



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA DE SISTEMAS

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

MODELO DE LA INGENIERÍA DE VALOR EN LA GESTIÓN DE LAS ETAPAS
TEMPRANAS DE MACROPROYECTOS DE PLANTAS INDUSTRIALES

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

PATRICIA BELEM ACOSTA AYALA

TUTOR:

M EN C. LETICIA LOZANO RÍOS, FACULTAD DE QUÍMICA

MÉXICO, D. F., MAYO 2013



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. Aguilar González Jorge Luis

Secretario: M. I. Millán Velasco Ezequiel

Vocal: M. A. Báez Ramos Fernando José

1 er. Suplente: Ing. López Ramos Manuel Miguel

2 d o. Suplente: M. C. Lozano Ríos Leticia

Lugar donde se realizó la tesis: FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

TUTOR DE TESIS:

M. C. Leticia Lozano Ríos

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que contribuyeron con sus conocimientos, experiencia y principalmente con su tiempo para la elaboración de este trabajo:

Al Ing. José Luis Gómez Rodríguez, gracias por su tiempo y sus importantes contribuciones para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. Marco Antonio Osorio Bonilla, gracias por sus valiosas opiniones durante el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Eduardo Martínez, le agradezco sus aportaciones para la conclusión de este trabajo.

Agradezco especialmente a la M. en C. Leticia Lozano por su paciencia y confianza, por la enorme oportunidad de trabajar juntas en este proyecto.

A Nahum y a Sergio, por creer en mí.

A mis amigos, por su apoyo incondicional.



Contenido

INTRODUCCIÓN.....	vi
I.- ANTECEDENTES.....	1
1.1.- PROYECTO Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.....	1
1.1.1.- Definición de Proyecto.....	1
1.1.2.- Ciclo de vida del proyecto.....	1
1.1.3.- Administración de proyectos y procesos de gestión.....	2
1.1.4.- Factores Críticos de Éxito.....	5
1.1.5.- Stakeholders o implicados.....	6
1.1.6.- La Triple Restricción.....	6
1.1.7.- Habilidades clave para el Gerente de Proyectos.....	7
1.1.8.- Influencia en los proyectos del tipo de organización de la empresa.....	9
1.1.9.- Áreas de estudio de la gestión de proyectos.....	10
1.2.- INICIO DEL PROYECTO.....	14
1.2.1.- Disparadores de proyectos.....	13
1.2.2.- Elementos del inicio.....	13
1.2.3.- Acta de constitución del proyecto.....	14
1.3.- PLANEACIÓN DEL PROYECTO.....	17
1.3.1.- ADMINISTRACIÓN DEL ALCANCE.....	19
Declaración del alcance.....	19
Ciclo de vida del proyecto.....	20
Capacidad de ahorro.....	21
WBS.....	22
Ingeniería de Valor.....	22
1.3.2.- ADMINISTRACIÓN DEL TIEMPO.....	23
1.3.3.- ADMINISTRACIÓN DEL COSTO.....	26
Evaluación de costos relevantes.....	27
Imprevistos y Contingencias.....	27
Presupuesto Base (Baseline Budget).....	27
Programa de Erogaciones.....	28
1.3.4.- ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO.....	29
Componentes del Plan de Gestión de Riesgos.....	30
1.3.5.- ADMINISTRACIÓN DE LAS ADQUISICIONES (ABASTECIMIENTOS).....	30
1.3.6.- ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRACIÓN.....	35
Sistema de Control de Cambios.....	35
Lecciones aprendidas.....	35



1.4.- METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS.....	37
1.4.1.- Metodología FEL.....	37
1.4.2.- Elementos clave para la eficiencia en proyectos de inversión.....	40
1.4.3.- Prácticas de mejora de valor (Value Improving Practices, VIP).....	41
Diferencias de las Prácticas de Mejora de Valor (VIP) con Ingeniería de Valor (VE).....	43
1.4.4.- Constructabilidad.....	43
Los orígenes de la técnica.....	43
La práctica de la constructabilidad.....	44
Beneficios de la constructabilidad.....	45
Factores que afectan la constructabilidad.....	45
II.- LECCIONES APRENDIDAS EN LA EJECUCIÓN DE MACROPROYECTOS.....	46
2.1.- DEFINICIÓN DE MACROPROYECTOS.....	46
2.2.- ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN.....	50
2.2.1.- Megaproyectos.- una muestra de éxito o cómo minimizar sorpresas desagradables.....	51
2.3.-CARACTERÍSTICAS DE MEGAPROYECTOS EXITOSOS.....	54
2.3.1.- CONDICIONES GENERALES.....	55
Condiciones esenciales para el éxito.....	55
Condiciones importantes para el éxito.....	56
Condiciones favorables para el éxito.....	57
2.4.- EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	58
2.4.1.- Gestión de Riesgos en Megaproyectos.....	60
2.4.2.- Productividad.- Impactos en programa y costos de los megaproyectos.....	62
III.- INGENIERÍA DE VALOR.....	65
3.1.- HISTORIA Y EVOLUCIÓN.....	66
3.2.- CONCEPTO DE INGENIERÍA DE VALOR.....	67
3.3.- BENEFICIOS Y APLICABILIDAD.....	68
3.4.- METODOLOGÍA.....	71
3.4.1.- Técnicas del Plan de Trabajo.....	74
3.5.- DESARROLLO DE LA IMPLANTACIÓN.....	75
3.6.- ROLES Y RESPONSABILIDADES.....	81
3.7.- PROCESOS DE REVISIÓN DE ESTÁNDARES.....	82
3.8.- DIAGRAMA FAST.....	82
3.9.- APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE VALOR EN EL CONTEXTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	84
3.10.- DISPOSICIONES DE INGENIERÍA DE VALOR EN CONTRATOS.....	86



IV.- APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA INGENIERÍA DE VALOR EN LA GESTIÓN TEMPRANA DE MACROPROYECTOS. CASO DE ESTUDIO.....88

4.1. OBJETIVOS.....88

4.2.- ANTECEDENTES.....89

4.3.- APLICACIÓN PRÁCTICA.....91

4.4.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....110

CONCLUSIONES.....111

BIBLIOGRAFÍA.....113

ANEXOS

ANEXO 1.- Tipos de contrato

ANEXO 2.-Evolución de la Gestión de Proyectos

ANEXO 3.-Información del proceso de Aguas Amargas



TABLAS Y FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1.- Ciclo de vida del proyecto.....	1
Figura 1.2.- Etapas del proyecto.....	3
Figura 1.3.- Interacción entre los procesos del proyecto.....	4
Figura 1.4.- La triple restricción.....	6
Figura 1.5.- Inicio-dinámica.....	14
Figura 1.6.- Inicio del proyecto.....	15
Figura 1.7.- Del alcance al plan del proyecto.....	19
Figura 1.8.- Administración del riesgo.....	30
Figura 1.9.- Esquema para calificar los riesgos.....	31
Figura 1.10.- Metodología FEL.....	39
Tabla 1.1.- Procesos en el desarrollo de proyectos.....	5
Tabla 1.2.- Habilidades clave del Gerente de Proyectos.....	8
Tabla 1.3.- Estructura funcional.....	9
Tabla 1.4.- Estructuras en base a proyectos.....	10
Tabla 1.5.- Áreas de estudio en la gestión de proyectos.....	11
Tabla 1.6.- Técnicas y herramientas para administrar proyectos.....	12
Tabla 1.7.- Descripción del Acta de Constitución del Proyecto.....	16
Tabla 1.8.- Plan del Proyecto.....	17
Tabla 1.9.- Relación entre el Acta de Constitución del Proyecto, Declaración del Alcance y WBS.....	23
Tabla 1.10.- Fuentes de información para estimar costos.....	26
Tabla 1.11.- Métodos para planear y medir el porcentaje de avance.....	28
Tabla 1.12.- Mapa de riesgos.....	32
Tabla 1.13.- Matriz de Administración de Riesgos.....	33
Tabla 1.14.- Sistema de Control de Cambios.....	35
Tabla 1.15.- Lecciones Aprendidas.....	36

CAPÍTULO II

Figura 2.1.- Guías para el éxito de megaproyectos.....	51
--------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO III

Figura 3.1.- Diagrama de flujo de proceso del Estudio de Valor.....	74
Figura 3.2.- Efectividad de la ingeniería de valor al emplear el enfoque de diseño y construcción temprano.....	85

CAPÍTULO IV

Figura 4.1.- Esquema de proceso simplificado diseño original.....	90
Figura 4.2.- Esquema de proceso simplificado con modernización.....	110



Tabla 4.1.- Resultados del estimado de inversión.....100
Tabla 4.2.- Precios materias primas, productos y servicios auxiliares.....101

ANEXO 1

Tabla A1.1.- Tabla comparativa entre diferentes tipos de contratos de ingeniería, servicios y construcción.

Tabla A1.2.- Tabla comparativa entre diferentes tipos de contratos de financiamiento.

ANEXO 2

Tabla A2.1.- Evolución histórica de las técnicas y métodos de gestión de proyectos

ANEXO 3

Figura A.3.1.- Diagrama de bloques del proceso de aguas amargas

Figura A.3.2.- Diagrama de flujo de proceso

Figura A.3.3.- Diagrama de flujo de proceso simplificado, esquema original

Figura A.3.B.1.- Diagrama de proceso simplificado, propuesta de modernización

Figura A.3.B.2.- Diagrama de flujo de proceso, propuesta de modernización



Introducción

Un proyecto es un desafío temporal que se enfrenta para crear un producto o servicio único. Todo proyecto tiene un resultado deseado, una fecha límite y un presupuesto limitado. Como resultado del proyecto se obtiene un producto o servicio único que no se ha realizado con anterioridad.

Los proyectos surgen generalmente de alguna o varias de las siguientes causas: demanda del mercado, petición del cliente, necesidad del negocio, requerimientos legales y avances tecnológicos.

Con la intención de hacer más eficiente la administración y el control de los proyectos, éstos se dividen en distintas fases o etapas: inicio, planificación, ejecución, control y cierre; a estas fases en su conjunto se las denomina ciclo de vida del proyecto. Los entregables son los bienes o servicios claramente definidos y verificables que se producen durante el proyecto o que son su resultado. Cada una de las fases del proyecto se considera completa cuando finaliza la producción de entregables.

La administración de proyectos es la aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto. La administración de proyectos eficiente ahorra recursos, facilita la entrega del producto final en tiempo y forma y proporciona a los miembros del equipo de trabajo la estructura, la flexibilidad y el control necesarios para alcanzar los resultados dentro del tiempo y del presupuesto. La administración de proyectos implica la utilización de procesos de gestión para cada una de las etapas del proyecto.

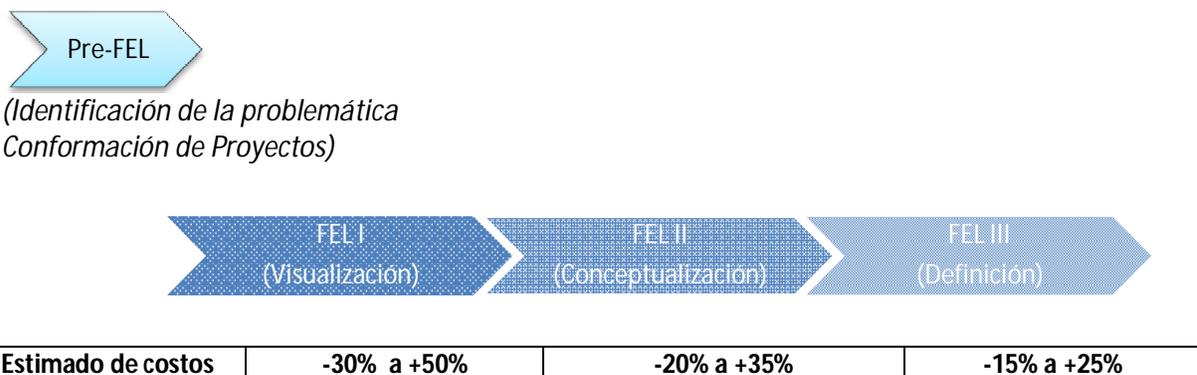
Cuando se realiza el análisis del comportamiento de los costos acumulados a través del proyecto se observa de manera general que en la primera fase (prediseño/diseño), generalmente los costos en los que se incurre son menores (menos de 10% en total), y en la segunda fase (implementación), los costos son mayores. En contraparte, la capacidad de ahorro es mayor en la fase de prediseño/diseño y menor en la fase de implementación, lo que indica que en la fase de menores costos se tienen las mayores oportunidades de ahorro. El desaprovechar las etapas tempranas del proyecto para optimizar costos, es renunciar a la oportunidad de ahorrar y tener mejores resultados.

Por otro lado, las decisiones sobre inversión de capital se agrupan entre las más difíciles y cruciales para cualquier empresa, y de ellas muchas veces depende el desarrollo y supervivencia de la misma. Estas decisiones están basadas en estrategias de negocio, variables de mercado y del entorno, y también de las evaluaciones técnicas que permitan determinar el costo, los plazos y la capacidad de producción de la planta o proceso a instalar, lo cual tiene gran peso al momento de dar el visto bueno al proyecto de inversión.

Existe una metodología de gestión de proyectos de inversión llamada Front-End Loading, más conocida como FEL que ayuda a resolver las interrogantes acerca del error con el que se están estimando las inversiones, o cómo asegurarse de que se estén incluyendo todos los factores clave en el estudio previo. FEL es un conjunto de procesos que tienen en consideración todos los factores clave que permiten traducir la estrategia de la compañía en un proyecto viable. Esta es una metodología basada en el concepto de compuertas de aprobación, donde en cada compuerta se aprueba, o no, el pasar a la siguiente etapa. Cada etapa implica un desarrollo cada vez mayor de



os estudios involucrados, disminuyendo la incertidumbre, pero que requiere mayor presupuesto y tiempo para su ejecución que su etapa anterior. El esquema FEL se muestra a continuación:



A través de esas fases se selecciona la opción más viable del proyecto y se planea su ejecución. Cada fase tiene objetivos y entregables específicos. Esta metodología brinda soporte a la toma de decisión ya que divide la planificación e ingeniería del proyecto en etapas escalonadas, reduciendo los riesgos, y acotando los costos y los plazos por fase. Cada fase, antes de ser iniciada, debe estar planificada para la etapa y para el proyecto total.

La Ingeniería de Valor (VE) es una metodología para resolver problemas y/o reducir costos en el producto o servicio, tomando en cuenta el ciclo de vida del proyecto. Se consideran costos innecesarios aquellos que no aportan calidad, uso, garantía, apariencia o características establecidas por el cliente. Se aplica a cualquier negocio, sector económico, industria, gobierno, construcción y servicios.

La metodología de ingeniería del valor consiste en un trabajo interdisciplinario, aplicando la creatividad, conocimiento, experiencia, cuyo objetivo es eliminar costos que no generen valor, sin sacrificar la calidad y funcionalidad del proyecto, apegándose a los requerimientos y necesidades del cliente, acorde a los códigos y normas internacionales.

El análisis del valor es más efectivo cuando se hace en una etapa inicial, como ya se mencionó anteriormente, en esta fase hay mucho más oportunidad de influenciar el diseño y por eso más potencial para reducir costos y/o mejorar el desempeño mientras se minimizan riesgos. La Ingeniería de Valor se aplica en todo tipo de proyectos, según el caso, algunas de las áreas como alternativas de valor pudieran ser las siguientes: estrategias de contratación, alternativas de materiales, de métodos, de diseño, de alcance, entre otros.

La empresa *Independent Project Analysis*, (IPA) establece que todo proyecto debe entenderse como un sistema en el que los resultados esperados dependerán de los procesos que se ejecuten al inicio del mismo. Investigaciones de la IPA demuestran que los proyectos con los mejores índices de desempeño son los que desarrollan los siguientes procesos clave al inicio y durante su ejecución:

- Alineación de funciones y desarrollo del equipo de proyecto
- Definición en la parte inicial del proyecto o FEL (selección de la mejor alternativa)
- Prácticas de Mejora de Valor o VIP (*Value Improving Practices*)



- Gestión de Tecnología
- Ejecución con mínimos cambios

Las Prácticas de Mejora de Valor, VIP, son prácticas específicas cuyo objetivo es reducir los costos y los plazos, así como aumentar la confiabilidad de los proyectos de inversión de capital. La Ingeniería de Valor aplica en forma intensiva el Análisis Funcional (simplificación de los procesos y productos) y es parte de las Prácticas de Mejora de Valor. Las Prácticas de Mejora de Valor se incorporan en las primeras fases del proyecto mientras que las de la Ingeniería de Valor (VE) se aplican en fases posteriores, generalmente en el diseño de un componente específico. Otra diferencia importante es que las VIP cubren un espectro más amplio que el diseño, ya que tienen en cuenta la constructabilidad, las necesidades del negocio, así como la aplicabilidad de estándares y especificaciones; en cambio la Ingeniería de Valor se aplica a determinados componentes y en fases posteriores.

Un megaproyecto o macroproyecto (a veces también llamado "proyecto de gran envergadura") es un proyecto de inversión a gran escala. Los megaproyectos normalmente se definen como aquellos que tienen un costo de más de mil millones de dólares (Flyvbjerg, B., Bruzelius N., Rothengatter W., 2003). Un megaproyecto implica una organización compleja y que requiere de esfuerzos de múltiples participantes. "Mega" implica también el tamaño de la tarea involucrada en la planificación, desarrollo y gestión de proyectos. Los riesgos son considerables y los sobrecostos se encuentran típicamente entre un 50% y 100% (<http://flyvbjerg.plan.aau.dk/whatisamegaproject.php>). Los megaproyectos incluyen obras como puentes, túneles, carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, puertos marítimos, centrales eléctricas, presas, proyectos de aguas residuales, los proyectos de extracción de gas natural y petróleo, refinerías de petróleo, edificios públicos, sistemas de tecnología de la información, proyectos aeroespaciales y sistemas de armas, entre otros.

Los aspectos clave para la gestión de megaproyectos incluyen:

- Reconocer las necesidades de recursos para planificar, ejecutar y gestionar con eficacia un megaproyecto
- Identificar y analizar los factores críticos para el éxito de megaproyectos
- Establecer y lograr costos previsibles y los resultados programados
- Definir y establecer estrategias adecuadas
- Identificar y definir los megaproyectos que mejor se adapten a las necesidades del negocio
- Identificar riesgos que afectan los megaproyectos y establecer las respuestas de mitigación
- Implementar controles de proyecto eficaces y ágiles
- Identificar y evaluar a los involucrados con megaproyectos.

La experiencia ha demostrado que se necesita una mayor planificación y más habilidades para desarrollar, mantener, y entregar con éxito lo que puede considerarse un "megaproyecto" que lo que se necesita para un proyecto de construcción convencional. Las especificaciones de muchos de los megaproyectos de éxito son complejas por lo que éstas deben estar bien documentadas. A pesar de que un sistema de gestión de proyectos confiable es muy importante para el éxito del proyecto, el sistema de gestión de proyectos por sí solo no garantiza el éxito. Los proyectos exitosos se debe ejecutar por personal entrenado, calificado y con talento, y directivos con experiencia que no sólo pueden planificar y gestionar el trabajo bien, sino que también puedan



manejar con eficacia los factores externos. La estructura organizacional también se debe diseñar para el éxito del proyecto.

Otro aspecto importante dentro de la gestión de megaproyectos es la administración del riesgo, la cual implica la identificación, cuantificación, el desarrollo de una respuesta y su seguimiento y control. Cada megaproyecto tiene sus propios riesgos, algunos ejemplos se indican a continuación:

- Pobre desarrollo de ingeniería
- Condiciones del suelo diferentes al esperado
- Inflación
- Capacidad de los contratistas locales
- Mano de obra local
- Soporte público (aceptación social)
- Previsiones del mercado
- Disponibilidad de materias primas
- Logística
- Atraer a los financieros e inversionistas
- Aprobaciones regulatorias

Cuantificar el riesgo consiste en estimar tanto el impacto del riesgo si se produce y la probabilidad de ocurrencia del riesgo. Si el riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia del 100% es un problema. Los megaproyectos tienen problemas y riesgos significativos que requieren la gestión a un nivel por encima del equipo del proyecto. Una estrategia de riesgo de un megaproyecto debe incluir una variedad de dispositivos utilizados simultáneamente para tener éxito.

En el presente trabajo se repasan los aspectos generales relacionados con la definición de proyectos y los procesos de gestión involucrados durante el ciclo de vida de un proyecto, se presentan los conceptos relacionados con la metodología FEL y las prácticas de mejora de valor incluyendo un capítulo en el que se repasan los aspectos más importantes de la metodología de la ingeniería de valor. También se revisan las definiciones de megaproyectos y los principales factores involucrados en el éxito o fracaso de los mismos.

El objetivo planteado para este trabajo es ilustrar la aplicación de la metodología de la ingeniería de valor en la planeación de macroproyectos de plantas industriales, mediante el desarrollo de un caso práctico que podrá extenderse a proyectos de mayor magnitud.

Considerando las problemáticas actuales relacionadas con las regulaciones ambientales para las emisiones de combustibles fósiles en las refinerías, se plantea la aplicación de la metodología de la ingeniería de valor en las fases tempranas de un proyecto, analizando la etapa de la ingeniería básica requerida para la modernización de una planta de aguas amargas con el objeto de determinar las posibles mejoras operativas, las cuales se analizan desde el punto de vista técnico y económico para elegir la que sea más viable para su implementación.



1.- Antecedentes

1.1.- PROYECTO Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

1.1.1.- Definición de Proyecto

Un proyecto es un desafío temporal que se enfrenta para crear un producto o servicio único. Todo proyecto tiene un resultado deseado, una fecha límite y un presupuesto limitado.

Como resultado del proyecto se obtiene un producto o servicio único que no se ha realizado con anterioridad. Sin embargo, un proyecto seguramente requerirá tareas repetitivas.

En general, las tareas suelen confundirse con los proyectos, ya que ambos tienen en común que los llevan a cabo personas, están limitados por recursos escasos (tiempo, dinero, etc.) y necesitan ser planificados y controlados.

La principal diferencia entre tarea y proyecto radica en que las tareas son repetitivas y se mantienen en el tiempo, mientras que los proyectos son únicos y temporales. Las tareas repetitivas no deben catalogarse como proyectos. (Lledó P., Rivarola G.)

1.1.2.- Ciclo de vida del proyecto

Los proyectos se dividen en distintas fases con el objeto de hacer más eficiente la administración y el control. A estas fases en su conjunto se las denomina ciclo de vida del proyecto.

Cada fase del proyecto se considera completa cuando finaliza la producción de entregables. Los entregables son los bienes o servicios claramente definidos y verificables que se producen durante el proyecto o que son su resultado. En la siguiente figura se puede observar el ciclo de vida característico de un proyecto.

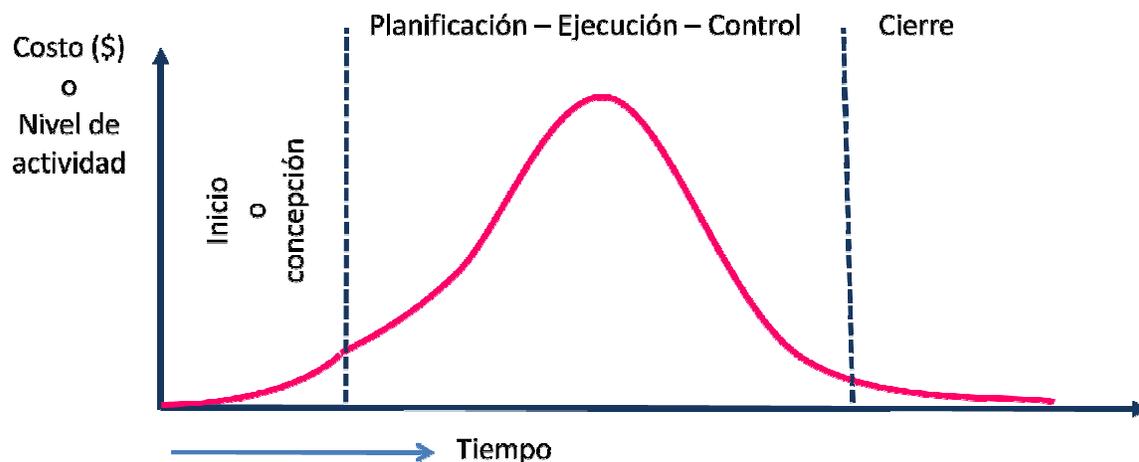


Figura 1.1.- Ciclo de vida del proyecto. (Lledó, P., Rivarola, G., 2007)



Los ciclos de vida del proyecto generalmente definen (Bedoya, J.P., 2009):

- Qué trabajo técnico se debe realizar en cada fase.
- Cuándo se deben generar los productos entregables en cada fase y cómo se revisa, verifica y valida cada producto entregable.
- Quién está involucrado en cada fase.
- Cómo controlar y aprobar cada fase.

Las fases del proyecto son divisiones dentro del mismo proyecto, donde es necesario ejercer un control adicional para gestionar eficazmente la conclusión de un entregable. Las fases del proyecto suelen realizarse de manera secuencial, pero también pueden traslaparse. Por su naturaleza de alto nivel, la fase del proyecto constituye un elemento del ciclo de vida del proyecto.

La estructuración en fases permite la división del proyecto en subconjuntos lógicos para facilitar su planificación, desarrollo, seguimiento y control. El número de fases y el grado de control aplicado dependerán del tamaño, la complejidad y el impacto potencial del proyecto. (Guía del PMBOK, 4ª. Edición, 2008).

1.1.3.- Administración de proyectos y procesos de gestión.

La administración de proyectos es la aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto.

La administración de proyectos eficiente aplica correctamente los recursos y facilita la entrega del producto final en tiempo y forma.

Las técnicas y herramientas de administración de proyectos sirven para proporcionar a los miembros del equipo de trabajo la estructura, la flexibilidad y el control necesarios para alcanzar resultados extraordinarios a tiempo y dentro del presupuesto.

La administración eficiente, ordenada y estandarizada del proyecto implica la utilización de procesos de gestión para obtener el producto o servicio basado en los términos contractuales establecidos con el cliente.

Un proceso es un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas realizadas para obtener un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que pueden aplicarse y por las salidas que se obtienen.

Los procesos de dirección de proyectos aseguran que el proyecto avance de manera eficaz durante toda su existencia y se aplican globalmente y a todos los grupos de industrias. Buenas prácticas significa que existe un acuerdo general en cuanto a que se ha demostrado que la aplicación de los procesos de dirección de proyectos aumenta las posibilidades de éxito de una amplia variedad de proyectos.

Esto no significa que los conocimientos, habilidades y procesos descritos deban aplicarse siempre de la misma manera en todos los proyectos. Para un proyecto determinado, el director del proyecto, en colaboración con el equipo del proyecto, siempre tiene la responsabilidad de



determinar cuáles son los procesos apropiados, así como el grado de rigor adecuado para cada proceso.

Los procesos de dirección de proyectos se agrupan en cinco categorías conocidas como Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos (o grupos de procesos). En la siguiente figura se muestran los procesos o etapas del ciclo de vida de un proyecto, definidas por el estándar de la administración de proyectos PMBOK:

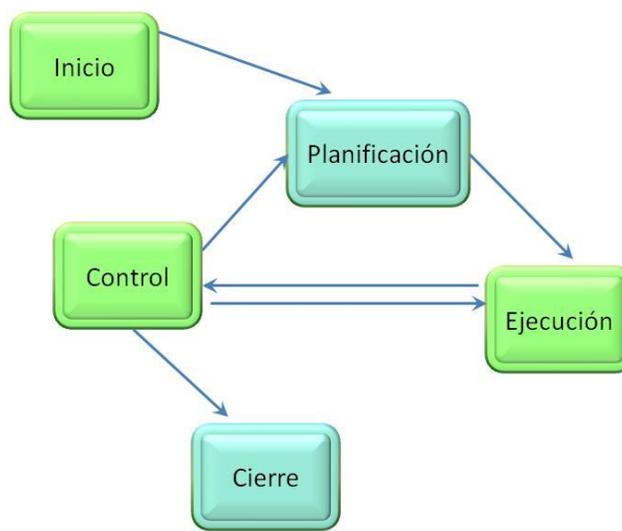


Figura 1.2.- Etapas del proyecto

- Grupo del Proceso de Inicio. Aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto ya existente, mediante la obtención de la autorización para comenzar dicho proyecto o fase.

Los procesos de inicio no solamente se encuentran en el inicio del proyecto, pueden encontrarse también a lo largo del ciclo de vida en diferentes fases del mismo.

- Grupo del Proceso de Planificación. Aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción necesario para alcanzar los objetivos para cuyo logro se emprendió el proyecto.

El grupo de procesos de planificación se encarga de garantizar la identificación de todos los elementos que tengan una interacción o dependencia determinada con el proyecto porque de ella depende el éxito de todas las actividades ligadas a la elaboración del plan de gestión.

Pese a que muchas veces la planificación del proyecto es vista como una fase inicial del ciclo de vida del proyecto, los cambios que se presenten a lo largo de éste, hacen que los procesos de planificación sean un proceso continuo y repetitivo (pero no infinito) debido a la dinámica y multidimensionalidad de los proyectos.



- Grupo del Proceso de Ejecución. Aquellos procesos realizados para desarrollar el entregable definido en el plan con base en las especificaciones acordadas.
- Grupo del Proceso de Seguimiento y Control. Aquellos procesos requeridos para dar seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para ajustarlo al plan del proyecto.
- Grupo del Proceso de Cierre. Aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades técnicas y administrativas a través de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo.

En la figura 1.3 se puede observar la interacción posible de los procesos de un proyecto. Cada proyecto en particular tendrá su propio esquema de procesos que podrá diferir del presentado en este gráfico.

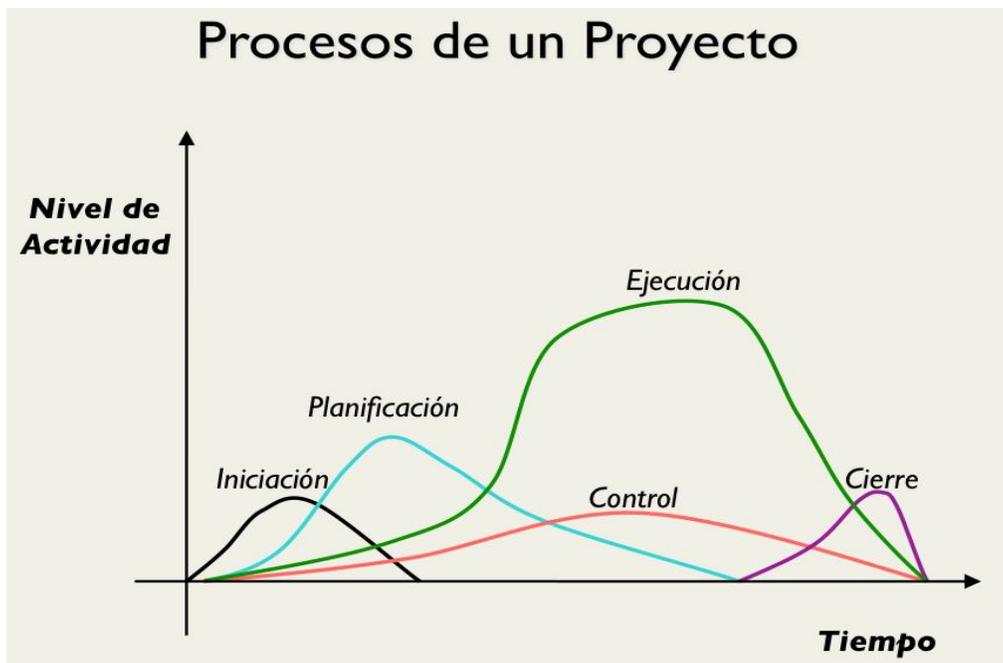


Figura 1.3- Interacción entre los procesos del proyecto (adaptada de Lledó, P., Rivarola, G., 2007)

En la figura anterior se puede apreciar que, en las etapas iniciales, la curva de planeación muestra un nivel de actividad mayor, y disminuye hacia las etapas cercanas al cierre, ilustrando que la planeación continúa durante todo el proyecto, contrario al paradigma tradicional donde no hay tiempo para planear, pues se considera la planeación como un evento aislado y concluido antes de iniciar la ejecución. La razón de que la planeación sea continua, corresponde al ciclo planear-ejecutar-controlar-planear, donde periódicamente se desarrolla una planeación adicional o estrategias correctivas a lo largo de la vigencia del proyecto.

La curva de ejecución empieza muy cerca a la de planeación y tiende a incrementar progresivamente su nivel de actividad hasta descender gradualmente hasta llegar al cierre.



La curva de control inicia y termina junto con la de ejecución. Dado que el control implica comparar la planeación con la ejecución, si no se cuenta con una planeación adecuada, el control no arroja datos significativos, por lo que si no hay planeación no hay control.

La curva de cierre considera un tiempo de desarrollo, debido a los cierres contractuales y administrativos previos a la conclusión del proyecto.

Los grupos de procesos no son fases del proyecto. Cuando proyectos complejos o de gran tamaño son separados en subproyectos o fases diferenciadas, como por ejemplo estudio de viabilidad, desarrollo conceptual, diseño, prototipo, construcción, prueba, etc., por lo general todos los grupos de procesos se repetirán en cada fase o subproyecto.

En la tabla siguiente se resumen los cinco procesos en el desarrollo de proyectos:

Tabla 1.1.- Procesos en el desarrollo de proyectos.

Inicio	<ul style="list-style-type: none">• Establecer la visión del proyecto, el qué; la misión por cumplir y sus objetivos, la justificación del mismo, las restricciones y supuestos.
Planeación	<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar un plan que ayude a prever el cómo y cuándo se cumplirán los objetivos, tomando en cuenta una serie de factores que afectan todo proyecto. Aquí se establecen las estrategias, con énfasis en la prevención en vez de la improvisación.
Ejecución	<ul style="list-style-type: none">• Implementar el plan, contratar, administrar los contratos, integrar al equipo, distribuir la información y ejecutar las acciones requeridas de acuerdo con lo establecido.
Control	<ul style="list-style-type: none">• Comparar lo ejecutado o real contra lo que se planeó (control), de NO identificar desviaciones, se continúa con la ejecución. Si se encuentran desviaciones, se acuerda la acción correctiva (planeación adicional) y se continúa con la ejecución manteniendo informado al equipo.
Cierre	<ul style="list-style-type: none">• Concluir y cerrar relaciones contractuales profesionalmente para facilitar las referencias posteriores al proyecto así como para el desarrollo de futuros proyectos. Por último, se elaboran los documentos con los resultados finales, archivos, cambios, directorios, evaluaciones y lecciones aprendidas, entre otros

1.1.4.- Factores Críticos de Éxito

El éxito de un proyecto está determinado por los siguientes aspectos básicos (Bedoya, J. P., 2009):

- Alcance: el alcance del proyecto delimita y establece criterios de calidad para las actividades del mismo, es la herramienta comparativa que junto con el cronograma tiene el cliente y el director para medir el avance del proyecto.



- Cronograma (tiempos): proporciona una herramienta que delimita el comienzo y el fin de las actividades del proyecto.
- Costos: el costo del proyecto está determinado por el presupuesto que se ha realizado en la fase de planeación del proyecto, el análisis presupuestal se hace con base en los recursos que deban utilizarse para el desarrollo de las actividades del proyecto.

1.1.5.- Implicados o stakeholders

Los implicados o stakeholders son todas aquellas personas, grupos u organizaciones que serán afectadas por el proyecto en función de sus intereses particulares. Entre los principales implicados se pueden mencionar: el director del proyecto, los clientes, la organización, el gerente de proyecto y los miembros del equipo de trabajo, el gobierno, la comunidad y los inversionistas. Si bien las fases iniciales del proyecto son las que requieren menor nivel de actividad o costo, es precisamente en estas etapas cuando los implicados tienen mayor poder para influenciar sobre el alcance, la calidad, los tiempos y costos del proyecto.

1.1.6.- La Triple Restricción

Todo proyecto está limitado por tres restricciones básicas: tiempo, costo y alcance. Estas restricciones en su conjunto son lo que se denomina la restricción simple del proyecto.

El director de proyectos se enfrenta al conflicto de poder manejar los intereses contrapuestos de cuatro variables: alcance, tiempo, costos y calidad (esta última suele ser incluida dentro del alcance del proyecto). Cabe destacar que de las cuatro variables, sólo tres se podrán fijar a la vez.

En la siguiente figura se representa la calidad del proyecto limitada por la restricción triple, que se indica en cada uno de los lados del triángulo.



Figura 1.4.- La triple restricción



Es imposible fijar arbitrariamente todas las variables de la restricción triple; alguna de esas variables terminará ajustando por sí sola.

Hoy en día se sigue utilizando el término “restricción triple”, pero en la ecuación de restricciones ya no hay sólo tres variables, sino que se incluyen las siguientes seis variables: alcance, tiempo, costo, calidad, riesgo y satisfacción del cliente.

Por ejemplo, de nada sirve un proyecto que cumplió con el alcance, tiempo, costo y calidad técnica, si luego no tuvo satisfacción del cliente en el mercado para poder recuperar la inversión inicial.

La Triple Restricción ampliada



Otro ejemplo sería aquel proyecto exitoso que cumple con el alcance, tiempo, costo, calidad y satisfacción del cliente. Sin embargo, si pudiera ejecutar el mismo proyecto diez veces, solamente en una de esas situaciones se obtiene un proyecto exitoso. Esto indica que el proyecto tiene un altísimo grado de riesgo.

Hoy en día el término restricción triple se refiere a estas seis variables. Debemos tener claro al momento de formular el proyecto que es imposible fijar de manera arbitraria todas estas variables. Además, tenemos que comprender cómo es la interrelación entre estos componentes del proyecto para desarrollar un plan realista y alcanzable.

Si cambia un componente de la restricción triple, el gerente de proyecto debe evaluar el impacto en el resto de las variables.

1.1.7.- Habilidades clave para el Gerente de Proyectos

Más allá de los procesos y las técnicas que se utilicen en el proyecto, la mayor responsabilidad por el logro de los objetivos recae en las personas. Por ello, para la eficiente administración del proyecto es fundamental el rol que cumpla el gerente de proyecto (*Project manager*) y las personas involucradas en los equipos de trabajo.

El gerente de proyecto es la persona responsable de coordinar el proyecto para alcanzar el resultado esperado. Un buen gerente de proyecto comprende rápidamente el problema e

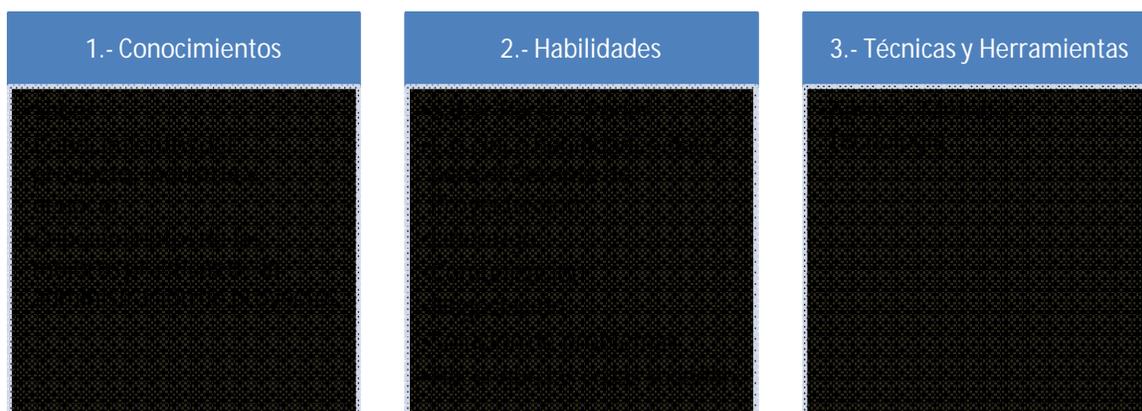


implementa las soluciones correctas, manifestando una gran capacidad para adaptarse a los cambios.

Además detecta con facilidad las oportunidades y amenazas del mercado, utiliza la motivación para formar equipos de trabajo unidos y mantiene la visión de conjunto del proyecto.

Planifica permanentemente y administra en forma eficiente su tiempo, sabe que el éxito del proyecto se basa en un buen plan, presupuesto, desempeño y en la satisfacción del cliente.

Tabla 1.2.- Habilidades clave del Gerente de Proyecto (Adaptada de Chamal, Y., 2002)



Relación con los miembros del equipo y responsabilidades

Es fundamental que el gerente de proyecto tenga una buena interacción con los miembros del equipo de trabajo.

Algunas consideraciones que el gerente de proyecto debe transmitir a su equipo son: el respeto hacia todos los integrantes del proyecto, asegurando que cada persona comprenda su responsabilidad y cumpla con las normas de desempeño. Para ello, deberá establecer una comunicación efectiva con el equipo y asegurar una ágil correspondencia interna.

Es importante que el gerente comunique con claridad los objetivos del proyecto a cada integrante del equipo y busque alinear los esfuerzos para obtener el producto o resultado deseado.

Entre las principales responsabilidades del gerente de proyectos se encuentra la planificación, situación en que define con claridad los objetivos y el alcance del proyecto, llega a un acuerdo con los clientes sobre ese alcance, comunica los objetivos al equipo de trabajo y desarrolla el plan en conjunto con los miembros del equipo de trabajo.

Organiza el proyecto mediante la obtención de los recursos necesarios para lograr los objetivos, decide qué tareas se harán internamente y cuáles serán subcontratadas, asigna responsabilidades y delega autoridad, y crea un ambiente donde las personas estén motivadas para el trabajo en equipo.



1.1.8.- Influencia en los proyectos del tipo de organización de la empresa

La cultura, estilo y estructura de la organización influyen en la forma en que los proyectos son ejecutados. El grado de madurez de la dirección de proyectos de una organización, así como sus sistemas de dirección de proyectos, también pueden influenciar el proyecto. Cuando en el proyecto participan entidades externas, como resultado de una unión temporal de empresas o de un convenio para un proyecto determinado, el proyecto recibirá la influencia de más de una empresa.

La estructura de la organización es un factor ambiental de la empresa que puede afectar la disponibilidad de recursos e influir en el modo de dirigir los proyectos. Las estructuras abarcan desde una estructura funcional hasta una estructura orientada a proyectos, con una variedad de estructuras matriciales entre ellas.

La organización funcional clásica, es una jerarquía donde cada empleado tiene un superior claramente definido. En el nivel superior, los miembros del personal están agrupados por especialidades; a su vez, las especialidades pueden subdividirse en organizaciones funcionales. Cada departamento de una organización funcional realizará el trabajo del proyecto de forma independiente de los demás departamentos.

Tabla 1.3.- Estructura funcional (Adaptada de Chamal, Y., 2002)

Estructuras funcionales	Ventajas	Retos

Las organizaciones matriciales presentan una mezcla de características de las organizaciones funcionales y de las orientadas a proyectos. Las matriciales débiles mantienen muchas de las características de una organización funcional, y el rol del director de proyecto es más bien el de un coordinador o expedidor, que el de un verdadero gerente de proyecto. Las matriciales fuertes tienen muchas de las características de la organización orientada a proyectos: pueden tener directores de proyecto dedicados de tiempo completo y una autoridad considerable, y personal



administrativo dedicado de tiempo completo. Si bien la organización matricial equilibrada reconoce la necesidad de contar con un gerente de proyecto, no le confiere autoridad plena sobre el proyecto ni su financiamiento.

En el extremo opuesto de la organización funcional, se encuentra la organización orientada a proyectos. En una organización orientada a proyectos, los miembros del equipo están a menudo colocados en un mismo lugar, la mayor parte de los recursos de la organización participa en el trabajo de los proyectos y los gerentes de proyecto tienen mucha más independencia y autoridad. Las organizaciones orientadas a proyectos suelen contar con unidades organizacionales denominadas departamentos, pero estos grupos dependen directamente del gerente de proyecto, o bien prestan sus servicios a varios proyectos.

Tabla 1.4.- Estructuras en base a proyectos (Adaptada de Chamal, Y., 2002)

Estructuras en base a proyectos	Ventajas	Retos

Muchas organizaciones presentan todas estas estructuras a diferentes niveles (organización combinada). Por ejemplo, incluso una organización fundamentalmente funcional puede crear un equipo de proyecto especial para gestionar un proyecto crítico. Dicho equipo puede tener muchas de las características de un equipo de proyecto de una organización orientada a proyectos. El equipo puede incluir personal dedicado a tiempo completo procedente de diferentes departamentos funcionales, desarrollar su propio conjunto de procedimientos operativos y funcionar fuera de la estructura estándar formalizada de reporte.

1.1.9.- Áreas de estudio de la Gestión de Proyectos

El gerente de proyecto debe dominar diversas áreas de conocimiento necesarias para una gestión adecuada del proyecto. Las áreas de conocimiento son disciplinas de gestión que son aplicables a cualquier campo de la gestión empresarial y que en el caso de la dirección de proyectos son adaptadas a la naturaleza y características de éstos.



Estas áreas representan las competencias y las buenas prácticas que debe reunir un Gerente de Proyecto para el desarrollo de su profesión.

Cada área de conocimiento está compuesta por procesos inherentes al área, hay definidos 44 procesos distribuidos en las áreas de conocimientos.

La organización internacional *Project Management Institute* (PMI) reconoce 9 áreas de estudio en la gestión de proyectos. A las clásicas incluidas en la triple restricción, alcance, tiempo y costo se le agregan calidad y riesgo, disciplinas ya arraigadas en la Administración de Proyectos y de alta influencia sobre las tres anteriores. A estas áreas les suma las de comunicaciones, abastecimiento, recursos humanos e integración.

Tabla 1.5.- Áreas de estudio en la gestión de proyectos

1.- Alcance	•Definición de lo que incluye y no incluye el proyecto.
2.- Tiempo	•Programa, calendario, entregas parciales y finales.
3.- Costo	•Estimados de costo, presupuesto, programa de erogaciones.
4.- Calidad	•Estándares relevantes, cómo cumplirlos y satisfacer los requerimientos
5.- Recursos humanos	•Equipo de proyecto que integra colaboradores tanto internos como externos y los roles y funciones de cada cual.
6.- Comunicación	•Información requerida presentada en reportes o informes, quién la genera, quién la recibe, con qué frecuencia será entregada, juntas, medios de distribución, etc.
7.- Riesgo	•Amenazas por controlar, oportunidades que capitalizar y planes de contingencia.
8.- Procura	•Estrategias de contratación, cotizaciones, concursos, contratos y administración de contratos.
9.- Integración	•Administración de cambios, lecciones aprendidas e integración de todas las áreas.

Importantes también en el desarrollo de un proyecto son las siguientes:

- Seguridad
- Control Ambiental
- Financiamiento de proyectos
- Control de reclamos

En el Método Escala^{MR} (Chamoun, Y., 2002) se considera una serie de 36 técnicas y herramientas probadas para administrar los proyectos.



Tabla 1.6.- Técnicas y herramientas para administrar los proyectos (Adaptada de Chamal, Y., 2002)

PROCESO		TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS	
1	Inicio	<ul style="list-style-type: none">• Mapas mentales	<ul style="list-style-type: none">• Acta de Constitución del Proyecto
2	Planeación	<ul style="list-style-type: none">• Plan del Proyecto• Declaración del Alcance• WBS• Diagrama Organizacional• Matriz de Roles y Funciones• Matriz de Comunicación• Calendario de Eventos• Estatus Semanal• Reporte Mensual• Programa del Proyecto – Ruta Crítica• Matriz de Evaluación de Alternativas	<ul style="list-style-type: none">• Estimados de Costos• Presupuesto Base• Programa de Erogaciones – Flujo de Efectivo• Diagrama Causa – Efecto con Lista de Verificación• Mapa de Riesgos• Matriz de Administración de Riesgos• Matriz de Abastecimientos• Sistema de Control de Cambios• Lecciones Aprendidas
3	Ejecución	<ul style="list-style-type: none">• Administración de Concursos y Cotizaciones	<ul style="list-style-type: none">• Administración de Contratos• Requisiciones de Pago• Integración del Equipo
4	Control	<ul style="list-style-type: none">• Control del Programa• Control Presupuestal• Valor Ganado (Earned Value)	<ul style="list-style-type: none">• Estatus Semanal y Reporte Mensual• Sistema de Control de Cambios• Lecciones Aprendidas
5	Cierre	<ul style="list-style-type: none">• Reporte Final• Cierre Administrativo	<ul style="list-style-type: none">• Lecciones al Cierre• Cierre Contractual



1.2.- INICIO DEL PROYECTO

De acuerdo a lo descrito en los puntos anteriores, se iniciará la descripción del proceso inicio, común para todos los proyectos.

El proceso de iniciación es la autorización formal para el comienzo de un nuevo proyecto o para pasar a la fase siguiente en un proyecto en marcha. A continuación se resumen los objetivos en el proceso:

Objetivos	
Iniciar el proyecto identificando a los involucrados (afectados o beneficiados por el proyecto), documentando y conciliando sus expectativas sobre el proyecto.	Comunicar la justificación del proyecto y sus objetivos para facultar al equipo a compartir una visión clara de la necesidad por cubrir y los entregables a lograr.

1.2.1.- Disparadores de proyectos

Los proyectos se originan a partir de un problema o de una oportunidad de mercado ocasionada por cuestiones de oferta, demanda, cambios tecnológicos, modificaciones en la legislación o cualquier otra necesidad.



1.2.2.- Elementos del inicio

Antes de comenzar con la planificación y definición del alcance es fundamental identificar y definir el problema que se quiere resolver. Luego deberán precisarse los resultados que se quieren obtener en función de la misión, los objetivos y las metas del proyecto. Por último, para lograr esos resultados, será necesario formular el plan estratégico.



En la figura siguiente se resumen los elementos básicos que debería cubrir el inicio del proyecto:

- El problema se puede definir como la brecha con obstáculos que separa el lugar donde uno está de donde le gustaría estar.
- La misión provee las bases para alcanzar las metas y objetivos del proyecto.
- El objetivo es el resultado esperado de un proyecto.
- Las metas detallan cuáles son los bienes y servicios que se deben producir para lograr esos objetivos.
- El plan estratégico sirve para identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que enfrenta el proyecto para especificar cómo deben alcanzarse con éxito los objetivos.

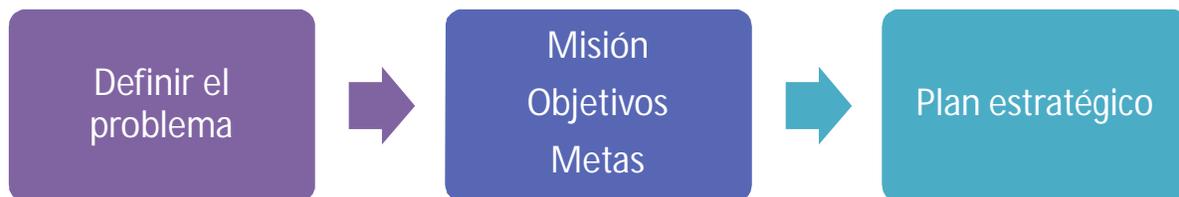


Figura 1.5.- Inicio-dinámica (Lledó, P., Rivarola, G., 2007).

Los objetivos del proyecto deberán desagregarse en metas, que deberán ser claras, realistas, temporales y mensurables.

- ✓ Claras: deben posibilitar que cualquier gerente competente pueda guiar el proyecto sin mayores inconvenientes.
- ✓ Realistas: deben estar dentro de las restricciones de tiempo, alcance, recursos y calidad.
- ✓ Temporales: deben ser definidas con una fecha de inicio y de finalización.
- ✓ Medibles: deben ser fáciles de medir para poder verificar el éxito en el cumplimiento del proyecto (indicadores).

1.2.3.- Acta de constitución del proyecto

Uno de los principales resultados del proceso iniciación es el Project charter (acta de constitución del proyecto), donde se incluye la justificación de la necesidad de implementar el proyecto y una breve descripción del producto o servicio ofrecido (figura 1.6). Con el Project charter se visualiza la misión por cumplir y sus objetivos y servirá de guía para la administración del proyecto.

Previo al Project charter, surge una iniciativa informal que evalúa la viabilidad del proyecto para después concretarla en una iniciativa formal. En este momento se autoriza el desarrollo del proyecto para ser confirmado durante sus etapas tempranas. A esta iniciativa se le llama Acta de Constitución del Proyecto. Este es un documento que formaliza el inicio del proyecto. En la tabla 1.7 se resume el contenido del Acta de Constitución del Proyecto.



Figura 1.6.- Inicio del proyecto (Lledó, P., Rivarola, G., 2007).

El Acta de Constitución del Proyecto sirve para enfocar los esfuerzos del equipo. Tener una visión clara del porqué del proyecto, permite confirmar el compromiso de los involucrados y alinear sus esfuerzos hacia el trabajo en equipo. Es saber exactamente hacia dónde se quiere ir como equipo y estar comprometidos para lograrlo.

Es de gran importancia documentar las restricciones del proyecto pues limitan el campo de acción del equipo ejecutor.

Los supuestos son factores, que para efectos de planeación, se consideran como ciertos o reales, aunque será necesario confirmarlos.

En general, este documento lo emite el Director del proyecto y su propósito es autorizar al Gerente de proyecto a usar recursos de la organización para comenzar las tareas. El acta de constitución del proyecto es la autorización formal para que comience el proyecto o para informar de su existencia.



Tabla 1.7.- Descripción del Acta de Constitución del Proyecto.

¿Para qué sirve?	¿Qué incluye?	¿Cómo desarrollarla?



1.3.- PLANEACIÓN DEL PROYECTO

Partiendo de los objetivos, entregables y expectativas documentadas en el Acta de Constitución del Proyecto, lo cual nos indica qué se pretende lograr, se inicia el desarrollo del Plan del Proyecto que incluye las estrategias y esquemas de cómo se va a lograr.

La planificación del proyecto debería servir para responder a las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué hay que hacer?
- ✓ ¿Cómo hay que hacerlo?
- ✓ ¿Quién lo va a hacer?
- ✓ ¿Cuándo hay que hacerlo?
- ✓ ¿Cuánto costará?

Derivado de lo anterior, se obtendrá un documento que contiene las nueve áreas del conocimiento descritas en el punto 1.1.9, en forma integrada, que servirá como guía completa y congruente para ejecutar y controlar el proyecto. El Plan del Proyecto sirve para comparar el avance y evaluar periódicamente el desempeño del proyecto, se elabora en la etapa de planeación y se actualiza a lo largo del proyecto (Tabla 1.8).

Tabla 1.8.- Plan del proyecto

¿Para qué sirve?	¿Qué incluye?	¿Cómo desarrollarla?



¿Para qué sirve?	¿Qué incluye?	¿Cómo desarrollarla?

Para una planificación efectiva es necesario definir con claridad el problema que se quiere resolver, hacer participar en la elaboración del plan a los responsables de implementar las tareas del proyecto y utilizar la estructura de desglose del trabajo para dividir el proyecto en menores tareas.

El paso siguiente será estimar en forma apropiada la duración de cada tarea, así como el costo y los recursos necesarios para cada una. También se deberá analizar el riesgo inherente al proyecto para anticipar los inconvenientes que pudieran ocurrir durante su desarrollo.

La integración del proyecto, desde el alcance hasta el plan, se puede resumir como se muestra en la siguiente figura.

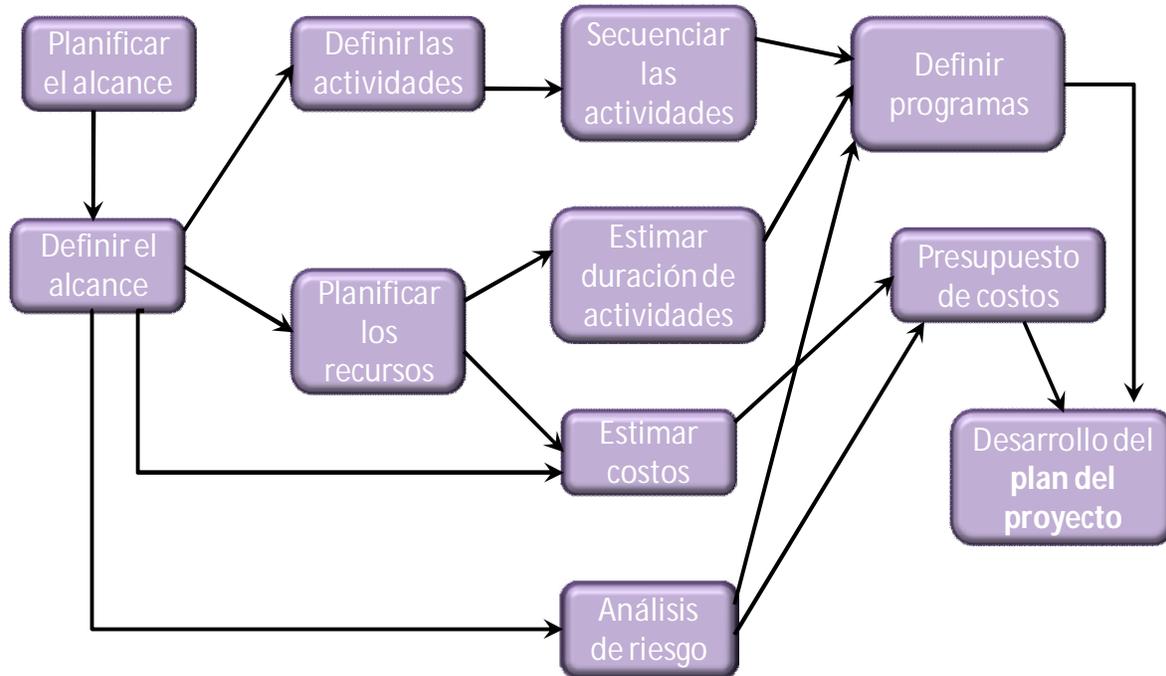


Figura 1.7.- Del alcance al plan del proyecto.

A continuación se revisarán cada una de las áreas que integran el Plan de Proyecto.

1.3.1.- ADMINISTRACIÓN DEL ALCANCE

La Administración del Alcance tiene como objetivo asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido y sólo el trabajo requerido para desarrollar el proyecto de acuerdo con los términos contractuales.

Dos de las herramientas principales para la planeación del alcance son:

- Declaración del alcance (qué quiere el cliente)
- WBS

Con base en los objetivos y expectativas documentadas en el Acta de Constitución del Proyecto, se empezará a desarrollar un mejor entendimiento del alcance del proyecto hasta llegar a definirlo completamente de acuerdo con las expectativas del cliente.

Declaración del alcance

A partir del Acta de Constitución del Proyecto, el Gerente de proyecto y su equipo podrán ampliar la Declaración del Alcance del proyecto para asegurar que el cliente, el patrocinador y el equipo confirmen cómo serán los entregables del proyecto. Se parte de los entregables finales y expectativas, donde se descomponen dichos entregables en subentregables o entregables parciales con sus descripciones y criterios de aceptación.



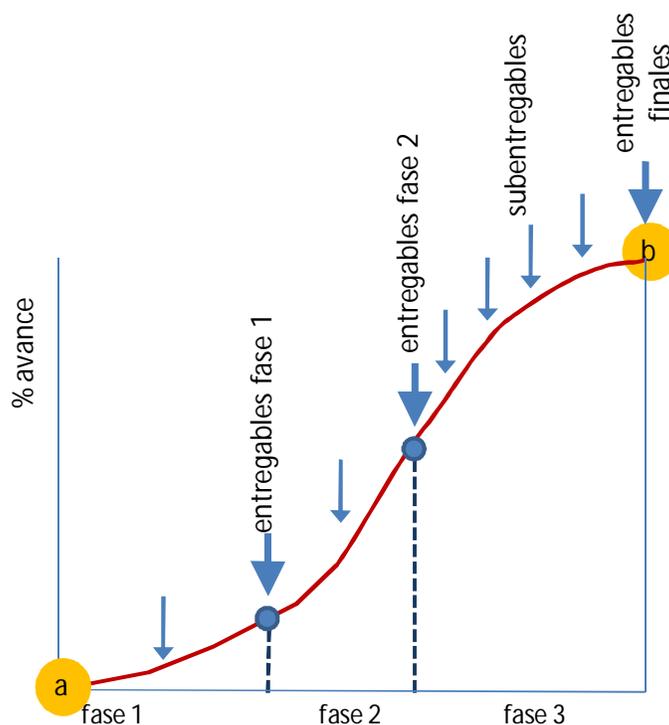
Es importante que los entregables sean específicos, medibles, acordados, realistas y se desarrollen en el tiempo establecido. Mucha de la información contenida en la Declaración del Alcance se desarrolla detalladamente a lo largo de la planeación del proyecto.

Es importante notar que cada proyecto y cada fase de proyecto tienen dos clases de entregables. Los entregables del proyecto (productos y servicios), así como los entregables para la administración del proyecto (Project charter, calendarios, reportes, planes, etc.).

Ciclo de vida del proyecto

La siguiente figura representa un ciclo de vida común para una gran cantidad de proyectos. El eje vertical representa el porcentaje de avance y el horizontal, el tiempo. La duración del proyecto se puede dividir en fases, y cada fase, en entregables y subentregables de cada una.

Todos los proyectos tienen un ciclo de vida. Inician, se desarrollan en varias etapas o fases y terminan. Las fases del proyecto pueden traslaparse, subdividirse o reagruparse; sin embargo, ninguna puede ser eliminada sin acarrear fuertes problemas a las siguientes fases.



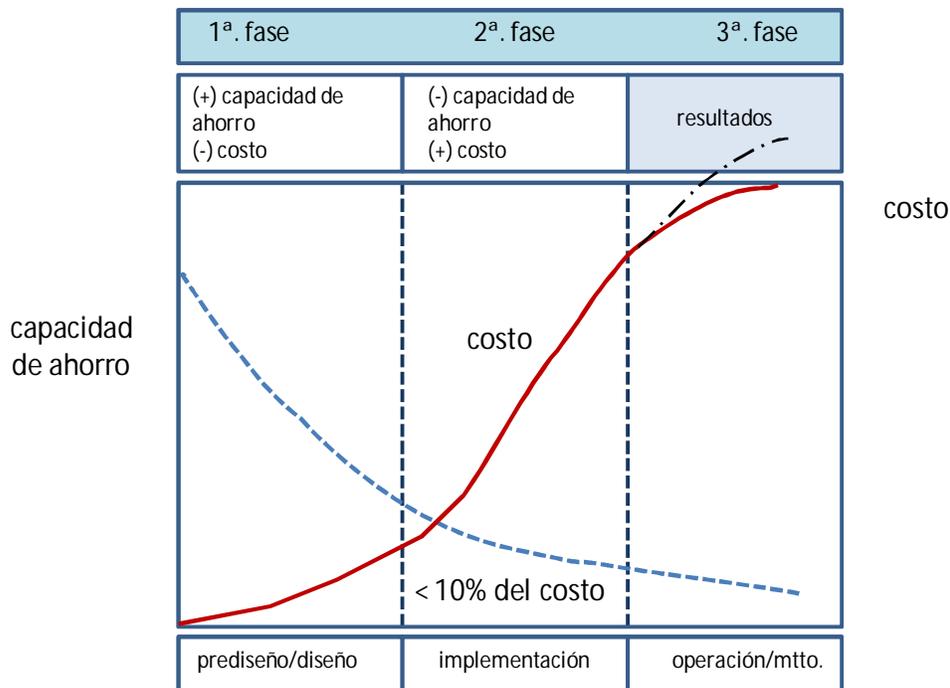
En las etapas tempranas del proyecto, durante el desarrollo de la Declaración del Alcance, es cuando tenemos la mayor oportunidad para lograr ahorros significativos.



Capacidad de ahorro

En la siguiente gráfica el eje vertical izquierdo representa la capacidad de ahorro, y el derecho, los costos acumulados. El eje horizontal inferior representa la duración del proyecto dividido en tres grandes fases: prediseño/diseño, implementación y operación/mantenimiento.

La curva de la media campana muestra el comportamiento de los costos acumulados a través del proyecto. En ella se puede analizar que en la primera fase (prediseño/diseño), generalmente los costos incurridos son menores (menos de 10% en total), y en la segunda fase (implementación), los costos son mayores. En contraparte, la curva punteada decreciente y el área bajo la curva representan la capacidad de ahorro, que en la primera fase es mayor y en la segunda es menor, por lo cual se concluye, como se indica en el eje horizontal superior, que en la fase de menores costos se tienen las mayores oportunidades de ahorro, y en la 2ª. Fase, de mayores costos, se tiene la menor capacidad de ahorro. En la tercera fase (operación/mantenimiento), es en la que se obtienen los resultados, pues los costos pueden seguir creciendo (curva punteada ascendente), dependiendo de la calidad y eficiencia, tanto del diseño, como de la implementación.



Con base en lo anterior se puede concluir que el desaprovechar las etapas tempranas del proyecto para optimizar costos, es renunciar a la oportunidad de ahorrar y tener mejores resultados.



Ingeniería de Valor

Es una técnica para organizada y creativa para identificar costos innecesarios en el producto o servicio, tomando en cuenta el ciclo de vida del proyecto. Se consideran costos innecesarios aquellos que no aportan calidad, uso, garantía, apariencia o características establecidas por el cliente. El objetivo de la Ingeniería de Valor es reducir costos, manteniendo o mejorando el valor del material o sistema.

En las etapas tempranas del proyecto, comparamos las diferentes alternativas de solución al definir el alcance.

La Ingeniería de Valor se aplica en todo tipo de proyectos, según el caso, algunas de las áreas como alternativas de valor pudieran ser las siguientes:

- Alternativas de estrategias de contratación
- Alternativas de materiales
- Alternativas de métodos
- Alternativas de diseño
- Alternativas de Alcance
- Descuentos en materiales
- Otros

Los aspectos detallados de la Ingeniería de Valor se discutirán en el siguiente capítulo.

WBS

Es un acrónimo que significa "Work Breakdown Structure", o Estructura de Desglose de Trabajo (EDT).

Una vez establecido el alcance del proyecto, es necesario definir cuáles son los elementos o actividades necesarios para obtener el o los entregables. Con la estructura de desglose de trabajo (EDT) se dividirá el proyecto en menores partidas con el objeto de definir qué hay que hacer, quién lo hará, cuánto demorará y cuánto costará.

La EDT divide al proyecto en menores entregables más fáciles de manejar, con el propósito de asegurar que se identifiquen todas las tareas críticas necesarias para completar el alcance del proyecto. Esta subdivisión se lleva a cabo hasta obtener el detalle suficiente para respaldar el desarrollo de las actividades: planeación, ejecución, control y cierre.

Los criterios para decidir el grado de detalle de la EDT dependen del nivel de responsabilidad que puede asignarse a cada persona y del nivel de control que se ejercerá sobre el proyecto.

En la siguiente tabla se representa la relación entre el Acta de Constitución del Proyecto, la Declaración del Alcance y el WBS.



Tabla 1.9.- Relación entre el Acta de Constitución del Proyecto, Declaración del Alcance y WBS.

Charter	Proceso	Para qué sirve

La WBS es la columna vertebral del proyecto puesto que de él parte la estimación de costos para elaborar el presupuesto, el desarrollo del programa, la distribución de roles y funciones, la evaluación de riesgos, etc.

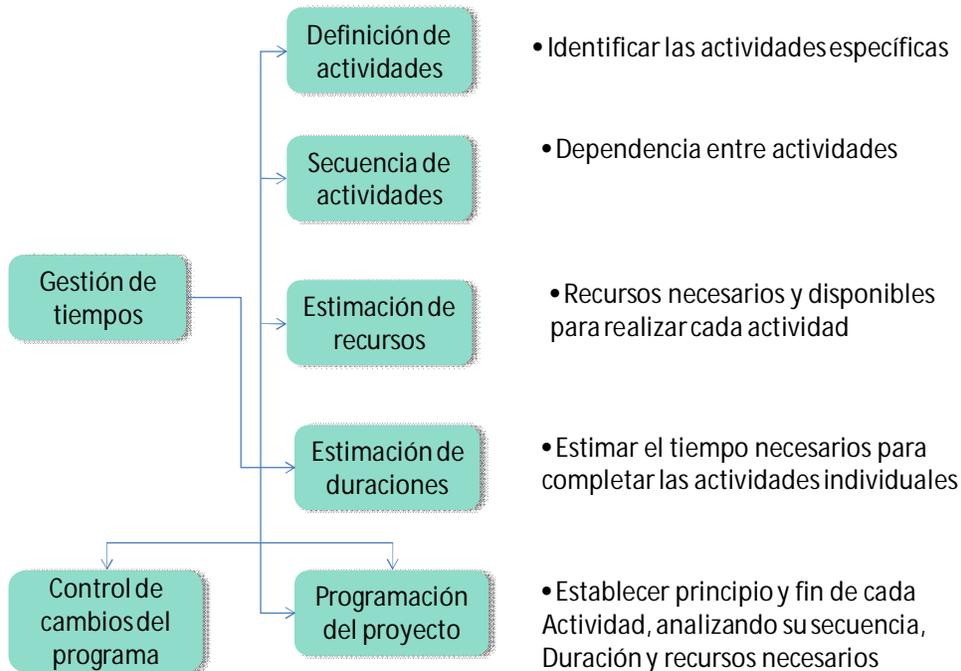
Es frecuente querer desarrollar la WBS directamente a partir del Project charter, pero la naturaleza única de todo proyecto requiere que ésta se desarrolle y confirme sus características gradualmente durante las etapas tempranas del mismo en conjunto con el cliente; de tal manera que se eviten definiciones tardías que frecuentemente generan costos innecesarios, retrabajos, mayor desgaste y pérdida de tiempo, entre otras posibles consecuencias.

1.3.2.- ADMINISTRACIÓN DEL TIEMPO

La administración del tiempo debe incluir los procesos necesarios para asegurar que el proyecto se cumpla dentro del horizonte temporal preestablecido.

Una de las funciones más importantes en la Administración de Proyectos concierne a la planeación y control de la duración del proyecto. El programa de éste es de suma importancia, pues provee la integración a lo largo del tiempo para coordinar los trabajos de todos los integrantes.

Según el estándar de la Administración de Proyectos, en las guías del PMBOK (Project Management Body of Knowledge), se distinguen seis procesos de gestión para la administración del tiempo del proyecto:

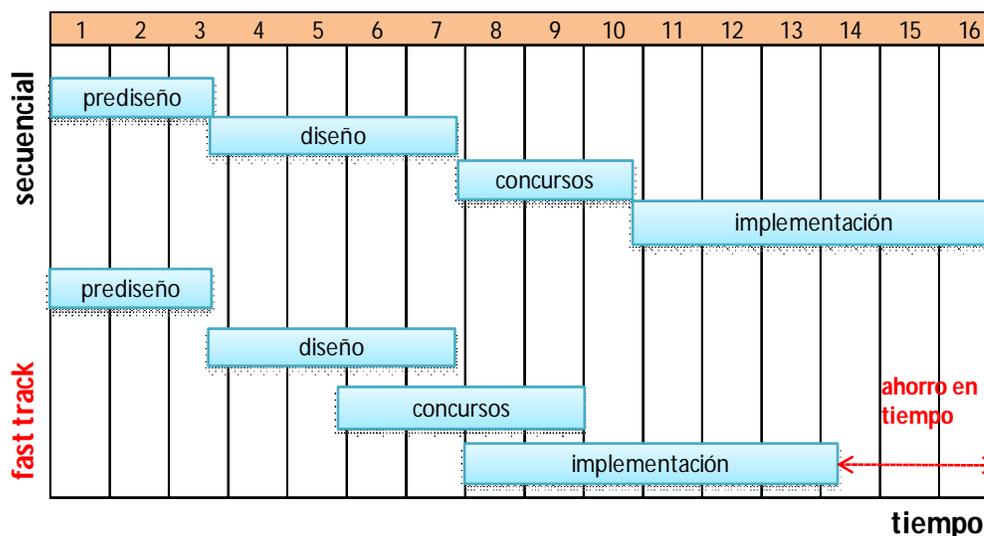


Algunos de los principales objetivos para elaborar el Programa del Proyecto son (Chamoun, Y., 2002):

- ❖ Terminar el proyecto a tiempo
- ❖ Obtener un flujo continuo de trabajo
- ❖ Evitar confusiones y malos entendidos
- ❖ Aumentar el conocimiento de todos los integrantes acerca del estado en el que se encuentra el proyecto
- ❖ Proveer reportes veraces y oportunos
- ❖ Obtener el conocimiento previo de las fechas importantes relacionadas con las actividades clave para el proyecto
- ❖ Obtener conocimiento anticipado de la distribución de los costos mientras dure el proyecto (flujo de erogaciones)
- ❖ Definir y comunicar con precisión y claridad la responsabilidad/autoridad de cada una de las partes a través del tiempo
- ❖ Nivelar y asignar apropiadamente los recursos
- ❖ Establecer parámetros de medición de desempeño

Fast Track – programa que traslapa diseño, concursos e implementación.

En muchos proyectos se requiere lograr fechas de terminación anticipada por lo que se incurre en el esquema Fast Track, que considera iniciar la siguiente fase sin haber terminado la predecesora, como se muestra en la figura siguiente:



El esquema Fast Track ha probado ser de gran beneficio cuando se planea, diseña, contrata y ejecuta el proyecto tomando en cuenta las implicaciones de este esquema y se apoya al equipo de gerencia para lograr decisiones oportunas. Este esquema requiere de una administración más exigente que aquella del esquema secuencial.

Crashing

Es una técnica utilizada en la gestión de proyectos con el objetivo de acortar la duración de un proyecto. Este objetivo se logra mediante la asignación de un mayor número de recursos a las actividades (dinero, trabajadores, máquinas, etc) de modo de disminuir la duración de las actividades. Por tanto, el concepto crashing involucra un análisis costo beneficio, en el sentido de que un menor tiempo en el proyecto tiene asociado mayores costos para la empresa.

Para poder realizar este análisis se requiere conocer: estimaciones de tiempo (duración normal y duración crash) y estimaciones de costo (costo normal y costo crash).

$$\text{Costo crash/unidad tiempo} = \frac{\text{Costo crash} - \text{costo normal}}{\text{Tiempo normal} - \text{tiempo crash}}$$

En principio, tiene sentido reducir el tiempo de aquellas actividades que son críticas (holgura igual a cero) debido a que si se reduce el tiempo de una actividad no crítica no se reducirá el tiempo para completar el proyecto. Sin embargo, se debe tener especial cuidado dado que en la medida que se reduce el tiempo en las actividades críticas, algunas actividades que inicialmente no eran críticas pueden pasar ahora a ser críticas, además de incrementar los costos al utilizar más recursos para completar las actividades. (www.investigaciondeoperaciones.net/crashing.html).



1.3.3.- ADMINISTRACIÓN DEL COSTO

El objetivo de la Administración del Costo es asegurar que el proyecto concluya dentro del presupuesto aprobado.

Las tres herramientas más comúnmente utilizadas para la planeación de costos son:

- Estimados de Costos
- Presupuesto Base (Baseline)
- Programa de Erogaciones.

El diseño de la estructura de costos debe considerar tanto el WBS como la forma en que se miden los costos del proyecto.

Aquí vuelve a aparecer el WBS como columna vertebral para la elaboración de Estimados de Costos, Presupuesto Base y Programa de Erogaciones, pues de no contar con un Alcance completo, los entregables faltantes no serían estimados, presupuestados o programados dentro del flujo de erogaciones.

Para documentar el detalle de apoyo de costos se requiere que el Gerente y equipo del proyecto realicen las siguientes cuatro actividades:

- ✓ Revisar las categorías principales de costos e identificar la validez de las suposiciones utilizadas.
- ✓ Identificar cualquier otra suposición clave de estimación. Incluir los cálculos que fueron usados en el proceso de estimación.
- ✓ Documentar esas suposiciones y su influencia en los estimados de costos del proyecto.
- ✓ Confirmar los supuestos tan pronto se obtenga más información o experiencia.

Tabla 1.10.- Fuentes de información para estimar costos

Información histórica	<ul style="list-style-type: none">• Se pueden consultar los archivos de los proyectos anteriores y de similar naturaleza para obtener información que sirva de referencia.• Permite documentar ordenadamente la información para uso futuro
Investigación de mercado	<ul style="list-style-type: none">• Para integrar precios unitarios hay información de mercado disponible que se pueda adquirir llevando a cabo una investigación de costos de materiales, de mano de obra, costos indirectos, etc.
Cotizaciones	<ul style="list-style-type: none">• Implica preparar alcances preliminares con criterios de aceptación para lograr obtener cotizaciones de proveedores
Bases de datos	<ul style="list-style-type: none">• En ciertas industrias existen empresas que proveen el servicio de consulta de bases de datos de precios unitarios por región, especialidad, entregable, etc.



De todas estas opciones, la más confiable y fácil de obtener es la información histórica propia de la empresa. El desarrollar internamente la cultura de la administración de proyectos aporta muchas ventajas al capitalizar el manejo de la información que se genera con la operación diaria.

Evaluación de costos relevantes

- Examinar proyectos anteriores similares y obtener la información de costos.
- Identificar similitudes y diferencias entre los proyectos actuales y anteriores.
- Aplicar factores a la información de costos del proyecto anterior para realizar comparaciones válidas (inflación, índices de precios al consumidor, etc.).
- Comparar Estimados de Costos del proyecto actual y la información de costos ajustada de anteriores proyectos similares.
- Ajustar los costos estimados actuales
- Simulación de cambios en el proceso y su impacto en el costo estimado (utilizando software especializado, p.e. *K-Base*).

Preparar los Estimados de Costos hasta su autorización para establecer el presupuesto, es una de las funciones más importantes y a su vez más difíciles en la Administración de Proyectos, dado que hay que obtenerlos antes de ejecutar el trabajo.

La necesidad de establecer Estimados de Costos comienza desde que el Cliente estudia sus necesidades y prioridades, estableciendo el Alcance del proyecto. El costo del proyecto está directamente relacionado con la definición del Alcance de los trabajos, por lo que es de suma importancia definir lo más preciso posible dicho Alcance en las etapas iniciales del desarrollo.

Imprevistos y Contingencias

Al desarrollar los estimados de costos, es necesario considerar márgenes de error con base en factores que están dentro y fuera del alcance del equipo ejecutor. El margen para los factores inherentes a la naturaleza del proyecto se llama imprevisto, y para factores ajenos a la naturaleza del proyecto, contingencias.

Generalmente la asignación y el manejo de los Imprevistos lo autoriza el Patrocinador y no se utiliza dicha partida a menos que realmente sea necesario. El Gerente del Proyecto conoce y administra dicha reserva. Este fondo podrá ser menor a medida que se cuente con mayor información.

La contingencia se aplicará para mitigar los riesgos identificados con alta probabilidad de presentarse y alto impacto, y la administra el cliente o el contratista en caso de proyectos IPC a precio alzado. Como regla práctica, al contratar con Alcances definidos debemos mantener un porcentaje de imprevistos cercano al 5% sobre el costo total del proyecto (Chamoun, Y., 2002).

Presupuesto Base (Baseline Budget)

Esta herramienta sirve como base para aplicar la técnica del Valor Ganado (Earned Value), que mide el desempeño del proyecto tanto en alcance, tiempo y costo. La siguiente tabla presenta cuatro métodos recomendados para planear y medir el porcentaje de avance de cada partida del WBS a través del tiempo.



Tabla 1.11.- Métodos para planear y medir el porcentaje de avance

Método	Descripción	Ventaja	Desventaja
1.- Ponderación de Objetivos	Para cada partida de la WBS se establecen objetivos asignándoles valores específicos del presupuesto.	Es más objetivo que la mayoría de los métodos disponibles.	Difícil de planear y administrar. Requiere de una coordinación estrecha entre la conformación de los paquetes del WBS, la elaboración del programa y la estimación de los recursos.
2.- Fórmula Preestablecida	20/80; Se adquiere el 20% del valor ganado cuando inicia y el 80% cuando termina. Se podría utilizar 25/75, 50/50, etc. O 20/40/40, 25/25/50, etc.	Fácil de entender.	Requiere de paquetes de trabajo del WBS detallados y de corta duración. Rigurosa revisión, verificación y validación de los entregables
3.- Porcentaje de Avance	Estimados de avance del proyecto con base en porcentajes de terminación de actividades	Es el más fácil de todos los métodos.	Los estimados de avance se basan en una terminación de la duración de la actividad pero los % se reflejan en la terminación del avance físico.
4.- Porcentaje de Avance con Objetivos	Permite los estimados de avance con base en porcentajes de avance físico.	Asegura la terminación física de una actividad tangible	Incrementa el riesgo para el contratista y aumenta el monto del contrato para el cliente

Programa de Erogaciones

Esta herramienta sirve como base para programar la disposición de los recursos financieros. Se obtienen los montos mensuales al proyectar la forma de pago más probable: en algunos casos será mensual, en otros, un porcentaje de anticipo y el resto sobre avance o cumplimiento de hitos del proyecto (milestones), etc.

El programa de erogaciones permite pronosticar cuándo se efectuarán los pagos y el presupuesto base servirá para medir el desempeño del proyecto en relación al tiempo y costo por medio de la técnica del "Valor Ganado". La Técnica del Valor Ganado (Earned Value Technique) es una



herramienta para el control de gestión donde se integra la medición del alcance, tiempo y costo y el pronóstico del proyecto. Para llevar a cabo este análisis es necesario calcular tres valores claves para cada actividad: el costo planeado a la fecha de corte, el costo de avance físico planeado y el costo real del avance físico realizado.

1.3.4.- ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO

El riesgo del proyecto es un evento que, en caso de que ocurra, tendrá un efecto negativo o positivo sobre los objetivos del proyecto.

La administración del riesgo del proyecto es un proceso sistemático que identifica, analiza y responde a los riesgos del proyecto. En este proceso se incluye tanto la maximización de las posibilidades y consecuencias de eventos positivos, como la minimización de las probabilidades y consecuencias de los riesgos negativos.

Los objetivos de la Administración del Riesgo son reducir la repercusión negativa de los riesgos en el proyecto e identificar las áreas de oportunidad por lograr y las amenazas por controlar y establecer un Plan de Manejo de Riesgos con sus respectivos responsables. En lo que respecta a las áreas de oportunidad, se considera como riesgo el no capitalizarlas.

La esencia de la Administración de Riesgos está en prever continuamente posibles problemas para llevar a cabo acciones a tiempo en vez de improvisar y buscar soluciones tardías.

Según las guías del PMBOK (Project Management Body of Knowledge), se distinguen seis procesos de gestión para la administración del riesgo:

1. Planificación de la gestión de riesgos: se decide cómo se va a planificar la administración del riesgo en las distintas actividades del proyecto.
2. Identificación de riesgos: se determinan cuáles son los riesgos que podrían llegar a afectar al proyecto y se documentan sus características.
3. Análisis cualitativo de riesgos: se evalúa el impacto y la probabilidad de los riesgos identificados, priorizándolos según su potencial impacto sobre el proyecto.
4. Análisis cuantitativo de riesgos: se analiza numéricamente la probabilidad de cada riesgo y su consecuencia sobre los objetivos del proyecto. Este proceso cuantitativo utiliza técnicas de simulación como el Modelo de Montecarlo, y métodos de análisis decisional para estimar cuál es la probabilidad de ocurrencia de un evento.
5. Planificación de la respuesta a los riesgos: se desarrollan opciones y se determinan acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas sobre los objetivos del proyecto. Este proceso incluye la asignación de los responsables de implementar cada respuesta al riesgo.
6. Seguimiento y control del riesgo: se lleva a cabo el seguimiento de los riesgos identificados, se detectan aquellos riesgos residuales no identificados con anterioridad y



se identifican nuevos riesgos. En este proceso también se intenta asegurar el adecuado desarrollo del plan de riesgo y se evalúa la efectividad en cuanto a la administración del riesgo.

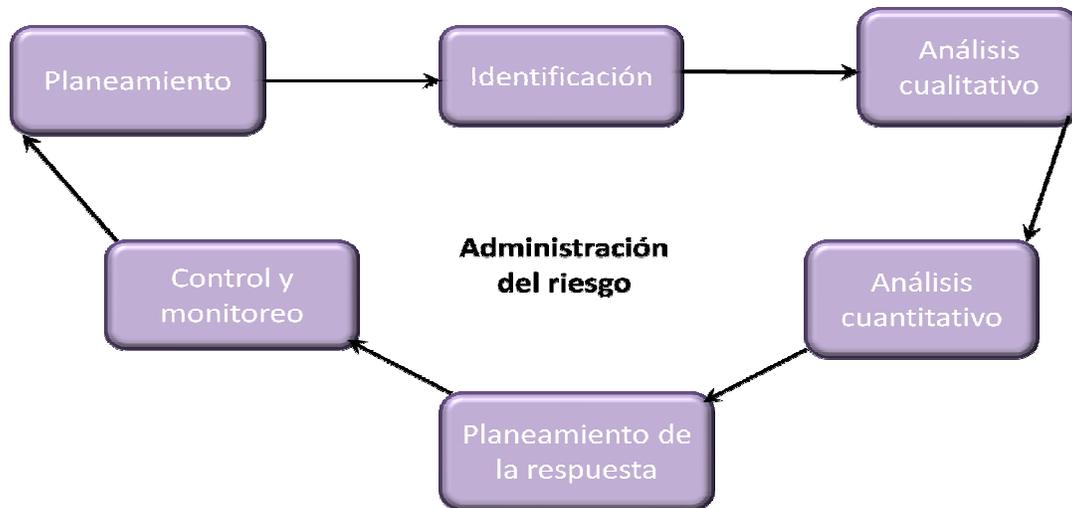


Figura 1.8.- Administración del riesgo.

Componentes del Plan de Gestión de Riesgos

Los principales componentes que deben incluirse en el plan de gestión de riesgos son los siguientes:

- Metodología: definir el enfoque técnico, las herramientas a aplicar y la fuente de datos por utilizar. Podrán emplearse distintos enfoques metodológicos a lo largo de la vida del proyecto o diferentes metodologías en función de los datos disponibles.
- Roles y responsabilidades de los interesados: definir el equipo administrador del riesgo detallando quién será el líder, quiénes serán los miembros del equipo y quiénes las personas de soporte para cada una de las actividades del proyecto.
- Presupuesto: detallar los recursos necesarios para llevar a cabo la administración de riesgos.
- Periodicidad: mencionar cada cuánto tiempo se llevará a cabo el proceso de administración de riesgos en cada etapa del ciclo del proyecto.
- Puntuación: para asegurar la consistencia en la administración del riesgo y evitar sesgos de subjetividad, es necesario definir en el plan de riesgos cuál será la puntuación a utilizar en las etapas de análisis de riesgo y cuál será la interpretación de esos resultados.
- Nivel de tolerancia de riesgo: debe quedar por escrito cuál es el nivel de riesgo que acepta cada uno de los involucrados en el proyecto.
- Formato de los informes: mencionar el formato que se va a utilizar en los reportes de riesgo y cuál será la forma de comunicar esos informes a los interesados.



- Base de datos: se debe precisar cómo se va a guardar y a hacer respaldo de las distintas actividades del proceso de administración de riesgos. Esto será de gran utilidad para los responsables de auditar el análisis de riesgo y para la utilización de toda esa información en futuros proyectos.

Dos de las herramientas que se utilizan en la planeación del riesgo son:

- Mapa de riesgos
- Matriz de Administración de Riesgos

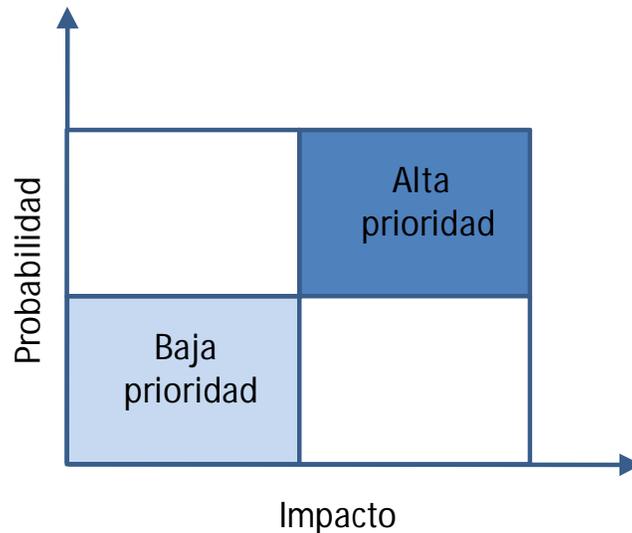


Figura 1.9.- Esquema para calificar los riesgos

En la tabla 1.12 se presenta la descripción del Mapa de Riesgos, esta herramienta propone un enfoque simplificado, considerando que gran cantidad de organizaciones no cuentan con herramientas para generar la cultura de identificar, evaluar y llevar a cabo planes y acciones respecto a riesgos.

Sin embargo, existen técnicas y herramientas más elaboradas, dependiendo de la complejidad del proyecto e industria, tales como la técnica de Monte Carlo, para estimar con mayor detalle las probabilidades e impactos de los riesgos en los proyectos. Además, existe una serie de programas computacionales dirigidos a facilitar la evaluación de riesgos.

En la tabla 1.13 se presenta la descripción de la Matriz de Administración de Riesgos.



Tabla 1.12.- Mapa de riesgos

¿Para qué sirve?	¿Qué incluye?	¿Cómo desarrollarla?	¿Cuándo utilizarla?



Tabla 1.13.- Matriz de Administración de Riesgos

¿Para qué sirve?	¿Qué incluye?	¿Cómo desarrollarla?	¿Cuándo utilizarla?

1.3.5.- ADMINISTRACIÓN DE LAS ADQUISICIONES (ABASTECIMIENTOS)

La administración de las adquisiciones del proyecto incluye los procesos necesarios para adquirir los bienes y servicios externos a la organización a los fines de lograr el alcance del proyecto.

Según las guías del PMBOK (Project Management Body of Knowledge), se distinguen seis procesos de gestión para las adquisiciones del proyecto:

- 1.- Planificar las compras y adquisiciones: se determina qué y cuándo se producirá.
- 2.- Planificar la contratación: se preparan los documentos mediante los cuales se solicitarán los bienes y servicios necesarios para el proyecto. Además, se identifican las potenciales fuentes de abastecimiento.
- 3.- Solicitar respuestas de proveedores: se obtienen las propuestas y ofertas sobre los potenciales proveedores en relación a cómo se pueden alcanzar las necesidades del proyecto.
- 4.- Selección del proveedor: se aplican criterios de selección para elegir a los proveedores de los requerimientos del proyecto.



5.- Administración del contrato: se asegura que el proveedor esté en condiciones de cumplir con los requerimientos contractuales. Para el caso de grandes proyectos, en este proceso también se administran las interrelaciones entre los distintos proveedores.

6.- Cierre del contrato: se finaliza y acuerda formalmente el contrato. Además, se verifica si todo el trabajo se realizó acorde a lo convenido y se archivan los resultados finales para ser utilizados en futuros proyectos.



En el proceso de planificar las compras y las adquisiciones es necesario definir los tipos de contrato que se utilizarán en el proyecto.

Los contratos son convenios entre un contratista, que acepta proporcionar un producto o servicio, y un cliente, que acepta pagar al contratista una cierta cantidad de dinero a cambio. A través del contrato se crea un vínculo de comunicación entre las partes, con el fin de evitar cualquier conflicto de interpretación y llegar a una comprensión mutua con claras expectativas que aseguren el éxito del proyecto. En el Anexo 1 se incluyen los diferentes tipos de contrato.



1.3.6.- ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRACIÓN

El objetivo de la Administración de la Integración es asegurar que los diferentes elementos del proyecto sean coordinados de forma apropiada.

La Integración comprende:

- El desarrollo del Plan del Proyecto (como se ha presentado en los puntos anteriores)
- El Sistema de Control de Cambios
- Las Lecciones Aprendidas

Sistema de Control de Cambios

Casi no existe evidencia de proyectos realizados exactamente de acuerdo con el plan original; los cambios a veces son inevitables ya sean solicitados por el cliente o los interesados del proyecto, que afectan su costo negativamente. Lo importante es la forma en que el equipo de Gerencia responderá y manejará los cambios del proyecto.

Existen proyectos en los que se desarrolla el alcance sobre un esquema preliminar muy poco definido, lo que resulta en una refinación continua del alcance del proyecto. Así la Administración de Cambios se vuelve crítica y justifica documentar los cambios, llevarlos a cabo, monitorearlos y actualizar la planeación.

Tabla 1.14.- Sistema de Control de Cambios

¿Para qué sirve?	¿Qué incluye?	¿Cuándo utilizarla?

Lecciones aprendidas

Las Lecciones Aprendidas comúnmente se refieren a documentar soluciones para problemáticas surgidas durante el desarrollo del proyecto; las cuales se consultan para proyectos futuros.

Las causas de determinadas variaciones y el razonamiento detrás de la acción correctiva implementada deben documentarse y convertirse en la base de datos del historial del proyecto,



que servirá también para otros proyectos de la organización que lo administra. Las causas de todos los cambios se podrán tener en cuenta para poder aprender de la historia, de manera tal que el rendimiento de futuros proyectos mejore.

Tabla 1.15.- Lecciones Aprendidas

¿Para qué sirve?	¿Qué incluye?	¿Cómo desarrollarla?	¿Cuándo utilizarla?



1.4.- METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS (MEJORES PRÁCTICAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS).

Sin duda las decisiones sobre inversión de capital se agrupan entre las más difíciles y cruciales para cualquier empresa, y de ellas muchas veces depende el desarrollo y supervivencia de la misma.

Estas decisiones están basadas en lineamientos estratégicos, variables de mercado y de entorno, y también las evaluaciones técnicas que permiten determinar el costo, los plazos y la capacidad de producción de la planta o proceso a instalar, lo cual tiene gran peso al momento de dar el visto bueno al proyecto de inversión.

Pero..., ¿cómo saber con qué error se están estimando las inversiones?, o ¿cómo asegurarse que verdaderamente se estén incluyendo todos los factores clave en este estudio previo, como factores de sitio o ambientales?. En resumen ¿cómo evitar sorpresas al momento de implantar el proyecto?

1.4.1.- Metodología FEL (Front-End Loading)

Existe una metodología de gestión de proyectos de inversión llamada Front-End Loading, más conocida como FEL que ayuda a resolver estos interrogantes. FEL es un conjunto de procesos que tienen en consideración todos los factores clave que permiten traducir la estrategia de la compañía en un al proyecto viable. Esta es una metodología basada en el concepto de compuertas de aprobación, donde en cada compuerta se aprueba, o no, el pasaje a la siguiente etapa. Cada etapa implica un desarrollo cada vez mayor de los estudios involucrados, disminuyendo la incertidumbre, pero que requiere mayor presupuesto y tiempo para su ejecución que su etapa anterior.

A través de esas fases se selecciona la mejor alternativa y se planea su ejecución. Cada fase tiene objetivos y entregables específicos. Por su propia naturaleza los proyectos no pueden ser administrados por resultados, se deben administrar por sus indicadores clave. Uno de los más importantes es el índice de maduración del proyecto. El Instituto de la Industria de la Construcción (CII) propone emplear el Project Definition Rating Index (PDRI) para este propósito. En términos coloquiales Front End Loading significa planear de manera anticipada (en las partes iniciales del proyecto) todo lo que se requerirá durante la construcción, arranque e inicio de la operación de un proyecto industrial

Esta metodología brinda soporte a la toma de decisión ya que la divide la planificación e ingeniería del proyecto en etapas escalonadas, reduciendo los riesgos, y manteniendo los costos y los plazos acotados por fase. Cada fase, antes de ser iniciada, debe estar correctamente planificada, y su fase anterior auditada y aprobada.

La metodología Front-End Loading es especialmente útil en proyectos industriales de monto superior a 20 millones de dólares y está comenzando a ser utilizado en las industrias de procesos y en las de gas y petróleo y cubre la realización de la ingeniería básica y preliminar y todas las actividades previas al desarrollo de la ingeniería de detalle. Sus fases son: (http://www.degerencia.com/articulo/proyectos_de_inversion_de_capital/imp)



Pre-FEL: Identificación de las problemática, conformación de proyectos. Esta fase sirve para Convertir oportunidades o necesidades de inversión en un Caso de Negocios con objetivos de negocio y alternativas claramente identificadas y definidas.

FEL 1: Fase de identificación de oportunidad, sirve para validar de la oportunidad del negocio y se basa en estudios de factibilidad técnico-económicos. El proyecto está en el “mundo de los negocios” y no requiere intervención de gran cantidad de personal técnico.

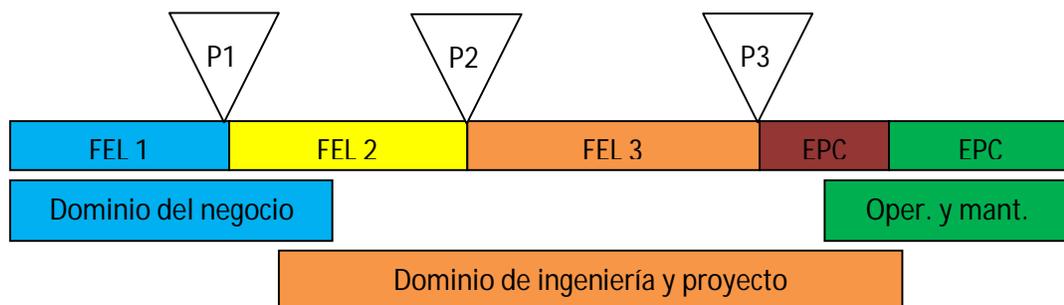
FEL 2: Fase de proyecto conceptual, es el inicio de la planeación del proyecto a fin de seleccionar una alternativa tecnológica y avanzar en las definiciones de la misma. En esta etapa el proyecto pasa a manos de ingeniería de proyecto y es vital tener un Gerente de Proyecto (Project Manager) asignado. Esta fase aún puede realizarse puertas adentro de la compañía.

FEL 3: Fase de ingeniería básica, en esta fase se desarrolla detalladamente el alcance, se elabora la ingeniería básica, se crea el plan de ejecución del EPC y se logra una la estimación final de las inversiones con un nivel de aproximación de $\pm 10\%$. Hasta aquí el desembolso de inversión no ha superado el 10%-15% del total programado.

Fase de Ejecución (EPC): se trata de la obra en sí, e incluye la ingeniería de detalle, la construcción y el montaje. Es la fase en la que más tiempo y dinero se invierten, y su éxito en parte queda determinado por la calidad de las fases anteriores.

Existen estudios estadísticos que muestran que hay una fuerte correlación entre los proyectos que han sido sólidamente planificados y aquellos que cumplen con sus objetivos de proyecto y de inversión.

La metodología FEL es valiosa porque disminuye el riesgo de la inversión y permite llegar a la decisión final de invertir o no invertir en etapas, validando en cada cierre de fase esta decisión y brinda la oportunidad explícita de cancelar o re-planificar el proyecto.



Inversión	\$ = 1%	\$ = 4%	\$ = 10%	\$ = 85%
Tiempo	t = 3 meses	t = 6 meses	t = 12 meses	t = 36 meses
Alcance	Estudio de mercado Alternativas posibles Asuntos legales y ambientales Análisis técnico-	Selección de la alternativa Sitio definido Ingeniería conceptual	Alcance detallado P&I (planos) Plan de procura Plan de ejecución	Planta instalada funcionando Lecciones aprendidas



	económico			
Entregable	Balance de materia de energía Acta de constitución del proyecto	de de de	Diseño de equipo preliminar Plano de localización general preliminar Programa preliminar Estimado preliminar	Especificaciones de equipo mayor listas para compra Estimado definitivo Plan de ejecución del proyecto Modelo 3-D preliminar Lista equipo eléctrico Lista de líneas
Estimado de costos	-30% a +50%		-20% a +35%	-15% a +25%
% Ingeniería	Plan de negocios	de	Selección de alternativas de ingeniería conceptual	Ingeniería básica y básica extendida

Figura 1.10.- Metodología FEL (adaptada de "Gates to Success", Muiño, A., 2007)

Esta metodología tiene por objeto brindar a las disciplinas de ingeniería de detalle un paquete de información completo y definido, con la intención de asegurar que su desarrollo se realice en forma continua, sin interrupciones, sea expedito y se reduzcan al mínimo los cambios y retrabajos.(referencia).

Según la compañía "Independent Project Analysis" (IPA), Front End Loading es un proceso por el cual una empresa translada sus oportunidades tecnológicas y de marketing en proyectos de inversión de capital y tiene por objeto lograr un conocimiento detallado del proyecto de forma que se minimicen los cambios en las fases de EPCC.

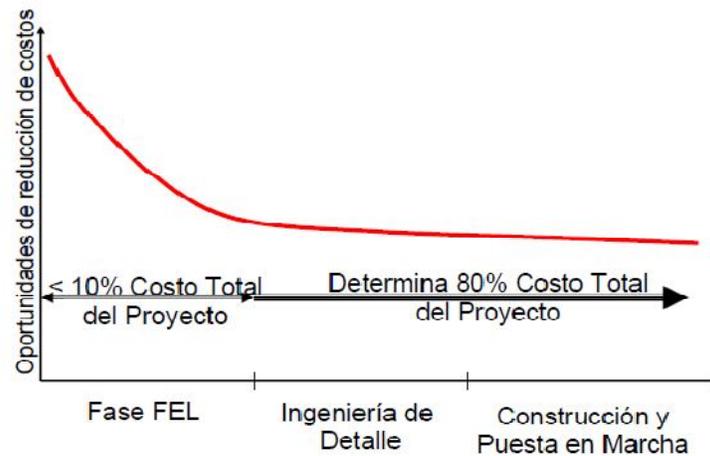
Los elementos clave son:

- Alineamiento de todas las áreas corporativas con el alcance y objetivos del proyecto.
- Un conjunto de documentos de ingeniería que incorpora las condiciones específicas de la instalación y su emplazamiento.
- Un plan de ejecución del proyecto.
- Una estimación de costos con $\pm 10\%$ de aproximación.

Las decisiones tomadas oportunamente durante las fases de diseño y acreditación influyen de forma determinante sobre la ejecución del proyecto y se basan en trabajos cuyo costo es relativamente menor.

Por otro lado, durante la ejecución, las erogaciones son considerablemente mayores, por lo que el tomar decisiones tardías sobre la definición del proyecto puede resultar en costos muy altos.

La inversión necesaria para implementar las VIP se justifica ampliamente, dada la reducción de la inversión (hasta un 10%).



Es muy importante contar con un plan formal y detallado para cubrir la transición de la fase FEL a la Ingeniería de detalle, Adquisiciones, Construcción y Comisionamiento (IACC), sobre todo cuando el equipo de ingeniería de detalle es distinto a aquel que participó en la fase FEL I y FEL II.

Este plan formal y detallado contiene la estrategia de ejecución del proyecto, el alcance, los principales entregables, una lista con los puntos a monitorear y los factores de éxito a considerar. Esta transición es mucho más efectiva si ésta se realiza a través de reuniones de trabajo conjuntas entre los principales referentes de la etapa FEL con aquellos de la IACC.

Indicador FEL

El indicador FEL es un método para evaluar el grado de detalle con el que se ha completado el FEL y consiste en analizar el nivel de desarrollo de los componentes del FEL, mediante la asignación de un porcentaje (%) al grado en que se ha completado cada uno de sus componentes. Es un trabajo que se debe llevar a cabo con la participación de los principales interesados y se realiza al finalizar cada una de las fases del FEL.

1.4.2.- Elementos clave para la eficiencia en proyectos de inversión.

La IPA establece que todo proyecto debe entenderse como un sistema en el que los resultados esperados dependerán de los procesos que se ejecuten al inicio del mismo.

Investigaciones de la IPA demuestran que los proyectos con los mejores índices de desempeño son los que desarrollan los siguientes procesos clave al inicio y durante su ejecución:

- Definición en la parte inicial del proyecto o FEL
- Alineación de funciones y desarrollo del equipo de proyectos
- Prácticas de Incremento de Valor o VIP
- Gestión de Tecnología
- Ejecución con mínimos cambios



1.4.3.- Prácticas de mejora de valor (Value Improving Practices, VIP)

Estas prácticas tienen un objetivo formal y explícito de mejorar el valor de los proyectos en tres dimensiones, la inversión en capital, los gastos de operación y mantenimiento y el retorno de la inversión. Sin embargo la aplicación de las VIP, a pesar de que mejoran la posibilidad de éxito del proyecto, no ofrece una garantía de que el valor será incrementado.

Las VIP pueden ser usadas individualmente en cualquier proyecto de inversión, identificando las necesidades específicas e implementándolas siguiendo la metodología de la práctica seleccionada, sin embargo el mayor valor sólo se alcanza aprovechando las sinergias que existen entre ellas.

La efectividad, eficiencia y el éxito potencial del programa de prácticas de mejora de valor en proyectos del portafolio, es una función de la aplicación de la Práctica en el momento correcto, la disponibilidad de información y la disponibilidad de las personas y expertos claves en el proyecto

Las VIP son procesos formales y repetibles de análisis de los diseños de ingeniería, que identifican oportunidades para optimizar el valor y mejorar los parámetros de desempeño del proyecto. Son prácticas direccionadas, y formalizadas durante la gestión de proyectos y su uso se justifica en la medida que reducen los costos de los proyectos, aumentan la confiabilidad de los sistemas y equipos y generan una mejor relación entre procesos del proyecto y su entorno.

Son un esfuerzo focalizado que va más allá de la simplemente llamada "buena ingeniería", ya que son prácticas que buscan la mejora del valor mediante procesos proactivos de aplicación. La metodología incluye la realización de talleres de implementación durante el FEL (Fases 2 y 3) y antes del diseño detallado, dirigidos o facilitados por alguien externo al equipo de proyecto.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para definir cuáles son las VIP aplicables en un proyecto, se debe realizar un proceso de selección formal temprano en FEL (Una vez aprobada la Fase 1). El proceso permite evaluar cuales VIP aplican al proyecto y cuales se desarrollarán, teniendo en cuenta cuales son las que mayor beneficio generarán al proyecto. De acuerdo a las características y objetivos del proyecto se pueden establecer los siguientes criterios generales de selección para el caso de la ingeniería de valor:

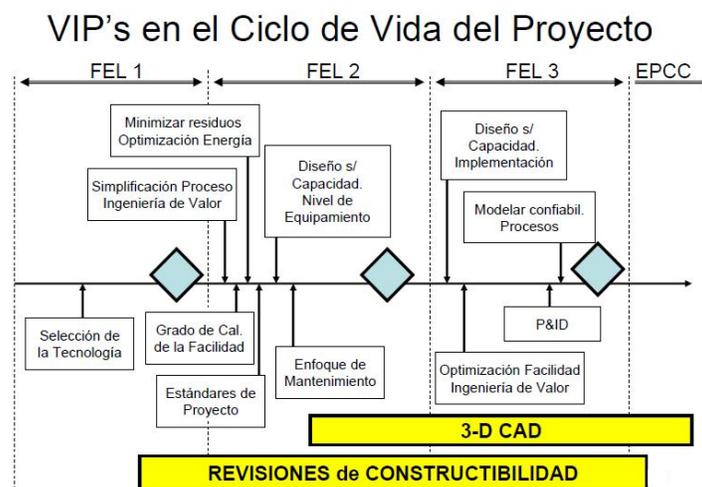
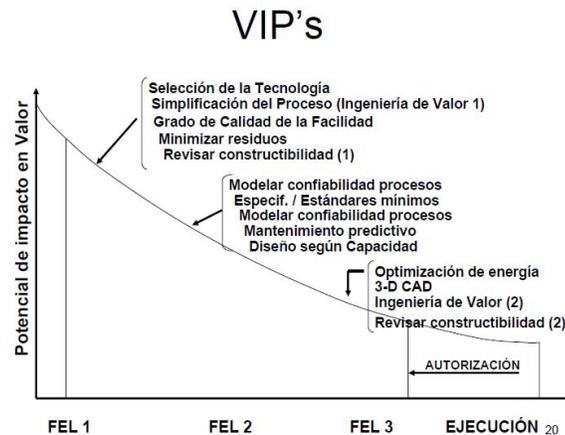
- La inversión de capital es un impulsor clave.
- El costo del equipo es significativo.
- Implica un gran número de equipo y componentes del proceso.
- La tecnología del equipo no es familiar.
- La tecnología del proceso es flexible sin ningún problema de tecnología o licencia

Una vez definidas cuales son las VIP a desarrollar, se debe identificar el momento adecuado para aplicarlas tomando como base lo que se indica en las siguientes figuras, sin embargo esto puede variar, dependiendo de la información disponible y las decisiones que se estén tomando en cada fase.



Por definición cada VIP tiene objetivos y actividades propias, sin embargo la aplicación de una u otra no es excluyente de otra práctica, ya que éstas hacen parte de la gestión de los proyectos y por tanto son complementarias. Una vez identificadas las prácticas a aplicar, el mejoramiento de valor dependerá de la manera de implementación. El método incluye la constitución de un equipo de trabajo y la realización de una serie de actividades en relación con los objetivos de la práctica que, a su vez, deben estar alineadas con los objetivos del proyecto y las actividades de cada fase, según su aplicación. (<http://es.scribd.com/doc/85516112/ECP-DPY-M-004-MANUAL-PARA-LA-IMPLEMENTACION-DE-PRACTICAS-DE-INCREMENTO-DE-VALOR-EN-PROYECTOS>).

En las siguientes figuras se muestra el impacto de la aplicación de las prácticas de mejora de valor a lo largo de las diferentes etapas de aprobación del proyecto.





Diferencias de las Prácticas de Mejora de Valor (VIP) con Ingeniería de Valor (VE)

La Ingeniería de Valor aplica en forma intensiva el Análisis Funcional (simplificación de los procesos y productos) y es parte de las Prácticas de Mejora de Valor.

Las Prácticas de Mejora de Valor aplican metodologías de Ingeniería de Valor pero su incorporación se produce en las primeras fases del proyecto mientras que VE se introduce en fases posteriores, generalmente en el diseño de un componente específico.

Otra diferencia importante es que las VIP cubren un espectro más amplio que el diseño, ya que tiene en cuenta la constructabilidad, las necesidades del negocio, así como la aplicabilidad de estándares y especificaciones. VE se aplica a determinados componentes y en fases posteriores.

1.4.4.- Constructabilidad

Los orígenes de la técnica.

La *Construction Industry Research Investigation Association* (CIRIA) definió en 1983 el concepto de constructabilidad como "la metodología que proporciona al diseño del edificio y facilidad de construcción, estando sujeta a todos los requerimientos necesarios para llevarla a cabo". Es una definición centrada en la relación entre el diseño y la construcción que reconoce la trascendencia de la toma de decisión en la etapa de proyecto.

Casi simultáneamente, en Estados Unidos, el *Construction Industry Institute* (CII) propuso una definición con un ámbito de aplicación mucho más amplio que la dada por el CIRIA, que define esta técnica como un "sistema para conseguir una óptima integración del conocimiento y experiencia constructivos en las operaciones de planificación, ingeniería y construcción, orientado a tratar las peculiaridades de la obra y las restricciones del entorno con la finalidad de alcanzar los objetivos del proyecto".

Los objetivos de la constructabilidad están limitados por el ámbito que pretende cubrir. En 1983, la CIRIA limitó su ámbito de aplicación a la relación entre diseño y construcción.

Actualmente los objetivos de la constructabilidad se pueden definir como sigue:

- ❖ Aprovechar la experiencia de construcción en el diseño, procuración y operación para cumplir con las metas del proyecto y que el proyecto sea:
 - ✓ Construible
 - ✓ Accesible
 - ✓ Económico
 - ✓ Seguro
 - ✓ Confiable

La constructabilidad desarrolla todo su potencial cuando se reconoce la compleja interacción de los factores que afectan a los procesos de diseño, construcción y mantenimiento en el ámbito del proyecto. Por tanto, su objetivo no está orientado únicamente a la facilidad de construcción del proyecto, sino que intenta ser un sistema por el cual se busca la facilidad constructiva y la calidad



del producto resultante en las decisiones acerca de la ejecución de la obra, como respuesta a los factores que influyen en el proyecto (tanto exógenos como endógenos) y los objetivos del mismo.

Por tanto, la constructabilidad no finaliza con la ejecución de la obra, sino que engloba las actividades de mantenimiento (instalaciones, reposición de materiales, acabados, etc.) con una importancia análoga.

La CIIA y CII han desarrollado un Manual de la Constructabilidad donde identifican doce principios de la constructabilidad a aplicar en las cinco fases del ciclo de vida del proyecto.

1. **Integración.** La constructabilidad debe ser una parte integral del plan de proyecto.
2. **Conocimiento constructivo.** El plan del proyecto debe contar con conocimiento y experiencia constructiva.
3. **Equipo experto.** El equipo debe de ser experto y de composición apropiada para el proyecto.
4. **Objetivos comunes.** La constructabilidad aumenta cuando el equipo consigue el entendimiento del cliente y los objetivos del proyecto.
5. **Recursos disponibles.** La tecnología de la solución diseñada debe de ser contrastada con los recursos disponibles.
6. **Factores externos.** Pueden afectar al costo y/o programa del proyecto.
7. **Programa.** El programa global del proyecto debe ser realista, sensible a la construcción y tener el compromiso del equipo del proyecto.
8. **Métodos constructivos.** El proyecto de diseño debe de considerar el método constructivo a adoptar.
9. **Asequible.** La constructabilidad será mayor si se tiene en cuenta una construcción asequible en la fase de diseño y de construcción.
10. **Especificaciones.** Se aumenta la constructabilidad cuando se considera la eficiencia constructiva en su desarrollo.
11. **Innovaciones constructivas.** Su uso aumentará la constructabilidad.
12. **Retroalimentación.** Se aumenta la constructabilidad si el equipo realiza un análisis de post-construcción.

No todos estos principios tienen el mismo grado de importancia en las cinco etapas del ciclo de vida. Los participantes en el proyecto tendrán diferentes funciones y responsabilidades con respecto a los doce principios mencionados; sus decisiones deben ser coordinadas para conseguir optimizar el rendimiento constructivo del proyecto.

La práctica de la constructabilidad.

Para implementar con éxito la constructabilidad, el cliente debe dejar claros los objetivos prioritarios del proyecto y permitir que la constructabilidad sea valorada como un atributo del rendimiento del mismo. Dichos objetivos deben de ser claramente identificados por los miembros del proyecto para conseguir un buen desarrollo de esta metodología, pero también es muy importante tener en cuenta que las decisiones tomadas en las primeras etapas del ciclo de vida del proyecto, tienen un potencial de influencia sobre el resultado final del mismo mayor al de las tomadas en las últimas fases de éste. Por lo tanto, es de vital importancia la toma de decisión en el diseño y construcción desde el primer momento.



La clave para conseguir una implementación con éxito de la constructabilidad radica en una comunicación efectiva entre los miembros del equipo, donde el diseño, la forma de construir y el compromiso con esta metodología facilitan la interrelación de éstos, en un contexto de trabajo en equipo multidisciplinario.

Beneficios de la constructabilidad

Se han identificado los siguientes beneficios de la aplicación de esta técnica:

- La participación del personal de la construcción en el diseño de los proyectos es significativa
- Ahorro de costos y tiempo
- Construcción alcanzable sin contratiempos
- Las relaciones iterativas entre la construcción y el diseño, en varias fases del proyecto, conlleva beneficios tangibles en cuanto a ahorro de costos, tiempo y facilidad de construcción.
- Madurez en constructabilidad debido a la racionalización del diseño, la modularización y repetición de diseños.

Las ventajas de la aplicación de la constructabilidad son evidentes por sí mismas y que sus principios se identifican con los de un buen equipo multidisciplinario. La constructabilidad trata la gestión del despliegue de recursos para lograr unos efectos óptimos. Esto supone conseguir una buena comunicación entre los miembros del equipo y una integración temprana de expertos de construcción al equipo de diseño.

Factores que afectan la constructabilidad

De acuerdo a estudios realizados en los Estados Unidos en un grupo grande de empresas consultoras, los principales factores que afectan la constructabilidad son:

- La complejidad del proyecto
- Las prácticas de diseño
- El plazo de entrega
- El tamaño del proyecto

Adicionalmente se detectaron algunas restricciones que limitan la constructabilidad:

- Planos incompletos
- Especificaciones incompletas
- Malas relaciones entre los participantes
- Falta de estandarización
- Resistencia del dueño
- Limitaciones presupuestarias



2.- LECCIONES APRENDIDAS EN LA EJECUCIÓN DE MACROPROYECTOS

2.1.- DEFINICIÓN DE MACROPROYECTO

Un megaproyecto o macroproyecto (a veces también llamado "proyecto de gran envergadura") es un proyecto de inversión a gran escala. Los megaproyectos normalmente se definen como aquellos que tienen un costo de más de mil millones de dólares. Estos proyectos atraen mucho de la atención pública debido a los impactos sustanciales en las comunidades, el medio ambiente, y en los presupuestos. Los megaproyectos también se pueden definir como "las iniciativas que son materiales, muy caras, y públicas". Durante el proceso de desarrollo del proyecto puede ser necesario el apoyo para reducir cualquier posible sesgo de optimismo y la desinformación estratégica. Los megaproyectos incluyen puentes, túneles, carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, puertos marítimos, centrales eléctricas, presas, proyectos de aguas residuales, las Zonas Económicas Especiales, los proyectos de extracción de gas natural y petróleo, refinerías de petróleo, los edificios públicos, sistemas de tecnología de la información, los proyectos aeroespaciales, y sistemas de armas, entre otros.

Podemos definir un megaproyecto como un esfuerzo único, un proyecto cuyas condiciones particulares le hacen aún más especial que los proyectos normales, por requerir mayores tiempos, presupuestos y / o recursos asignados que en proyectos similares. Los riesgos, las necesidades y dificultades para llevarla a cabo son habitualmente altos.

No hay una regla general para definir cuando un proyecto debe ser considerado como un megaproyecto. Algunos autores, como se mencionó anteriormente, consideran que los proyectos de más de mil millones de dólares deben ser incluidos en la lista, pero siempre dependerá del contexto.

Los megaproyectos tienden a fallar por naturaleza. Un cuidado especial y un plan confiable y creíble son esenciales para el éxito de estos proyectos, y los gerentes de proyecto deben prestar especial atención a los riesgos y las partes interesadas.

Sin embargo, aunque algunos megaproyectos, como el Big Dig de Boston con un costo de 1.5 mil millones o el canal entre Francia e Inglaterra con un costo de 10 mil millones, superan la definición del costo mínimo de un megaproyecto, otros proyectos que costaron menos de mil millones algunas veces también son considerados megaproyectos, dependiendo del contexto, por ejemplo un proyecto de 500 millones en una ciudad de mediano tamaño puede ser considerado "mega", mientras que esto podría no ser necesariamente el caso para un proyecto de tamaño similar en una ciudad más grande.

Por otro lado, algunos autores indican que el término "megaproyecto" fue inapropiado desde los años 70, cuando se aplicó por primera vez a proyectos de capital muy grandes, tales como el Proyecto James Bay y el proyecto de arenas de petróleo Syncrude en el norte de Alberta. "Mega" denota un factor de millones, de hecho el prefijo apropiado para los esquemas de ingeniería gigantes en Canadá en los años 70, 80 y 90 podría haber sido "giga" debido a que su característica



común fue un precio de miles de millones de dólares. Solamente en el campo de la energía, la construcción de proyectos mayores que costaban más de \$200 mil millones de dólares se planeó en Canadá durante los 80's pero la mayoría fueron cancelados, se redujeron sus alcances o diferidos indefinidamente. Una plataforma simple de producción de petróleo costa fuera puede tener un precio de miles de millones de dólares.

Un megaproyecto implica una organización compleja y que requiere de esfuerzos de múltiples participantes, por ejemplo en la ejecución de proyectos de gran envergadura como la construcción de refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, fábricas de acero y desarrollo de los recursos naturales, la SHOSHA [compañías de comercio general, entidad de negocio única para el comercio de Japón en una amplia gama de productos y materiales] utiliza de forma combinada los paquetes de sus diferentes capacidades. Los proyectos son ejecutados al utilizar sus capacidades inherentes en todas las áreas necesarias, incluida la recopilación de información y el análisis, la planificación de la propuesta del programa del proyecto, selección de los socios apropiados, la formación de consorcios, la gestión de los fondos del proyecto, la adquisición de materiales y equipos, consignación de la construcción, gestión de los seguros y la promoción del mercado. Los proyectos a gran escala para las plantas de generación de energía en los países en desarrollo que apliquen los esquemas de construcción-operación-transferencia (BOT) y de construcción-propiedad-operación (BOO) proporcionan una amplia evidencia de la función superlativa de organización de la SHOSHA.

PARADOJA DEL MEGAPROYECTO

La paradoja megaproyecto fue identificado por el profesor de Oxford Bent Flyvbjerg, en su libro con Nils Bruzelius y Rothengatter Werner, *Megaproyectos y Riesgo (Megaprojects and Risk)*.

La paradoja consiste en el hecho de que se continúan planeando y construyendo más y más grandes megaproyectos a pesar de su pobre historial de rendimiento en términos de los sobrecostos, retrasos en el programa, y el déficit de beneficios. Para la mayoría de los megaproyectos, el rendimiento es significativa y consistentemente por debajo de lo que podría llamarse "mejor" - o "buena" - práctica, cuando se mide en estos términos. Este ha sido el caso durante décadas y los datos existentes no muestran un fin inmediato a esta situación.

"Mega" implica también el tamaño de la tarea involucrada en el desarrollo, planificación y gestión de proyectos de esta magnitud. Los riesgos son considerables, los sobrecostos de 50% son comunes y los del 100% no son poco comunes. Del mismo modo, los déficits sustanciales en los beneficios complican muchos megaproyectos. Por último, los efectos regionales de desarrollo y los impactos ambientales resultan a menudo muy diferentes de lo que los contratistas comprometieron. Aunque los sobrecostos en combinación con déficit en beneficios causan problemas, existe una paradoja interesante para los megaproyectos: *a pesar de su historial de rendimiento pobre en términos de costos y beneficios se siguen planeando y construyendo más y más grandes megaproyectos.*

La investigación de Bent Flyvbjerg sobre megaproyectos identifica esta "paradoja de megaproyectos" y analiza sus causas y posibles curas. Centra su atención en los sobrecostos en megaproyectos, el déficit de los beneficios, los efectos del crecimiento económico y regional, los impactos y riesgos ambientales, la previsión, el sesgo de optimismo, los errores estratégicos,



evaluación y gestión de riesgos, la rendición de cuentas, la democracia, y nuevas estructuras de gobierno para megaproyectos en la ciudad y el desarrollo regional.

DISEÑO PARA UN FUTURO LEJANO

Adicionalmente al tamaño y alcance, los megaproyectos implican una perspectiva a largo plazo que a menudo raya en lo que se puede considerar "una bola de cristal". Los megaproyectos son generalmente diseñados para un futuro que no comenzará en 5-10 años y se extenderá por un periodo de 25-30 años más. Por otra parte, el megaproyecto usualmente no entra en el sistema económico gradualmente pero representa un salto cuántico en la capacidad productiva. Por lo tanto, debe haber una gran demanda insatisfecha que deben cubrirse cuando el proyecto comience su operación, o el proyecto debe satisfacer las viejas demandas de forma más barata y eficiente.

Los principales y más persistente críticos de los grandes proyectos suelen ser los contadores. Incluso la propuesta de un proyecto implica un riesgo financiero importante: el consorcio Canadian Artic Gas gastó más de \$ 100 millones de dólares antes de su oleoducto Valle de Mackenzie fue rechazada en 1977, el grupo Alsands gastó una cantidad similar antes de aplazar indefinidamente la empresa de arenas petrolíferas en 1982. En Canadá, donde la rentabilidad real de largo plazo sobre el capital tiene un promedio de 7%, los inversionistas esperan un beneficio potencial de al menos 7% más alto que la tasa esperada de inflación. Por lo tanto, los inversionistas necesitan garantías de los gobiernos acerca de las reglas fiscales, los precios y las regulaciones que se aplicarán. Los gobiernos tienen una preocupación paralela de que los beneficios de un proyecto excedan sus costos sociales, y que los mismos beneficios (por ejemplo, el suministro de petróleo, transporte, empleo) no se puedan obtener de forma más barata por otros medios. Por ejemplo, los megaproyectos son generalmente construidos en el interior del país pero se benefician los centros metropolitanos - a veces fuera de la provincia o incluso fuera del país. Los gobiernos deben determinar si el trauma del auge y caída sufrida por las regiones apartadas vale la pena por el beneficio para las zonas industriales.

ECONOMÍA BÁSICA

Los cálculos de "costo de oportunidad" y "costo/beneficio" están íntimamente entrelazados con la economía básica de los proyectos mismos. Durante la década de 1970 la tasa de inflación para proyectos de energía era un enorme 1,5 veces mayor que la tasa general. Con la recesión de la década de 1980 llegó la preocupación de que pudiera no existir una demanda para la producción de alto precio del megaproyecto, cuando finalmente llegara al mercado. Pronósticos de crecimiento anual de la demanda de energía en Canadá se redujeron desde un máximo de 7% a alrededor del 2%, con algunas predicciones de cero o tasas de crecimiento negativas durante muchos años. En consecuencia, varios proyectos fueron archivados.

El colapso del precio esperado para la energía disminuyó el entusiasmo por casi todos los megaproyectos. Estrategia nacional a largo plazo (para la seguridad energética, BALANZA DE PAGOS, la infraestructura económica, defensa, etc) puede anular factores económicos desalentadores, pero tal planeación demanda una visión de largo plazo extraordinariamente clara, rara vez evidente entre los políticos que enfrentan elecciones cada pocos años.



Los megaproyectos intentan tomar ventaja de las "economías de escala", es decir, cuanto mayor sea una instalación, menor será su costo unitario de producción. Esta fue la sabiduría convencional para las generaciones de ingenieros y economistas, pero gran parte de su validez se basa en la hipótesis de la estabilidad financiera, económica y política. En medio de las incertidumbres de la década de 1980 el principio se volvió a examinar de manera crítica y se encontró falto de una serie de razones.

VULNERABILIDAD DE UN MEGAPROYECTO

En primer lugar, un proyecto muy grande es vulnerable a un mal funcionamiento. Por lo tanto, sería imprudente depender demasiado de una tecnología (por ejemplo, CANDU) que podría acabarse por completo por algún defecto oculto o peligro. En segundo lugar, muchos proyectos hoy en día se pueden construir en etapas o módulos, con una fuerza de trabajo continua y mejoras en el diseño con los errores de los modelos anteriores. El flujo de efectivo de las primeras unidades puede ayudar a pagar las subsecuentes, reduciendo sustancialmente los riesgos financieros, y el tiempo de las unidades adicionales pueden ser alterados para ajustarse a los cambios en el precio, la demanda y la competencia. En tercer lugar, el proceso de regulación es más simple y más rápido para proyectos más pequeños. En cuarto lugar, algunas tecnologías (por ejemplo, en la extracción in situ de arenas petrolíferas, procesamiento de alta presión de aceite) no son notablemente más baratos a gran escala.

Los Megaproyectos son proyectos de obras públicas de una escala especialmente ambiciosa o notable. Usualmente se requiere una inversión financiera sustancial para hacer este tipo de proyectos exitosos, y pueden tardar décadas o incluso siglos en completarse. Como resultado de la enorme inversión involucrada, los megaproyectos también pueden ser muy arriesgados, de manera que los inversionistas y las entidades públicas pueden perder mucho si las cosas salen mal. A menudo son seguidos de cerca durante las etapas de planificación y construcción, y pueden ser muy criticados si la gente piensa que están condenados al fracaso.

Existen diferentes formas de mirar a un megaproyecto. Algunos definen tales proyectos como proyectos de trabajos públicos los cuales cuestan más de mil millones de dólares americanos. Otros prefieren observar el impacto social, cultural o económico de los proyectos para determinar si son o no megaproyectos. Muchos de tales proyectos han tenido un tremendo impacto cultural, siendo conocidos ampliamente alrededor del mundo debido a su tamaño, diseño o propósito. Cuando se construyen bien, los megaproyectos puede impulsar también la economía de los alrededores aunque estos proyectos pueden convertirse también en desastres económicos.

Algunos ejemplos de modernos e históricos megaproyectos incluyen: la presa Aswan, la presa Hoover, la gran excavación (Big Dig), las Pirámides de Egipto, la remodelación del World Trade Center, el Canal de Panamá, el Airbus A380, Taipei 101, la Opera House en Sydney, la Gran Muralla China, el Eurotunnel (Channel Tunnel), el Puente Bang Na y el Puente Oresund. Muchos de estos proyectos comparten el hecho de ser extremadamente grandes y varios de ellos son considerados íconos culturales.

El diseño de un megaproyecto requiere una gran coordinación y trabajo. A menudo, estos proyectos pueden involucrar técnicas de construcción y características de diseño que nunca se han usado antes, y en ocasiones, los constructores están realmente obligados a desarrollar nuevas técnicas para abordar los desafíos que surgen durante la construcción. La infraestructura existente



puede necesitar también ser ajustada para acomodar este proyecto, tanto durante como después de la construcción, y los diseñadores tienen que pensar en cuestiones como la coordinación del flujo de materiales de construcción, la contratación de una fuerza de trabajo, resolver las cuestiones ambientales, y responder a los miembros de la comunidad que puede estar preocupado por el proyecto.

El término “megaproyectos” también se utiliza en la industria petrolera para referirse a un proyecto que involucre un yacimiento petrolero especialmente grande. Los megaproyectos petroleros requieren una gran inversión, y pueden producir cantidades enormes de petróleo si son manejados racionalmente. Algunos megaproyectos convencionales también involucran a la industria del petróleo, como en el caso de los largos oleoductos utilizados para transportar petróleo de lugares remotos a localidades más céntricas.

2.2.- ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN

La mitad de los megaproyectos han demostrado ser un fracaso. Sus fracasos pueden arruinar la viabilidad financiera de sus negocios, con muchos de estos grandes proyectos los costos experimentan crecimiento de casi 100 por ciento. La complejidad y la dificultad de megaproyectos - no solo el costo - presentan desafíos para los profesionales de la gestión de proyectos. No todos los proyectos complejos o grandes son un desastre. Una minoría significativa tiene éxito, y estos éxitos se encuentran detrás de las lecciones aprendidas y mejores prácticas (*The IPA Institute, Executing successful Complex/Megaprojects, 2009*).

Se consideran aspectos clave para la gestión de megaproyectos los siguientes:

- Reconocer las necesidades de recursos para la planificación, ejecución, seguimiento y control y gestión eficaz
- Identificar y analizar los factores críticos para el éxito de megaproyectos
- Estimar costos realistas y alcanzar resultados esperados
- Definir e implementar estrategias *ad-hoc* para el desarrollo de megaproyectos
- Identificar los megaproyectos que requiera el negocio
- Identificar y analizar riesgos para implementar estrategias y acciones de mitigación
- Definir e implementar controles de proyecto eficaces
- Consultar expertos en el desarrollo de megaproyectos.

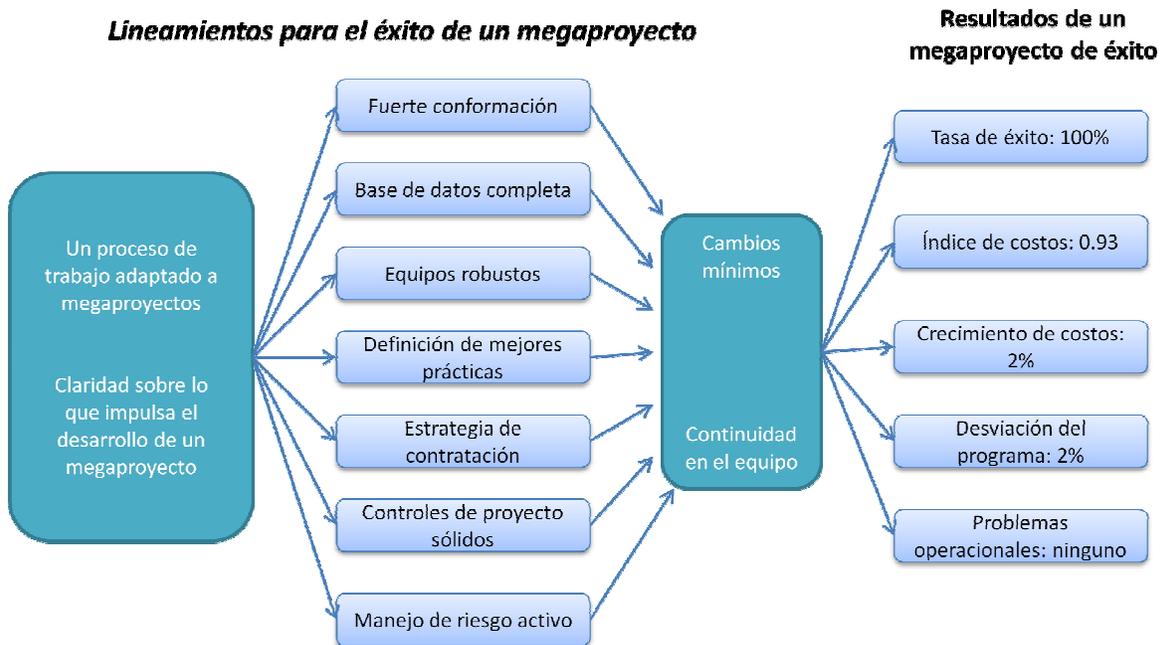


Figura 2.1.- Guías para el éxito de megaproyectos (Referencia: IPA Institute, 2009)

2.2.1.-Megaproyectos.- una muestra de éxito o cómo minimizar sorpresas desagradables (Leijten P., IPKA Consultancy, September 2010)

El tamaño promedio de 208 de los 230 principales proyectos de gas y petróleo del análisis de Goldman Sachs (2010) varía entre \$ 2400 millones y \$ 3800 millones de dólares. Su desempeño combinado generará al menos 11 mmbpce (millones de barriles de petróleo crudo equivalente) en 2019E. Para ese año, 16 de las 35 principales compañías petroleras generarán al menos 280 megaproyectos con financiamiento bursátil y representará más del 50% de su valor económico actual.

Después de la catástrofe de *Deepwater Horizon*, explorar en aguas profundas suena tal vez a desastre, conflicto y bolsillos vacíos. La compañía *IPKA Consultancy* propone una estrategia llamada (DEEP) "Diseñar para Ejecutar y Ejecutar para Preveer": identificar y abordar los retos clave en un mega proyecto desde el principio puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso.

Con el petróleo barato y agotándose, los megaproyectos se están convirtiendo en la norma para las grandes Empresas Petroleras Independientes (IOC). Además de su tamaño, los megaproyectos a menudo plantean "primicias" tecnológicas o geográficas.

La previsibilidad de costos y programa de un proyecto es de suma importancia cuando el éxito de la empresa o el fracaso comienzan a depender de sus resultados. En respuesta, la IOC se ha centrado en los últimos diez años en la metodología FEL (capítulo 1.4.1), mejorando las habilidades de sus gerentes de proyecto y poniendo un gran énfasis en la gestión de riesgos durante el diseño y ejecución de proyectos. A pesar de todo, la IPA (Independent Project Analysis) establece que el 56% de 78 Mega Proyectos estudiados "fallaron", considerando como fracaso un



incremento del 25% del costo estimado y/o programa previsto. Los proyectos con nuevas tecnologías tienen una tasa de fracaso del 73%. Estas sorpresas inevitablemente significan que el proyecto se desempeñará por abajo del Valor Presente Neto. Así, a pesar de todo el buen trabajo, ¿qué esfuerzos se pueden hacer en estas tres áreas (programa, costos y riesgo) para mejorar el desempeño del proyecto?

Para responder a esta pregunta, se consultó a diferentes equipos de proyectos de megaproyectos en los últimos años sobre la calidad de sus filosofías de "ejecución". Lo que se encontró no es sorprendente: a pesar del progreso digno de elogio la IOC y sus gerentes de proyecto, la mayor parte de los proyectos están poniendo grandes esfuerzos en las mejores prácticas establecidas en FEL, gestión de proyectos y de riesgos, como se describe a continuación:

FEL.- La complejidad de los megaproyectos y el gran número de factores externos ejercen mayores demandas sobre el FEL en términos de trabajo y estudio a realizar. Al introducir las incertidumbres tecnológicas y comerciales se puede dar cuenta que no se deja mucho tiempo para comprender y trabajar los retos clave de la ejecución. Esto hace que las estimaciones de costos y programas poco realistas sean más difíciles de disminuir. En consecuencia, no todos estos aspectos son identificados y tratados a tiempo, por ejemplo, ajustar el concepto o crear buenos planes para mitigar el riesgo.

Gestión de Proyectos.- En un mega proyecto, la integración de los equipos grandes y dispersos cada uno trabajando en un "proyecto dentro del proyecto" pone una presión adicional sobre los directores de proyectos. Además de que gran parte de su tiempo y esfuerzo se toma para la gestión del proyecto, alinear a las personas y la dirección de un gran número de ingenieros y otros expertos para tratar cuestiones técnicas del proyecto, comerciales y de los interesados. La ejecución a menudo se deja a los "expertos" lo que significa que no se integren plenamente en el FEL. Los equipos no están trabajando sistemática y colectivamente para abordar todos los desafíos de ejecución superiores, a menudo multi-disciplinarios por naturaleza. Cuando los proveedores, contratistas y otros agentes deben ser elaborados en el tiempo la presión significa que hay tiempo rara vez suficiente para participar de manera muy eficaz. En consecuencia, vemos planes de ejecución del proyecto escritos en una plantilla estándar en lugar de centrarse en las cuestiones clave de la ejecución.

Gestión de riesgos.- Por supuesto, todos los proyectos cuentan con procedimientos y una estructura. En un megaproyecto el "Proceso" ya está establecido y la gestión de riesgo se está convirtiendo en una disciplina independiente. Los equipos de proyecto luchan para captar todo el "contenido" detrás de los riesgos. Estos dos factores combinados reducen la integración de esfuerzos, y puede dejar algunos riesgos sin explorar y sin dirección. En varias ocasiones se ha encontrado que los cientos de los riesgos identificados en el registro podrían agruparse en un número mucho menor de riesgos de ejecución fundamentales. Sin esta reducción de complejidad, los gerentes de proyecto luchan para organizar equipos multidisciplinarios para abordar las principales prioridades.

Por último, pero ciertamente no menos importante, se encontró que el análisis probabilístico del programa y de los costos (P50, P90) no incluyen lo "impensable". Tampoco los niveles de riesgo como se capturan en el registro de riesgos están necesariamente expresada en términos P50 y P90. Por lo tanto, los gerentes de proyecto y de riesgo no navegan a partir del mismo mapa. Los



dos "modelos" necesitan estar alineados de manera que la organización como un conjunto trabaje sobre las prioridades adecuadas para reducir el riesgo.

El análisis de la incertidumbre se maneja con los perfiles probabilísticos P10, P50 y P90. P10 es el caso pesimista, significa que hay un 10% de probabilidad de que una variable aleatoria tenga un valor menor o igual a éste. El P50 es el caso más probable y significa que hay un 50% de probabilidad de que una variable aleatoria tenga un valor menor o igual a éste. El P90 es el caso optimista y significa que existe un 90% probabilidad de que una variable aleatoria tenga un valor menor o igual a éste.

En lugar de trabajar cada una de estas áreas por separado, lo que se estaba buscando es un enfoque de "matar tres pájaros de un tiro". Se ha encontrado que al hacer "zoom" con el equipo del proyecto en la fase de ejecución y entonces trabajar de regreso desde aquí trae claridad y alineación. Se trata de llevar la realidad de ejecución a la vida en un momento en que el proyecto sólo existe en papel y en la imaginación de la gente. No significa que los gerentes no presten atención a la ejecución. Pero es el abordaje sistemático y concertado de los principales problemas, el seguimiento de los eventos individuales, exploración profunda a través de varias disciplinas, trayendo la innovación externa lo que hará la diferencia. El objetivo de estos esfuerzos son estimados de programa y costos más bajos que P50, P90 y una menor dispersión entre ellos. Cuanto antes se haga mejor, antes de seleccionar el concepto y la definición de la estrategia de contratación. Un proyecto ya en la etapa FEED puede beneficiarse de mejores planes de contingencia a través de una mejor comprensión de los desafíos y cómo afectan.

DEEP es una forma inteligente de ver el proyecto a través de lentes diferentes. DEEP se desarrolla en tres pasos:

1. Hacer un balance: preguntar a las personas clave en el equipo para articular la forma en que ellos enfocan la "ejecución" y cuestionar su pensamiento.
2. Ampliar: identificar y priorizar los "puntos claves" de ejecución y «puntos blancos» (principales retos y desconocidos anteriormente).
3. Resolver:
 - (a) Eliminar los retos al mejorar el concepto de desarrollo.
 - (b) Enfrentar los riesgos restantes a través de la mitigación selectiva y las actividades de planeación de imprevistos
 - (c) Estructurar el plan de ejecución en torno a los riesgos residuales clave y cómo éstos se tratan
 - (d) Con la complejidad de los megaproyectos la visualización de lo que sucede en la ejecución es clave. Se destacan los puntos clave, la comunicación es más fácil y las personas desarrollan un entendimiento compartido, con mayor rapidez.
 - (e) DEEP reorienta los esfuerzos del equipo del proyecto, más que ocasionar trabajo adicional. Siempre que el compromiso está bien preparado y llevado a cabo con rapidez, los equipos de proyecto ganan confianza en su enfoque de "ejecución" y colectivamente se centran más pronto en lo que es importante hacer bien.

Con DEEP el equipo del proyecto y los inversionistas se benefician con:

- Un concepto de desarrollo con menos problemas de ejecución. Mejores planes de contingencia.



- Un mejor plan de ejecución de los proyectos, lo que demuestra claramente cómo los riesgos residuales se mitigan y cuáles serán las soluciones de contingencia.
- Promesas de ejecución más robusta (P50 / P90) en la sanción, menos sorpresas en la ejecución.

2.3.-CARACTERÍSTICAS DE MEGAPROYECTOS EXITOSOS (*Characteristics of successful megaprojects, National Academy Press, 2000*)

La experiencia ha demostrado que se necesita una mayor planificación y más habilidades para desarrollar, mantener, y entregar con éxito lo que puede considerarse un "megaproyecto" que lo que se necesita para un proyecto de construcción convencional. La siguiente información se puede utilizar como un punto de referencia con respecto a las características generalmente aceptadas de los proyectos exitosos. Las características descritas no definen un proceso. Tienen el formato de una lista de verificación (checklist) para la comparación de un proyecto específico con las características de otros proyectos exitosos.

Las listas de verificación son recordatorios para los buenos gerentes. La siguiente lista de verificación se puede utilizar para todos los proyectos importantes cuando el proyecto está siendo preparado para el desarrollo de parámetros de referencia, así como para un análisis al final para la identificación de lecciones que se pueden compartir con otros jefes de proyecto, o en cualquier otro momento para verificar para el buen desarrollo del proyecto e identificar posibles fuentes de problemas.

Las características de muchos de los megaproyectos de éxito son complejas y no están bien documentadas. La información por lo general se reúne para documentar lo que salió mal con un proyecto en lugar de documentar las circunstancias de éxito.

La lista de características de los megaproyectos de éxito que se presenta a continuación, está basada en la experiencia colectiva de más de una docena de profesionales con conocimientos profundos y experiencia en proyectos de gran escala. Por supuesto que no cada elemento de la lista debe estar presente para que un megaproyecto, o cualquier otro proyecto, tenga éxito.

Si hay una buena correlación, en particular si las características que figuran como "esencial para el éxito" en cada categoría están ahí, entonces el proyecto debe tener una buena oportunidad para el éxito. Si hay poca correlación y sólo algunas de las características esenciales están presentes, los responsables del proyecto deben considerar qué se puede hacer para mejorar las posibilidades de éxito.

A pesar de que un sistema de gestión de proyectos confiable es muy importante para el éxito del proyecto, el sistema de gestión de proyectos por sí solo no garantiza el éxito. Los proyectos exitosos se debe ejecutar por personal entrenado, calificado y con talento, y directivos con experiencia que no sólo pueden planificar y gestionar el trabajo bien, sino que también puedan manejar con eficacia los factores externos. La estructura organizacional también se debe diseñar para el éxito del proyecto.

Las condiciones, cualidades y características que siguen se requieren dimensionarse y ajustarse a la amplia gama de proyectos de construcción, los cuales tienen objetivos y propósitos muy



diferentes (por ejemplo, la limpieza del medio ambiente, optimización de instalaciones, construcción de rutina, proyectos específicos muy específicos). Sin embargo, un modelo es un buen lugar para comenzar el proceso de ajuste y la configuración del proyecto de una manera que incrementa sus posibilidades de éxito.

2.3.1.- CONDICIONES GENERALES

Las siguientes características generales se aplican a la configuración del proyecto, entorno y el patrocinador. Estas condiciones son generalmente ajenas al proyecto en sí, pero son factores importantes en su éxito o fracaso. Estas condiciones se dividen en tres categorías:

- ✓ Condiciones esenciales para el éxito,
- ✓ Condiciones importante para el éxito
- ✓ Condiciones favorables para el éxito.

Condiciones esenciales para el éxito

1.- Los patrocinadores del proyecto saben lo que necesitan y pueden darse el lujo de decidir donde quieren ubicar el proyecto, y cuando debe estar listo para su uso o terminado. El proyecto tiene un propósito, y los beneficios son claramente definidos y entendidos por todos los participantes.

2. El proyecto tiene un campeón (champion) en los propietarios de la organización cuya posición e influencia lo habilitan para influir en el comportamiento y el rendimiento en propietarios de la organización que podría beneficiar el proyecto.

3. El patrocinador / propietario / usuario está claramente centrado en la finalización exitosa del proyecto a lo largo de su ciclo de vida.

4. La comunicación abierta, la confianza mutua, y una estrecha coordinación se mantienen entre el propietario / usuario y la gerencia del proyectos durante la planeación, diseño, construcción, puesta en marcha y entrega del proyecto terminado al propietario.

5. Los jefes de proyecto (tanto en la organización del dueño como en la de los contratistas) son profesionales con experiencia dedicados al éxito del proyecto. Demuestra liderazgo, es un constructor de equipo del proyecto, así como un constructor del proyecto, posee los conocimientos técnicos necesarios, de gestión y las habilidades de comunicación, y se integra de manera temprana en el proyecto.

6. Las reuniones programadas regularmente para la revisión administrativa con agendas prepublicadas son atendidos por todos los participantes en el proyecto interesados para coordinar acciones y centrarse en avanzar y actuar sobre los posibles problemas y las cuestiones a medida que se van presentando.

7. Los contratos son claros y sin ambigüedades. Las responsabilidades de los propietarios y los contratistas son claramente entendidos por todas las partes.



8. Los incentivos del contrato son claros y sin ambigüedades, de acuerdo a los objetivos de desempeño y para compensar adecuadamente al contratista por el uso de los recursos, los riesgos, y la contribución al desempeño para los objetivos de los propietarios.

9. Incentivos, según sea el caso, se puede proporcionar de manera que cada parte participante en el contrato comparta los beneficios de las mejoras en el desempeño del proyecto.

10. Los riesgos son asumidos por las partes más capaces de administrarlos, controlarlos, o reducirlos. Por lo tanto, los propietarios asumen los riesgos relacionados con las condiciones del lugar, los factores externos y el alcance global de la obra; los contratistas asumen los riesgos de su propia eficiencia y el desempeño en el cumplimiento de los términos del contrato y los propietarios y contratistas trabajan juntos para minimizar los riesgos totales del proyecto en lugar de trasladarlos de uno a otro.

11. La responsabilidad del éxito o el fracaso del proyecto se entiende como la responsabilidad de las personas clave.

12. La vida media de los patrocinadores políticos que decidieron apoyar al proyecto supera la vida media del proyecto. Por lo tanto, no habrá cambio en la política durante la ejecución del proyecto.

Condiciones importantes para el éxito

1. La solicitud de propuestas y los documentos de licitación definen claramente el proyecto y los requerimientos y expectativas del propietario.

2. Reuniones de aclaraciones con los posibles contratistas y proveedores para asegurar que todas las partes entienden los requerimientos, limitaciones, condiciones y expectativas de los propietarios.

3. Los contratos se otorgan sobre la base de valor, no sólo los costos. Valor incluye capacidad demostrada, experiencia, liderazgo, iniciativa, programa de proyecto aceptado, y otros factores directamente relacionados con el desempeño exitoso del trabajo.

4. Cada parte que participa en el proyecto sabe quién es el cliente, lo que ese cliente está comprando en cantidad y calidad, y cuándo ese cliente espera la entrega.

5. La organización del proyecto y la misión están claramente definidas y comprendidas por todos los participantes. Los roles y responsabilidades de cada persona clave se publican y la cadena de mando está claramente definida.

6. La profundidad, la estabilidad, y los compromisos de tiempo por parte del personal clave son adecuadas para el proyecto para garantizar un bajo cambio de personal en gestión y posiciones técnicas clave.

7. El personal clave del proyecto de todas las entidades participantes son entrenados en los asuntos públicos, información pública, comunicación efectiva y manejo de la información.



8. Se utiliza un acuerdo de asociación en el que los propietarios, usuarios, contratistas, las partes interesadas, reguladores y representantes públicos se reúnen desde el principio para llegar a un consenso sobre las tareas que deberán cumplirse y las funciones y responsabilidades de cada uno.

9. El público y las partes interesadas entiendan y acepten el propósito del proyecto, los tipos de las tecnologías a emplear, los procedimientos utilizados para otorgar los contratos, y las relaciones pasadas de los contratistas con la mano de obra local, proveedores y vendedores.

10. La aceptación, competencia e involucramiento, se obtienen de los interesados en función de estar bien informados e involucrados en el proceso de toma de decisiones previo al inicio del proyecto. La buena aceptación de los interesados durante todo el proyecto se mantiene por el control adecuado del trabajo, buenas comunicaciones, diplomacia y consideración.

11. El proyecto tiene un estándar de tecnología de la información único y acordado sobre los protocolos que se han publicado y son entendidos y observados por todos.

12. Los tipos de contratos y las condiciones son adecuadas a los riesgos y la distribución de riesgos entre las partes.

13. Las relaciones contradictorias se evitan a través de buenos contratos, buena comunicación y trabajo en equipo, desde las etapas tempranas del proyecto.

14. Si es adecuado para el alcance y la duración de un proyecto, un programa de seguro auto-controlado ofrece cobertura envolvente de todas las partes involucradas en el trabajo.

15. Los contratistas individuales, para mitigar su propio riesgo en el proyecto y basados en los riesgos inherentes a su trabajo, puede tener un seguro separado del programa de seguro auto-controlado.

16. La participación de las personas y los contratistas representando clases protegidas es una prioridad para la gestión de proyectos, los programas están en el lugar que alienta la participación a través de la capacitación y asistencia administrativa en la obtención de precalificación o de otros requisitos de participación.

17. Las buenas relaciones de trabajo y programas de capacitación garantizan el suministro de trabajadores calificados y disminuyen las posibilidades de interrupciones de trabajo no justificadas, conflictos de competencia y otras cuestiones personales.

18. Los propietarios y contratistas pueden explorar métodos y prácticas para mejorar la eficiencia y eficacia el proyecto.

Condiciones favorables para el éxito

1. El proyecto es relativamente inmune a los factores externos que podrían afectar el alcance, la misión, la calidad, el costo o la duración del proyecto.

2. El proyecto está abierto al exterior para recibir información, asesoramiento, mejoras, tecnología y evaluación independiente.



2.4.- EVALUACIÓN DE RIESGOS (Colwell, D., 2008)

La Principal Asociación de Proyectos de Gran Bretaña (MPA), define los grandes proyectos como "aquellos que requieren conocimientos, habilidades o recursos que exceden lo que está fácil o convencionalmente a disposición de los participantes clave" (Asociación de Grandes Proyectos (Major Projects Association, 2008). Flyvberg describe un megaproyecto como "los proyectos de infraestructura e inversión más caros que se llevan a cabo hoy, por lo general a un costo por proyecto de varios cientos de millones de dólares a varios miles de millones de dólares" (Flyvberg, 2007). Un panel de discusión en la 39ª Conferencia de Ingeniería y Contratistas de la Construcción (CEC) definió un megaproyecto como aquel que generalmente cuesta más de mil millones dólares EE.UU. (CEC 2007a). Esto involucra desarrollo de nueva tecnología o una extensión de la tecnología existente. Los megaproyectos tienen interfaces importantes, son complejos y la construcción normalmente comienza antes de que la ingeniería se haya completado. Barreras para la excelencia de un megaproyecto incluyen (Owen, 2004):

1. Gestión de proyectos. "Los megaproyectos tienden a utilizar los recursos disponibles hasta el límite (y a veces más allá) -. recursos tales como mano de obra, ... capacidad de gestión y sistemas de información (Owen, 2004)"
2. Trabajo. Un megaproyecto de \$ 2.5 mil millones en Alberta requirió 3.500.000 horas hombre de ingeniería y 15 millones de horas hombre de construcción. Entre 40.000 y 50.000 dibujos de diseño y 10.000-20.000 dibujos para órdenes de compra también fueron necesarios.
3. Infraestructura. Los diferentes propietarios de cada megaproyecto tienen diferentes culturas corporativas y diferentes sistemas de contabilidad. Ingeniería, procura y contratistas de la construcción tienen diferentes culturas y sistemas de información para la planeación, gestión de materiales y procura. Muchos contratistas tienen que aprender los nuevos sistemas y procesos mientras se trabaja en una nueva cultura.

Merrow, informó en la 38ª Conferencia CEC en 2006, "Mega-proyectos podrían ser Mega-problemas" que el mercado de proyectos se inició en 2003. El equipo de proveedores, mano de obra, la ingeniería y la gestión del proyecto no podría manejar el aumento de la demanda que dio lugar a la rápida inflación de los precios de proyecto y un grave deterioro de la calidad del proyecto. Esto se basa en un análisis de 103 proyectos con un costo promedio de \$ 1.6 mil millones de dólares americanos, el 56% de los proyectos falló. Merrow definió la ocurrencia del fracaso si uno o más de las siguientes situaciones se presentan:

- Sobrecostos de más de 25%
- Programa rebasado en más de 25%
- Gastos de más de 25% o mayores
- Problemas de operación continuos en el segundo año de operación

En promedio, el costo y el programa del megaproyecto creció casi un 10%. El 30% de los megaproyectos tuvo graves y continuos problemas de funcionamiento en el segundo año de operación.

El Programa Internacional sobre la Gestión de Proyectos de ingeniería y Construcción (IMEC) fue patrocinada por los bancos, las principales empresas de servicios y energía. IMEC observó a 60



grandes proyectos de ingeniería y encontró que casi el 40% tiene un desempeño muy malo (Miller 2000).

Los Megaproyectos implican un alto nivel de incertidumbre y complejidad, junto con un alto nivel de riesgo, la vulnerabilidad a fuerzas externas y un número considerable de partes interesadas evaluando los resultados (Miller, 2000). IMEC encontró que hasta un 35% del costo total del proyecto se requirió de los gastos por adelantado para dar forma a un gran proyecto de ingeniería.

El análisis FEL de los megaproyectos incluyen el factor de sitio, diseño y estado de los componentes del plan de ejecución del proyecto. La IPA (Independent Project Analysis) encontró estos costos iniciales como los predictores más fuertes del desempeño relativo del proyecto (Merrow, 2006). El desempeño del proyecto incluye el costo, programa y desempeño de la operación. Los costos del FEL puede ser que tengan que cancelarse si el proyecto no procede. Comprometerse con la cantidad requerida de FEL para un megaproyecto es una decisión difícil para los ejecutivos de una organización patrocinadora. El MPA indica que las causas de un pobre desempeño de costos han comenzado generalmente en las áreas que no se preocupan por la gestión de proyectos convencional (Major Projects Association, 2008). Estos incluyen:

- Escalación
- Cambios regulatorios
- Cambios en los clientes
- Cargos por intereses
- Huelgas
- Causas de fuerza mayor

IMEC observó que la incertidumbre es un hecho básico de grandes proyectos de ingeniería y su gestión no puede de ninguna manera ser ordenada. Ellos encontraron que los proyectos de ingeniería complejos a gran escala necesitan más de un 10 años para diseñarse, construirse y ponerse en operación (Miller, 2000). IMEC informó de que cuanto más grande sea el proyecto, más probable es la oportunidad de encontrarse con turbulencia. La turbulencia se define como los acontecimientos sorprendentes y pueden ser externos o internos. Ejemplos turbulencias externas incluyen el cambio de la política gubernamental y el clima extremo. Las rupturas de las asociaciones o alianzas, los desacuerdos contractuales son ejemplos de turbulencias internas. En promedio, los proyectos estudiados enfrentaron 5 eventos turbulentos y algunos tenían hasta 12. No es sorprendente que la turbulencia disminuye el desempeño del proyecto. El IMEC indica que la presencia de los arreglos institucionales coherentes bien desarrollados, la competencia del patrocinador en la formación y el aseguramiento de sistemas estratégicos de alta calidad puede contrarrestar la turbulencia.

Los Megaproyectos se desarrollan generalmente por la vía rápida, es decir, las fases del proyecto se traslapan. Un estudio reciente realizado por el Instituto Europeo de la Construcción (ECI European Construction Institute) determinó que la ingeniería concurrente (vía rápida) puede ofrecer reducciones en el programa de 10-29%, pero al costo del 10-20%. El IMEC indica las medidas que se pueden tomar para aumentar considerablemente la probabilidad de éxito de un megaproyecto. Patrocinadores y socios deben comprometerse a distribuir los riesgos, establecer opciones en un entorno inestable y aceptar las incertidumbres restantes.

Hace quince años, la Mesa Redonda de Industria de la Construcción en los EE.UU. reportó que el 18% del tiempo de los trabajadores construcción fue requerido para realizar retrabajos. El Comité



de Retrabajos de la Asociación de Propietarios de la Construcción de Alberta reportó en el 2006 (COAA, 2006) que las causas fundamentales de los retrabajos se remontan a:

1.- Ingeniería y revisiones (30%)

- Pobre control de documentos
- Diseño no avanzado suficientemente
- Errores y omisiones
- Cambios de alcance y de diseño

2.- Planeación y programa de construcción

- Entregas fuera de tiempo
- Involucramiento tardío de los interesados
- Programas poco realistas
- Recursos insuficientes para el comisionamiento y arranque

3.- Liderazgo y comunicaciones

- Falta de seguridad y compromiso con el control y administración de la calidad
- Manejo poco efectivo del equipo de proyecto
- Falta de personal de operaciones de compra

2.4.1.- Gestión de Riesgos en Megaproyectos

Como se ha descrito anteriormente, los megaproyectos han estado plagados de incrementos en los costos, retrasos en el programa y continuos y severos problemas operativos. Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) ofrecen a las organizaciones la oportunidad de automatizar los procesos y les permite operar más allá de las capacidades existentes. Hay muchas tecnologías de la información y comunicación que son aplicables a megaproyectos, una cantidad significativa de las cuales pueden permitir la mitigación de riesgos y mejorar la productividad.

El riesgo puede influir en el rendimiento operativo, la salud y la seguridad, el medio ambiente, costos, programas calidad. El impacto de un mayor sobre costo en plazo puede ser devastador para los interesados en el proyecto. En la 24^a Conferencia anual de la MPA en 2006, se sugirió que la gestión del riesgo no es sólo una parte de la gestión de proyectos (MPA 2006). El Project Management Institute define la gestión del riesgo como "Los procesos involucrados en la identificación, análisis y respuesta al riesgo. Esto incluye la maximización de los resultados de eventos positivos y minimizar las consecuencias de eventos adversos "(PMBOK). La gestión del riesgo (capítulo 1.3.4) implica la identificación, cuantificación, el desarrollo de una respuesta, seguimiento y control de riesgos. Cada proyecto tiene sus propios riesgos, pero algunos ejemplos de riesgos de megaproyectos incluyen:

- Pobre desarrollo de ingeniería
- Condiciones de los suelos diferentes de las esperadas
- Inflación
- Capacidad de los contratistas locales
- Soporte público (aceptación social)
- Previsiones del mercado
- Atraer a los financieros e inversionistas
- Aprobaciones regulatorias



Cuantificar el riesgo consiste en estimar tanto el impacto del riesgo si se produce y la probabilidad de ocurrencia del riesgo. Si el riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia del 100% es un problema.

IMEC encontró que "los patrocinadores fuertes, competentes, con experiencia previa, credibilidad y con holgura de recursos tienen ventajas enfrentando problemas". Las estrategias para responder a riesgo incluyen:

- Evitar el riesgo al hacer algo que lo remueva tal como seleccionar un proveedor de equipo probado.
- Transferir el riesgo a la parte que sea más capaz de manejarlo. Por ejemplo, ofrecer al contratista un contrato a precio alzado para un paquete pequeño y bien definido de trabajo de construcción.
- Mitigar o moderar el riesgo. Por ejemplo, utilizar las tecnologías de información y comunicación (TIC) para mejorar la comunicación y coordinación durante la fase de diseño.
- Aceptar o permitir el riesgo. Un ejemplo podría ser establecer una reserva para la gestión de programa y costos para cambios de alcance o catástrofes.

Cada respuesta es probable que impacte los objetivos del proyecto, incluyendo costos, programa y desempeño. Los megaproyectos tienen problemas y riesgos significativos que requieren la gestión a un nivel por encima del equipo del proyecto. IMEC encontró que los patrocinadores del proyecto asignan riesgos en formas que podrían traer información adicional y acción proveniente de los involucrados con el mayor conocimiento e influencia. En la mayoría de los casos, las empresas establecen medidas robustas y responsables en el proyecto para evitar desastres económicos. El seguimiento continuo de los riesgos puede detectar si se produce un cambio en el impacto o la probabilidad conduciendo a una respuesta revisada. Los nuevos riesgos pueden ser identificados como resultado de las decisiones tomadas y la nueva información que pueda estar disponible. No hay balas de plata. Una estrategia de riesgo de un megaproyecto debe incluir una variedad de dispositivos utilizados simultáneamente para tener éxito.

Perfil de riesgo en megaproyectos

A continuación se relacionan las características de identidad más representativas en los Grupos de Proceso para Megaproyectos y los problemas típicamente asociados (<http://www.nothmann.com/es/project-management/megaprojects/>):

Grupo De Procesos/elemento	Características
Comunicación	Como estos proyectos suelen contar con la participación de centenares de personas, la comunicación es muy difícil. Además, muchas veces existen muchos niveles de subcontratación, lo que dificulta aún más que la comunicación sea fluida.
Involucrados (stakeholders)	Generalmente existen muchos stakeholders (partes interesadas) y los intereses pueden ser diametralmente



	opuestos. También existen intereses políticos si el proyecto es una obra pública o participa el Estado.
Gestión	Suele ser muy complicada, al haber tantas partes interesadas y tanto personal para gestionar. La escala de gestión no siempre se sigue adecuadamente.
Desafíos tecnológicos	La mayor parte de los Megaproyectos son tecnológicamente muy avanzados, y buscan diseñar o construir sistemas muy complejos nunca antes hechos. Esto genera una componente de riesgo altísima que muchas veces es difícil de gestionar.
Costos	En la Paradoja Del Megaproyecto se da la circunstancia de que el exceso de gasto puede llegar a ser el 50% o hasta el 150% del valor inicial del proyecto. Mucho más que si el proyecto se hubiese fragmentado y realizado por etapas.
Calidad	Debido a que muchas veces el proyecto es crítico para la vida (puentes, barcos, túneles,...) esta parte del Megaproyecto se lleva la mayor parte del presupuesto, para garantizar que no existan fallas o problemas.
Subcontrataciones	Suelen haber muchas, y muy mal gestionadas.
Tiempo / Cronograma	Aunque se decida mantener un cronograma apretado, los megaproyectos suelen tener una agenda demasiado extendida en el tiempo. Eso hace que el flujo de interesados en el proyecto cambie a lo largo de la vida del proyecto, y que el interés inicial en el mismo vaya disminuyendo. Al no haber una buena planificación y/o comunicación, son comunes los retrasos.

2.4.2.- Productividad.- Impactos en programa y costos de los megaproyectos

Los factores que afectan la productividad de la construcción se presentan junto con las aplicaciones de las TIC para facilitar la ejecución de grandes proyectos de inversión de la construcción. Esto ayudará a las organizaciones a identificar oportunidades de mejora, plan de acción correctiva y menores costos de construcción.

La Asociación de Propietarios la Construcción de Alberta (COAA) informó a fines de 2004 que las evaluaciones actuales indican que el 37% de tiempo que un comerciante se destina a las herramientas. Una mejora del 10% en el tiempo de herramienta supondría una mejora de la productividad del 27%. Esto se traduce en una reducción del 8% al total de los costos del proyecto. Otra forma de ver el potencial aquí es desde el punto de vista de los recursos. La reducción de mano de obra en el sitio en un 10-30% es muy importante en tiempos de escasez de operarios cualificado. El uso apropiado de las Tecnologías de Información y Comunicación forma parte de la solución.

En 2002, un estudio sobre un megaproyecto de petróleo y gas fue preparado por el Consulado Económico de Alberta para hacer frente a las tendencias de rebasar costos y programas (McTague, 2002). Este estudio está basado en 10 análisis previos de proyectos de petróleo y gas y se



identificaron 208 actividades de construcción con una deficiente gestión. Se proporcionaron las recomendaciones para las acciones correctivas prácticas y parecen útiles. Por ejemplo, los autores recomiendan que la densidad de los trabajadores no sea mayor que un trabajador por cada 150 a 200 pies cuadrados en el sitio de construcción. Los autores utilizaron los informes de auditoría de los proyectos de la industria y su propia experiencia profesional para diseñar una herramienta para evaluar el desempeño del proyecto. Cuando se utiliza como una herramienta de evaluación comparativa se puede evaluar el desempeño de gestión de la construcción. Esta herramienta también puede ser utilizada como una lista de verificación para planificar un proyecto o para auditar un proyecto en curso para identificar oportunidades de mejora.

La herramienta de productividad original McTague / Jergeas se divide en 14 componentes clave. A cada componente se asigna un % en peso. El peso total de todos los componentes da un total de 100%. Mediante la evaluación de cada componente, se determina un valor. La puntuación del componente se determina multiplicando el valor del componente por el peso de los componentes. Sumando todas las puntuaciones de los componentes produce una puntuación total del proyecto.

Cada componente clave se divide además en sus elementos básicos. A cada elemento se le asigna un peso. Cada componente clave contribuye a la calificación total del proyecto.

Se debe notar que la herramienta y la ponderación son "subjetivas" y se basa en la experiencia industrial de los autores en construcción y administración de proyectos. Con esta comprensión, un administrador puede aplicar la herramienta como tal, o modificarla para adaptarla a los requerimientos específicos del proyecto.

El auditor (o el usuario de la herramienta) debería tener alguna experiencia con proyectos de construcción de forma que la evaluación se deja al auditor y también será subjetiva. Las puntuaciones otorgadas se procesan con sus respectivos pesos. Se puede preparar una hoja resumen con el desglose detallado de forma que las áreas problemáticas puedan ser señaladas y remediadas.

Para cada criterio, se requiere un valor para cada actividad para llevar a cabo esta evaluación y es necesario definir las expectativas para cada actividad. La expectativa se divide en los elementos críticos para su logro.

Se desarrolla una breve descripción de cada actividad bajo cada criterio. La descripción se diseña para ayudar al auditor a hacer preguntas relevantes y obtener respuestas, las cuales identifican cómo un gerente de construcción aborda los elementos críticos. Esto forma la base de la calificación para el gerente de construcción.

Las veces que se repite el peso de la actividad produce la puntuación de la actividad. El peso de la actividad se determinó por los autores. Los criterios pueden ser totalizados, y la calificación global del proyecto de construcción o del gerente pueden calcularse. Aunque es subjetivo, se establece que un porcentaje mínimo de 75% se requiere para un gerente de construcción aceptable.



No.	Componente	Peso	Valor	Resultado (Peso*valor)
1	Cost Management	6%	0	0.00%
2	Schedule Management	10%	0	0.00%
3	Work Planning	12%	0	0.00%
4	Progress and Productivity	10%	0	0.00%
5	Quality Management	8%	0	0.00%
6	Safety Management	8%	0	0.00%
7	Organization	7%	0	0.00%
8	Labor Relations	7%	0	0.00%
9	Materials Management	12%	0	0.00%
10	Subcontract Administration	6%	0	0.00%
11	Managing Construction Equipment	4%	0	0.00%
12	Management of Construction Tools	4%	0	0.00%
13	Management of Temporary Facilities	3%	0	0.00%
14	Scaffolding Management	3%	0	0.00%
	Total proyecto	100%		0.00%

(Fuente: *Improving Risk Management and Productivity in Megaprojects through ICT Investment*)

Aunque la herramienta está basada en proyectos de petróleo y gas en Alberta, la opinión del autor es que la aplicación se puede extender a otros sectores industriales pesados en Canadá tales como la minería, energía y papel. Los proyectos individuales pueden requerir cambios menores en los pesos asignados a los componentes. Sin embargo, esta herramienta pudiera parecer requerir un significativo estudio antes de ser aplicada a los proyectos de construcción o transportación.



3.- INGENIERÍA DE VALOR

Ingeniería de Valor en un proyecto es un análisis crítico de mejora que involucra cada paso del proyecto y lo descompone en partes fácilmente analizables. La disciplina demostrada por la ingeniería de valor, o el análisis del valor, puede ser muy benéfica en asegurar que se tomen las decisiones más efectivas sobre los costos del proyecto.

Westney (1989) ha establecido la definición de la ingeniería de valor como un método creativo, organizado para la optimización de costos y desempeño. Hace hincapié en la necesidad de considerar el diseño óptimo para el ciclo de vida completo del proyecto cuando se aplica la ingeniería de valor.

La Sociedad Americana de Ingenieros de Valor con sede en Northbrook, Illinois, define la ingeniería de valor como un enfoque sistemático de equipo, orientado en funciones para proporcionar un valor a un producto, sistema o servicio. A menudo, esta mejora se centra en la reducción de costos, sin embargo, otras mejoras, tales como la calidad percibida por el cliente y el desempeño son primordiales en la ecuación de valor.

La creación de alternativas debe ser un ejercicio libre. Los límites preconcebidos deben ser desechados y se debe fomentar eliminar la rutina y lo ordinario. Cada una de las mejores alternativas debe compararse y probarse contra lo planificado, así como contra las otras alternativas.

Si el director del proyecto decide utilizar un programa de ingeniería de valor en su proyecto, debe estar consciente de que la ingeniería de valor tiene una recompensa, pero no llega fácilmente. Los procedimientos tradicionales y acostumbrados son difíciles de cambiar. El tiempo es limitado debido a que un proyecto no es una operación en curso para la mejora. La capacitación en el uso óptimo de las técnicas de ingeniería de valor es benéfica. Al utilizar la ingeniería de valor en los proyectos, los aspectos de precios elevados se deben investigar en primer lugar, junto con aquellos en los que el equipo del proyecto parece tener elementos de ineficiencia.



3.1.- HISTORIA Y EVOLUCIÓN

La Ingeniería de Valor comenzó en General Electric Co. durante la Segunda Guerra Mundial. Debido a la guerra, había escasez de mano de obra calificada, materias primas y componentes. Lawrence Miles y Erlicher Harry G.E. buscaron sustitutos aceptables. Se dieron cuenta de que estas sustituciones suelen reducir los costos, mejorar del producto, o ambos. Lo que comenzó como un accidente de necesidad se convirtió en un proceso sistemático. Llamaron a su técnica de "análisis de valor". Lo que comenzó como un pequeño departamento de la empresa, pronto creció para convertirse en una parte integral de toda la organización. Los ahorros que logró GE hicieron que otras compañías de los EE.UU. adoptaran el concepto y desarrollaran las técnicas que son la base para la ingeniería de valor como la conocemos actualmente.

Mr. Miles entendió que los productos son comprados por lo que pueden hacer-ya sea a través del trabajo que desarrollan o de las cualidades estéticas que proporcionan. Utilizando esto como información fundamental, se enfocaron en el entendimiento de la función del componente a ser manufacturado. Ellos cuestionaron si el diseño podría ser mejorado o si un material o concepto diferente podrían realizar la función.

Para enfocarse en la función en sí, él utilizó un verbo activo y un sustantivo medible en combinación para caracterizar el beneficio que una parte de la función proporciona. Entonces él buscó otras formas o métodos para alcanzar el beneficio previsto de la función. De esta investigación, el análisis de la función, el fundamento clave de las metodologías de valor, se desarrolló y se volvió una herramienta para ayudar a las personas y a los equipos a gestionar la forma en la que el concepto es entendido.

Fue el Departamento de Defensa de Estados Unidos el que llevó la ingeniería de valor al proceso de desarrollo de instalaciones. La Oficina de Barcos de la Marina llamó al proceso "ingeniería de valor" para reflejar su énfasis y relación con la aplicación de diseño de ingeniería. La práctica se extendió a muelles, patios e instalaciones de suministros. Poco tiempo después todas las fuerzas armadas hicieron de la ingeniería de valor una práctica estándar en el desarrollo de todas las instalaciones.

A medida que la metodología de valor ganó popularidad, un grupo de profesionales formaron una sociedad de conocimiento para compartir sus puntos de vista y avance en sus capacidades de innovación. Así, en 1959, se creó la "Sociedad Americana de Ingenieros de Valor" en Washington, D. C.

Pronto, la metodología de valor se utilizó para mejorar el valor de los proyectos en el gobierno, el sector privado, y las industrias de construcción de manufactura y los conceptos de valor se propagaron por todo el mundo.

Simultáneamente con este crecimiento, un gran número de herramientas de mejora de valor, técnicas y procesos emergieron, muchas de las cuales fueron complementarias e integradas con los conceptos de valor. En un esfuerzo para atraer a los desarrolladores y profesionales de estos métodos hacia esta asociación, el nombre se cambió a "SAVE International" en 1996.



3.2.- CONCEPTO DE INGENIERÍA DE VALOR

La Ingeniería del Valor (Value Engineering) es una metodología para resolver problemas y/o reducir costos, al mismo tiempo que mejora los requerimientos de desempeño/calidad. Puede aplicarse a cualquier negocio o sector económico, incluyendo la industria, el gobierno, la construcción y los servicios.

La Ingeniería de Valor, el Análisis de la Función (Function Analysis), Análisis del Valor (Value Analysis) y la Administración del Valor (Value Management) son parte de las denominaciones de los procesos genéricamente conocidos como Metodología del Valor (Value Methodology).

La Gestión del Valor es una metodología de innovación y mejora continua de demostrada eficacia en su aplicación a numerosas áreas de gestión empresarial, y de especial utilidad en las fases de diseño (y rediseño) de producto.

El proceso de ingeniería del valor se establece para mejorar el producto, proceso o servicio para el cliente, cuando se desarrolla un análisis del valor se deben hacer siete preguntas básicas: (http://www.equilibrium2000.com/images/Ingenieria_de_Valor.pdf)

1. **¿Cuál es el producto, proceso o servicio?**
2. **¿Cuál es la función fundamental o propósito del ese producto, proceso o servicio?**
3. **¿Cuánto cuesta actualmente o cuánto se espera que cueste?**
4. **¿Existen algunas oportunidades de mejorar el valor?**
5. **¿Cuáles son los métodos alternativos o fuentes del producto, proceso o servicio?**
6. **¿Cuánto cuestan las demás alternativas?**
7. **¿La alternativa llena el requerimiento mientras agrega valor al producto, proceso o servicio?**

La metodología de ingeniería del valor consiste en un trabajo interdisciplinario, aplicando la creatividad, conocimiento, experiencia, cuyo objetivo es eliminar costos que no generen valor, sin sacrificar la calidad y funcionalidad del proyecto, apegándose a los requerimientos y necesidades del cliente, acorde a los códigos y normas internacionales.

Se podría definir la Ingeniería de Valor como la *instauración en la empresa de una nueva cultura empresarial, asociada de ciertas técnicas y metodologías, que persiguen el objetivo de identificar, evaluar y reducir/eliminar las actividades de no valor añadido (aquello que nos supone consumo de recursos y que a ojos del cliente no le proporcionan valor)*. Estas actuaciones suponen acciones relativas a: mejora de procesos y entorno de trabajo, establecimiento de indicadores clave de procesos, gestión y enriquecimiento de equipos humanos de trabajo, mejora de la eficiencia de equipos productivos, etc.

El éxito de la implantación de una cultura de ingeniería de valor, y por consiguiente de los beneficios que podemos obtener, estriba básicamente en un concepto: *consideración estratégica de su necesidad*. Esto supone para la empresa embarcarse en un proyecto de ciclo de mejora constante, que no tiene fin y que supone la disposición continua de recursos (personal, tecnológico, etc.) para su mantenimiento y mejora permanente.



3.3.- BENEFICIOS Y APLICABILIDAD

El análisis del valor es más efectivo cuando se hace en una etapa inicial. En ésta fase hay mucho más oportunidad de influenciar el diseño y por eso más potencial para reducir costos y/o mejorar el desempeño mientras se minimizan riesgos.

Algunos de los beneficios que pueden ser experimentados a través del análisis de la ingeniería del valor son:

Reducir el costo del ciclo de vida.

Mejorar el valor y la calidad del proyecto.

Reducir los impactos al medio ambiente.

Procurar diseños con mayor ahorro de energía y minimizar desperdicios

Mejorar el programa del proyecto.

Mejorar las relaciones humanas.

Fomentar la creatividad en equipo

Optimizar el proceso

Mejorar la constructividad y utilización de recursos

Simplificar procedimientos técnicos y administrativos

Algunos riesgos que pueden presentarse son:

Análisis hecho demasiado tarde.

Compromiso del desempeño del sistema actual.

Costos no recuperados de las alternativas implementadas.

Resultados del análisis no implementados.



Utilizando adecuadamente las herramientas, es posible convertir las tareas más rutinarias en procesos creativos e innovadores que transforman poco a poco la mentalidad empresarial y que se apoyan en unos espectaculares resultados a corto y medio plazo, traducidos en reducciones de costos, mejora de la calidad, incremento de la comunicación y, en definitiva, son la base de una moderna y eficaz gestión empresarial que tiene que girar en torno a la adaptación y mejora continua, el trabajo en equipo, la creatividad y la innovación.

La utilización de la metodología de Ingeniería del Valor supone poder incrementar la capacidad para acometer procesos de innovación, mejorando la calidad de los procesos y productos e incrementando consecuentemente su competitividad con una inversión de recursos humanos y materiales que puede considerarse mínima frente a los beneficios reportados.

Las metodologías de valor se pueden aplicar durante cualquier etapa del ciclo de desarrollo del proyecto, aunque los mayores beneficios y ahorros de recursos se alcanzan típicamente de manera temprana en el desarrollo durante las etapas conceptuales. En este punto, se establece la información básica del proyecto, pero el diseño mayor y el desarrollo de recursos no han sido comprometidos. La razón de que este sea el mejor momento para aplicar la metodología de valor es porque la manera en la cual se lleva a cabo la función básica del proyecto no ha sido establecida, y se pueden identificar y considerar maneras alternativas.

Ejemplos de estas aplicaciones son:

- Proyectos de construcción se pueden beneficiar al identificar mejoras para varias fases del proyecto: desarrollo conceptual, diseño preliminar, diseño final, procura y construcción.
- Productos de manufactura: ya sea de consumo, industriales o de defensa, pueden ser estudiados con un enfoque tanto en el proceso de diseño o fabricación del producto. Un producto puede ser sujeto de un estudio de valor en cualquier momento durante su ciclo de vida. La metodología de valor puede utilizarse para desarrollar nuevas maneras de manufactura para el producto o cambiar un proceso existente.
- Procesos y sistemas de negocios también pueden ser objetos de los estudios de valor. Muchos elementos de un negocio o una organización pueden ser mejorados a través de la aplicación de la metodología de valor. Esto puede ser desde el desarrollo de planes de negocio y estudios organizacionales para mejorar los procesos de negocio existentes.
- Organizaciones de servicio se pueden beneficiar del uso de metodologías de valor. En el pasado las metodologías de valor se han utilizado para mejorar los procesos y procedimientos en la industria médica y en los sistemas legales.

Algunos otros ejemplos de aplicaciones exitosas de la ingeniería de valor son:

- Soporte logístico;
- Instalaciones;
- Mantenimiento de equipo;
- Manejo de materiales y transportación;
- Preservación, empaque y embalaje;
- Procedimientos y reportes;
- Publicaciones y manuales;



- Aseguramiento de calidad y confiabilidad;
- Material en exceso, recuperado o rechazado;
- Preparación de sitio y adaptación;
- Software;
- Especificaciones y dibujos;
- Datos técnicos, logísticos y de administración;
- Procedimientos de prueba;

La metodología de valor se puede aplicar más de una vez durante el ciclo de vida del proyecto. La aplicación temprana de la metodología de valor ayuda a iniciar el proyecto en la dirección correcta, y la aplicación repetitiva ayuda a redefinir la dirección del proyecto basado sobre información nueva o actualizada. A medida que el estudio de valor se implemente más tarde en el desarrollo del proyecto, más se incrementarán los costos de su implementación.

La metodología de valor se puede aplicar como un estudio de respuesta rápida para enfrentar un problema o como una parte de integral de un esfuerzo organizacional global para estimular la innovación y mejorar las características de desempeño. La metodología de valor se puede usar para mejorar los programas de calidad de la organización, actividades de desarrollo de nuevos productos, procesos de manufactura y diseño arquitectónico y de ingeniería.

En algunos casos se cree que la optimización del costo y el rendimiento dentro de la ingeniería de valor implica la reducción de la calidad del producto y así la reducción de costo, pero este no debería ser el caso. La optimización de costos debería reducir el costo eliminando las malas prácticas. Esto se puede hacer de muchas maneras, por ejemplo:

- Sustituciones de material: algunos materiales que se usan en un producto pueden sustituirse a veces por materiales menos costosos.
- Eficiencia del proceso: a veces los procesos de fabricación o producción pueden rediseñarse, de modo que puedan ser más eficientes.
- Modularidad: los módulos que son diseñados una vez y se usan con muchos productos diferentes pueden reducir los costos. El uso de los mismos módulos en diferentes productos o aplicaciones reduce los costos de desarrollo, los de producción y la complejidad del producto.
- Eficiencia de energía: un producto puede ser diseñado para ser eficiente en su uso de energía. Ello añade valor al producto y aunque no reduce necesariamente los costos de producción, puede incrementar las ganancias mediante un incremento de las ventas.
(http://www.equilibrium2000.com/images/Ingenieria_de_Valor.pdf)



3.4.- METODOLOGÍA

La metodología de valor se aplica comúnmente bajo los nombres de Análisis de Valor (Value Analysis), INGENIERÍA DE VALOR (Value Engineering) y Gestión de Valor (Value Management).

En términos generales, esos procesos consisten de una aplicación profesional y un enfoque ordenado de trabajo en equipo que se orienta al análisis de la función de costos para mejorar el valor del producto y facilitar el diseño, sistema o servicio. Su utilización es considerada como una estrategia de negocios muy exitosa a largo plazo. Para mejorar dicha característica de valor, la Metodología del Valor persigue el incremento de la satisfacción del cliente o usuario así como agregar valor a su inversión.

La Administración del Valor se le relaciona con el término que describe el proceso total de incrementar el valor de un proyecto para un cliente o usuario en tanto que, a la Ingeniería del Valor se le considera una parte del proceso de la Administración del Valor, ya que limita su objetivo al incremento del valor en las etapas de diseño y construcción de un proyecto. De este modo, la Administración del Valor abarcaría una franja más amplia de problemas, que incluyen tanto las cuestiones que están relacionadas con las personas involucradas en el proceso como el análisis técnico de alternativas (<http://www.monografias.com/trabajos13/fast/fast.shtml#ixzz2l0pvjjaY>)

Un estudio de valor es la aplicación formal de una metodología de valor en un proyecto con la intención de incrementar su valor y comprende los siguientes aspectos que deberán tenerse en cuenta para un desarrollo completo de la misma:

- Identificar los principales elementos de un producto, servicio o proyecto.
- Analizar las funciones que realizan los elementos del proyecto.
- Usar tormentas de ideas para desarrollar varios diseños alternativos para ejecutar esas funciones.
- Evaluar las alternativas para poder elegir el mejor curso de acción.
- Asignarles costos (incluso los costos de su ciclo de vida completo) a cada una de las alternativas más prometedoras.
- Desarrollar recomendaciones aceptables para las alternativas prometedoras.

El Análisis de Valor es un método organizado, creativo y realmente efectivo para atacar problemas y/o efectuar mejoras en cualquier área de gestión de la organización (diseño, planificación, desarrollo, ingeniería, producción, etc.) mediante un proceso de diseño funcional y económico y cuyo objetivo es incrementar el valor (aumentar la calidad / reducir el costo) de un objeto (producto, proceso, servicio).



Se deben identificar los siguientes aspectos.

NECESIDAD: Aquello que es necesario o deseado para el cliente tanto interno (de la empresa) como externo.

FUNCIÓN: Características esperadas o inducidas de un objeto con la intención de satisfacer las necesidades de los clientes.

VALOR: Relación entre la contribución de las funciones a la satisfacción de las necesidades y el costo de dichas funciones.

OBJETO DE VALOR: Producto, proceso y/o servicio potencial o existente al cual se le aplica la metodología.

Un estudio de valor generalmente se compone de tres etapas:

1. Pre-taller (Preparación)
2. Taller (Ejecución de las seis fases del plan de trabajo)
3. Post-taller (Documentación e implementación)

La duración para la ejecución del Plan de Trabajo en un estudio de valor depende de varios aspectos: el tamaño y complejidad del proyecto, la etapa del desarrollo del proyecto, el estimado de costos del proyecto, etc.

El Análisis del Valor se fundamenta en la aplicación sistemática de un plan de trabajo metódico y estricto, llamado *lógica*, que se compone de seis etapas:



Las tres primeras fases tienen como objetivo determinar las necesidades del usuario en relación al objeto de estudio y formularlas en funciones a realizar por éste.

Las tres últimas fases tienen por objeto, partiendo de las funciones, crear o rediseñar un nuevo objeto de valor que dé respuesta a las necesidades del cliente, maximizando el valor aportado. En cada fase se llevan a cabo diferentes tareas y actividades y se utilizan diversas herramientas específicas y complementarias.

La aplicación de la metodología (lógica) requiere de una organización del equipo de trabajo (dinámica).

El equipo de trabajo deberá ser de carácter multidisciplinario y podrá estar integrado por 6-8 personas de diferentes áreas de la organización (diseño, producción, calidad, mantenimiento, finanzas, comercial), con asesores externos en caso de ser necesario. Los miembros del equipo de trabajo tendrán unas funciones, responsabilidades y tareas encomendadas, que deberán estar claramente delimitadas desde un principio.

El equipo de trabajo debe estar integrado por personas creativas, con capacidad de trabajo en equipo, conocedoras del objeto de análisis de valor, con experiencia en la empresa y formadas en la metodología.

Desarrollar un proyecto de Análisis y Gestión del Valor en una empresa supone acometer de forma ordenada esta serie de fases o etapas que constituirá la metodología de trabajo.



3.4.1.- Técnicas del Plan de Trabajo

La metodología de valor es un procedimiento disciplinado y estructurado enfocado a mejorar el valor. Este procedimiento se denomina Plan de Trabajo. El Plan de Trabajo establece las fases secuenciales que deben seguirse para soportar la sinergia del equipo dentro de un proceso estructurado, de manera opuesta a una colección de opiniones individuales. Las actividades realizadas durante cada fase del Plan de Trabajo estimulará al equipo para identificar ideas y desarrollarlas en alternativas al concepto o diseño original.

El equipo y los interesados del proyecto deberían identificar e entender las funciones básicas y secundarias del proyecto. Las funciones básicas deben mantenerse, si no los objetivos del estudio no podrán ser concretados.

Las funciones secundarias son analizadas y evaluadas con respecto a sus contribuciones a los objetivos del proyecto. Haciendo explícita la funcionalidad (a través del análisis de función y FAST), las organizaciones pueden gestionar la innovación para proporcionar ventajas competitivas sustentables que conduzcan al éxito.

La siguiente figura ilustra el diagrama de flujo de proceso del Plan de Trabajo. Cada una de las fases del Plan de Trabajo deben realizarse en secuencia debido a que cada fase proporciona información y entendimiento necesarios para la ejecución exitosa de la siguiente fase. A medida que el equipo obtiene conocimiento adicional sobre el proyecto, la fase previa puede ser revisada.

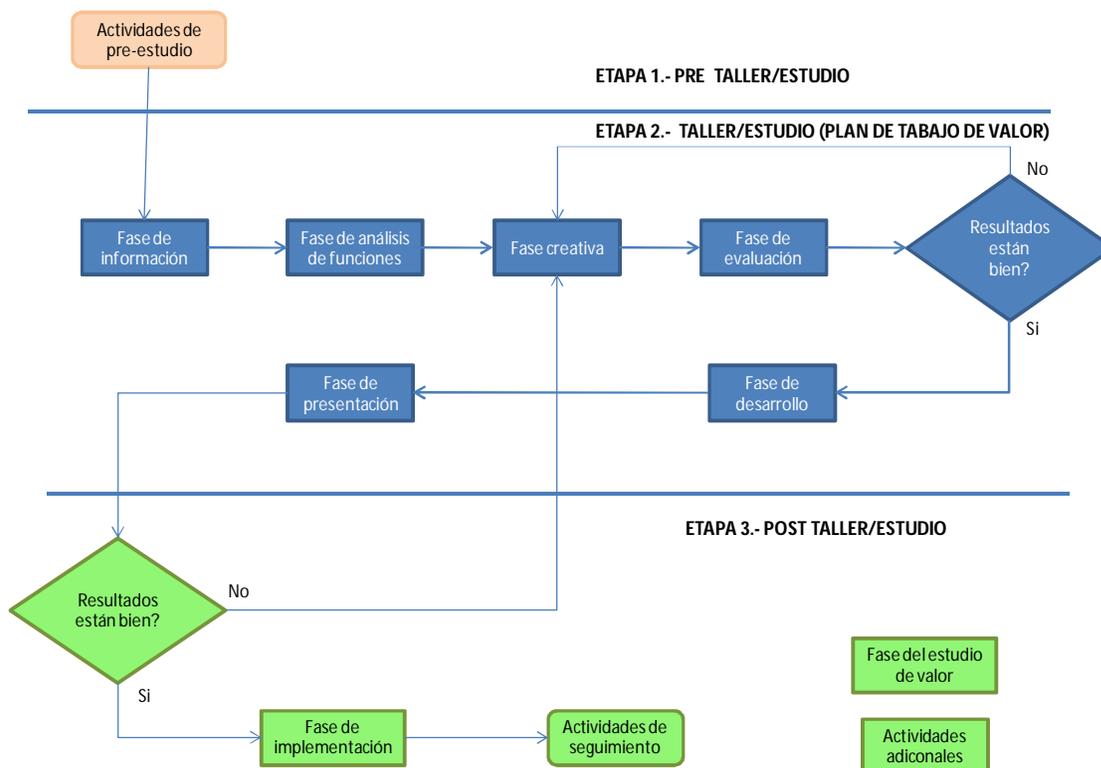


Figura 3.1.- Diagrama de flujo de proceso del Estudio de Valor (SAVE International Value Standard, 2007 edition)



3.5.- DESARROLLO DE LA IMPLANTACIÓN

FASE 1 PREPARACIÓN / ORIENTACIÓN

Objetivos

- Definir el Proyecto (objeto) y su alcance.
- Determinar los objetivos del Proyecto y cuantificarlos.
- Seleccionar el Equipo de Trabajo y responsable (coordinador).
- Planificar el trabajo, número de reuniones, duración, frecuencia de las mismas.

Herramientas más comunes

- Diagrama de Gantt (planificación de actividades).

Lista de verificación

- ✓ ¿Está la dirección de la empresa directamente implicada en el proyecto?
- ✓ ¿Es consciente de los recursos y tiempo de personal necesarios para llevar a cabo la aplicación de la metodología de Análisis de Valor.
- ✓ ¿Está realmente convencida de la utilidad de la aplicación de la metodología?
- ✓ ¿Está el equipo de trabajo dispuesto a participar en todas las reuniones y seguir la metodología de trabajo tal y como indique el coordinador?

SELECCIÓN DEL OBJETO DE ANALISIS

- ¿El objeto de ANÁLISIS DE VALOR seleccionado es un producto, proceso o servicio de la empresa?
- ¿Está claramente especificado y descrito?
- ¿Se ha concretado el alcance del mismo?
- ¿Se ha involucrado la dirección en la elección del objeto de ANÁLISIS DE VALOR?
- ¿Se ha seleccionado el objeto de ANÁLISIS DE VALOR conforme a la estrategia definida por la empresa?

DETERMINACIÓN DE LOS OBJETIVOS

- ¿Se han especificado claramente los objetivos de la aplicación?
- ¿Se han cuantificado?
- ¿Son objetivos alcanzables y realistas?
- ¿Se han seleccionado los objetivos conforme a la estrategia definida por la empresa?

SELECCIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

- ¿Es un equipo multidisciplinario?
- ¿Está compuesto por más de 4 personas (incluido el coordinador)?
- ¿Se ha elegido un coordinador?
- ¿Está compuesto por personal experto en diferentes áreas de la empresa que influyan en el análisis del objeto de ANÁLISIS DE VALOR seleccionado?
- ¿Es posible que exista una atmósfera de confianza y libertad entre los integrantes del equipo de trabajo?
- ¿Los componentes del equipo de trabajo han recibido un curso de formación en Análisis del Valor?



PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO / RECURSOS

- ¿Se ha determinado la duración del proyecto de ANÁLISIS DE VALOR?
- ¿Se ha determinado el número previsto de reuniones?
- ¿Se ha determinado la duración estimada de cada una de las reuniones?
- ¿Se ha determinado la frecuencia con que se llevarán a cabo las reuniones?
- ¿Se ha establecido con anterioridad la agenda prevista de cada reunión?
- ¿Se han determinado los recursos materiales necesarios para llevar a cabo el proyecto?
- ¿Dispone la empresa de dichos recursos?

FASE 2 INFORMACIÓN

Objetivos

- Recoger datos e información relativa al Objeto de ANÁLISIS DE VALOR, tanto interna como externa a la empresa (información técnica, costos, competencia, normativa, etc.).
- Identificar los clientes, tanto internos como externos, del objeto de ANÁLISIS DE VALOR considerado.
- Determinar la importancia relativa de cada uno de ellos.
- Definir los medios de recopilación de información. Identificar las fuentes de información y su importancia.
- Identificar y cuantificar las necesidades de los clientes del Objeto de ANÁLISIS DE VALOR.

Herramientas más comunes

- Estudios de Mercado.
- Tormenta de ideas.
- Matriz Clientes – Fuentes de Información.
- Matriz Fuentes de Información – Necesidades.
- Matriz de Ordenación Alternativa.
- Método de las Comparaciones Apareadas.
-

Lista de verificación

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

- ¿Se ha determinado la información relativa al objeto de ANÁLISIS DE VALOR a recopilar por el equipo de trabajo?
- ¿Es dicha información relevante y de utilidad para la aplicación considerando los objetivos inicialmente planteados?
- ¿Se ha recopilado información técnica referente al objeto de ANÁLISIS DE VALOR?
- ¿Se ha recopilado información sobre costos del objeto de ANÁLISIS DE VALOR?
- ¿Se ha recopilado información relativa a leyes o normativas que afecten al objeto de ANÁLISIS DE VALOR?
- ¿Se ha recopilado información relativa a la competencia?
- ¿Se ha recopilado toda la información especificada al comienzo de la fase?



IDENTIFICACIÓN DE LOS CLIENTES

- ¿Se han identificado los clientes (tanto internos como externos) del objeto de ANÁLISIS DE VALOR?
- ¿Se ha determinado la importancia relativa de cada uno de los clientes identificados?

DETERMINACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN Y SU IMPORTANCIA

- ¿Se han identificado las fuentes de información?
- ¿Proporcionan dichas fuentes información fiable acerca del objeto de ANÁLISIS DE VALOR seleccionado?
- ¿Se ha determinado la importancia relativa de cada una de las fuentes de información consideradas?

IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES Y SU IMPORTANCIA

- ¿Se han identificado las necesidades actuales de los clientes?
- ¿Se han considerado las necesidades de todos los clientes identificados?
- ¿Se ha calculado la importancia relativa de cada una de las necesidades?

FASE 3 ANÁLISIS FUNCIONAL Y DE COSTOS

Objetivos

- Llevar a cabo el Análisis Funcional del Objeto de ANÁLISIS DE VALOR. Se tendrán en cuenta las funciones relativas al usuario que describen lo que el objeto de análisis hace o tienen que hacer para satisfacer las necesidades de los clientes durante su ciclo de vida.
- Caracterizar las funciones.
- Determinar la contribución de las funciones a la satisfacción de las necesidades de los clientes externos y/o internos.
- Análisis de Costos de las funciones.
- Comparar la contribución de las funciones a la satisfacción de las necesidades con el costo de obtenerlas: índices de valor de las funciones.
- Si el objeto de ANÁLISIS DE VALOR es un producto, identificar los componentes del mismo y calcular su importancia funcional. Comparar la contribución de los componentes para el cumplimiento de las funciones con el costo de cada uno de ellos: índices de valor de los componentes.

Herramientas más comunes

- Tormenta de ideas.
- Diagrama de Afinidad.
- Matriz Necesidades – Funciones.
- Matriz Funciones – Componentes.



Lista de verificación

DETERMINACIÓN DE LAS FUNCIONES Y SU IMPORTANCIA

- ¿Se han identificado todas las funciones relativas al usuario del objeto de ANÁLISIS DE VALOR?
- ¿Se han expresado las funciones como un VERBO + COMPLEMENTO?
- ¿Ninguna función revela aspectos técnicos para llevarla a cabo?
- ¿Contribuyen todas ellas a satisfacer una o más de las necesidades identificadas anteriormente?
- ¿Se han identificado todas las funciones actuales y aquellas que no se llevan a cabo actualmente pero son necesarias para satisfacer alguna de las necesidades de los clientes?
- ¿Se han identificado cuáles son las funciones deseables e indeseables?
- ¿El cumplimiento de las funciones identificadas contempla la utilización del objeto de ANÁLISIS DE VALOR en todo el alcance definido anteriormente?
- ¿Se han caracterizado las funciones?
- ¿Se ha determinado la importancia relativa de cada una de las funciones para satisfacer las necesidades de los clientes?

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LAS FUNCIONES

SI EL OBJETO ES UN PROCESO O SERVICIO

- ¿Se han especificado todos los costos directos actuales del objeto de ANÁLISIS DE VALOR (mano de obra, energía, materiales, etc.)?
- ¿Se han calculado los costos directos en los que se incurre para el cumplimiento de cada una de las funciones identificadas?
- ¿Se ha determinado el porcentaje de costos de cada una de las funciones?

SI EL OBJETO DE ANÁLISIS DE VALOR ES UN PRODUCTO

- ¿Se han identificado todos los componentes del producto?
- ¿Se ha determinado la importancia relativa de cada uno de los componentes del producto para el cumplimiento de las funciones?
- ¿Se han especificado los costos actuales de los componentes?
- ¿Se ha determinado el porcentaje de costos de cada uno de los componentes?

DETERMINACIÓN DE LOS INDICES DE VALOR

- ¿Comprende el equipo de trabajo el concepto de valor?
- ¿Se ha calculado los índices de valor de cada una de las funciones (o componentes) a través del Análisis de Valor de la siguiente fórmula?:

$$\text{ÍNDICE DE VALOR función} = \% \text{ IMPORTANCIA función} / \% \text{ COSTOS función}$$

Interpretación de índices de valor:

Índice de valor = 1 Indica una función con un **valor** equilibrado.

Índice de valor > 1 Representa una función con un **buen valor**.

Índice de valor < 1 Indica una función que requiere atención y mejora de su **valor**.



- ¿Las funciones no llevadas a cabo actualmente tienen costo cero?
- ¿Se han interpretado los índices de valor y se han trasladado a la situación actual de las funciones?
- ¿Se ha dibujado la gráfica de los índices de valor para tener una vista gráfica de los valores obtenidos (mayor, igual o menor que 1)?
- ¿Se han identificado las principales funciones (o componentes) susceptibles de ser mejoradas/os teniendo en cuenta los índices de valor junto con los objetivos iniciales del proyecto?

FASE 4 INNOVACIÓN Y CREATIVIDAD

Objetivos

- Establecer criterios para generar nuevas ideas en base a los índices de valor obtenidos.
- Generar ideas.
- Agrupar las ideas generadas en alternativas.

Herramientas más comunes

- Tormenta de ideas.
- Diagrama de Afinidad.
- Hilo conductor de Quintiliano (Técnica de creatividad grupal que utiliza las preguntas ¿Qué?, ¿Quién?, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿Cuánto?, ¿Dónde?, ¿Por qué?, ¿Para qué?).
- Trituración.
- Diagrama IAT para la generación de Alternativas.
- Análisis Morfológico: general, secuencial.
- El método de las palabras clave de Análisis de Valor.
- Sinéctica (Técnica para el empleo consciente de los mecanismos preconscientes presentes en la actividad creadora).

Lista de verificación

GENERACIÓN DE NUEVAS IDEAS

- ¿Se ha utilizado alguna herramienta de creatividad?
- ¿Ha participado todo el equipo de trabajo en la generación de ideas?
- ¿Se ha centrado la generación de ideas en las funciones y aspectos susceptibles de ser mejoradas (identificadas en la fase anterior)?
- ¿Se han tenido en cuenta todas las ideas generadas?
- ¿Se ha confeccionado una lista con todas las ideas generadas?

TRATAMIENTO DE LAS IDEAS GENERADAS Y AGRUPACIÓN EN ALTERNATIVAS

- ¿Se han agrupado las ideas generadas por afinidad?
- ¿Se han rechazado las ideas inviables?
- ¿Se han identificado las ideas independientes (compatibles o incompatibles)?
- Una vez realizado esto, ¿se han determinado las diferentes alternativas agrupando ideas individuales?
- ¿Contribuyen estas alternativas a la mejora de al menos una de las funciones identificadas?



- ¿Se han considerado la viabilidad técnica y económica de las alternativas obtenidas?
- ¿Se han rechazado las ideas no viables?
- ¿Se han especificado claramente las alternativas obtenidas?

FASE 5 EVALUACIÓN

Objetivos

- Examinar y evaluar las alternativas según el conjunto de criterios de decisión elegidos.
- Comparar bajo los mismos criterios las alternativas con la situación actual.
- Desarrollar las propuestas con carácter global (estudios, prototipos, pruebas, desarrollo industrial).
- Examinar la posibilidad de combinar diversos aspectos de las alternativas.
- Elegir la alternativa que va a ser desarrollada.

Herramientas más comunes

- Análisis Multicriterio.

Lista de verificación

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ¿Se han determinado los criterios de evaluación tanto técnicos como económicos?
- ¿Se ha determinado la importancia relativa de cada uno de los criterios considerados teniendo en cuenta los objetivos del proyecto así como la estrategia de la empresa?
- ¿Se ha involucrado la dirección en la determinación de la importancia relativa de cada uno de los criterios de evaluación?
- ¿Los criterios seleccionados permiten la comparación entre las diferentes alternativas y el cumplimiento actual de las funciones?
- ¿Se han identificado los diferentes niveles de satisfacción de cada uno de los criterios considerados (niveles cuantificados)?
- ¿Se ha utilizado una “tabla de conversión de logros” para asignar “puntos de satisfacción de los diferentes niveles de criterios para evaluar las diferentes alternativas?
- ¿Se ha utilizado la misma escala de puntuación para todos los criterios considerados?

EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

- ¿Se han estudiado minuciosamente la viabilidad técnica y económica de las alternativas que han sido finalmente seleccionadas?
- ¿Se han rechazado las alternativas no viables independientemente del tipo de no viabilidad?
- ¿Se ha determinado cómo contribuyen todas las alternativas a la satisfacción de todos los criterios (puntos de satisfacción)?
- ¿Se ha calculado el valor de cada una de las alternativas teniendo en cuenta la importancia relativa de cada criterio?
- ¿Se ha identificado la alternativa de mayor valor?



FASE 6 IMPLANTACIÓN

Objetivos

- Planificar la implantación de la alternativa elegida a corto, medio o largo plazo.
- Definir responsables y plazos.
- Realizar el seguimiento de la implantación.
- Hacer llegar la información de los logros obtenidos a toda la empresa.

Herramientas más comunes

- Diagrama de Gantt.
- Diagrama de PERT.

Lista de verificación

- ¿La dirección de la empresa está realmente convencida de la implantación de la mejor alternativa?
- ¿Se ha implicado la dirección y los responsables de las áreas implicadas desde el comienzo de la implantación de la alternativa?
- ¿Dicho personal tiene la formación adecuada para llevar a cabo dicha implantación?

PLANIFICACIÓN

- ¿Se han planificado todas las actividades a llevar a cabo para implantar la solución propuesta?
- ¿Se han especificado los recursos técnicos y humanos necesarios para llevar a cabo la implantación?
- ¿La dirección de la empresa ha puesto a disposición del proyecto los recursos necesarios?
- ¿Se ha definido una persona responsable para cada una de las fases?
- ¿Se han especificado y cuantificado los resultados a obtener de la implantación de cada una de las fases?

3.6.- ROLES Y RESPONSABILIDADES

El objetivo de una metodología de valor es incrementar el valor organizacional a través de la unión de la estrategia, tácticas, y operaciones con énfasis en las “necesidades del cliente”, efectividad de costos y/o rentabilidad. La liga entre el Estudio de Valor y la organización es el rol del gerente en el aumento del valor. Existen dos roles clave en la gestión: Alta Dirección y Gerente de Valor.

Las responsabilidades de la Alta Dirección son proporcionar un liderazgo claro y hacer expectativas estratégicas explícitas en una manera priorizada y propositiva. La alta dirección debe entender el beneficio potencial de un Estudio de Valor, aprobar los gastos necesarios para soportar el estudio, y guiar la implementación para aprobación de los fondos necesarios para realizar las recomendaciones.

Los roles y responsabilidades del Gerente de Valor (un Gerente de Valor designado de la organización) varían a través de la vida del proyecto. En todo momento el Gerente de Valor debe confirmar que las actividades de la metodología de valor son coordinadas y realizadas de manera



efectiva para alcanzar los objetivos y metas de la organización. Una metodología de valor puede utilizarse a través del desarrollo del proyecto con un enfoque diferente en cada etapa.

En la etapa conceptual, la metodología de valor puede utilizarse para determinar los costos contra el valor de las funciones básicas del proyecto. En esta etapa temprana la responsabilidad del Gerente de Valor es asegurar que todas las partes que tienen un interés establecido en el proyecto participen en el Estudio de valor, incluyendo proveedores, clientes, usuarios finales, y posibles interesados externos, con la intención de obtener la perspectiva total de las necesidades reales contra los deseos de manera que se proporcione el valor máximo para el proyecto que está siendo estudiado.

A medida que el proyecto alcanza la fase de diseño, la metodología de valor se enfoca más sobre las funciones de cada elemento o componente dentro del diseño detallado, con los resultados del análisis de función y creatividad siendo más limitados dado que los recursos se han localizado y el dinero se ha gastado. Es responsabilidad de la alta dirección durante el Estudio de Valor en esta etapa del proyecto evaluar cuáles alternativas de valor son económicamente factibles basadas en los requerimientos del cliente.

A medida que el proyecto se mueve hacia la fase de implementación (construcción o producción), el proceso de metodología de valor trabaja para asegurar que los cambios se hagan. Aunque muchos proyectos pueden beneficiarse de un Estudio de Valor en esta etapa del proyecto, es responsabilidad del Gerente de Valor fomentar la participación temprana de las organizaciones que son afectadas por los cambios para asegurar el máximo beneficio de cualquier Estudio de Valor. Para un proyecto dado, es importante que el equipo de la alta dirección sea consciente de que entre más temprano se realice un Estudio de Valor, existirá mayor beneficio potencial para el cliente.

3.7.- PROCESOS DE REVISIÓN DE ESTÁNDARES

El Estándar Internacional de Valor, SAVE, está destinado a proporcionar una guía práctica para aplicar los principios de una metodología de valor de forma consistente. Se puede utilizar por los profesionales y los gerentes.

El Estándar de Valor, originalmente preparado en mayo de 1977, ha pasado por un periodo de actualizaciones constantes para hacer frente a los cambios en el ambiente de negocios y tecnología, y para cumplir con la integración futura con la Organización Internacional de Estándares. Antes de 2007, no existía un proceso formal para revisar y actualizar el Estándar. Como parte de la actualización 2007 del Estándar de Valor, se desarrolló y adoptó un proceso para dirigir las actualizaciones futuras. El Estándar y Cuerpo de Conocimientos se revisarán para posibles actualizaciones cada cuatro años.

3.8.- DIAGRAMA FAST

La técnica de FAST ha sido usada en ingeniería de valor para analizar costos. Pero el método puede ser además útil en ingeniería de diseño. El diagrama FAST es una técnica para analizar la estructura funcional de un sistema técnico. Puede servir como una táctica útil con cualquier estrategia sistemática de diseño. FAST significa Técnica Sistemática de Análisis Funcional, fue concebida por



Charles W. Bytheway en 1965, como una forma para organizar sistemáticamente y representar las relaciones funcionales de un sistema técnico. El análisis funcional se lleva a cabo en 5 fases:

- ✓ Listado de funciones.
- ✓ Organización.
- ✓ Caracterización.
- ✓ Ordenación jerárquica.
- ✓ Evaluación.

Se trata de traducir o expresar las funciones en dos palabras: VERBO + NOMBRE.

Esta definición de funciones se realizará desde el punto de vista del usuario. De esta forma se construye un diagrama funcional. El hecho de analizar las funciones de un producto es totalmente equivalente a analizar el producto.

Todas las funciones realizadas por el producto deben aparecer en este diagrama. Para definir cada una de estas funciones se preguntará para el producto y para cada elemento del producto: ¿Qué hace? / ¿Qué es?

Las reglas generales para responder a esta pregunta son las siguientes:

- Sólo dos palabras: VERBO (INFINITIVO) + NOMBRE
- Evitar verbos pasivos o indirectos (ser, proporcionar,...)
- Evitar utilizar como nombre el nombre de piezas u operaciones
- Mantener el punto de vista del usuario

El proceso consiste en ocho pasos básicos:

1. Definir un número suficiente de funciones (40-60)
2. Definir la función objetivo
3. Dividir en funciones básicas y funciones de apoyo
4. Identificar las funciones básicas primarias
5. Identificar las funciones de apoyo primarias y dividir en cuatro grupos
 - Asegurar fiabilidad
 - Asegurar comodidad de uso
 - Aumentar el valor
 - Complacer los sentidos
6. Expandir o ramificar el diagrama hacia la derecha
7. Verificar el diagrama
8. Numerar las funciones

En ocasiones se le aplican otras denominaciones como "diagrama lógico funcional". Este diagrama puede definirse como una representación de las funciones del producto considerado, agrupadas y jerarquizadas mediante una ley general de ordenación con base en el principio de causa-efecto.

De este modo, la relación entre las funciones responde la pregunta "¿Cómo?" de izquierda a derecha y "¿Por qué?" en el otro sentido. De este modo, la primera función respondería a la pregunta de por qué se hace el proyecto, y el resto serían un desarrollo de esta primera. En



ocasiones a estas funciones identificadas se les añade pesos, costes y tiempos, según el caso. Por su simplicidad y carácter visual ha tenido una amplia aceptación, tanto en el sector industrial como en la construcción. Dicha técnica supuso un importante paso adelante en la racionalización del análisis relativo al producto o proyecto estudiado.

Diagrama lógico funcional (Function Logic Diagram).

Se trata de una técnica similar al diagrama FAST, mediante la cual se agrupan las funciones y se jerarquizan tras su identificación. Pueden añadirse pesos, costes y tiempos estimados al diagrama resultante. En ocasiones también puede ser ventajoso identificar las funciones críticas, aunque a costa de consumir más tiempo en el estudio.

Para su desarrollo, se define una primera función que representa por qué existe el proyecto. Las funciones anexas representan las necesidades y requerimientos del cliente. Los conceptos se toman y desarrollan de izquierda a derecha. Con frecuencia se utiliza para determinar las tareas del proyecto y, cuando éstas existan, tiene utilidad como técnica secundaria para centrar las cuestiones y describir el proyecto. Remarcando los elementos estratégicos en el diagrama puede determinarse una modelización del sistema de valor del cliente.

3.9.- APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE VALOR EN EL CONTEXTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

En la década de los sesenta, los diseñadores y constructores del sector privado incorporaron la ingeniería de valor a sus procesos. El enfoque de equipo del proceso de Diseño y Construcción da a la ingeniería de valor el ambiente más propicio para su desarrollo. Desde entonces, la importancia de la ingeniería de valor en la industria de la construcción ha crecido de la misma manera que la comprensión de la noción de que la ingeniería de valor funciona mejor como un proceso integrado, colaborador y no como una serie de exámenes individuales. El método tradicional de diseño – licitación – construcción para el desarrollo de instalaciones representa un obstáculo para la ingeniería de valor. En distintos escenarios, los arquitectos, ingenieros, especialistas de adquisiciones y personal de administración de proyectos no pueden realmente considerar la creación del valor; les falta el control sobre los resultados totales del proyecto y pueden considerar molesto tener que coordinar ideas creadoras de valor. De igual modo, trabajar por separado hace que la ingeniería de valor sea ineficiente. Por ejemplo, incluso si un gerente de proyecto hace una recomendación a un arquitecto con el fin de crear valor, esto puede suceder cuando los planos de trabajo ya están terminados. Dependiendo de las prioridades del propietario, la pérdida de tiempo puede poner en peligro el valor creado por la recomendación dada.



La ingeniería de valor tiene su mayor oportunidad de éxito en la organización integrada del proceso de Diseño y Construcción. De una manera muy similar a la efectividad que tiene la ingeniería de valor en el mundo consolidado de la manufactura, también funciona excelente cuando el diseño, la construcción y otras disciplinas profesionales se involucran en el proceso. Desde las etapas previas al diseño, cuando el potencial de la ingeniería de valor está en su más alto nivel, el propietario se reúne con todo su equipo y le aporta información referente al proyecto integrado. Conforme el equipo integrado comienza su trabajo, se hacen hipótesis de las múltiples facetas de la entrega de valores, las cuales se someten a pruebas y se modifican continuamente. Cada idea afecta el trabajo de otro miembro del equipo. De esta manera, la retroalimentación instantánea y una mentalidad de solución son la norma. Debido a su responsabilidad no compartida, el equipo integrado de Diseño y Construcción se enfoca no sólo en obtener recursos económicos de un proyecto, sino en agregar valor al mismo para la duración de la vida útil de la instalación. LA EFECTIVIDAD DE LA INGENIERÍA DE VALOR SE INCREMENTA AL EMPLEAR EL ENFOQUE DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN GRACIAS A UNA COLABORACIÓN MÁS TEMPRANA.

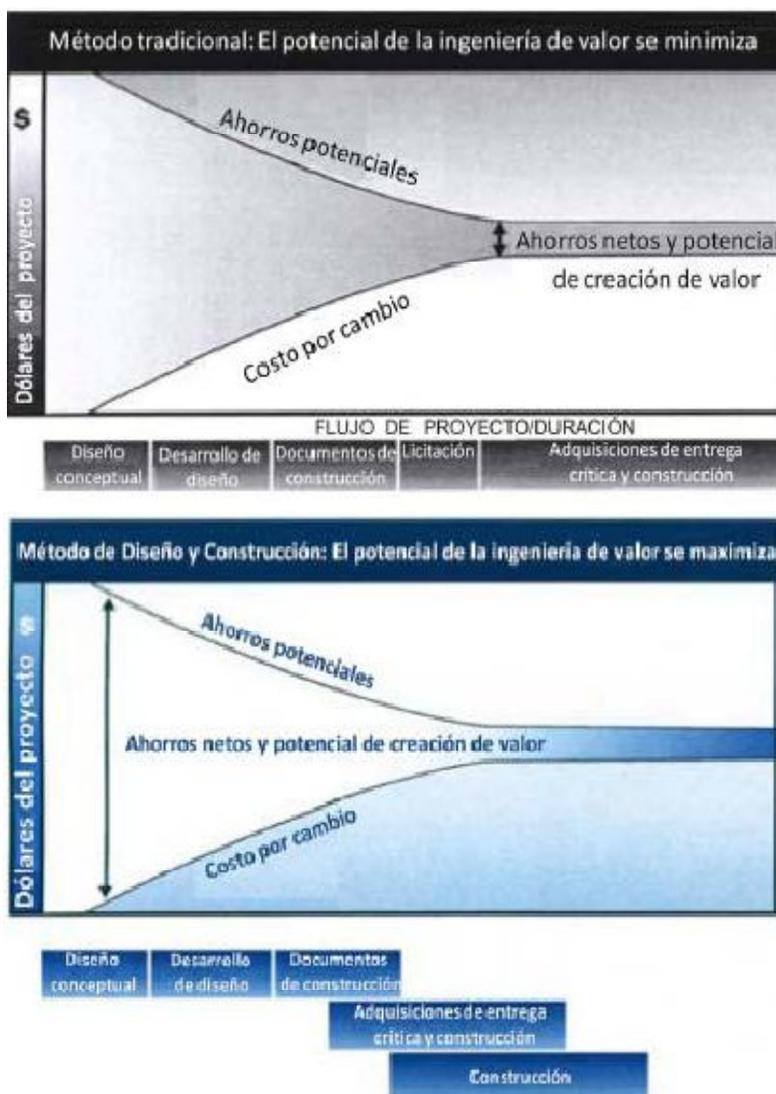


Figura 3.2.- Efectividad de la ingeniería de valor al emplear el enfoque de diseño y construcción temprano (HASKELL)



El proceso integrado de diseño y construcción permite que los propietarios decidan lo que se entiende por valor. La ingeniería de valor en un contexto de Diseño y Construcción, asigna el trabajo de definir lo que se entiende por “valor” a la parte adecuada: el propietario. En el método tradicional, los proveedores por separado se inclinan a influenciar su trabajo con su propia definición de valor. Y, aunque en sus recomendaciones en efecto pueda haber valor, éste puede ser irrelevante para las necesidades del propietario, gerente y usuarios. Sólo en una empresa de Diseño y Construcción integrados se puede establecer una agenda de valores por objetivos, enfocada hacia el cliente. Ya sea en materia estética, utilización de espacios, entrega, ciclo de vida proyectada, utilización de energía o cualquier combinación de estos puntos de valor, el punto de vista holístico de un equipo integrado puede lograr con más efectividad los objetivos del cliente.

La definición del proceso de Diseño y Construcción integrados –ya en constante expansión– también aporta valor a factores de creación que forman parte de la ecuación tales como opciones de propiedad y estrategias de salida de bienes raíces. Estos factores que no son de Diseño y Construcción pueden ser un poco más importantes para los clientes en su apreciación del valor. La evolución de esta ingeniería como un proceso dirigido a la creación de valores más que a una mera reducción de costos; es una validación importante del proceso de Diseño y Construcción. Como los dos procesos son imprescindibles, los propietarios de la estrategia de Diseño y Construcción tienen la habilidad de seleccionar un proceso de desarrollo de instalaciones basado en las prácticas más eficientes de la industria moderna. Los beneficios les redundan en cualquier número de áreas que representan valor. Más importante aún, la organización de Diseño y Construcción integrados proporciona a los propietarios la habilidad de trabajar con un equipo lo suficientemente flexible que cumpla estas expectativas específicas de valor. (*La ingeniería de valor en un contexto de Diseño y Construcción, Haskell*).

3.10.- DISPOSICIONES DE INGENIERÍA DE VALOR EN CONTRATOS.

La ingeniería de valor se puede implementar en los contratos mediante el uso de una de las dos cláusulas básicas, la cláusula del incentivo de ingeniería de valor (VEI) o la cláusula de requerimientos de programa de ingeniería de valor (VEPR). La cláusula VEI se puede incluir en los contratos si el contratista considera que existe un potencial para ahorros significativos a través de proyectos de ingeniería de valor. Bajo esta cláusula, la ingeniería de valor es un esfuerzo voluntario a llevarse a cabo a elección los proveedores. Sin embargo, si los proveedores participan en el programa VEI originando y presentando VEP's, el proveedor será recompensado por sus ideas mediante la participación en los ahorros. La tasa de participación está especificada en las cláusulas aplicables de VE.

Usualmente, las disposiciones de VEPR se utilizan como un intento para reducir los costos de ciertos elementos o sistemas de altos costos. La participación del proveedor en los ahorros para los VEP's aprobados originados bajo las provisiones VEPR es menor que la participación proporcionada por voluntarios VEP bajo las disposiciones básicas VEI.

En algunas circunstancias, un contrato puede contener ambas disposiciones VEI y VEPR. La VEPR puede estar dirigida a áreas de funcionamiento bien definidas, y las cláusulas básicas de VEI pueden utilizarse para cubrir VEP's en aspectos no cubiertos por las áreas de funcionamiento de las VEPR. Para VEP's presentados en contratos que contengan ambas cláusulas VEI y VEPR, el



contratista decide si un VEP particular cae dentro del alcance de la cláusula de VEI o, como alternativa, si el VEP es cubierto por las disposiciones de VEPR.

El contrato contiene varias cláusulas VEI y VEPR para proveedores o servicios, y construcción. El acuerdo de reparto puede variar con el tipo de contrato (precio fijo, incentivos, o costos reembolsables).

Lineamientos adicionales para la práctica de VE:

- a) No iniciar acciones para implementarla a menos que el CO emita una modificación formal al contrato autorizando el VEP. Hasta que no se dé una aceptación formal, se debe proceder de acuerdo al contrato original;
- b) Establecer un periodo de tiempo específico dentro del cual el VEP debe ser aceptado o rechazado;
- c) Identificar otros contratos similares o relacionados en los cuales se pueda aplicar el VEP;

Cuando se decide poner en práctica un VEP, se debe asegurar de mantener registros de los costos y solicitar a los subcontratistas hacer lo mismo. Sea lo más preciso posible al calcular los costos de implementación e insista que otros utilicen datos completos y precisos al calcular sus costos de implementación.

Si y cuando su VEP sea incorporado dentro de los contratos, mantenga registros internos identificando el primer elemento entregado conteniendo el VEP y tome nota para efecto de la aceptación adecuada y los documentos de pago.

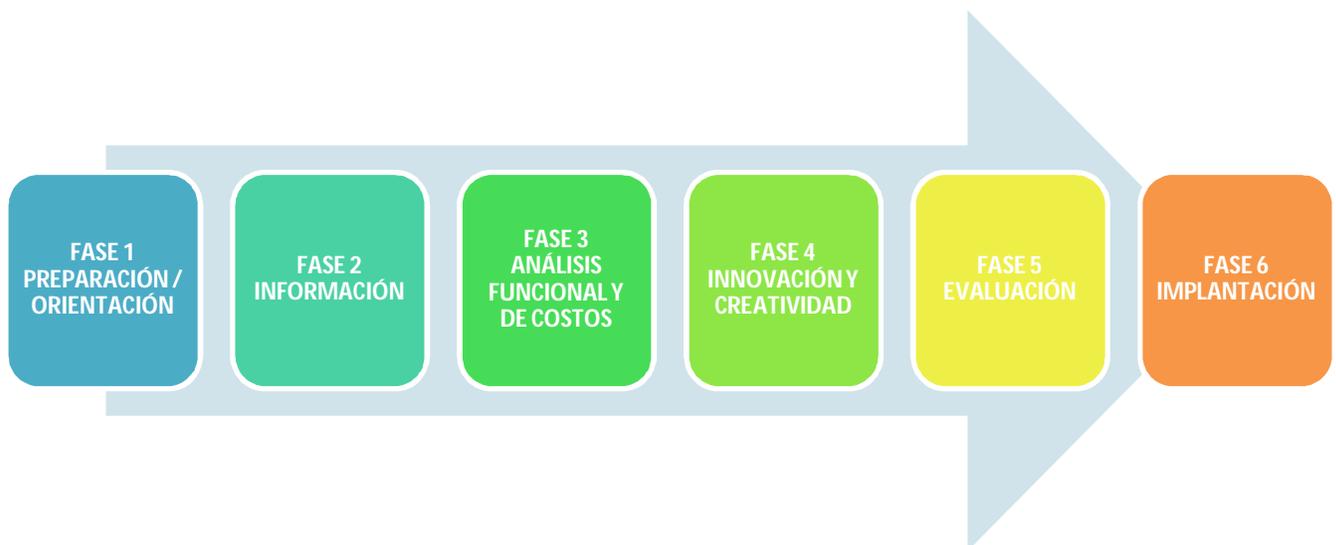
No dude en enviar un VEP que involucre derechos de propiedad. Tenga extremo cuidado cuando estén involucrados derechos de otras partes.

Si una propuesta de ingeniería de valor es aceptada e implementada proporcionará ahorros en los costos totales. Las cláusulas de VE en los contratos establecen que los proveedores contribuyen sustancialmente en los ahorros que resultan de la implementación del cambio. En otras palabras, el VEP proporciona los medios para disminuir los costos de adquisición mientras generan beneficios económicos para la organización. La ingeniería de valor es una herramienta de administración para el cliente y los proveedores. (*Bhat, K. S., 2005*)



4.- APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA INGENIERÍA DE VALOR EN LA GESTIÓN TEMPRANA DE MACROPROYECTOS. CASO DE ESTUDIO.

Con base en la información revisada hasta el momento, en este capítulo se presenta la aplicación del método de la ingeniería de valor en las fases tempranas de la planeación de macroproyectos de plantas industriales, desarrollando las actividades requeridas basadas en las seis fases del plan de trabajo de la metodología de la ingeniería de valor:



Con la intención de ejemplificar la aplicación práctica de esta metodología, se eligió el esquema de una refinería como caso de estudio para las plantas industriales y específicamente dentro de ésta la planta de aguas amargas.

4.1. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

- ✓ Ilustrar la aplicación de la metodología de ingeniería de valor en la planeación de macroproyectos de plantas industriales, mediante un caso práctico que podrá extenderse a proyectos de mayor magnitud.



- ✓ Analizar la etapa de desarrollo de ingeniería básica de una planta de Aguas Amargas para determinar las posibles mejoras operativas a través de la utilización de la metodología de la ingeniería de valor.

Actividad	<ul style="list-style-type: none">• PLANTA INDUSTRIAL
Objeto de AV	<ul style="list-style-type: none">• MEJORAS OPERATIVAS EN UNA PLANTA DE AGUAS AMARGAS• MODERNIZACIÓN DE LA PLANTA DE AGUAS AMARGAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL• Alcance: comprende el proceso de la planta de Aguas Amargas desde la recepción de la alimentación hasta la entrega de los productos en límite de batería
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• ANALIZAR EL PROCESO DE LA PLANTA DE AGUAS AMARGAS PARA DETERMINAR LAS POSIBLES MEJORAS OPERATIVAS QUE PERMITAN CUMPLIR CON LA NORMATIVIDAD• EVALUAR ECONÓMICAMENTE ESTAS MEJORAS PARA SELECCIONAR LA QUE SEA MÁS VIABLE DE IMPLEMENTAR

4.2.- ANTECEDENTES:

Derivado de la necesidad de dar cumplimiento a la normatividad ambiental vigente relacionada con las especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental, se tiene la necesidad realizar un proyecto integral dentro del esquema de la refinería para realizar las mejoras necesarias que contribuyan al cumplimiento de los requisitos ambientales establecidos. Este proyecto incluye la construcción de plantas de proceso nuevas y/o remodelar las existentes, así como la adecuación de los sistemas de servicios principales y áreas de movimientos de productos.

Dentro del análisis antes mencionado, se incluye un balance integral de la generación de aguas amargas que se tendrían como consecuencia de las mejoras operativas a las plantas de proceso, determinándose que al modernizar la planta de aguas amargas existente para garantizar su funcionamiento a la capacidad original de diseño de 12 MBPD y cumpliendo con la especificación máxima de ácido sulfhídrico y de amoniaco, se cumpliría satisfactoriamente con el tratamiento de las aguas amargas que se generarían en la refinería.



Por otro lado, se determinó también que con las condiciones actuales de los equipos, la planta sólo puede procesar 5.5 MBPD con la especificación actual máxima de ácido sulfhídrico y amoniaco, por lo que se requiere realizar un análisis para determinar las mejoras necesarias para la modernización de la planta de tratamiento de aguas amargas para que pueda ser capaz de procesar la carga original de diseño con las nuevas especificaciones ambientales. Para realizar dicho análisis se utilizará la metodología de la ingeniería de valor.

En la siguiente figura se muestra el esquema original de la planta de tratamiento de aguas amargas que se utilizará en el desarrollo del caso de aplicación.

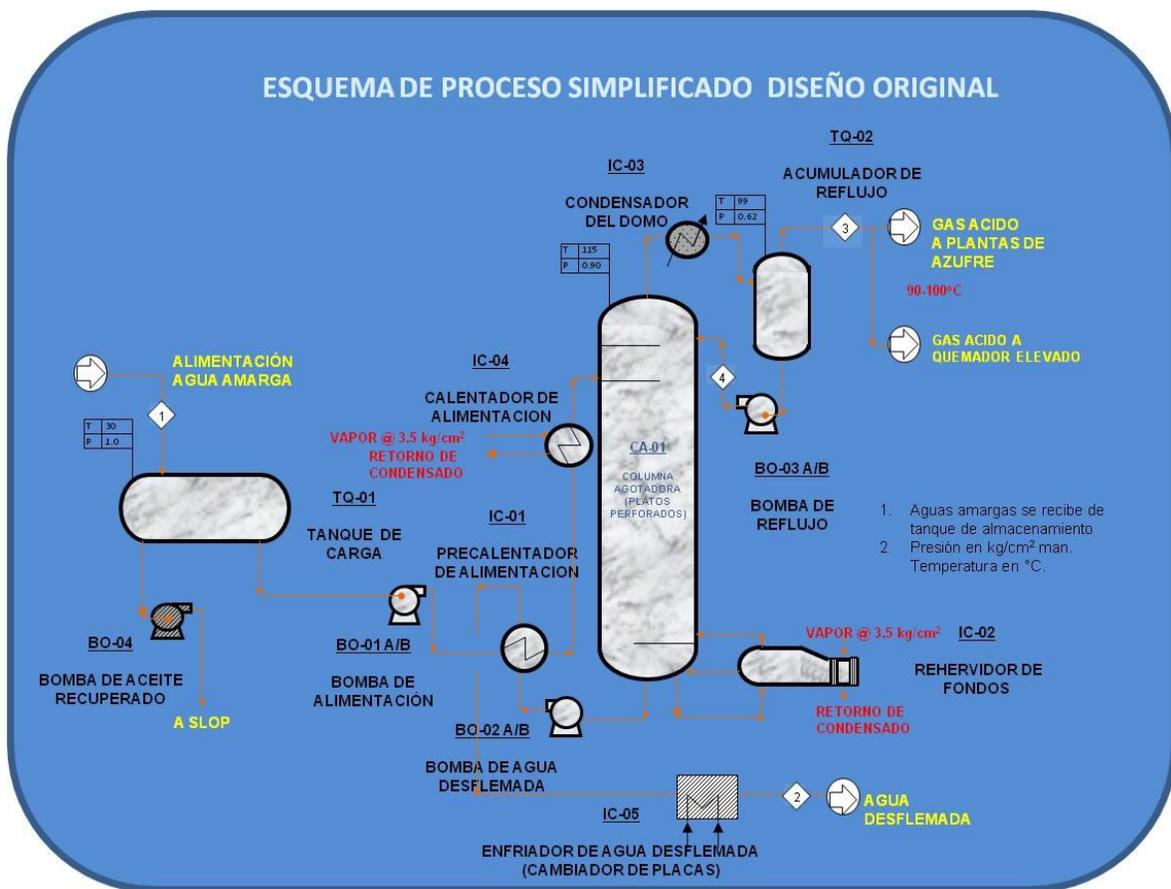


Figura 4.1.- Esquema de proceso simplificado diseño original.



4.3.- APLICACIÓN PRÁCTICA:

A continuación se desarrollan cada una de las etapas de la metodología de la ingeniería de valor para el caso de aplicación elegido.

FASE 1.- PREPARACIÓN/ORIENTACIÓN:

La primera etapa en un análisis de valor consiste en determinar cuál es el producto que la empresa considera más adecuado analizar. Esta decisión dependerá de cada situación particular ya que los motivos por los que se puede aplicar el análisis de valor a un producto son diversos.

En el caso de estudio a desarrollar se analizó el esquema de una refinería para elegir la planta de proceso que permitiera desarrollar la metodología de la ingeniería de valor y como ejemplo de la planeación temprana se optó por la fase de desarrollo de la ingeniería básica que es la que se considera se pueden realizar las mejoras más importantes en el proyecto. Con este análisis se pretende identificar y evaluar las posibles mejoras en la operación que impacten directamente en los costos de operación de la planta.

Para llevar a cabo este caso de aplicación y siguiendo las diferentes herramientas a utilizar dentro de la metodología de valor, se realizaron entrevistas con personal experto en las áreas de diseño de proceso y operación de plantas, los cuales cuentan con amplia experiencia en el desarrollo de la ingeniería básica de plantas de Aguas Amargas, se estableció el objeto del caso de estudio, su alcance y objetivos.

Problemáticas identificadas:

Derivado del análisis inicial realizado, las principales problemáticas identificadas en la operación de las plantas de Aguas Amargas son las siguientes:

- Paros de planta no programados
- Productos fuera de especificación
- Altos costos de mantenimiento
- Corrientes de alimentación con presencia de sólidos e hidrocarburos
- Incrustación de sales de amonio en el domo de la torre agotadora

FASE 2.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN:

Esta etapa consiste en recopilar toda la información necesaria para el análisis a realizar. En este caso se presenta la siguiente información correspondiente al desarrollo de la ingeniería básica para una planta de Aguas Amargas:

- 1) Descripción del proceso
- 2) Lista de equipo
- 3) Filosofías básicas de operación



- 4) Diagrama de flujo de proceso
- 5) Diagramas de tubería e Instrumentación (DTI's)
- 6) Especificaciones
- 7) Plano de localización general
- 8) Hojas de datos de equipos de proceso
- 9) Bases de diseño
- 10) Criterios de diseño

En el Anexo 3 se presenta la información anterior, la cual se utilizó para realizar el análisis del caso de estudio.



FASE 3.- ANÁLISIS FUNCIONAL Y DE COSTOS:

Las funciones de un producto se pueden definir como “acciones de un producto o de uno de sus componentes expresadas exclusivamente en términos de finalidad”.

La tercera etapa correspondiente a la metodología del Análisis de Valor consiste en determinar todas las funciones relacionadas con el proceso de Aguas Amargas y estimar su costo.

A partir del análisis realizado con el grupo de expertos participantes y la revisión de la información recopilada, se seleccionaron las siguientes funciones principales:



Es importante mencionar que en el caso de las plantas de tratamiento de aguas amargas la funcionalidad de las mismas depende de la caracterización adecuada de la alimentación, esto debido a que no se puede tener una certeza de la composición de la alimentación, de la cual depende el proceso de separación de componentes contaminantes, dependiendo también del acondicionamiento de la carga recibida.

Tomando en cuenta lo anterior, se determinó la importancia relativa de cada una de las funciones dentro del proceso global de la planta de tratamiento de aguas amargas, resultando lo siguiente:

FUNCIONES	% Importancia			
	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
Suministro de energía	35	30	20	28
Separación de componentes contaminantes (incluye recepción y acondicionamiento de carga)	50	60	60	57
Acondicionamiento de productos	15	10	20	15



Se realizó un análisis de los costos asociados a cada una de las funciones tomando en cuenta aspectos como los costos de los equipos involucrados, la importancia relativa dentro del proceso así como los posibles impactos económicos que pudiera tener una falla en las funciones asociadas y tomando en cuenta la distribución porcentual estimada previamente se calcularon los índices de valor:

FUNCIONES	% Importancia	% Importancia en costos	Índice de Valor
Suministro de energía	28	30.2	0.9
Separación de componentes contaminantes (incluye recepción y acondicionamiento de carga)	57	64.2	0.9
Acondicionamiento de productos	15	5.6	2.7

De los resultados anteriores se deriva el siguiente análisis de cada una de las funciones con base en la definición de índice de valor presentada en el capítulo 3:

$$\text{ÍNDICE DE VALOR función} = \% \text{ IMPORTANCIA función} / \% \text{ COSTOS función}$$

Suministro de energía: tiene un índice de valor menor a uno con el segundo valor en importancia en los costos asociados y en la importancia en las funciones dentro del proceso, por lo que debe ser considerada dentro del análisis para determinar las mejoras operativas que contribuyan a mejorar su valor.

Separación de contaminantes, recepción y acondicionamiento de carga: tiene un índice de valor menor a uno con el porcentaje de costos más alto que el resto de las funciones involucradas en el proceso, y al mismo tiempo el porcentaje más alto en la importancia funcional considerándose como un punto fundamental dentro de la operación de la planta, por lo que también será considerado en la siguiente etapa para determinar posibles mejoras al proceso que permitan mejorar el índice de valor asociado.

Acondicionamiento de productos: tiene un índice de valor mayor a uno con un porcentaje de importancia en costos bajo por lo que se puede decir que los recursos utilizados corresponden con el grado de importancia dentro del proceso.



FASE 4.- INNOVACIÓN Y CREATIVIDAD:

El objetivo de esa etapa es buscar alternativas para la mejora del proceso mediante la generación de ideas dirigidas a la reducción de costos manteniendo o mejorando las prestaciones del proceso.

Se utilizó una sesión de tormenta de ideas con los expertos que colaboraron en el análisis para la generación de ideas, además de la información recopilada en la fase 2.

Como ya se mencionó el desempeño y la operación de las Plantas de Aguas Amargas tiene como principal objetivo entregar el agua desfleada producto con las especificaciones requeridas para su integración al tratamiento de efluentes o para desalado en las plantas de destilación combinada (desalado).

Para esta fase, el diseño propuesto para las plantas de aguas amargas incorpora arreglos y equipos que aseguran una alta eficiencia en la separación de grasas y aceites, en la remoción de contaminantes, en el uso de energía y en la operación del proceso mediante:

- Diseño del intercambio de calor carga/fondo del agotador.
- Incorporación de un enfriador lateral (pumparound) que permite obtener gas ácido amoniacal como producto de domos con mejor especificación y el control de temperatura en el domo.
- El trazado y el aislamiento eficientes de la línea de envío de gases del domo del agotador hacia la planta de azufre, lo que eleva la eficiencia operativa al evitar la condensación de agua en la misma.

Asimismo, otras mejoras tecnológicas a considerar en este análisis incluyen:

- Mejoras en la zona de agotamiento, adición de nuevos tipos de internos y mayor número de etapas de las columnas para lograr especificaciones más estrictas
- Integración térmica optimizada para reducir los costos de operación.
- Tanques para eliminación de hidrocarburos antes del envío del agua amarga a la Torre agotadora de agua amarga.
- Filtros automáticos en cabezal de agua amarga.
- Flexibilidad de operación al incorporar la opción de agotamiento con vapor directo en la torre, adicionalmente al diseño con rehervidor.

Con base en estas consideraciones se realizan las siguientes propuestas presentándose para cada una de las funciones seleccionadas para el análisis de la fase 3:

a) Recepción y preparación de la carga:

- Tanque de carga para llevar a cabo la separación trifásica con lo cual se logra:
 - La desgasificación de la corriente de agua amarga mediante la disminución de la presión de la corriente (eliminación de hidrocarburos ligeros en la fase gaseosa)
 - La separación del hidrocarburo líquido que pudiese haber sido arrastrado de las plantas generadoras de agua amarga.
- Agregar tanque de estabilización: proporciona mayor tiempo de residencia para separar la mayor parte del hidrocarburo libre que pudiese separarse por gravedad



- Agregar paquete de filtración para recibir el agua amarga que contiene hidrocarburo emulsionado con agua y partículas sólidas y poder llevar a cabo dos operaciones principales
 - Separación de sólidos suspendidos y sedimentables, lo cual contribuye al rompimiento de la emulsión aceite-agua
 - La coalescencia de gotas de hidrocarburo, mediante un coalescedor con elementos capaces de proporcionar una corriente libre de hidrocarburos

b) Suministro de energía, columna agotadora:

- Integración térmica: optimización de la energía a través de precalentamiento de carga.
- Incrementar área de transferencia de calor del precalentador.
- Incrementar platos/ Cambiar platos de mayor eficiencia.
- Sistema de enfriamiento externo.
- Flexibilidad de operación al incorporar como alternativa realizar el agotamiento del agua amarga directamente con vapor de baja presión.

c) Acondicionamiento del producto:

- Precalentamiento de la alimentación
- Enfriador del agua desflemada a lagunas de oxidación

d) Revisar condiciones de equipo dinámico

e) Segregar corrientes en diferentes plantas

Derivado de lo anterior, se generaron diferentes alternativas de proceso que pueden incluir una o varias de las posibles mejoras mencionadas anteriormente para posteriormente realizar un análisis técnico y económico de cada una de ellas:

OPCIÓN 1.- INCLUIR PLATOS CON CARACTERÍSTICAS DE ALTA CAPACIDAD Y EFICIENCIA

En esta primera opción se establece como principal acción para la modernización de la columna el cambio de los internos de la torre agotadora por platos de alta eficiencia, así como los equipos periféricos de dicha torre, en esta opción se tiene equipo existente que se podrá reutilizar sin modificación, equipo a reutilizar que requiere modificaciones, así como equipo de ya no se utilizará y equipo nuevo que será requerido.

Equipo reutilizado sin modificar:

- Bomba de Aceite Recuperado, BO-04.

Equipo reutilizado modificado:

- Columna Agotadora, CA-01. Cambio e incremento de platos e internos.
- Tanque de Carga, TQ-01.
- Precalentador de Alimentación, IC-01.
- Rehervidor de Fondos, IC-02
- Calentador de Alimentación, IC-04.

***Equipo nuevo:***

- Paquete de Filtración de Agua Amarga, FG-01
- Enfriador de reflujo, IC-06.
- Bomba de Reflujo, BO-05A/B.
- Enfriador de Agua Desflemada, IC-07.
- Bomba de Alimentación, BO-06 A/B.
- Bomba de Agua Desflemada, BO-07A/B.

OPCIÓN 2.- ADICIONAR UN SEGMENTO COMPLEMENTARIO A LA COLUMNA EXISTENTE

Esta alternativa considera la adición de un segmento de recipiente a la columna para instalar platos nuevos convencionales con el espaciamiento entre platos original y un plato chimenea para extraer el agua amarga que circula a través del sistema de enfriamiento externo. En esta alternativa se considera también el cambio de equipo periférico existente (precalentador de alimentación, rehervidor de fondos, bomba de reflujo y bomba de agua desflemada) por equipo nuevo.

Por otro lado, la columna requiere incrementar su altura y debido a que se detectó que existe limitación en la presión de descarga de las bombas existentes, se requiere reemplazar las bombas en su totalidad.

En esta opción además del segmento de la columna a adicionar se requieren equipos nuevos:

- Precalentador de la alimentación
- Rehervidor de fondos
- Bomba de reflujo
- Bomba de agua desflemada.

Para esta alternativa se requiere llevar a cabo un paro de la planta, preparación de los equipos y accesorios para desmontar la columna existente y complementarla con una sección adicional, se requieren trabajos para dismantelar y reforzar la cimentación actual o en su caso, construir una nueva para soportar el nuevo peso de la columna, además se debe considerar el reemplazo del precalentador de alimentación y del rehervidor de fondos.

OPCIÓN 3.- ADICIONAR UNA COLUMNA COMPLEMENTARIA INDEPENDIENTE A LA EXISTENTE

Para esta alternativa se considera que la planta pueda procesar el flujo requerido utilizando dos columnas en paralelo, la columna existente sin modificaciones y una columna agotadora complementaria nueva (con tecnología en el estado del arte) incluyendo su equipo periférico

- Precalentador de alimentación
- Enfriador de reflujo
- Bomba de reflujo
- Bomba de agua desflemada

En este caso también se requiere reemplazar las bombas existentes por equipo nuevo.



En esta opción se debe considerar que mientras la unidad puede seguir operando, se pueden llevar a cabo los trabajos requeridos para la instalación de la columna complementaria , así como sus equipos periféricos (precalentador de alimentación, rehervidor de fondos, enfriador de reflujo, bomba de reflujo y bomba de agua desflemada).

Para esta alternativa se requiere más espacio dentro de límite de batería para la inclusión del equipo adicional, considerando la torre complementaria conjuntamente con sus equipos periféricos, por lo que es muy importante evaluar si se cumple con la normatividad vigente para los espacios disponibles.

OPCIÓN 4.- REEMPLAZAR LA COLUMNA POR UNA NUEVA

En este caso se considera remover la columna agotadora existente e instalar una columna nueva con las características requeridas para lograr la separación deseada. Se considera además el cambio del equipo periférico existente por equipo nuevo:

- Precalentador de alimentación
- Enfriador de reflujo
- Rehervidor de fondos
- Bomba de reflujo
- Bomba de agua desflemada

Se requiere llevar a cabo el paro de la planta así como la preparación de los equipos y accesorios para desmontar la columna y sus equipos periféricos existentes, previo a la instalación de una columna nueva y sus equipos periféricos, para lo cual se requeriría también desmantelar la cimentación actual y construir una nueva.



FASE 5.- EVALUACIÓN

Se estableció como premisa que los resultados de la integridad mecánica tanto de la columna agotadora como del separador trifásico, indican una vida útil remanente de cuando menos 20 años, por lo que se considera factible modernizar la planta.

Para el equipo de bombeo se determinó que existe limitación en presión de descarga de las bombas existentes, lo que implica reemplazar las bombas prácticamente en su totalidad.

En cuanto a los equipos de intercambio térmico, se determinó también que existe limitación hidráulica y térmica en estos equipos lo que dificulta su reutilización, por lo que se considera que casi la totalidad será reemplazado por equipo nuevo.

Como resultado del análisis técnico de las opciones presentadas en la sección anterior, se identifica que las opciones 2 y 3 demandan espacio dentro de Límite de Batería para su inclusión, lo cual no es posible llevar a cabo ya que este análisis está basado en una instalación existente en la que no se tiene disponibilidad de espacio para adicionar equipo complementario en planta. La opción 4 es técnicamente viable al igual que la 1, pero implica desmantelamiento mayor.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

1.- Estimado de inversión

El estimado de inversión se realizó tomando como base las siguientes premisas:

- ✓ El estimado de inversión se realizó con un rango de precisión de -20% a +35%.
- ✓ Los cálculos realizados para los cuatro casos se basan en las características técnicas, el predimensionamiento de los equipos y los materiales de construcción.
- ✓ El costo directo estimado incluye: el costo del equipo, materiales de interconexión (concreto, eléctrico, tubería, acero, instrumentación, aislamiento y pintura) y los costos de mano de obra, los cuales fueron estimados mediante cotizaciones.
- ✓ Los costos del equipo tienen integrados los costos de fletes, refacciones, seguros y derechos de importación cuando los equipos sean de procedencia extranjera.
- ✓ A los costos anteriores se le adicionó un costo indirecto del 32.6%. Que Incluye la supervisión de la construcción, la administración de la obra en el sitio, los servicios provisionales, el transporte local, permisos y los materiales consumibles entre otros.
- ✓ Puesta en marcha y pruebas de desempeño, se consideró el 2% del costo de inversión total.
- ✓ No se incluyó el costo de inversión fuera de límites de batería (OSBL).



Con relación a los costos de operación, es importante mencionar que para este caso de análisis la materia prima no tiene un costo que pueda compararse con el costo del producto terminado, que para este caso particular tampoco tiene un precio de venta establecido, por lo que la variación en el costo total no es significativa con las diferentes soluciones; por lo anterior, para el análisis económico sólo se considera el monto de la inversión a realizar para cada una de las opciones, tomando como propósito final del proyecto la efectividad para reducir la contaminación ambiental y el cumplimiento con la normatividad vigente en esta materia.

Tabla 4.1.- Resultados del estimado de inversión.

DESCRIPCION	INVERSIÓN (USD)			
	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
EQUIPO DE PROCESO (1)	3,787,400	3,875,500	3,661,300	3,999,400
REFACCIONAMIENTO, FLETES, SEGUROS, ADUANAS	333,700	349,600	326,300	360,800
MATERIALES DE INSTALACIÓN (2)	877,600	1,217,600	1,317,700	1,256,500
CONSTRUCCION	1,041,700	1,333,400	1,186,000	1,203,200
COSTO INDIRECTO	2,489,300	2,484,600	2,628,400	2,507,800
OTROS COSTOS (3)	1,833,100	2,147,600	2,283,300	2,151,100
SUBTOTAL	10,362,800	11,408,300	11,403,000	11,478,800
CONTINGENCIAS	2,072,600	2,281,700	2,280,600	2,295,800
INVERSIÓN TOTAL (USD)	12,435,400	13,690,000	13,683,600	13,774,600

(1) Incluye: partes de repuesto, fletes, seguros, derechos de importación

(2) Incluye: civil, acero, tubería, instrumentos, eléctrico, aislamiento y pintura

(3) Incluye: asistencia técnica, ingeniería, capacitación, permisos, estudios, puesta en marcha y pruebas de desempeño

Como se puede observar en la tabla anterior, la propuesta con mayor costo de inversión corresponde a la opción 4, mientras que el monto menor corresponde a la opción 1.

Con la intención de contar con la mayor cantidad de elementos de comparación, en la siguiente tabla se muestra el estimado de inversión para una planta nueva:

DESCRIPCION	INVERSIÓN (USD)
	PLANTA NUEVA
EQUIPO DE PROCESO	12,860,300
MATERIALES	2,283,000
CONSTRUCCION	9,189,000
OTROS COSTOS	8,301,800
INVERSIÓN TOTAL (USD)	34,918,100



II.- Evaluación económica

La evaluación económica se realizó bajo las siguientes premisas:

- ✓ El estudio se realizó en dólares americanos
- ✓ Valor Presente Neto (VPN) referido al 1 de enero de 2013
- ✓ Horizonte de planeación: 20 años
- ✓ Tasa de descuento: 12%. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo-beneficio de los programas y proyectos de inversión (SHCP).
- ✓ Inicio de operaciones: 1 de enero de 2014
- ✓ Depreciación lineal a 20 años del costo estimado de inversión
- ✓ Valor de rescate igual a cero
- ✓ Los precios utilizados en la evaluación para materias primas, productos y servicios auxiliares fueron tomados de los Precios de Interorganismos de Pemex, noviembre de 2012 y son los siguientes:

Tabla 4.2.- Precios materias primas, productos y servicios auxiliares.

PRECIOS											
Descripción	Unidad	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Materia Prima											
Agua amarga	USD/BI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Productos											
Agua desfleada	USD/BI	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088
Servicios auxiliares											
Energía eléctrica	USD/KWH	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086
Vapor baja presión	USD/TON	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46
Agua de enfriamiento (servicio)	USD/M3	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041

PRECIOS											
Descripción	Unidad	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Materia Prima											
Agua amarga	USD/BI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Productos											
Agua desfleada	USD/BI	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088	\$0.088
Servicios auxiliares											
Energía eléctrica	USD/KWH	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086	\$0.086
Vapor baja presión	USD/TON	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46	\$10.46
Agua de enfriamiento (servicio)	USD/M3	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041	\$0.041



- ✓ Los costos de los servicios auxiliares se estimaron de acuerdo a los consumos para la situación actual y para el caso de inversión seleccionado:

Consumo de servicios auxiliares	Unidades	Situación actual	Caso 1
Agua de enfriamiento	KG/HR	269,788	180,772
Vapor de baja presión	KG/HR	7521	15,795
Energía eléctrica	Kw	36.09	183.13

- ✓ Se consideró una plantilla típica para la operación de una planta de aguas amargas con la capacidad considerada en el caso de estudio.

En la siguiente tabla se muestran las categorías y los costos considerados para la evaluación económica.

MANO DE OBRA DIRECTA		\$	Total \$
Cant	Categoría	Año	Año
1	Encargado "A" plantas	\$431,974	\$431,974
1	Operador especialista de plantas	\$367,418	\$367,418
1	Operador de 1a. plantas	\$346,429	\$346,429
3		M. N. \$	\$1,145,821
		USD	\$90,579

SUPERVISION TECNICA.		\$	Total \$
Cant	Categoría	Año	Año
1	Jefe de sector operación	\$1,065,816	\$1,065,816
1		M. N. \$	\$1,065,816
		USD	\$84,254

ADMINISTRACION		\$	Total \$
Cant	Categoría	Año	Año
0.1	Superintendente	\$1,568,378	\$156,838
0.1		M. N. \$	\$156,838
		USD	\$12,398

(Se consideró un tipo de cambio de \$12.65/USD)



- ✓ El mantenimiento se estimó como el 4% de la inversión dentro de límites de batería
- ✓ El Seguro e Impuesto Sobre la Propiedad fueron estimados como el 2.3% de la inversión total
- ✓ No se incluyó financiamiento
- ✓ La producción será del 100% desde el inicio de operaciones
- ✓ Se consideró el factor de servicio del 100%
- ✓ Evaluación económica antes de impuestos

Programa de Flujo de Egresos:

El calendario programado para la inversión es el siguiente:

Programa de Flujo de Egresos (USD)	
Fecha	Caso 1
31-Ene-13	\$917,362
28-Feb-13	\$932,651
31-Mar-13	\$932,651
30-Abr-13	\$947,940
31-May-13	\$1,238,438
30-Jun-13	\$1,243,535
31-Jul-13	\$1,202,763
31-Ago-13	\$1,243,535
30-Sep-13	\$942,844
31-Oct-13	\$947,940
30-Nov-13	\$932,651
31-Dic-13	\$953,037
TOTAL	\$12,435,345

El programa de ejecución de este proyecto contempla un plazo de 12 meses, a partir del 1o. de enero de 2013. La fecha programada de terminación del proyecto es el 31 de diciembre del año 2013: inicio de operaciones enero 2014.

En las siguientes tablas se muestra el Estado Proforma para el caso de inversión seleccionado. Los ingresos se calcularon tomando como base los volúmenes producidos de agua amarga para el caso seleccionado con respecto al caso base.

La tabla muestra también el cálculo del Valor Presente Neto y el CAE (Costo Anual Equivalente) correspondiente.

Con la intención de completar el análisis económico realizado, se presenta también el Estado Proforma para el caso de una planta nueva.



Caso 1 (REVAMP)

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	Ene-13	31-Dic-14	31-Dic-15	31-Dic-16	31-Dic-17	31-Dic-18	31-Dic-19	31-Dic-20	31-Dic-21	31-Dic-22
Inversión	- 12,435,400									
Costos Variables Totales de Producción		\$836,678	\$836,678	\$866,133	\$888,577	\$911,360	\$934,540	\$958,058	\$981,972	\$1,006,169
Servicios Auxiliares		\$836,678	\$836,678	\$866,133	\$888,577	\$911,360	\$934,540	\$958,058	\$981,972	\$1,006,169
Costos de Operación		\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107
Mano de obra operación		\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579
Mano de obra supervisión		\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652
Mantenimiento		\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876
Seguro, Impuesto Sobre la Propiedad		\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179
Costo Total en Efectivo de Producción		\$1,700,964	\$1,700,964	\$1,730,418	\$1,752,863	\$1,775,646	\$1,798,825	\$1,822,344	\$1,846,258	\$1,870,455
Ingresos		\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112
Flujo de efectivo antes de impuestos	-\$12,435,400	-\$1,491,852	-\$1,491,852	-\$1,521,306	-\$1,543,750	-\$1,566,534	-\$1,589,713	-\$1,613,231	-\$1,637,146	-\$1,661,342

VPN = - 23,099,677 MMUSD
CAUE = \$3,054,703 MMUSD/AÑO



Caso 1 (REVAMP) (continuación)

Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21
31-Dic-23	31-Dic-24	31-Dic-25	31-Dic-26	31-Dic-27	31-Dic-28	31-Dic-29	31-Dic-30	31-Dic-31	31-Dic-32	31-Dic-33
\$1,020,303	\$1,034,436	\$1,048,513	\$1,062,873	\$1,062,873	\$1,062,873	\$1,062,873	\$1,105,896	\$1,105,896	\$1,105,896	\$1,105,896
\$1,020,303	\$1,034,436	\$1,048,513	\$1,062,873	\$1,062,873	\$1,062,873	\$1,062,873	\$1,105,896	\$1,105,896	\$1,105,896	\$1,105,896
\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107	\$617,107
\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579
\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652
\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876	\$429,876
\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179	\$247,179
\$1,884,588	\$1,898,722	\$1,912,799	\$1,927,159	\$1,927,159	\$1,927,159	\$1,927,159	\$1,970,182	\$1,970,182	\$1,970,182	\$1,970,182
\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112	\$209,112
-\$1,675,476	-\$1,689,610	-\$1,703,687	-\$1,718,047	-\$1,718,047	-\$1,718,047	-\$1,718,047	-\$1,761,069	-\$1,761,069	-\$1,761,069	-\$1,761,069



PLANTA NUEVA

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	Ene-13	Ene-14	31-Dic-15	31-Dic-16	31-Dic-17	31-Dic-18	31-Dic-19	31-Dic-20	31-Dic-21	31-Dic-22
Inversión	- 17,459,050	- 17,459,050								
Costos Variables Totales de Producción			\$813,795	\$813,795	\$842,366	\$864,137	\$886,237	\$908,721	\$931,534	\$954,730
Servicios Auxiliares			\$813,795	\$813,795	\$842,366	\$864,137	\$886,237	\$908,721	\$931,534	\$954,730
Costos de Operación			\$1,160,523	\$1,160,523	\$1,160,523	\$1,160,523	\$1,160,523	\$1,160,523	\$1,160,523	\$1,160,523
Mano de obra operación			\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579
Mano de obra supervisión			\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652
Mantenimiento			\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292
Seguro, Impuesto Sobre la Propiedad			\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643
Costo Total en Efectivo de Producción			\$2,533,961	\$2,533,961	\$2,562,532	\$2,584,303	\$2,606,403	\$2,628,887	\$2,651,700	\$2,674,896
Ingresos			\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053
Flujo de efectivo antes de impuestos	-\$17,459,050	-\$17,459,050	-\$2,147,908	-\$2,147,908	-\$2,176,479	-\$2,198,250	-\$2,220,350	-\$2,242,834	-\$2,265,646	-\$2,288,843

VPN = - 44,786,374 MMUSD
CAUE = \$5,858,528 MMUSD/AÑO



PLANTA NUEVA (continuación)

Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22
31-Dic-23	31-Dic-24	31-Dic-25	31-Dic-26	31-Dic-27	31-Dic-28	31-Dic-29	31-Dic-30	31-Dic-31	31-Dic-32	31-Dic-33	31-Dic-34
\$978,201	\$991,911	\$1,005,621	\$1,019,275	\$1,033,204	\$1,033,204	\$1,033,204	\$1,033,204	\$1,074,937	\$1,074,937	\$1,074,937	\$1,074,937
\$978,201	\$991,911	\$1,005,621	\$1,019,275	\$1,033,204	\$1,033,204	\$1,033,204	\$1,033,204	\$1,074,937	\$1,074,937	\$1,074,937	\$1,074,937
\$1,160,523											
\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579	\$90,579
\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652	\$96,652
\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292	\$973,292
\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643	\$559,643
\$2,698,367	\$2,712,077	\$2,725,787	\$2,739,441	\$2,753,370	\$2,753,370	\$2,753,370	\$2,753,370	\$2,795,102	\$2,795,102	\$2,795,102	\$2,795,102
\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053	\$386,053
-\$2,312,314	-\$2,326,024	-\$2,339,733	-\$2,353,388	-\$2,367,317	-\$2,367,317	-\$2,367,317	-\$2,367,317	-\$2,409,049	-\$2,409,049	-\$2,409,049	-\$2,409,049



De los resultados económicos obtenidos para el caso de modernización elegido en comparación con el proyecto de una planta nueva, se puede observar que el resultado obtenido para el VPN en ambos casos tiene un valor negativo, lo que nos indicaría-de acuerdo a la definición de VPN- que ambas inversiones no serían viables; en este punto vale la pena recordar lo que ya se comentó al inicio de la evaluación económica, para este caso de estudio en particular, el objetivo de la realización del proyecto es el cumplimiento de la regulaciones ambientales vigentes, además de que la planta de aguas amargas no “genera” un producto que se pueda comercializar de manera directa, por lo que los ingresos no representan una contribución importante dentro del balance económico. No obstante lo anterior, se observa que el caso de modernización tiene mayor factibilidad económica de realizarse, pues presenta un VPN más cercano a cero, lo cual implica menores pérdidas durante el horizonte de planeación del proyecto.

En el caso del otro indicador utilizado, el CAE, el valor es menor para el caso de la modernización comparado con el valor obtenido para el caso de una planta nueva, lo que ratifica a que es la mejor opción, este indicador nos muestra cuales son los costos uniformes totales que se erogaran por implementación del proyecto, ya que no solo se considera el gasto inicial de inversión, sino también los costos de operación y mantenimiento a erogarse durante un horizonte de planeación de 20 años, luego entonces la toma de decisiones se fortalece al optar por la alternativa que implique un menos costo, para el caso de este tipo de proyectos ambientales.



FASE 6.- IMPLANTACIÓN

Derivado del análisis realizado en las fases anteriores, se concluye que la opción 1 es la más viable desde el punto de vista técnico y económico.

En la siguiente figura se muestra el esquema simplificado para la planta de aguas amargas con la modernización propuesta:

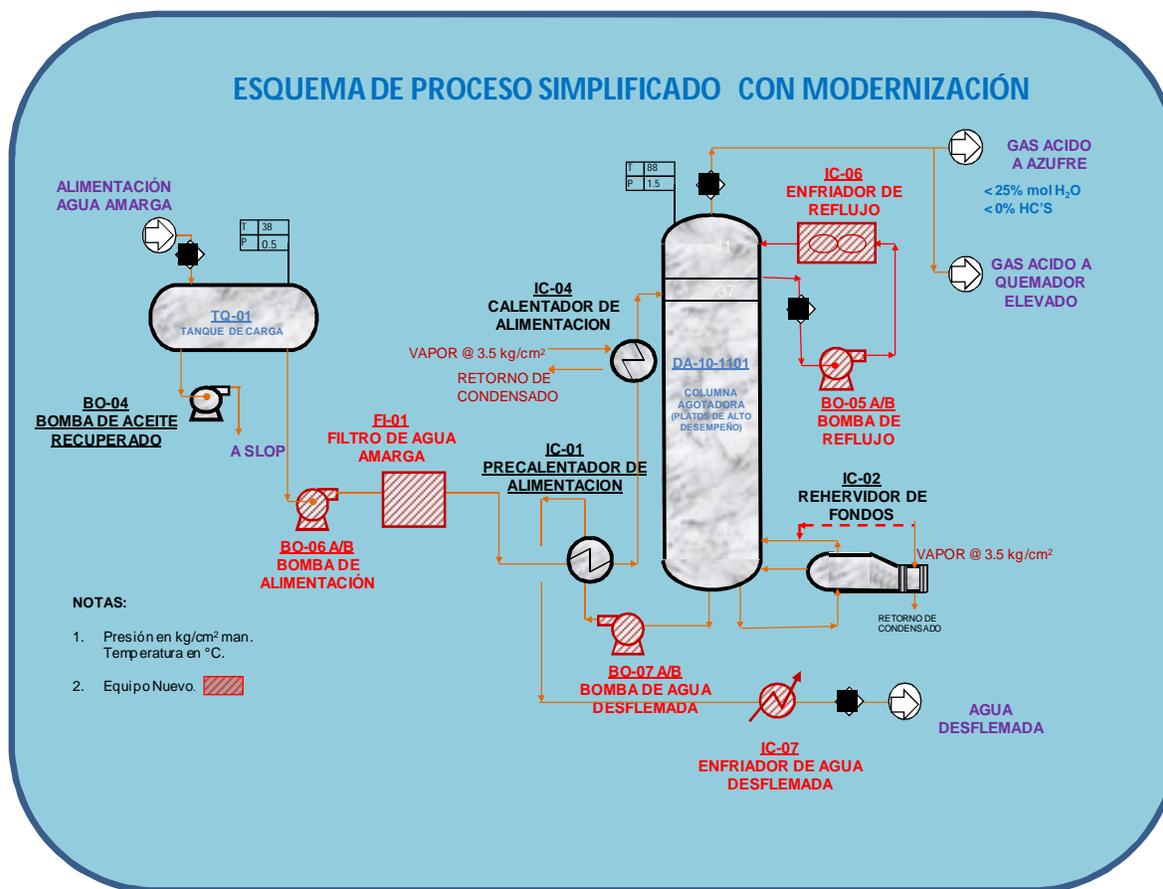


Figura 4.2.- Esquema de proceso simplificado con modernización.

En el Anexo 3.B se incluye la descripción del proceso, las características de los equipos principales, el diagrama de flujo de proceso y el plano de localización general correspondientes a esta opción.

A continuación se muestra el programa general del proyecto para llevar a cabo la modernización de una planta de aguas amargas de acuerdo a la opción seleccionada.



PROGRAMA GENERAL DEL PROYECTO PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN DE LA PLANTA DE AGUAS AMARGAS														
Id	Nombre de tarea	Duración	mes -1	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11
1	Desarrollo de Ingeniería Básica	3 mss		■	■	■								
2	Desarrollo de Ingeniería de Detalle	4 mss			■	■	■	■						
3	Procura de Equipo	3 mss						■	■	■				
4	Fabricación de Equipo	2.5 mss								■	■			
5	Construcción	5 mss							■	■	■	■	■	
6	Precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha	1.5 mss											■	■

4.4.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Con base en los objetivos planteados al inicio de este capítulo, se desarrollaron las actividades necesarias para seguir los pasos de la metodología de la ingeniería de valor aplicada al proceso de una planta de aguas amargas, específicamente en la etapa del desarrollo de la ingeniería básica, con la intención de obtener las mejoras en el proceso que tengan un mayor impacto dentro del funcionamiento de la planta.

Se recopiló la información necesaria del proceso y la información sobre las problemáticas operativas con la intención de contar con los elementos necesarios para realizar el análisis con el grupo de expertos en el área de proceso y operación de plantas de aguas amargas; se obtuvieron las posibles mejoras las cuales se evaluaron desde el punto de vista técnico y económico de acuerdo a lo establecido en la metodología. Finalmente, se establecieron las acciones que se requieren llevar a cabo para la implementación de las mejoras propuestas.

Al analizar el proceso desde la fase del desarrollo de la ingeniería básica, se pudieron detectar las mejoras posibles en la fase de separación de los compuestos contaminantes como parte primordial del proceso, considerando que al establecer mejoras en los procesos de recepción de la carga coadyuvarán a obtener una mejor separación en la columna y de la misma forma acondicionar las corrientes de productos, contribuye a garantizar un funcionamiento adecuado de la planta y su interacción con los otros procesos de la refinería.

De lo desarrollado en este ejemplo práctico se resalta la importancia de contar con la información necesaria para llevar a cabo el análisis así como contar con la participación del grupo de expertos los cuales contribuyan con sus conocimientos tanto en el desarrollo de la ingeniería básica de este tipo de plantas así como en las problemáticas operativas que se presentan.

El análisis económico permite contar con elementos de decisión que complementan el análisis técnico-operativo y que contribuyen de manera significativa en la selección de la mejor alternativa para la problemática que se desea resolver. El costo de la inversión permitió encontrar la opción técnica con menor costo de inversión y al realizar el análisis económico de esta opción comparada con el caso de una planta nueva, el VPN y el CAE confirmaron que la opción seleccionada es la mejor elección para cumplir con los objetivos para llevar a cabo la modernización y cumplir con los requisitos ambientales de la refinería.



Conclusiones

La aplicación de la metodología de la ingeniería de valor en las etapas tempranas de la planeación de los proyectos de plantas industriales, es una herramienta adecuada para aprovechar el conocimiento y las lecciones aprendidas de otros proyectos, para optimizar los procesos, al analizar y seleccionar de manera ordenada las posibles mejoras, evaluar su importancia e impacto en costos y elegir las más adecuadas para aportar valor al proyecto, reduciendo el monto de la inversión, así como el costo de operación y mantenimiento, e innovando el proceso o producto.

El análisis de la ingeniería de valor es más efectivo cuando se hace en una etapa inicial ya que en esta fase hay mucho más oportunidad de encontrar mejoras en el diseño y con ésto obtener un mayor potencial para reducir costos y/o mejorar el desempeño mientras se minimizan riesgos.

Durante el desarrollo del ejemplo práctico se encontró que para el caso de las plantas industriales, una parte fundamental para analizar con la metodología de la ingeniería de valor es el proceso de transformación involucrado, lo cual permite identificar las posibles mejoras que serán evaluadas desde el punto de vista operativo y económico y que tendrán un mayor impacto en los costos totales de la planta.

El contar con información completa y confiable es un aspecto muy importante durante el desarrollo de la metodología, ya que con base en dicha información se inicia el análisis y se desarrollan las posibles mejoras; para el caso de las plantas industriales la información relacionada con el proceso y los documentos de ingeniería asociados, permiten tener los elementos iniciales para llevar a cabo el análisis.

La participación del personal experto en las diferentes áreas requeridas por el proceso (producto o servicio) es un elemento esencial para que el análisis de la ingeniería de valor permita encontrar opciones que se evaluarán con base en la experiencia y conocimiento del personal participante, tomando en cuenta aspectos de proceso, operativos y de construcción, resaltando además que la retroalimentación e intercambio de experiencias permite complementar el análisis para resolver una problemática específica.

Las mejoras en el proceso consideradas en este análisis incluyen: arreglos y equipos que aseguran una alta eficiencia en la separación de grasas y aceites, en la remoción de contaminantes, en el uso de energía y en la operación del proceso, así como mejoras en la zona de agotamiento, integración térmica optimizada y la utilización de tanques para eliminación de hidrocarburos antes del envío del agua amarga a la torre agotadora de agua amarga, filtros automáticos en cabezal de agua amarga y la incorporación de la opción de agotamiento con vapor directo en la torre, adicionalmente al diseño con rehervidor.

Tomando en cuenta las opciones arriba descritas y mediante la aplicación de la metodología al ejemplo práctico, se obtuvieron cuatro opciones de mejora desde el punto de vista técnico que involucran una o varias de las alternativas operativas y de mejora del proceso arriba descritas



para cada una de las funciones principales de acuerdo a su importancia dentro del proceso de la planta de aguas amargas.

Para contar con elementos suficientes para la selección de una de las opciones propuestas, se realizó el análisis desde el punto de vista económico calculándose el costo de inversión de cada una de ellas. Para este análisis se consideraron los costos de los equipos, refacciones, fletes, materiales y otros costos. Adicionalmente se calculó el Valor Presente Neto (VPN) y el Costo Anual Equivalente (CAE) para la opción seleccionada desde el punto de vista técnico y se comparó con la inversión requerida para una planta nueva. De estos resultados se concluye que la modernización de la planta ofrece una alternativa muy adecuada para cumplir con los nuevos requerimientos de la planta con una inversión aproximada del 35% con respecto a la requerida para una planta nueva.

Para el caso particular que se desarrolló en este trabajo, se encontró que la aplicación de la metodología de la ingeniería de valor durante el desarrollo de la ingeniería básica de una planta de aguas amargas permitió encontrar mejoras en el proceso que ayudan desde el punto de vista operativo y que contribuyen de manera significativa en la reducción de los impactos al ambiente en cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

La reducción en los costos de operación representa mejoras para el proceso y en este caso particular como el producto final del proceso no tiene un costo comercial de venta, la reducción en los costos de operación y la reducción de emisiones al ambiente para el cumplimiento de las regulaciones ambientales son los indicadores de las mejoras obtenidas para el proceso al utilizar la metodología de la ingeniería de valor, la cual permitió obtener la producción original de diseño de la planta de 12,000 BPD con las mejoras operativas propuestas.

La aplicación de la metodología de la ingeniería de valor durante la etapa de desarrollo de la ingeniería básica de la modernización de una planta de aguas amargas, ejemplificó las fases planteadas por la metodología obteniendo resultados en cada una de ellas los cuales sirvieron para tomar decisiones sobre las mejoras al proceso que permitieron obtener los resultados deseados con la menor inversión para llevar a cabo el proyecto, con un costo aproximado del equipo de trabajo que aplicó la metodología de la ingeniería de valor de 200,000 USD durante un periodo de 4 meses, esto representa el 1.6% de la inversión requerida en el caso seleccionado.

Todo lo anterior nos permite concluir que la metodología puede ser utilizada de manera confiable en el caso de la planeación de proyectos y megaproyectos de las plantas industriales, cumpliendo de manera satisfactoria con el objetivo general de este trabajo.



Bibliografía

1. Lledó, Pablo, Rivarola, Gustavo, Gestión de Proyectos Cómo dirigir proyectos exitosos, coordinar los recursos humanos y administrar los riesgos, Pearson Prentice Hall, Buenos Aires, 2007
2. Chamoun, Yamal, Administración Profesional de Proyectos La Guía, McGraw Hill, México, 2002
3. Kimmons, Robert L., Project Management Basics, A Step by Step Approach, Marcel Dekker, Inc., New York, 1990.
4. Tresserras Picas J., Román del Río P., Aplicación del Análisis del Valor en un Aparato de Bronceado, Manual Turinnova "Manual Práctico para la aplicación de la metodología de Análisis de Valor en el sector turismo", Sevilla, Septiembre 2003.
5. Stephen J. Kirk, Ph.D., FAIA, FSAVE, CVS, LEEDTMAP Stephen E. Garrett, AVS, "Innovative Application of the Value Methodology (VM) for Large, Complex Facilities", Value World, Volume 31, Number 2, Summer 2008, p 20-30
6. Donald E. Parker, PE, CCE, CVS, FSAVE, "A White Paper on Value Engineering", Value World, Volume 32, Number 3, Fall 2009, p 4-14
7. Value Standard and Body of Knowledge, SAVE International, June 2007
8. Bedoya Ortiz Juan Pablo, "Metodología para la Gestión de Proyectos de Infraestructura de Transmisión de Energía Eléctrica aplicada al Proyecto Subestación Yarumal II y repotenciación línea 110 KV Salto-Yarumal", Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín, 2009
9. Concepción Suárez Ramiro, "Metodología de Gestión de Proyectos en las Administraciones Públicas según ISO 10-06, Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, España, 2007
10. <http://www.nothmann.com/es/project-management/megaprojects/>
11. http://www.worktec.com.ar/pm2007/presentaciones/JornadasPM_2007_Adrian_Muino.pdf
12. <http://www.scribd.com/doc/62062824/Vi-Demo-Front-End-Loading-Fel>
13. Characteristics of successful megaprojects, Committee to Assess the Policies and Practices of the Department of Energy to Design, Manage and Procure Environmental Restoration, Waste Management, and Other Construction Projects; National Academy Press, Washington, 2000
14. Mega projects - a taste of success or...how to minimise nasty surprises, Leijten Philip, IPKA Consultancy, September 2010



15. http://www.constructionweblinks.com/resources/industry_reports_newsletters/Aug_21_2006/reco.html
16. <http://en.wikipedia.org/wiki/Megaproject>
17. <http://www.wisegeek.com/what-are-megaprojects.htm>
18. <http://flybjerg.plan.aau.dk/whatisamegaproject.php>
19. <http://www.thecanadianencyclopedia.com/articles/megaprojects>
20. Colwell, Daniel, Improving Risk Management and Productivity in Megaprojects through ICT Invesment, may 11, 2008
21. http://www.12manage.com/methods_miles_value_engineering_es.html
22. <http://www.cge.es/portalcge/tecnologia/innovacion/4114analisis.aspx>
23. <http://www.monografias.com/trabajos13/fast/fast.shtml>
24. http://www.equilibrium2000.com/images/Ingenieria_de_Valor.pdf
25. (<http://www.monografias.com/trabajos13/fast/fast.shtml#ixzz2I0pvjjaY>)
26. <http://haskell.com/getattachment/95886b5c-9a5b-4029-97cd-ad9186cd2676/Design-Build-Applications-Strengthen-Value-Enginee>
27. Flybjerg Bent, Megaproject Policy and Planning: Problems, Causes, Cures, Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Aalborg Universitet, 2007
28. Jay Mandelbaum, Danny L. Reed, Value Engineering Handbook, INSTITUTE FOR DEFENSE ANALYSES, September 2006
29. Bhat, K. S., Implementing Value Engineering Projects in an Organization, Value Engineering: a Fast Track to Profit Improvement and Business Excellence, Narosa Publishing House, New Delhi, India, 2005
30. <http://www.wisegeek.com/what-are-megaprojects.htm>
31. Flybjerg Bent, Bruzelius Nils, Rothengatter Werner, Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition, (Cambridge University Press), 2003.
32. http://www.degerencia.com/articulo/proyectos_de_inversion_de_capital/imp
33. <http://www.nwccc.org/upload/nissen.pdf>
34. <http://es.scribd.com/doc/85516112/ECP-DPY-M-004-MANUAL-PARA-LA-IMPLEMENTACION-DE-PRACTICAS-DE-INCREMENTO-DE-VALOR-EN-PROYECTOS>



Anexo 1

Tipos de contrato

Tipos de Contrato

El riesgo compartido entre el comprador y el vendedor está determinado por el tipo de contrato. Aunque el contrato de precio fijo cerrado es, por lo general, el tipo de acuerdo contractual preferido, fomentado y a menudo exigido por la mayoría de las organizaciones, en determinadas ocasiones, otra forma de contrato puede ser más conveniente para el proyecto. Si se prevé utilizar un tipo de contrato diferente al de precio fijo, corresponde al equipo del proyecto justificar su uso. El tipo de contrato que se utilizará, así como los términos y condiciones específicos del contrato, determinan el grado de riesgo asumido por el comprador y el vendedor.

De manera general, todas las relaciones legales contractuales se encuadran en una de las siguientes dos grandes categorías: los contratos de precio fijo o los contratos de costo reembolsable. Asimismo, existe un tercer tipo híbrido utilizado frecuentemente y que se denomina contrato por tiempo y materiales. Los tipos de contrato más difundidos se abordan a continuación como tipos diferenciados, pero en la práctica no es inusual combinar uno o más tipos en el marco de una misma adquisición.

Contratos de precio fijo. Esta categoría de contrato implica establecer un precio total fijo para un producto o servicio definido que se va a prestar. Los contratos de precio fijo también pueden incluir incentivos financieros para quienes alcancen o superen objetivos seleccionados del proyecto, tales como las fechas de entrega programadas, el desempeño de costos y técnico, o todo aquello que pueda ser cuantificado y posteriormente medido. En el caso de los contratos de precio fijo, los vendedores se encuentran obligados por ley a cumplir dichos contratos, bajo el riesgo de afrontar eventuales daños y perjuicios financieros si no lo hicieran. En el marco de un contrato de precio fijo, los compradores deben definir con exactitud el producto o los servicios que son objeto de la adquisición. Puede haber lugar a cambios en el alcance, pero generalmente estarán acompañados de un aumento en el precio del contrato.

Los diferentes tipos de contrato a precio fijo son:

- Contratos de precio fijo cerrado
- Contratos de precio fijo más honorarios con incentivos
- Contratos de precio fijo con ajuste económico de precio

Contratos de costos reembolsables. Esta categoría de contrato implica efectuar pagos (reembolsos de costos) al vendedor por todos los costos legítimos y reales en que incurriera para completar el trabajo, más los honorarios que representen la ganancia del vendedor. Los contratos de costos reembolsables también pueden incluir cláusulas de incentivos financieros para los casos en que el vendedor supere o no cumpla determinados objetivos definidos. Tres de los tipos de contratos de costos reembolsables utilizados más comunes son:

- Contrato de costo más honorarios fijos
- Contrato de costo más honorarios con incentivos
- Contrato de costo más honorarios por cumplimiento de objetivos.



Contrato por tiempo y materiales. Los contratos por tiempo y materiales son un tipo híbrido de acuerdo contractual que contiene aspectos tanto de los contratos de costos reembolsables como de los contratos de precio fijo.

Estos tipos de contratos se asemejan a los contratos de costos reembolsables en que son abiertos y pueden estar sujetos a un aumento de costos para el comprador. Por otro lado, este tipo de contratos también puede asemejarse a los acuerdos de precio fijo por unidad cuando ciertos parámetros se especifican en el contrato.

A continuación se incluye una tabla comparativa entre diferentes contratos de ingeniería, servicios y construcción y otra tabla comparativa entre diferentes tipos de contrato de financiamiento.

Tabla A1.1.- Tabla comparativa entre diferentes tipos de contratos de ingeniería, servicios y construcción.

Tipo de contrato	Tipo de concurso	Aplicación	Alcance	Requisitos a satisfacer por el cliente	Responsabilidad del contratista	Monto del contrato	Riesgo mayor
Precios unitarios y tiempo determinado	Nacional	Servicios, construcción y mantenimiento en obra civil, eléctrica, tuberías, aislamientos, instrumentación y sanitaria	Obra contratada, materiales y mano de obra	Ingeniería de detalle, cubicación, volúmenes de obra y alcance del concepto de obra	Cálculo de mano de obra y materiales	Bajo a medio	Cliente
Administración: Pura Utilidad fija Máximo garantizado	Nacional	Ingeniería de detalle, consultoría, tercería, asesoría técnica, capacitación	Documentos de ingeniería, reportes, dictámenes técnicos	Ingeniería conceptual y/o básica, tiempos y costos estándares	Cálculo de mano de obra	Bajo	Cliente
Precio alzado	Nacional/Internacional	Ingeniería, servicios, mantenimiento, consultoría, tercería, asesoría técnica, capacitación	Ingeniería, servicios, reportes, dictámenes técnicos	Definición precisa de alcances	Estimado de costo	Bajo a medio	Consultor o contratista



Tipo de contrato	Tipo de concurso	Aplicación	Alcance	Requisitos a satisfacer por el cliente	Responsabilidad del contratista	Monto del contrato	Riesgo mayor
Construcción	Nacional/Internacional	Construcción en obra civil, eléctrica, tuberías, aislamientos, instrumentación y sanitaria. Fabricación de pailería y equipo electromecánico	Construcción de la planta. Fabricación de equipo	Diseño del cliente	Determinar los trabajos de ingeniería necesarios para la correcta operación y/o fabricación, cubicación y volumen de obra	Bajo a alto	Contratista
Diseño y construcción	Nacional/Internacional	Diseño, ingeniería, construcción de plantas de generación eléctrica o plantas de proceso	Ingeniería de detalle y construcción	Ingeniería conceptual, básica y/o detalle, definición de ingeniería faltante	Determinar los trabajos de ingeniería necesarios para la correcta operación y/o fabricación, cubicación y volumen de obra	Bajo a alto	Cliente y contratista

Tabla A1.2.- Tabla comparativa entre diferentes tipos de contratos de financiamiento.

Tipo de contrato	Aplicación	Alcance	Requisitos a satisfacer por el cliente	Responsabilidad del contratista	Financiamiento	Riesgo
BFT/BLT	Financiar, construir, arrendar y transferir	Planeación, ingeniería, financiar, construir, puesta en marcha, operación y mantenimiento	Bases de usuario	Planeación, ingeniería, construcción, operación y mantenimiento	Hasta el 100%	Socio mayor
IPP	Productor independiente de energía	Planeación, ingeniería, financiar, construir, puesta en marcha, operación y mantenimiento	No aplica	Planeación, ingeniería, construcción, operación y mantenimiento	No aplica	Productor
BOOT	Construir, operar siendo propietario y transferir	Planeación, ingeniería, financiar, construir, puesta en marcha, operación y mantenimiento	Bases de usuario	Planeación, ingeniería, construcción, operación y mantenimiento	No aplica	Desarrollador
BOT	Construir, operar y transferir	Planeación, ingeniería, financiar, construir, puesta en marcha, operación y mantenimiento	Bases de usuario	Planeación, ingeniería, construcción, operación y mantenimiento	Hasta el 90%	Socio mayor



Tipo de contrato	Aplicación	Alcance	Requisitos a satisfacer por el cliente	Responsabilidad del contratista	Financiamiento	Riesgo
BFT/BLT	Financiar, construir, arrendar y transferir	Planeación, ingeniería, financiar, construir, puesta en marcha, operación y mantenimiento	Bases de usuario	Planeación, ingeniería, construcción, operación y mantenimiento	Hasta el 100%	Socio mayor
IPP	Productor independiente de energía	Planeación, ingeniería, financiar, construir, puesta en marcha, operación y mantenimiento	No aplica	Planeación, ingeniería, construcción, operación y mantenimiento	No aplica	Productor
BOOT	Construir, operar siendo propietario y transferir	Planeación, ingeniería, financiar, construir, puesta en marcha, operación y mantenimiento	Bases de usuario	Planeación, ingeniería, construcción, operación y mantenimiento	No aplica	Desarrollador
BOT	Construir, operar y transferir	Planeación, ingeniería, financiar, construir, puesta en marcha, operación y mantenimiento	Bases de usuario	Planeación, ingeniería, construcción, operación y mantenimiento	Hasta el 90%	Socio mayor



Anexo 2

Evolución de la Gestión de Proyectos

"**Gestión de proyectos**" se refiere a la organización metodológica que se realiza para asegurar que el trabajo realizado por el contratista cumpla con las expectativas del cliente, y de que se entregue dentro de los límites estipulados para los costos y los tiempos establecidos inicialmente, independientemente de su "fabricación". Para cumplir con esto, la gestión de proyectos busca asegurar la coordinación de las personas involucradas en el proyecto con de las tareas en beneficio de la eficiencia y la rentabilidad.

Puede concebirse como la aplicación del conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a las diversas actividades que se desarrollan a lo largo del proyecto y por medio de las cuales se pretenden cumplir los requisitos del proyecto:

- Alcance, plazo, costo y calidad.
- Distintas necesidades y expectativas de los involucrados en el proyecto
- Necesidades identificadas

La persona encargada de garantizar la sinergia entre todas las partes que se interrelacionan en el proyecto es el director del proyecto, quien mediante herramientas de gestión como la planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre, es el responsable de alcanzar los objetivos que se hallan definidos para el proyecto.

Por este motivo, un "**director del proyecto**" es designado por el cliente, para mantenerse en contacto permanente (en teoría) con el director del proyecto del contratista. Debido a la evidente ambigüedad del término "director del proyecto", AFNOR predice que se preferirá una alternativa para designar al director del proyecto del cliente que podría ser "*persona a cargo del proyecto*". Los términos "*director del proyecto del usuario*" o "*administrador del proyecto*" también se utilizan.

En el caso de proyectos de gran magnitud, el cliente puede designar un **equipo de directores del proyecto**, es decir, un equipo del proyecto que responda a la persona encargada del producto y que asista a la persona encargada de administrar el proyecto, como también que asista en la toma de decisiones estratégicas, políticas y en la determinación de objetivos. El director del proyecto deberá ser relevado de sus actividades y responsabilidades normales para que se pueda dedicar completamente a la administración del proyecto.

El término "**gestión del proyecto**" complementa la noción del director del proyecto, agregándole una dimensión adicional relacionada con la determinación de los objetivos estratégicos y políticos de la gestión (así, incluye la dirección del proyecto).

La elección de la metodología para la administración de un producto, por restringida que parezca, es una ventaja que permite que todas las personas involucradas en el proyecto actúen conjuntamente en forma organizada de acuerdo con reglas claramente expresadas. Esta metodología es sumamente importante ya que aquellas personas involucradas en el proyecto a veces cambian parcialmente durante el curso del proyecto.



A2.1.- EVOLUCIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

La gestión de los proyectos ha ido evolucionando en paralelo con las diferentes corrientes científicas de la gestión empresarial e industrial, a lo largo del pasado siglo XX. Dentro del contexto de la gestión de los proyectos, cada área de aplicación necesita establecer sus propias normas, regulaciones, prácticas y metodologías, y que a su vez han ido evolucionando para ajustarse a las necesidades específicas de las múltiples disciplinas que necesitan gestionar sus proyectos de forma eficaz, eficiente y económica.

Contexto de la Gestión de los Proyectos en la Administración Científica del Trabajo

La gestión empresarial e industrial, como otras muchas ciencias, pasó por distintas etapas hasta ocupar el lugar académico en el que se encuentra en la actualidad. Profesionales venidos fundamentalmente de la ingeniería, la psicología y la sociología fueron los que contribuyeron a que se dieran los primeros pasos. En los últimos años del siglo XIX y los primeros del siglo XX, los ingenieros, F. Taylor, considerado con justicia el padre de la administración científica del trabajo, el ingeniero de minas H. Fayol, el industrial estadounidense Henry Ford y el sociólogo alemán M. Weber entre otros pensadores, cada uno por su parte coincidieron en la intención de bridar las bases de esta nueva ciencia.

Taylor sostenía que el objetivo principal de la gestión es la máxima eficiencia y eficacia con la finalidad no sólo de mejorar las utilidades de la empresa, sino de dar también prosperidad tanto al patrón como a los empleados. Sus ideas fundamentales han sido los métodos normalizados de trabajo, fijación de tiempos, especialización, separación, planificación y ejecución, selección y formación e incentivación. Para ello, propuso el uso de herramientas como las hojas de instrucciones de tiempos y de control de calidad. H. Fayol, ingeniero de minas, tiene una visión de la empresa desde la dirección general estableciendo para ello 14 principios fundamentales, a los que considera flexibles y susceptibles de adaptarse a las diferentes necesidades. Define y desarrolla las funciones de la dirección empresaria con los objetivos de prever, organizar, dirigir, coordinar y controlar. Weber considera el modelo burocrático como el más eficiente para dirigir organizaciones complejas. Sus principios fundamentales se basan en la división del trabajo, basándose para ello en la especialización funcional con un claro principio de autoridad y jerarquía, con normas y procedimientos para hacer el trabajo, impersonalidad de las relaciones personales y la selección y promoción basadas en la competencia. Henry Ford, por su parte, llevó a la práctica el modelo de producción en cadena que llevó a la práctica en la fabricación de sus coches y se desarrolló a partir de los años 40 hasta los años 70 y que supone una combinación de cadenas de montaje, maquinaria especializada, altos salarios y un número elevado de trabajadores en plantilla. Este modo de producción resulta rentable siempre que el producto pueda venderse a un precio bajo en una economía desarrollada.

Posteriormente comenzaron a aparecer las empresas consultoras cuyo objetivo era el estudio de la mejora de los métodos, procesos y la organización de la producción. La cultura de las empresas



era una lógica orientación a la producción. Pero como consecuencia de todo esto, se fue produciendo un exceso de oferta, y por lo tanto, la competencia y las mayores exigencias de los clientes fueron cambiando el escenario y los problemas de gestión se acentuaron. Esto produce una nueva filosofía de gestión, ya que la empresa debe atraer, satisfacer y retener a los clientes. Las estadísticas nos indican que un cliente insatisfecho comenta con 11 personas su desagrado y cuesta 5 veces más crear un nuevo cliente que retenerle. Las empresas comienzan a buscar nuevos modelos de gestión que les permita orientar su actividad y su economía hacia la fidelización de los clientes y constituyendo éstos el objetivo fundamental de la estrategia empresarial.

La Gestión Empresarial vs. Gestión de Proyectos

En la primera mitad del siglo XX, el problema principal de la empresa era producir. Todo lo que se producía se vendía y por lo tanto, la función comercial, el cumplimiento de plazos y la adecuación a las necesidades del cliente eran elementos secundarios y no tenían la misma importancia que tienen ahora. Los postulados de los mencionados pensadores se aplicaban en las empresas y eran la panacea que resolvía todos los problemas consiguiendo aumentos de producción importantes. Por estas razones, el enfoque tradicional de los proyectos se centraba en la aplicación de técnicas que permitieran mejorar los procesos productivos más que en establecer procesos pre-planificados.

A medida que las organizaciones iban necesitando hacer frente a mercados competitivos que les exigían centrar sus esfuerzos en la satisfacción de sus clientes y en la eficacia y eficiencia económica de sus actividades, se iban poniendo en práctica nuevas herramientas más orientadas a la gestión de los procesos para rentabilizar los esfuerzos. Es la época en que se crea el IPMA (International Project Management Institute) PMI (Project Management Institute) que es el inicio del establecimiento de diversas directrices para la gestión de los proyectos. El concepto de gestión de proyectos ha ido evolucionando y se ha convertido en un proceso por el cual se planifica, dirige y controla el desarrollo de un sistema, con un costo mínimo, dentro de un período de tiempo específico, orientado a la satisfacción del cliente y que implica la interrelación de un conjunto heterogéneo de actividades. Esta forma de gestionar los proyectos es una aplicación práctica de las teorías de la gestión empresarial evolucionadas estudiadas durante estos años. La gestión de los proyectos debe ser una gestión interdisciplinaria generadora de valor para el cliente y que, por tanto, asegure su satisfacción y debe determinar qué procesos necesitan ser mejorados o rediseñados, así como establecer prioridades e iniciar y mantener planes de mejora que permitan alcanzar objetivos establecidos.

Enfoques para la Gestión de los Proyectos

Como ya se ha mencionado, muchas de las causas de los fracasos de los proyectos tienen su raíz en la mala gestión y dirección del proyecto. Para evitar dichos errores, la investigación en la gestión de proyectos se ha ido centrando en el establecimiento de diferentes enfoques o formas de abordar la dirección de los proyectos con el objetivo de ir mejorando el control y el



seguimiento. Existen varios enfoques para la gestión de los proyectos como pueden ser el enfoque incremental, interactivo, tradicional y enfoque por procesos.

La gestión por objetivos es un proceso de establecimiento de objetivos en una organización de tal forma que tanto los gestores como los empleados se solidarizan y entienden y asumen su posición dentro del equipo. Esta disciplina la popularizó Peter Ducker en 1954 donde los gestores diseñan una visión global y aplican un pensamiento estratégico particular en base a un proceso multietapas que comienza con una validación de la situación, determina los objetivos y establece cómo alcanzar esos objetivos. Basándose en ese modelo, hoy en día, muchas organizaciones empiezan a adoptar una estrategia de aproximación menos estructurada y más interactiva. Este enfoque interactivo supone el uso de equipos interfuncionales y autodirigidos que desarrollan estrategias para la redefinición y creación de mejores prácticas. Los impulsores de este enfoque consideran que el enfoque incremental no es suficiente y que el uso de técnicas desestructuradas de los equipos intrafuncionales supone muchas ventajas competitivas revolucionarias más flexibles, al poder usar las técnicas matemáticas *fuzzy*. Este enfoque se basa en el uso de la inteligencia artificial como propuesta de futuro, es muy experimental y no está muy extendido su uso.

El enfoque de *gestión tradicional* se ha llevado a cabo de acuerdo con los principios taylorianos, es decir, la división y especialización del trabajo por departamentos o por funciones diferenciadas. Los organigramas establecen la estructura organizativa y designan las funciones, permitiendo definir claramente las relaciones jerárquicas. Sin embargo en un organigrama, no quedan claramente definido el funcionamiento de la empresa en cuanto a sus responsabilidades y relaciones con los clientes ni los aspectos estratégicos claves. Este modelo tiene varios inconvenientes, como puede ser: la confrontación de los objetivos locales (departamentos) con los objetivos globales de la empresa; las actividades locales que burocratizan la gestión empresarial; y sobre todo el intercambio de información entre los departamentos que suele resultar muy difícil debido a la falta de motivación de las personas por considerarse unos pensadores y otros los que trabajan.

El enfoque de la *gestión por procesos* se centra en la gestión sistemática de los procesos desarrollados en la empresa y la interrelación entre ellos. Este enfoque permite coordinar a todos los departamentos y conseguir los objetivos de efectividad y satisfacción de todos los participantes (clientes, departamentos de la empresa, proveedores, etc.). Tradicionalmente, las organizaciones se han estructurado sobre la base de departamentos funcionales orientados a la producción y que dificultaban la orientación hacia el cliente. La gestión por procesos permite a la organización constituir un sistema interrelacionado de proceso intrafuncionales que contribuyan conjuntamente a generar valor para el cliente y por lo tanto a incrementar la satisfacción del cliente. Esto implica una visión alternativa a la tradicional caracterizada por estructuras organizativas de corte tayloriano o burocrático, que pervive desde mitad del XIX, y que en buena medida dificulta la orientación de las empresas hacia el cliente. Este modelo es el utilizado por las organizaciones que aplican las normas de calidad como son ISO 9000, el modelo europeo de excelencia EFQM (European Foundation for Quality Management), etc. La gestión basada en procesos está dirigida al uso de modelos de madurez, como CMMI, ISO/IEC 15504, etc.



Existen otros modelos de aproximación a la gestión, que deben ser tenidos en cuenta por su aportación a la mejora de los productos obtenidos, pero que no se les puede considerar exactamente como un enfoque a la gestión de los proyectos, sino más bien como métodos para la mejora de la productividad. Es el caso del modelo japonés Kaizen ideado por Massaki Imai que lo define como la mejora continua o incremental, basado en los trabajos de Taylor, Gilbreth, Deming, etc. Otros modelos muy extendidos en las compañías americanas es el modelo "Just in time", iniciado en Toyota por el creador del Toyota Production System (TPS) Taiichi Ohno, o el "Control de calidad total" esquematizado por Ishikawa.

Evolución histórica de las Técnicas y Métodos de Gestión de Proyectos

La gestión de proyectos es una disciplina que seguramente existe desde los principios de nuestra civilización. Lentamente a través de los siglos, y más rápidamente durante el último siglo han surgido muchos cuerpos de gestión del conocimiento. La gestión es una disciplina que se debe autodefinir para adaptarse a los continuos cambios que se van produciendo dentro de las instituciones humanas.

La evolución histórica de las metodologías de gestión, durante el último siglo, la podemos agrupar en 3 etapas diferentes (ver siguiente tabla), y cada una de ellas con unos hitos bien diferentes hasta la confluencia en nuestros días en unas directrices técnicas y certificaciones que nos garantizan la calidad del trabajo desarrollado por los profesionales acreditados. Podemos observar el proceso de adaptación de la gestión de los proyectos a la evolución que se iba produciendo en los modelos de la gestión empresarial a lo largo del siglo XX.

Así tenemos que como complemento a la administración científica iniciada por Taylor, respondió su discípulo, el ingeniero industrial mecánico norteamericano Gantt (1861-1919) y que fue su colaborador en el estudio de una mejor organización del trabajo industrial. Sus investigaciones más importantes se centraron en el control y planificación de las operaciones productivas mediante el uso de técnicas gráficas, entre ellas el llamado diagrama de Gantt, popular en toda actividad que indique planificación en el tiempo.

La siguiente etapa se caracteriza por el desarrollo de modelos para la evaluación de los sistemas orientados a la gestión, cuyos ejemplos más significativos son MBO (Management by Objectives), PERT (Program Evaluation and Review), CPM (Critical Path Method), CIPP (Context, Input, Process, Product), etc. Esta etapa se caracteriza porque se centra la gestión hacia la totalidad de la organización y se beneficia de la extensión universal del uso de las técnicas para refinar y perfeccionar las ya existentes.

A partir de los años 90, la gestión burocrática se centra en la integración de los participantes externos (stakeholders) y en la aplicación de técnicas novedosas así como el establecimiento de un conjunto de directrices estructurales, tales como reglas y procedimientos. La gestión de proyectos está actualmente en una fase global de normalización y armonización de sus conceptos y metodologías. La certificación a través de la cualificación y la acreditación es una forma de reconocer la competencia en gestión de proyectos de los profesionales y las organizaciones. Las



investigaciones sobre la gestión de proyectos por procesos se han deducido a partir de los modelos de madurez tales como CMMI (Capability Maturity Model Integration) e ISO/IEC15504 (SPICE – Software Process Improvement and Capability dEtermination). Finalmente se han desarrollado directrices para conseguir estándares que permitan recoger las buenas prácticas comúnmente aceptadas y que ayuden a conseguir el éxito en la realización de los proyectos. Estas técnicas intentan estandarizar las prácticas del equipo de desarrollo haciendo más fácil la predicción y gestión, así como la trazabilidad.

Tabla A2.1.- Evolución histórica de las técnicas y métodos de gestión de proyectos





Evolución histórica de las técnicas y métodos de gestión de proyectos

Segunda mitad del siglo XX	Gestión de proyectos como concepto aislado. Desarrollo y refinamiento de técnicas	<p>1954. MBO. Drucker se desarrollan las guías prácticas para la implementación de MBO (Management By Objectives).</p> <p>1957. PERT. La oficina de proyectos de la Agencia Especial de la Marina desarrolla el PERT (Program Evaluation and Review Technique) para la gestión de elementos temporales del proyecto.</p> <p>1958. Polaris. Entre el 53 y 54 las fuerzas armadas de los Estados Unidos establecen oficinas de proyectos para los sistemas de armamento y la Agencia Especial de la Marina. En 1958 para la realización del misil POLARIS se emplea por primera vez el método PERT.</p> <p>1959: CPM (Critical Path Method). Kelley y Walter fueron sus inventores, que idearon el método en un proyecto subvencionado por DuPont y Remington Rand Corporation. Es un modelo similar al método PERT, aunque en este caso es determinístico.</p> <p>1962: Desarrollo del PERT/Coste.</p> <p>1963: Polaris se convirtió en el primer proyecto en el que se exigía a los contratistas el uso de sistemas de gestión de proyectos avanzado.</p> <p>1964. Se desarrolla el Análisis de Valor Ganado.</p> <p>1965: Se crea IPMA (International Project Management Association) que es una asociación suiza para la gestión de proyectos.</p> <p>1966. Huse y Kay desarrollaron las directrices prácticas para la implementación de MBO.</p> <p>1968: Se desarrolla el análisis de coste/beneficio dentro del Banco Mundial como una herramienta de evaluación de proyectos.</p> <p>1969: Se crea PMI (Project Management Institute).</p> <p>1970: Se refinan las técnicas de gestión de proyectos definidas en años anteriores.</p> <p>1975. WBS (Work Breakdown Structure).</p> <p>1980: Adquiere gran importancia la participación de los stakeholders y se incrementa la importancia del entorno del proyecto.</p> <p>1985: CIPP. Aparece el modelo de evaluación CIPP que es un marco de directrices para la evaluación de programas, proyectos, personal, productos, instituciones y sistemas.</p> <p>1990: Hay un movimiento hacia el uso de técnicas para planificar y enlazar las técnicas modernas. Se profundiza en los conceptos de stakeholders, en cómo deben definir los sucesos del proyecto, y la garantía de la evaluación presupuestaria de las consideraciones definidas por éstos.</p> <p>1991: PRINCE2. Metodología de dirección de proyectos para un entorno controlado y creada para el uso del gobierno del Reino Unido.</p>
----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Evolución histórica de las técnicas y métodos de gestión de proyectos

Actualidad	Gestión por procesos	<p>2000. V-Modell. Método de gestión de proyectos alemán.</p> <p>2002: CMMI (Capability Maturity Model Integration)</p> <p>UNE 166001:2002 EX Gestión de la I+D+I (Investigación, Desarrollo e Innovación): Requisitos de un proyecto de I+D+I</p> <p>2003: ISO 10006:2003 Gestión de calidad – Directrices para la calidad en la gestión de los proyectos</p> <p>2004: PMBOK (Project Management Body Of Knowledge)</p> <p>2005: ISO/IEC15504 (SPICE – Software Process Improvement and Capability dEtermination)</p> <p>PRINCE2. Office of Government Commerce (OGC) libera la revisión 2005.</p>
------------	----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



ANEXO 3

INFORMACIÓN DEL PROCESO DE AGUAS AMARGAS

En este Anexo se presenta la información recopilada relacionada con el proceso de Aguas Amargas, la cual corresponde a la **Fase 2.- Recopilación de la información** de la metodología de análisis de valor, la cual como ya se mencionó, consiste en recopilar toda la información necesaria para realizar el análisis.

En este caso se presenta la siguiente información correspondiente al desarrollo de la ingeniería básica para una planta de Aguas Amargas:

- 1) Descripción del proceso
- 2) Lista de equipo
- 3) Filosofías básicas de operación
- 4) Diagrama de flujo de proceso
- 5) Especificaciones de efluentes.
- 6) Plano de localización general
- 7) Hojas de datos de equipos de proceso
- 8) Bases de diseño
- 9) Criterios de diseño



1.-DESCRIPCIÓN DE PROCESO

Introducción

Muchos procesos de refinación del petróleo emplean vapor como medio de agotamiento en las operaciones de destilación, o como diluyente para reducir la presión parcial de los hidrocarburos en el cracking catalítico o térmico.

El vapor es frecuentemente condensado, lo cual ocurre simultáneamente con la condensación de hidrocarburos líquidos y en presencia de una fase de vapor de hidrocarburos que contienen H₂S y NH₃.

Estos contaminantes dan origen a que el agua que los contiene sea conocida como "agua amarga".

La finalidad de la planta de Aguas Amargas es remover el ácido sulfhídrico y el amoníaco contenidos en las corrientes de agua amarga provenientes principalmente de las plantas Hidrodesulfuradoras de la refinería, mediante agotamiento, utilizando vapor como medio de calentamiento.

Estadísticamente se ha demostrado que las aguas amargas constituyen aproximadamente un 20% del agua residual de una refinería, y dependiendo de su tratamiento, por el tipo de contaminantes, dependerá su reuso.

El producto principal es el agua desfleada (agotada), la cual será enviada para su reutilización generalmente a las desaladoras de crudo de las plantas de Destilación Combinada de la refinería.

El agua desfleada rechazada en las desaladoras de crudo, se envía a la planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la refinería, donde se integra al cabezal existente hacia las lagunas de oxidación.

Como subproducto, se obtiene una corriente de gas ácido con alto contenido de NH₃ (amoníaco) y H₂S (ácido sulfhídrico), la cual se envía como carga a la Unidad de Recuperación de Azufre, para obtener azufre y oxidar el amoníaco presente.

La capacidad de la planta de Tratamiento de Aguas Amargas considerada en este análisis se indica en la siguiente tabla:

Capacidad nominal, BPSD	12,000
Capacidad mínima, BPSD (2)	7,200
Sobre diseño, BPSD (1)	10 %
Operación actual, BPDS	1600 A 4300

A continuación se presenta el diagrama de bloques para el proceso de aguas amargas:

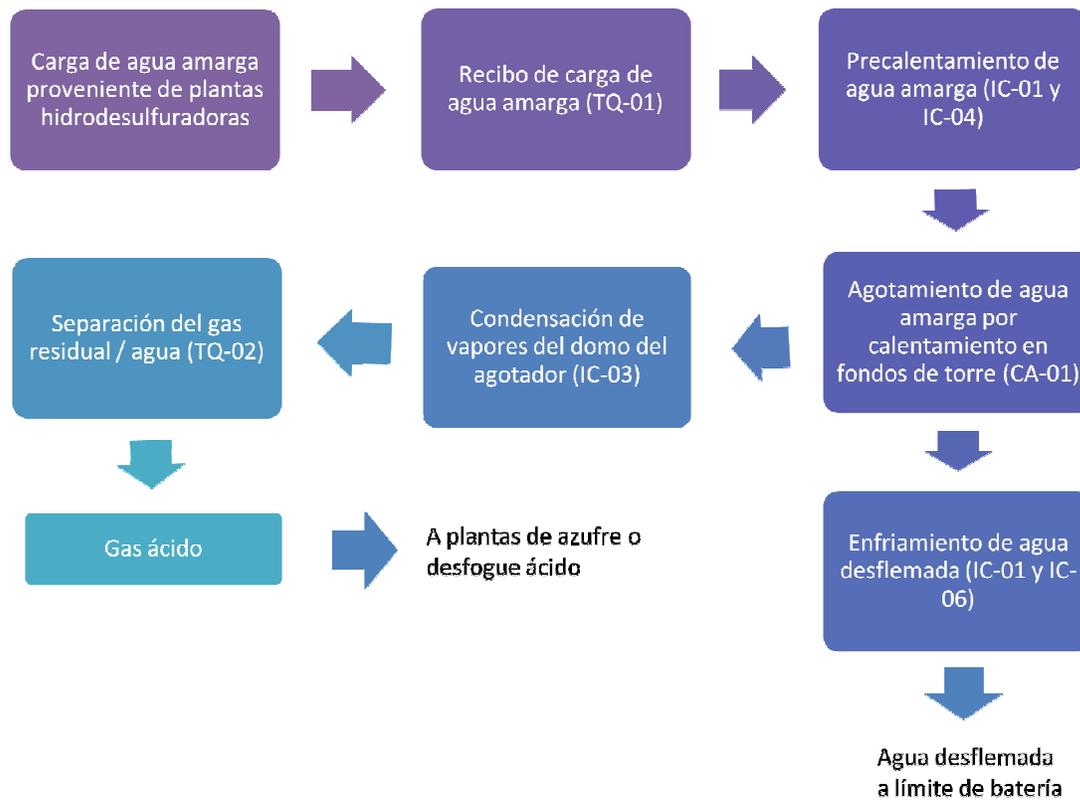


Figura A.3.1.- Diagrama de bloques del proceso de aguas amargas

I.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La siguiente descripción hace referencia al Diagrama de Flujo (figura A.3.2).

La unidad recibirá la corriente de alimentación proveniente de las plantas hidrodesulfuradoras a la presión especificada.

La corriente será colectada en el tanque acumulador de alimentación TQ-01, del cual será alimentado al sistema mediante la bomba BO-01. El control de alimentación se realizará mediante el nivel del tanque acumulador.

En el tanque TQ-01, se tendrán tres mamparas interiores para efectuar la separación de las capas aceite-agua. La fase aceitosa será purgada al drenaje de aceite y enviada fuera del límite de batería al sistema de recuperación correspondiente.

Los vapores y gases formados en el tanque TQ-01 son enviados al incinerador de gases fuera del límite de batería.



La corriente de alimentación descargada por la bomba BO-01 es pasada a través del cambiador de calor IC-01 para precalentar la corriente de alimentación y enfriar la corriente de agua desflemada proveniente del fondo de la columna agotadora.

Después de este precalentamiento de la corriente, ésta es pasada a través del cambiador de calor IC-04, que utiliza vapor de agua de baja presión como medio de calentamiento, para ajustar la temperatura y entrar así a la columna agotadora de agua amarga CA-01, donde se realiza la separación de los gases disueltos en el agua.

El producto vapor del domo que contiene H_2S y NH_3 junto con el vapor de agua es pasado a través del condensador IC-03, que utiliza aire como medio de enfriamiento. El condensado saliendo del cambiador IC-03 es colectado en el tanque receptor TQ-02, donde se desgasifica el agua venteándose el H_2S y el NH_3 por la parte superior, mediante un controlador de presión, enviándose los gases por medio de una línea hasta el límite de batería.

El agua saturada colectada en el tanque TQ-02 es tomada por la bomba de recirculación del domo BO-03 y regresa a la columna como refluo.

El calor para vaporizar la corriente de alimentación y para mantener el balance térmico dentro de la columna agotadora, será suministrado en el rehervidor IC-02, utilizando como fluido de calentamiento vapor de agua de baja presión y cuya velocidad de alimentación es controlada mediante un controlador de flujo que actúa a una válvula de control en la línea de inyección de vapor, recibiendo la señal de flujo de alimentación a la columna agotadora.

El residuo de la columna agotadora, que es agua desflemada es tomada por la bomba BO-02 que envía la corriente fuera del límite de batería para su reutilización pasando previamente por el cambiador IC-01 donde precalienta la corriente de alimentación de agua amarga y posteriormente baja más su temperatura en el enfriador de agua desflemada (IC-06) al usar agua de enfriamiento en este cambiador de placas vertical para llegar fría a límite de batería y cuya cantidad de flujo es controlada por la válvula del controlador de nivel del fondo de la columna, que opera la bomba BO-02.



2.-LISTA DE EQUIPO

TORRES

CLAVE	SERVICIO	Temperatura de Diseño (°C)	Presión de Diseño (Kg/cm ² man)	Materiales
CA-01	COLUMNA AGOTADORA	142	2.8	515-70

INTERCAMBIADORES DE CALOR

CLAVE	SERVICIO	Temp. Diseño °C		P. Diseño (Kg/cm ² man)	
		Tubos	Coraza	Tubos	Coraza
IC-01 A/B	PRECALENTADOR DE ALIMENTACIÓN	105	135	4.5	7.0
IC-02	REHERVIDOR DE FONDOS	160	135	5.0	3.2
IC-03	CONDENSADOR DEL DOMO	271.1	271.1	21.1	5.27
IC-04	CALENTADOR DE ALIMENTACIÓN	121	121	7	7.03
IC-05	ENFRIADOR DE AGUA DESFLEMADA				

RECIPIENTES

CLAVE	SERVICIO	Temperatura de Diseño (°C)	Presión de Diseño (Kg/cm ² man)	Materiales	
				Cascarón	Cabezas
TQ-01	TANQUE DE CARGA	60	2.11	A-285-Gr.C	A-285-Gr.C
TQ-02	ACUMULADOR DE REFLUJO				

BOMBAS



CLAVE	SERVICIO	Temp de Diseño (°C)	Presión de Diseño (Kg/cm ² man)
BO-01 A/B	BOMBA DE ALIMENTACIÓN	65	5.9
BO-02 A/B	BOMBA DE AGUA DESFLEMADA	155	12.7
BO-03 A/B	BOMBA DE REFLUJO	121	8.5
BO-04	BOMBA DE ACEITE RECUPERADO	53	12.4



3.-FILOSOFÍAS BÁSICAS DE OPERACIÓN

Introducción

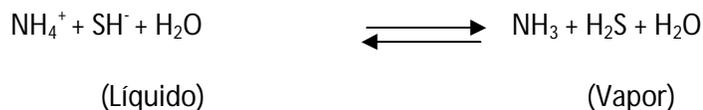
La Planta de Tratamiento de Aguas Amargas es diseñada para tratar 12,000 BPD de agua amarga proveniente de las plantas hidrodesulfuradoras, con la finalidad de obtener agua desflemada con un contenido máximo de 20 ppm en peso de NH_3 y 5 ppm en peso de H_2S .

El agua amarga contiene principalmente ácido sulfhídrico y amoníaco como contaminantes, que se distribuyen en las fases gaseosa y líquida, de acuerdo a la Ley de Henry.

El NH_3 y el H_2S disueltos en agua amarga ionizan en un equilibrio generado a las condiciones de pH y la temperatura del sistema.

El proceso de agotamiento por desorción, sólo permite separar el amoníaco y el ácido sulfhídrico cuando están en fase gaseosa y ejerciendo una presión parcial. Los componentes ionizados no se separan por este proceso.

Teniendo la siguiente reacción:



A continuación se señalan los puntos más relevantes de la operación de la planta en lo que se refiere a los siguientes aspectos:

VARIABLES DE OPERACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO.

Columna Agotadora, CA-01.

La función de la Columna Agotadora, equipo principal de la planta, es remover el H_2S y el NH_3 del agua, obteniendo gas ácido amoniacal por el domo y por el fondo agua desflemada con las especificaciones típicas o características solicitadas por el cliente.

Para mantener los niveles de concentración, se revisan las principales variables de operación que afectan el funcionamiento de la Columna Agotadora

Flujo.

La alimentación a la Columna Agotadora se recibe del Precalentador de Alimentación IC-01 (lado tubos) a control nivel del Tanque de Agua Amarga, TQ-01, en cascada con un control de flujo, asegurando el flujo constante y uniforme a la Columna Agotadora. El control de nivel opera en forma mandatoria sobre el control de flujo para proteger la Bomba de Alimentación de Agua Amarga BO-01.



La columna cuenta con dos platos de alimentación, dependiendo del contenido de H_2S y NH_3 en la carga, se tiene la opción de seleccionar el punto de alimentación más adecuado para la operación global de la Columna Agotadora.

Presión

La presión de operación de la Columna Agotadora se establece en el valor más bajo posible para favorecer la desorción de H_2S y NH_3 , considerando la presión de entrega, así como del contenido máximo de agua (25 % mol) de la corriente de gas ácido amoniacal que se envía a la Planta de Recuperación de Azufre.

Presiones relativamente altas en el domo de la Columna Agotadora favorecen el menor contenido de agua en el gas ácido amoniacal.

La variable se regula mediante un control de presión en rango dividido, constituido por dos válvulas controladoras de presión, una, la principal, colocada en la línea de domos que va a la Planta de Recuperación de Azufre y la otra en el cabezal de desfogue que va hacia quemador. Normalmente el gas ácido amoniacal se envía la planta de Azufre, pero en caso de una disminución en la presión, se cierra gradualmente la válvula principal para limitar su salida hasta restablecer su presión, por el contrario, si la presión se incrementa, se abre gradualmente la válvula que va al desfogue hasta lograr el restablecimiento de la variable.

En caso de que la Planta Recuperadora de Azufre rechace el gas ácido amoniacal, el gas se envía a quemador.

Temperatura

El control de esta variable en el proceso, al igual que la presión, tiene gran importancia para garantizar la adecuada operación de la planta y remoción del H_2S y NH_3 del agua amarga.

El rango de temperaturas establecido asegura que no haya formación de sales amoniacales en la corriente de gas ácido; lo cual ocurre si la temperatura disminuye debajo de $82^\circ C$.

La temperatura del fondo de la Columna Agotadora, CA-01, se mantiene regulando la cantidad de calor, proporcionado normalmente por medio del Rehervidor de Fondos, IC-02 y a falla de este, con vapor de saturado de baja presión (vapor de agotamiento) por medio del controlador en cascada temperatura-flujo, que toma la señal de temperatura de la Columna Agotadora y regula el flujo vapor de agotamiento, manipulando la válvula correspondiente.

Nivel

El nivel del líquido en la Columna Agotadora, se ajusta mediante la variación del flujo de agua desflemada, lo cual se establece por medio de un controlador de nivel que opera en rango dividido, toma la señal de nivel del sumidero de la Columna Agotadora y regula el nivel manipulando dos válvulas, localizadas en la líneas de agua desflemada. Normalmente se envía agua desflemada a las desaladoras en Plantas Combinadas y/o Hidrodesulfuradoras; en caso de rechazo, la corriente se enviará a las Lagunas de Oxidación para su tratamiento.



Tanque de Carga, TQ-01.

Presión

La presión en el Tanque de Carga, se regula por medio de un control de presión de rango dividido, que consta de dos válvulas controladoras de presión, una colocada en la línea de salida de gases del tanque, la cual se conecta hacia el cabezal de desfogue. La segunda válvula es colocada en la línea de gas combustible que, a su vez, se interconecta con la línea de salida de gases del separador.

En caso de un aumento de presión en el Tanque de Carga, se abre gradualmente la válvula instalada en la línea de salida de gases al cabezal de desfogue ácido, a fin de desalojar parte del gas hasta restablecer la presión, manteniéndose cerrada la válvula de inyección de gas combustible.

Por otro lado, en caso de una disminución en la presión, la válvula localizada en línea del desfogue ácido permanece cerrada, permitiéndose la admisión de gas combustible al Tanque de Carga por medio de la apertura de la válvula correspondiente.

El punto de ajuste del control de presión se establece a la presión en la cual se obtiene la mayor liberación de hidrocarburos ligeros a través de la fase vapor; que de otra forma serían liberados en el Tanque TQ-01.

OPERACIONES ANORMALES.

En este tipo de operaciones se consideran aquellas situaciones en las cuales la planta continuará operando, no obstante que algún equipo de proceso salga de operación, además se indican las acciones que sirven de guía para resolver alguna eventualidad.

Falla en el Rehervidor de Fondos, IC-02.

A falla del rehervidor, la planta puede seguir operando, para ello se utiliza vapor de baja presión saturado (vapor vivo) como medio de calentamiento, alimentándolo directamente al fondo de la columna CA-01.

Esta condición se presenta cuando el rehervidor de fondos sale de operación por mantenimiento del mismo. Bajo estas circunstancias, no se considera necesario enviar el agua desflemada directamente a almacenamiento, ya que se considera que el tiempo necesario para bloquear el acceso de vapor del rehervidor y alimentar el vapor de agotamiento es mínimo y no afecta de manera sustancial la composición del agua desflemada.

Como resultado de operar con vapor vivo, el flujo de agua desflemada aumenta aproximadamente un 20% con respecto al flujo obtenido normalmente, lo cual se maneja con la Bomba de Agua Desflemada, BO-02.

Falla en el Pre calentador de Alimentación, IC-01.



A falla en el Precalentador de Alimentación, IC-01, se debe hacer un paro ordenado, para evitar que el agua desflemada se entregue fuera de especificación en L.B., al no alcanzar la temperatura requerida en la corriente de alimentación a la Columna Agotadora, CA-01 no se efectúa una adecuada remoción del H₂S y NH₃ del agua.

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL ANALÍTICO.

El agua desflemada debe ser analizada en línea para determinar el contenido de ácido sulfhídrico de forma continua, además se deben hacer tomas de muestra con regularidad para la determinación del contenido de amoníaco.

TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS					
Corriente	Parámetro a Determinar	Prueba Estándar	Concentración (ppm) peso ⁽¹⁾	Intervalo de Variación (ppm) peso	Frecuencia de Muestreo
Agua Amarga.	NH ₃	ASTM-D-1426-03	12,000	0-15,000	Una vez por turno
	H ₂ S	ASTM-D-4658-03	15,000	0-20,000	Una vez por turno
	Hidrocarburos	ASTM-D-7678-11	(250-1200) (Solubilidad de HC's en agua)	0-2,000	Una vez por turno
Agua Desflemada.	NH ₃	ASTM-D-1426-03	20 máx.	0-20	Una vez por turno
	H ₂ S	ASTM-D-4658-03	5 máx.	0-5	Una vez por turno
	Hidrocarburos	ASTM-D-3921-96	---	---	---
Gas ácido amoniacal.	NH ₃	UOP-539	46.34 % mol	20-50 % mol	Una vez por turno
	H ₂ S	ASTM-D-4084-07	29.00 % mol	20-40 % mol	Una vez por turno
	H ₂ O	ASTM-D-1142-95	24.67 % mol	20-40 % mol	Una vez por turno

⁽¹⁾ Concentración considerada para el diseño de la planta y representan límites máximos con respecto a los valores de operación normal de las plantas generadoras.



4.-DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

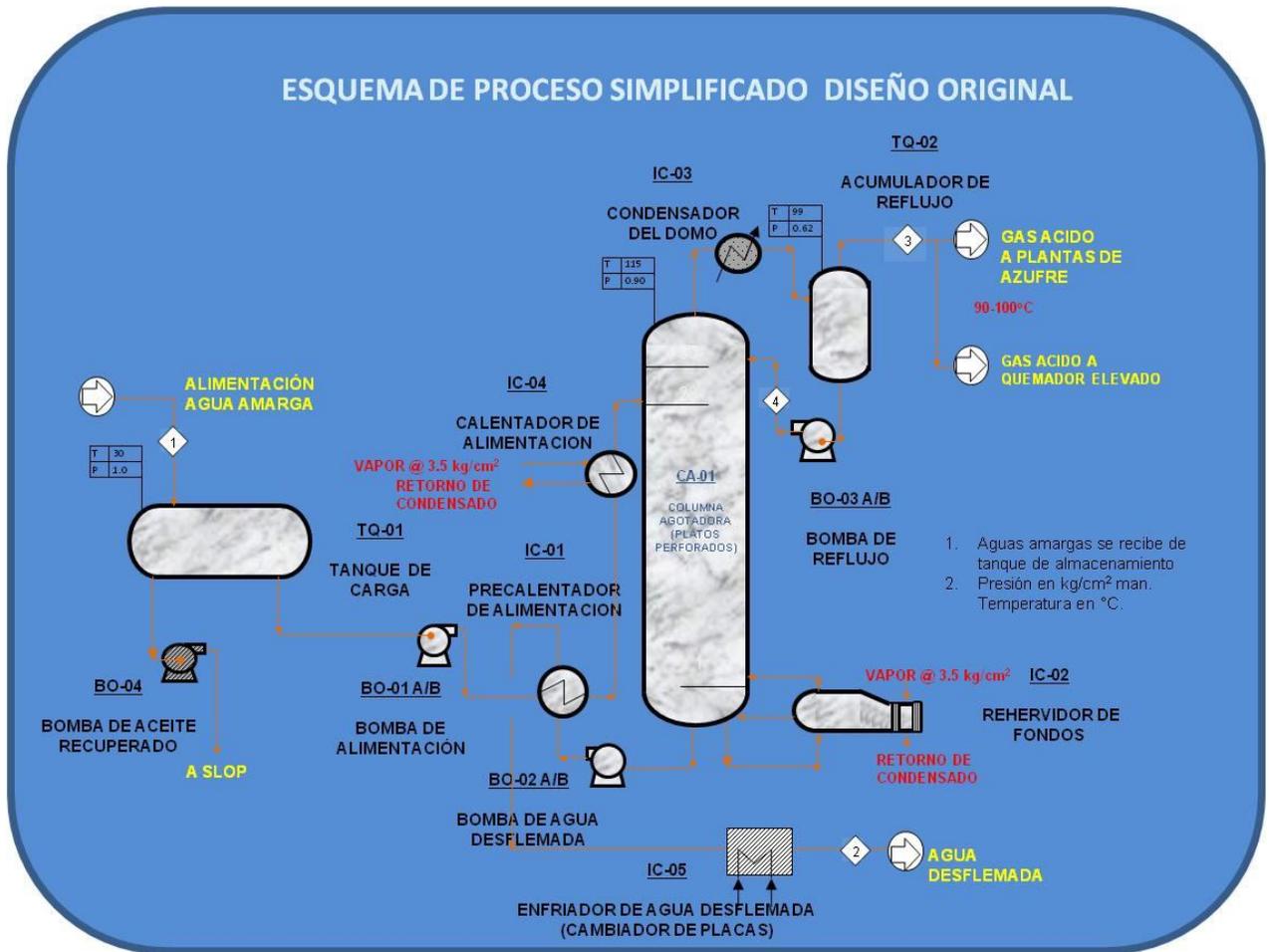


Figura A.3.2.- Diagrama de proceso simplificado

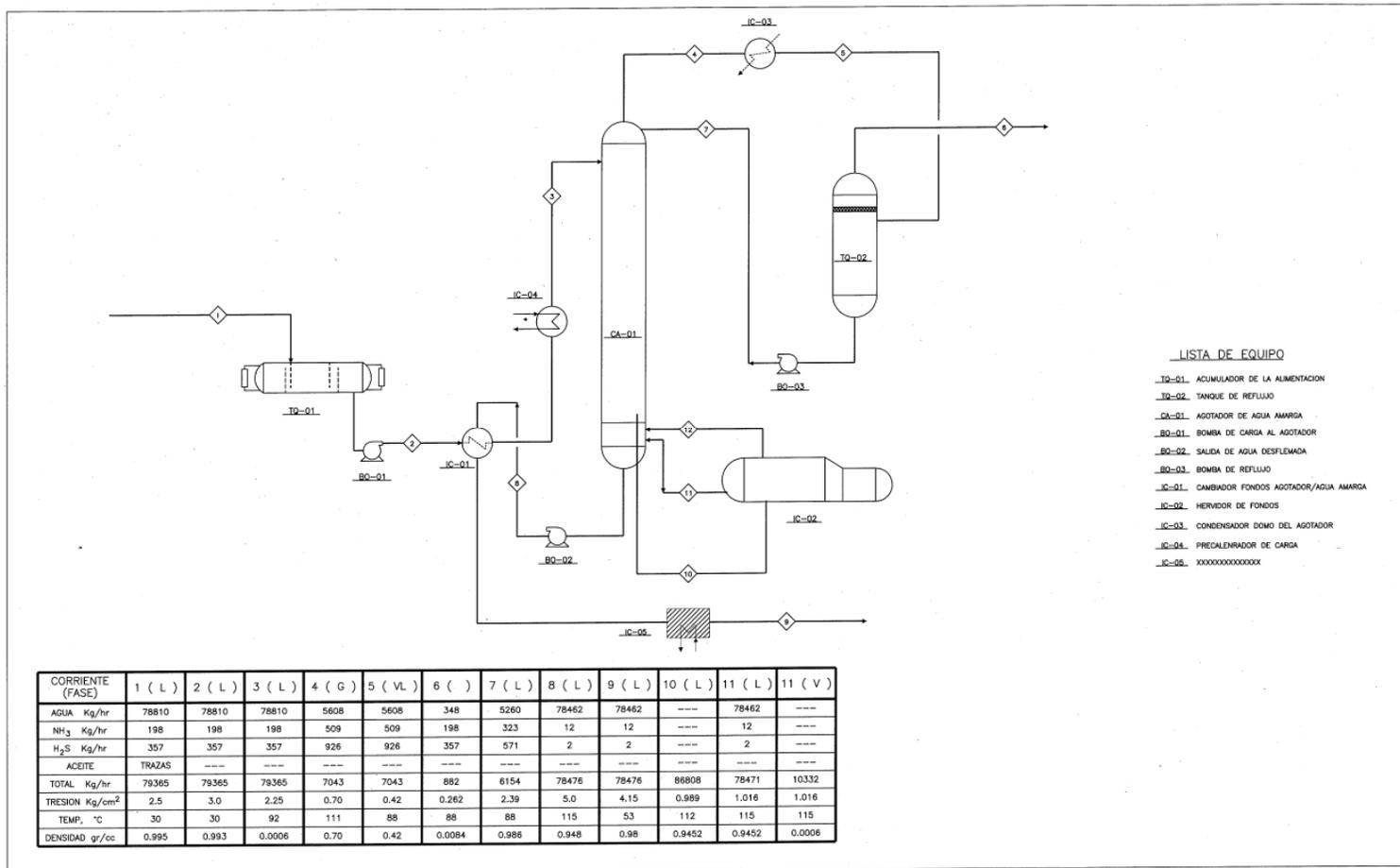


Figura A.3.3.- Diagrama de flujo de proceso simplificado, esquema original



5.- ESPECIFICACIONES

ESPECIFICACIÓN DE EFLUENTES

Desechos gaseosos del proceso.

Gas Acido Amoniacal.

Se producirá gas en dos puntos de la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas.

a) En el Tanque de Carga TQ-01:

En este equipo se efectúa la recepción de la carga, proveniente de las plantas generadoras de aguas amargas y se lleva a cabo la separación del agua, hidrocarburos y gas.

Eventualmente se tienen emisiones de gas, el cual contendrá agua, ácido sulfhídrico, amoníaco e hidrocarburos ligeros. Esta corriente se envía a Desfogue Acido.

b) En la Columna Agotadora CA-01:

De manera normal, se estará enviando a la planta de Azufre una corriente de gas ácido amoniacal de 2,650 Kg/h con un contenido de H_2S de 44.48 % en peso (1,179 Kg/h) y de NH_3 de 35.55% en peso (942 Kg/h), proveniente de los domos.

En caso de rechazo de la Planta de Azufre, debido a una eventualidad extrema, el flujo total de esta corriente se envía a desfogue ácido.

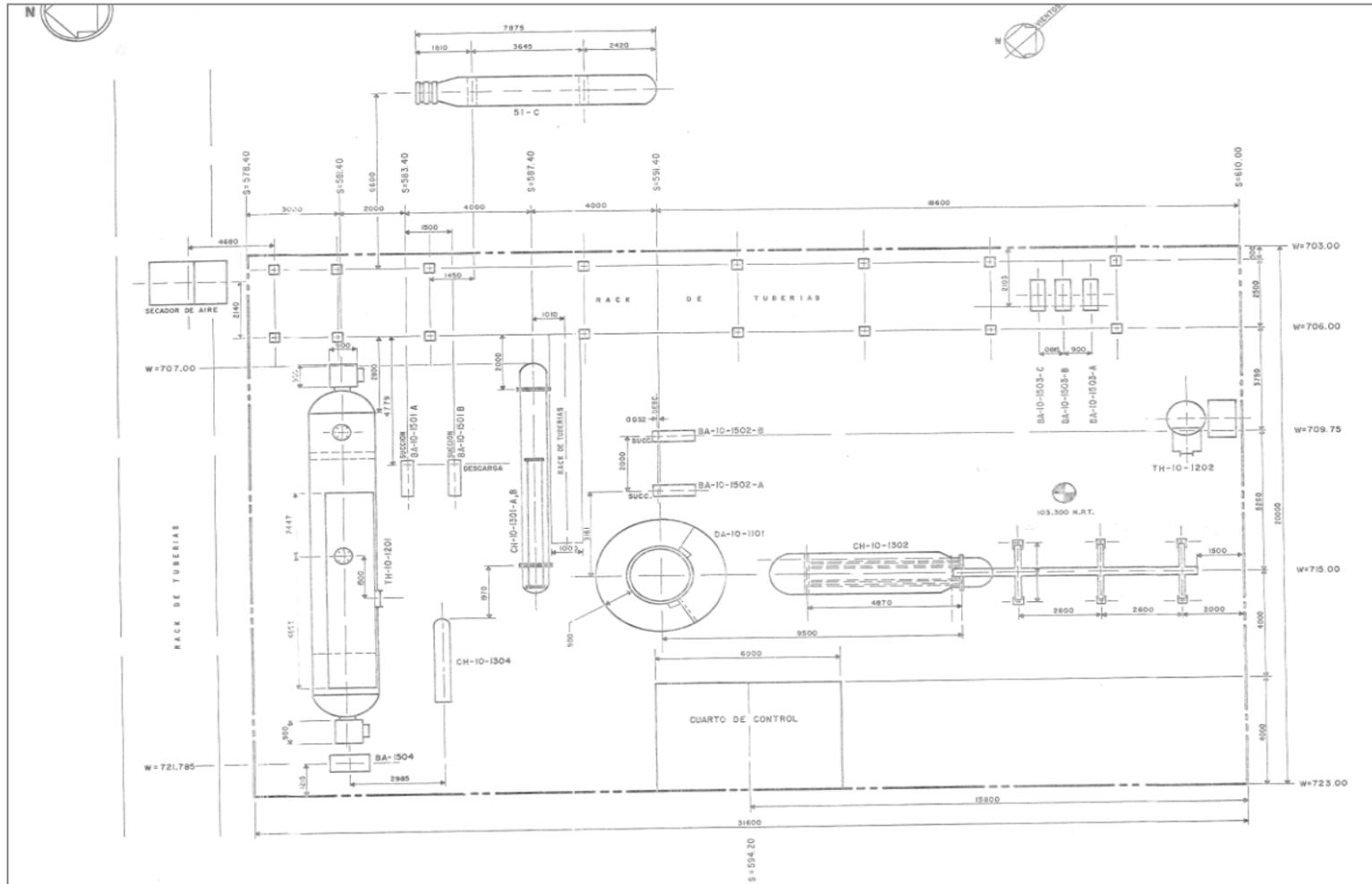
Desechos líquidos del proceso.

Hidrocarburos.

Eventualmente, se recuperan hidrocarburos de peso molecular variable los cuales se envían al Tanque de Hidrocarburo Recuperado y de ahí se bombea fuera de L.B.



6.- PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL





7.- HOJAS DE DATOS DE EQUIPOS DE PROCESO

HOJA DE DATOS DE CAMBIADORES DE CALOR TIPO TUBOS Y ENVOLVENTE									
EDICIÓN									
CLIENTE									
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS									
LOCALIZACIÓN					No. DE UNIDADES UNA				
CLAVE DE LA UNIDAD IC-01									
SERVICIO DE LA UNIDAD PRECALENTADOR DE ALIMENTACIÓN									
TAMAÑO (mm)		508 X 6096		TIPO AES		POSICION HORIZONTAL			
SUPERFICIE POR UNIDAD		(GR/EF) 130.1		(m²) ENV. POR UNIDAD DOS					
SUPERFICIE POR ENVOLVENTE		(GR/EF) 61.0		(m²) ARREG. DE ENVOLV. 2S-1P					
CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA UNA UNIDAD									
		LADO ENVOLVENTE				LADO TUBOS			
FLUIDO CIRCULADO		FONDOS DEL AGOTADOR				ALIMENTACIÓN A AGOTADOR			
FLUJO TOTAL		kg / h		78,476		78,365			
		ENTRADA		SALIDA		ENTRADA		SALIDA	
LIQUIDO		kg / h		78,476		78,476		78,365	
DENSIDAD		kg / m³							
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA		kcal / h m °C							
CALOR ESPECIFICO		kcal / kg °C							
VISCOSIDAD		cP							
PESO MOLECULAR		kg / kg-mol		18.02		18.02		18.02	
VAPOR		kg / h							
CALOR LATENTE		kcal / kg							
PESO MOLECULAR		kg / kg-mol							
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA		kcal / h m °C							
CALOR ESPECIFICO		kcal / kg °C							
VISCOSIDAD		cP							
DENSIDAD		kg / m³							
TEMPERATURA		°C		117.0		66.0		30.0	
PRESIÓN (atm 0.797 kg/cm² abs.)		kg / cm² man.		3.00		5.00			
Nº DE PASOS				UNO		DOS			
VELOCIDAD		m / s							
CAIDA DE PRESIÓN		kg / cm²		PERM. 0.70 CALC. 0.60		PERM. 8.50 CALC. 0.600			
RESISTENCIA DE ENSUCIAMIENTO		h m²C / kcal		0.00035		0.00035			
CALOR INTERCAMBIADO (10 ⁶ kcal / h)		3.997				DMLT CORREGIDA (°C) 32.8			
COEF. TOTAL DE TRANSF. DE CALOR (kcal / h m² °C)		LIMPIO 1,908.0				SERVICIO 936.4			
CONSTRUCCIÓN POR ENVOLVENTE									
PRESIÓN DE DISEÑO		kg / cm² man.		7.0		4.5			
PRESIÓN DE PRUEBA		kg / cm² man.		10.6		6.8			
TEMPERATURA DE DISEÑO		°C		135.0		105.0			
TUBOS SA-179		Nº 182		BWG(M IN/PROM) 14		D.E.(mm) 19.05		LONG.(mm) 6096 PASO (mm) 25.4	
ENVOLVENTE ACERO AL CARBÓN		DIAM. INT.(mm) 508		TUBO TIPO LISO		ARREG. TUBOS 90°			
TAPA ENVOLV.(INT) ACERO AL CARBÓN		TAPA CABEZAL FLOTANTE -							
CANAL ACERO AL CARBÓN		TAPA CANAL ACERO AL CARBÓN		PLACA DE CHOQUE ACERO AL CARBÓN					
ESPEJOS: FIJO ACERO AL CARBÓN		FLOTANTE ACERO AL CARBÓN		%CORTE DE MAMPARA					
MAMPARA/SOPORTE ACERO AL CARBÓN		Nº / ESPACIAMIENTO		(mm) TIPO					
MAMPARA LONG. -		FAJAS DE SELLO		TUBOS DE SELLO Nº/D.E. (mm)					
EMPAQUES NO ASBESTO RECUBIERTO DE ACERO SUAVE									
BOQUILLAS: ENVOLV..ENT. D.N. 150 (6")		INTERCONEXIÓN D.N. 150 (6")		(mm) SALIDA D.N. 150 (6")		CLASE 150 C.S.C.R.			
CANAL: ENT. D.N. 150 (6")		INTERCONEXIÓN D.N. 150 (6")		(mm) SALIDA D.N. 150 (6")		CLASE 150 C.S.C.R.			
CORR. PERM.:LADO ENVOLV. 3.2		LADO TUBOS 3.2		(mm) CÓDIGO ASME VIII DIV.1		TEMA CLASE R			
AISLANTE COLCHA DE LANA MINERAL (+)ESPESOR				(mm) SERVICIO CONSERVACIÓN DE ENERGÍA					
PESOS: VACIO		HAZ DE TUBOS		LLENO DE AGUA				(kg)	
NOTAS:				ESQUEMA					



HOJA DE DATOS DE CAMBIADORES DE CALOR TIPO TUBOS Y ENVOLVENTE

IDENTIFICACIÓN									
EDICIÓN									
CLIENTE									
PLANTA		TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS							
LOCALIZACIÓN						No. DE UNIDADES		UNA	
CLAVE DE LA UNIDAD		IC-02							
SERVICIO DE LA UNIDAD		REHERVIDOR DEL AGOTADOR							
TAMAÑO (mm)		685.8 / 1,117.6 x 6096		TIPO		AKT		POSICION	
SUPERFICIE POR UNIDAD (GR/EF)		101.17						(m²) ENV. POR UNIDAD	
SUPERFICIE POR ENVOLVENTE (GR/EF)		101.17						(m²) ARREG. DE ENVOLV. 1S-1P	
CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA UNA UNIDAD									
		LADO ENVOLVENTE				LADO TUBOS			
FLUIDO CIRCULADO		FONDOS DEL AGOTADOR				VAPOR DE BAJA PRESION			
FLUJO TOTAL		kg / h		93,549		15,802			
		ENTRADA		SALIDA		ENTRADA		SALIDA	
LIQUIDO		kg / h		93,549		78,359		15,802	
DENSIDAD		kg / m³		934.50		934.50		924.62	
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA		kcal / h m °C		0.5892		0.5893		0.5889	
CALOR ESPECIFICO		kcal / kg °C		1.02		1.02		1.0253	
VISCOSIDAD		cP		0.2076		0.2076		0.1940	
PESO MOLECULAR		kg / kg-mol		18.02		18.02		18.02	
VAPOR		kg / h		15,176		15,802			
CALOR LATENTE		kcal / kg				506.9			
PESO MOLECULAR		kg / kg-mol		18.00		18.02			
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA		kcal / h m °C		0.0233		0.0256			
CALOR ESPECIFICO		kcal / kg °C		0.460		0.5532			
VISCOSIDAD		cP		0.0137		0.0138			
DENSIDAD		kg / m³		1.50		2.0656			
TEMPERATURA		°C		117.0		117.0		143.0	
PRESIÓN (atm 0.797 kg/cm² abs.)		kg / cm² man.		0.99		0.99		3.50	
Nº DE PASOS				UNO				DOS	
VELOCIDAD		m / s							
CAIDA DE PRESIÓN		kg / cm²		PERM. 0.10 CALC.		PERM. 0.10 CALC.			
RESISTENCIA DE ENSUCIAMIENTO		h m²C / kcal		0.00035				0.0001	
CALOR INTERCAMBIADO (10 ⁹ kcal / h)		8.0100				DMLT CORREGIDA (°C)		24.7	
COEF. TOTAL DE TRANSF. DE CALOR (kcal / h m² °C)		LIMPIO				SERVICIO		3,205.40	
CONSTRUCCIÓN POR ENVOLVENTE									
PRESIÓN DE DISEÑO		kg / cm² man.		5.3				21.1	
PRESIÓN DE PRUEBA		kg / cm² man.		POR CÓDIGO		POR CÓDIGO		POR CÓDIGO	
TEMPERATURA DE DISEÑO		°C		271.1				271.1	
TUBOS 304L S.S.		Nº 208 U's		BWG(MIN/PROM) 14		D.E.(mm) 25.40		LONG.(mm) 6096 PASO(mm) 25.4	
ENVOLVENTE A.C.		DIA.M. INT.(mm) 685.8		TUBO TIPO LISO		ARREG. TUBOS 45°			
TAPA ENVOLV.(INT) A.C.		TAPA CABEZAL FLOTANTE -							
CANAL A.C.		TAPA CANAL A.C.		PLACA DE CHOQUE 304L S.S.					
ESPEJOS: FLUJO 304L S.S.		FLOTANTE -		%CORTE DE MAMPARA					
MAM PARAS/ SOPORTE 304L S.S.		Nº / ESPACIAMIENTO (mm) TIPO							
MAM PARA LONG. -		FAJAS DE SELLO		TUBOS DE SELLO Nº/D.E. (mm)					
EMPAQUES									
BOQUILLAS: ENVOLV..ENT. D.N. 50 (2")		INTERCONEXIÓN -		(mm) SALIDA D.N. 400 (8")		CLASE 150 C.S.C.R.			
CANAL: ENT. D.N. 100 (4")		INTERCONEXIÓN -		(mm) SALIDA D.N. 38 (1-1/4")		CLASE 150 C.S.C.R.			
CORR. PERM. LADO ENVOLV. 3.2		LADO TUBOS 3.2		(mm) CÓDIGO ASME VIII DIV.1		TEMA CLASE R			
AISLANTE COLCHA DE LANA MINERAL (+) ESPESOR		(mm) SERVICIO CONSERVACIÓN DE ENERGÍA							
PESOS: VACIO		HAZ DE TUBOS		LLENO DE AGUA				(kg)	
NOTAS:				ESQUEMA					



HOJA DE DATOS DE CAMBIADORES DE CALOR TIPO TUBOS Y ENVOLVENTE

IDENTIFICACIÓN					
EDICIÓN					
CLIENTE					
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS					
LOCALIZACIÓN				No. DE UNIDADES	UNA
CLAVE DE LA UNIDAD IC-03					
SERVICIO DE LA UNIDAD CONDENSADOR DE DOMOS					
TAMAÑO (mm)	TIPO		AES	POSICION	HORIZONTAL
SUPERFICIE POR UNIDAD (GR/EF)	/		(m²) ENV. POR UNIDAD	UNA	
SUPERFICIE POR ENVOLVENTE (GR/EF)	/		(m²) ARREG. DE ENVOLV.	1S-1P	
CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA UNA UNIDAD (1)					
	LADO ENVOLVENTE			LADO TUBOS	
FLUIDO CIRCULADO	DOMO DEL AGOTADOR			AGUA DE ENFRIAMIENTO	
FLUJO TOTAL	kg / h	11,377		380,667	
		ENTRADA	SAIDA	ENTRADA	SAIDA
LIQUIDO	kg / h		11,377	380,667	380,667
DENSIDAD	kg / m³				
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	kcal / h.m.°C				
CALOR ESPECIFICO	kcal / kg.°C				
VISCOSIDAD	cp				
PESO MOLECULAR	kg / kg-mol			18.12	18.12
VAPOR	kg / h	11,377			
CALOR LATENTE	kcal / kg				
PESO MOLECULAR	kg / kg-mol				
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	kcal / h.m.°C				
CALOR ESPECIFICO	kcal / kg.°C				
VISCOSIDAD	cP				
DENSIDAD	Kg / m³				
TEMPERATURA	°C	109.0	88.0	27.0	42.0
PRESIÓN (atm 0.797 kg/cm² abs.)	kg / cm² man.	0.42		3.50	
Nº DE PASOS		UNO			
VELOCIDAD	m / s				
CAIDA DE PRESIÓN	kg / cm²	PERM. 0.10	CALC.	PERM. 0.70	CALC.
RESISTENCIA DE ENSUCIAMIENTO	h m²°C / kcal	0.0003		0.0006	
CALOR INTERCAMBIADO (10 ⁶ kcal / h)		5.710		DMLT CORREGIDA (°C)	
COEF. TOTAL DE TRANSF. DE CALOR (kcal / h.m².°C)	LIMPIO	SERVICIO			
CONSTRUCCIÓN POR ENVOLVENTE					
PRESIÓN DE DISEÑO	kg / cm² man.	POR CÓDIGO		POR CÓDIGO	
PRESIÓN DE PRUEBA	kg / cm² man.				
TEMPERATURA DE DISEÑO	°C				
TUBOS	Nº	BWG(MIN/PROM)	D.E.(mm)	LONG. (mm)	PASO (mm)
ENVOLVENTE		DIAM. INT. (mm)	TUBO TIPO	ARREG. TUBOS	
TAPA ENVOLV. (INT/REM)		TAPA CABEZAL FLOTANTE			
CANAL		TAPA CANAL		PLACA DE CHOQUE	-----
ESPEJOS FIJO		FLOTANTE			
MAMPARAS/SOPORTE		Nº / ESPACIAMIENTO	(mm) TIPO	%CORTE DE MAMPARA	
MAMPARA LONG.		FAJAS DE SELLO	TUBOS DE SELLO Nº/D.E. (mm)		
EMPAQUES					
BOQUILLAS: ENVOLV. ENT.		INTERCONEXIÓN	(mm) SALIDA	CLASE 150 C.S.C.R.	
CANAL: ENT.		INTERCONEXIÓN	(mm) SALIDA	CLASE 150 C.S.C.R.	
CORR. PERM.: LADO ENVOLV.	3.2	LADO TUBOS	3.2	(mm) CÓDIGO	ASME VIII DIV.1 TEMA CLASE "R"
AISLANTE	COLCHA DE LANA MINERAL (ESPESOR		(mm) SERVICIO	PROTECCIÓN AL PERSONAL	
PESOS: VACIO	HAZ DE TUBOS		LLENO DE AGUA		(kg)
NOTAS:	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%; height: 100%;"></div> <div style="width: 55%;"> <p style="text-align: center;">ESQUEMA</p> </div> </div>				

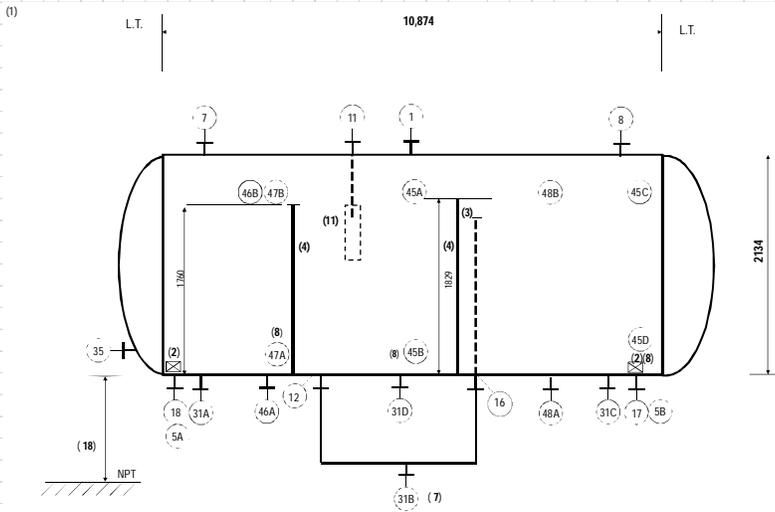


HOJA DE DATOS DE CAMBIADORES DE CALOR TIPO TUBOS Y ENVOLVENTE

EDICIÓN					
CLIENTE					
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS					
LOCALIZACIÓN				No. DE UNIDADES UNA	
CLAVE DE LA UNIDAD IC-04					
SERVICIO DE LA UNIDAD CALENTADOR DE ALIMENTACIÓN					
TAMAÑO (mm) 1301.8		TIPO		POSICION HORIZONTAL	
SUPERFICIE POR UNIDAD (GR/EF)			(m²) ENV. POR UNIDAD UNA		
SUPERFICIE POR ENVOLVENTE (GR/EF)			(m²) ARREG. DE ENVOLV. 1S-1P		
CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA UNA UNIDAD (1)					
FLUIDO CIRCULADO		LADO ENVOLVENTE		LADO TUBOS	
FLUJO TOTAL		VAPOR DE BAJA PRESION		ALIMENTACIÓN	
kg / h		2,249		78,365	
		ENTRADA		ENTRADA	
		2,249		78,365	
LIQUIDO		kg / h		kg / h	
DENSIDAD		kg / m³		kg / m³	
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA		kcal / h m °C		kcal / h m °C	
CALOR ESPECIFICO		kcal / kg °C		kcal / kg °C	
VISCOSIDAD		cP		cP	
PESO MOLECULAR		kg / kg-mol		kg / kg-mol	
VAPOR		kg / h		kg / h	
CALOR LATENTE		kcal / kg		kcal / kg	
PESO MOLECULAR		kg / kg-mol		kg / kg-mol	
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA		kcal / h m °C		kcal / h m °C	
CALOR ESPECIFICO		kcal / kg °C		kcal / kg °C	
VISCOSIDAD		cP		cP	
DENSIDAD		kg / m³		kg / m³	
TEMPERATURA		°C		°C	
PRESIÓN (atm 0.797 kg/cm² abs.)		kg / cm² man.		kg / cm² man.	
		3.50		2.00	
Nº DE PASOS		UNO		DOS	
VELOCIDAD		m / s		m / s	
CAIDA DE PRESIÓN		kg / cm²		kg / cm²	
		PERM. 0.10 CALC.		PERM. 0.70 CALC.	
RESISTENCIA DE ENSUCIAMIENTO		h m²C / kcal		h m²C / kcal	
CALOR INTERCAMBIADO (10° kcal / h)		1,140		DMLT CORREGIDA (°C)	
COEF. TOTAL DE TRANSF. DE CALOR (kcal / h m² °C)		LIMPIO		SERVICIO	
CONSTRUCCIÓN POR ENVOLVENTE					
PRESIÓN DE DISEÑO		kg / cm² man.		kg / cm² man.	
PRESIÓN DE PRUEBA		kg / cm² man.		kg / cm² man.	
TEMPERATURA DE DISEÑO		°C		°C	
TUBOS SA-179 Nº		BWG(MIN/PROM)		D.E.(mm) LONG.(mm) PASO (mm)	
ENVOLVENTE ACERO AL CARBÓN		DIAM. INT. (mm) 1301		TUBO TIPO LISO ARREG. TUBOS	
TAPA ENVOLV.(INT) ACERO AL CARBÓN		TAPA CABEZAL FLOTANTE			
CANAL ACERO AL CARBÓN		TAPA CANAL ACERO AL CARBÓN		PLACA DE CHOQUE ACERO AL CARBÓN	
ESPEJOS: FIJO ACERO AL CARBÓN		FLOTANTE ACERO AL CARBÓN		%CORTE DE MAM PARA	
MAMPARAS/SOPORTE ACERO AL CARBÓN		Nº / ESPACIAMIENTO		(mm) TIPO	
MAMPARA LONG. -		FAJAS DE SELLO		TUBOS DE SELLO Nº/D.E. (mm)	
EMPAQUES					
BOQUILLAS: ENVOLV.: ENT.		INTERCONEXIÓN		(mm) SALIDA CLASE 150 C.S.C.R.	
CANAL: ENT.		INTERCONEXIÓN		(mm) SALIDA CLASE 150 C.S.C.R.	
CORR. PERM.: LADO ENVOLV. 3.2		LADO TUBOS 3.2		(mm) CÓDIGO ASME VIII DIV.1 TEMA CLASE R	
AISLANTE COLCHA DE LANA MINERAL		ESPESOR		(mm) SERVICIO CONSERVACIÓN DE ENERGÍA	
PESOS: VACIO		HAZ DE TUBOS		LLENO DE AGUA (kg)	
NOTAS:		ESQUEMA			



				HOJA DE DATOS DE PROCESO PARA RECIPIENTES							
CLIENTE:				PROYECTO:							
PLANTA: TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS				HOJA: 1 DE: 1							
LOCALIZACIÓN:											
CLAVE DEL EQUIPO: TQ-01											
SERVICIO: TANQUE DE CARGA (EQUIPO EXISTENTE)(13).				No. DE UNIDADES: UNA							
				POSICIÓN: HORIZONTAL							
Tipo de Fluido:	Líquido:	AGUA AMARGA	Flujo:	80.7	m ³ /h	Densidad:	973.6	kg/m ³			
	Vapor o Gas:		Flujo:	---	m ³ /s	Densidad:	---	kg/m ³			
Temperatura:	Operación:	45	°C	Máxima:	50	°C	Diseño:	65 (12)	°C		
	Operación:	0.5	kg/cm ² man	Máxima:	1.0	kg/cm ² man	Diseño:	3.0 + Vacío Total(12)			
Dimensiones:	Longitud:	10.874	mm	Diámetro:	2.134	mm	Cap. Total:	39.0		m ³ (T-T)	
	Nivel:HC/AGUA	Normal:	---/1020	mm	Máximo:	1500/1600	mm	Mínimo:	152 / 152		mm
Alarmas: HC/AGUA	Alto Nivel:	Ver esquema	mm	Bajo Nivel:	Ver esquema	mm	Nivel de Paro:	---		mm	
Materiales:	Cascarón:	A-285-C	Cabezas:	A-285-C	Malla Separadora:		Espesor:	---		mm	
Tipo Circular:	Diámetro:	---	mm	Tipo Rectangular:	Longitud:	---	mm	Ancho:	---		mm
Corrosión Perm.:	Cascarón:	(15)	mm	Cabezas:	(14)(15)	mm	Aislamiento:	NO		Recub. Externo:	SI (5)
Relevado de Esfuerzos	SI (16)		Estampado ASME:	(17)							
BOQUILLAS						NOTAS:					
No.	Cant.	D.N.	Servicio			1) Acolaciones en mm. 2) Rompedor de vórtices nuevo. 3) Se adiciona conexión de vaso comunicante entre compartimiento 2 y 3, la cual se proyecta hasta la altura de nivel máximo terminando en su extremo final con un codo radio corto de 90° que apunta hacia mampara de sobreflujo de agua amarga. Para evitar erosión se debe soldar una placa de choque. 4) Las mamparas de sobreflujos existentes se utilizan en la remodelación como se indica: la mampara de aceite (cercana a cabeza izquierda) se modifica como se indica en esquema, la mampara de aceite-agua se elimina y la mampara de agua amarga no se modifica. 5) Limpieza y protección anticorrosiva de acuerdo a la NRF-053-PEMEX-2006. 6) Debe hacerse limpieza con vapor de baja presión con las siguientes condiciones: Temperatura de 148 °C y presión de 3.5 kg/cm ² man. 7) La Boquilla 31B nueva se ubica en el punto más bajo de la línea del vaso comunicante. 8) Las boquillas inferiores nuevas para instrumentos de nivel: 45A, C y 46A y transmisores de nivel: 47A y 48 B, deben ser ubicadas a 6 pulgadas arriba del fondo del tanque. Las boquillas existentes de instrumentación de nivel J y K deben ser clausuradas con brida ciega. 9) Boquillas para manejo de la fase hidrocarburo. 10) Boquillas para manejo de fase acuosa. 11) La boquilla y el tubo de alimentación deben modificarse por una nueva boquilla y un distribuidor, como se indica en hoja 2 de 2. 12) Condiciones de diseño requeridas en la remodelación del equipo. 13) El equipo será modificado de acuerdo a lo indicado en esta hoja de datos. 14) Cabezas semielípticas. Relación 2:1 15) Equipo existente, el contratista IPC debe confirmar su vida útil remanente. 16) Procedimiento requerido por las modificaciones de remodelación. 17) El equipo modificado debe ser registrado y certificado con "National Board Inspection Code" (NBIC). 18) Altura existente.					
1	1	508 (20")	Registro de hombre.								
5AB	2	254 (10")	Registro de mano.								
7	1	51 (2")	Salida de Gases Amargos.								
8	1	76 (3")	Ventleo.								
11	1	406 (16")	Entrada de Agua Amarga de L.B. (Boquilla nueva) (11)								
12	1	203 (8")	Salida a vaso comunicante de Agua Amarga (Boquilla nueva)								
16	1	203 (8")	Entrada de vaso comunicante de Agua Amarga (Boquilla nueva)								
17	1	203 (8")	Salida de Agua Amarga a BA-10-1506 A/B.								
18	1	51 (2")	Salida de Hidrocarburos a FA-001.								
31AC	3	76 (3")	Drene (Boquillas nuevas) (7)								
31D	1	51 (2")	Drene								
35	1	51 (2")	Conexión de Servicio (6).								
45AD	4	51 (2")	Instrumentos de Nivel (Boquillas nuevas) (8)(10)								
46AB	2	51 (2")	Instrumentos de Nivel (Boquillas nuevas) (8)(9)								
47AB	2	51 (2")	Transmisor de Nivel (boquillas nuevas) (8)(9)								
48AB	2	51 (2")	Transmisor de Nivel (boquillas nuevas) (8)(10)								



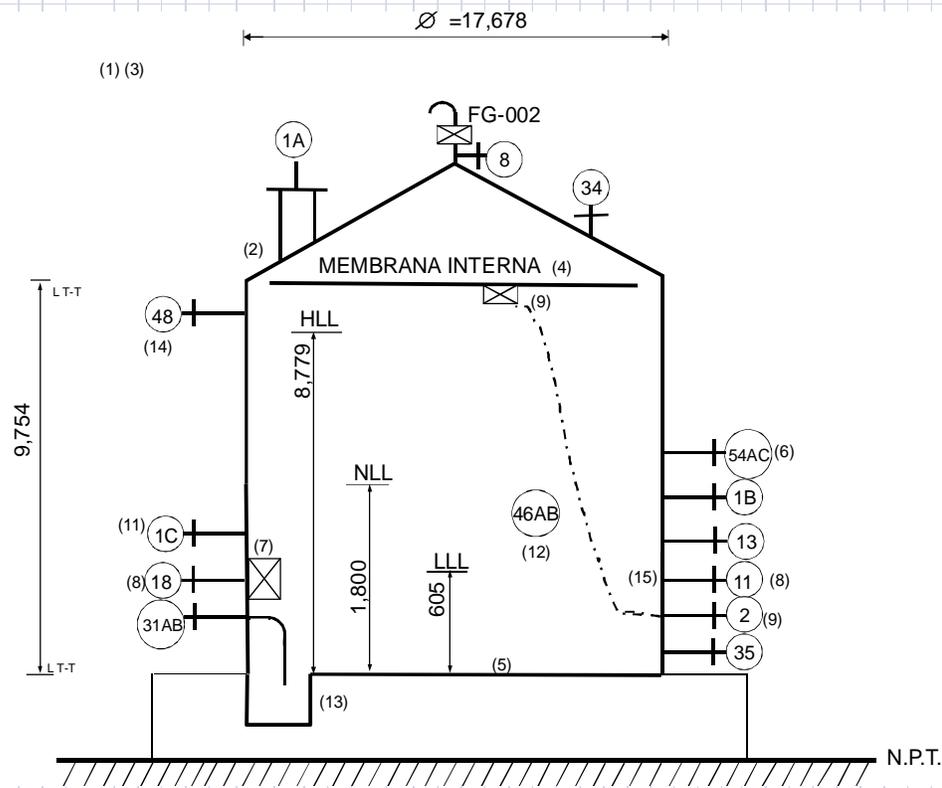
Revisión					
Fecha					
Elaborado por					
Aprobado por					



						HOJA DE DATOS DE PROCESO PARA RECIPIENTES	
CLIENTE:						PROYECTO:	
PLANTA: TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS						HOJA 1 DE 2	
LOCALIZACIÓN:						IDENT:	
CLAVE DEL EQUIPO: TQ-02						IDENT:	
SERVICIO: TANQUE DE AGUA AMARGA						No. DE UNIDADES: UNA	
						POSICIÓN VERTICAL (2)	
Tipo de Fluido:		Líquido: AGUA AMARGA	Flujo: 78,537 Kg/h	Densidad: 977.10 Kg/m ³			
		Vapor o Gas: -----	Flujo: ----- m ³ /s	Densidad: ----- g/cm ³			
Temperatura:		Operación: 38 °C	Máxima: 50 °C	Diseño: (13) 65 °C			
Presión:		Operación: ATM kg/cm ² man	Máxima: AMT kg/cm ² man	Diseño: ATM (3) kg/cm ² man			
Dimensiones:		Altura: 9,754 mm	Diámetro: 17,678 mm	Cap. Total: 2,385 m ³ (T-T)			
Nivel:		Normal: 1800 mm	Máximo: 8,779 mm	Mínimo: --- mm			
Alarmas:		Alto Nivel: 7,550 mm	Bajo Nivel: 1,200 mm	Nivel de Paro: 605 mm			
Materiales:		Cascarón: AC (A-285 C)	Techo fijo y fondo: AC (A-285 C)	Espesor: ----- mm	Material: -----		
Tipo Circular:		Diámetro: ----- mm	Malla separadora:	Espesor: ----- mm	Material: -----		
Corrosión Perm.:		Cascarón: 6.4 mm	Techo fijo y fondo: 6.4 mm	Aislamiento: NO	Recub. Int.: -----		
BOQUILLAS				NOTAS			
No.	Cant.	D.N.	Servicio	1) Acolaciones en mm			
1AB	2	610 (24")	Registro de hombre	2) Techo fijo tipo conico.			
1C	1	(11)	Puerta de Limpieza				
2	1	51 (2")	Extracción de Hidrocarburos				
8	1	203 (8")	Venteo (Cuello de ganso con filtro de carbón activado)				
11	1	152 (6")	Alimentación de Agua Amarga				
13	1	102 (4")	Recirculación				
18	1	152 (6")	Salida de Agua Amarga				
31AB	2	102 (4")	Drene				
34	1	76 (3")	Valvula presión-vacio (10)				
35	1	51 (2")	Conexión de Servicio				
46 AB	2	76 (3")	Instrumentos de nivel				
48	1	76 (3")	Protección por Sobreflujo (14)				
54ABC	3	38 (1 1/2")	Toma de Muestra (6)				
VER HOJA 2 DE 2							
Revisión							
Fecha							
Elaborado por							
Aprobado por							
Jefe de Proyecto							
Rev. Dis. Mecánico							



		HOJA DE DATOS DE PROCESO PARA RECIPIENTES	
CLIENTE:		PROYECTO:	
PLANTA:	TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS	HOJA:	2 DE 2
LOCALIZACIÓN:		IDENT:	
CLAVE DEL EQUIPO:	TQ-02	IDENT:	
SERVICIO:	TANQUE DE AGUA AMARGA	No. DE UNIDADES:	UNA
		POSICIÓN:	VERTICAL (2)



Revisión					
Fecha					
Elaborado por					
Aprobado por					
Jefe de Proyecto					
Rev. Dis. Mecánico					



8.- BASES DE DISEÑO

CAPACIDAD Y FLEXIBILIDAD

Factor de Servicio

Se considera que la planta operará durante 350 días al año, equivalente a un factor de servicio de 0.96.

Capacidad.

El diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas considera manejar las siguientes capacidades:

Sobrediseño, BPSD (1)	10%
Capacidad nominal, BPSD	12,000
Capacidad mínima, BPSD (2)	7,200

El diseño de planta considerará los sistemas de proceso y tratamiento para tratar las corrientes y evitar contaminaciones al medio ambiente.

Flexibilidad

La planta se diseñara para tener una flexibilidad de operar este en un rango entre el 60 y 110% de su capacidad nominal, con una pureza constante del producto a condiciones normales de operación.

Se tendrá la flexibilidad para utilizar vapor saturado de baja en caso de que el rehervidor se encuentre fuera de operación.

Tipo de carga

La Planta de Tratamiento de Aguas Amargas considera que se recibirán las corrientes provenientes de las plantas hidrosulfuradoras de la Refinería.

Falla de Servicios Auxiliares

La planta no podrá seguir operando a falla de los siguientes servicios, en el diseño se consideraran las acciones necesarias para efectuar un paro seguro y ordenado de la planta:

- Falla de energía eléctrica.
- Falla de vapor.
- Falla de aire de instrumentos.
- Falla de agua de enfriamiento.



ESPECIFICACIÓN DE LAS CORRIENTES DE ALIMENTACIÓN

La alimentación a la planta de tratamiento tendrá las siguientes características:

Composición	Especificación
Impurezas	Valor en la mezcla (ppm en peso)
Ácido Sulfurhídrico (H ₂ S), (mg/l)	15,000
Amoniaco (NH ₃), (mg/l)	12,000

ESPECIFICACIONES DE PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS

Producto: Agua Desfleada.

	Especificación
Flujo, BPSD	11,471
Contenido de H ₂ S, ppm peso	5 máx.
Contenido de NH ₃ , ppm peso	20 máx.

Subproducto: Gas Ácido

La Planta de Tratamiento de Aguas Amargas, produce una corriente de gas ácido, como subproducto en dos puntos del proceso:

- El gas amargo obtenido en el tanque separador trifásico existente, es enviado a desfogue ácido, esto es para evitar posibles daños en el catalizador de la Planta de Azufre por el posible contenido de hidrocarburos.
- El gas ácido proveniente del Agotador de Agua Amarga, el cual es rico en ácido sulfhídrico y amoniaco, es enviado a L.B. por líneas independientes, para su integración a planta de azufre a través del cabezal de gas ácido o -en caso de falla de la planta de azufre- a quemador elevado.

Subproducto	Especificación
H ₂ O, % mol	25 máx.
Hidrocarburos, % mol	0.0

CONDICIONES DE LAS ALIMENTACIONES EN LÍMITES DE BATERÍA.



Las corrientes de alimentación se reciben en estado líquido a través de tuberías provenientes de las diferentes plantas hidrosulfuradoras a condiciones típicas de presión y temperatura.

CONDICIONES DE PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS EN LÍMITES DE BATERÍA.

Producto: Agua Desflemada

El principal subproducto es el agua desflemada, la cual se envía a límites de batería para ser enviada a su vez a las plantas de destilación combinada en estado líquido a las condiciones de presión y temperatura requeridas; por otro lado también se envía una corriente a las lagunas de oxidación.

Subproductos: Gas ácido amoniacal

El gas ácido amoniacal se envía a la planta de recuperación de azufre a una presión de 0.8 kg/cm² man y una temperatura de 88°C.

SERVICIOS AUXILIARES.

Se considera que todos los servicios principales en límites de batería serán proporcionados por la Refinería.

Vapor

Las condiciones de las diferentes calidades de vapor en límite de batería de la planta son las siguientes:

Vapor de baja presión.

Tipo	Mín.	Nor.	Máx.
Vapor de baja presión			
Presión, kg/cm ² man.	3.3	3.5	3.6
Temperatura, °C	140	148	180
Calidad	Saturado/ Sobrecalentado		
Disponibilidad	La requerida		

Condensado.

El condensado generado en la planta será recuperado en los sistemas existentes y enviado a límites de batería para su tratamiento correspondiente de acuerdo a las condiciones siguientes:



Condensado de baja presión	Limpio	Aceitoso
Presión, kg/cm ² man.	3.5	5.0
Temperatura, °C	50	85-95

Agua.

Agua de Enfriamiento.

El agua de enfriamiento será suministrada de la Torre de Enfriamiento correspondiente.

Condiciones de suministro dentro de L.B.				
	Mín.	Nor.	Máx.	Dis. Mec.
Presión, kg/cm ² man.	4.0	4.0	4.9	9.0
Temperatura, °C	26	27	28	55
Disponibilidad				Limitada
Condiciones de retorno dentro de L.B.				
	Mín.	Nor.	Máx.	Dis. Mec.
Presión, kg/cm ² man	1.0	1.8	2.5	9.0
Temperatura, °C	36	37	38	55

Agua contra incendio.

Condiciones dentro de L.B.		
	Normal	Diseño mec.
Presión, kg/cm ² man.	7.0	12.0
Temperatura, °C	Ambiente	55
Disponibilidad	La requerida	



Aire.

Aire de instrumentos.

El aire se suministrará desde los servicios principales bajo las siguientes condiciones:

Condiciones en el cabezal de distribución		
	Normal	Diseño Mec.
Presión, kg/cm ² man.	4.5	10.0
Temperatura, °C	Ambiente, 40, máx.	75
Temperatura de rocío, °C	Mín /nor /máx. -32 / -20 / -10	
Impurezas (aceite, etc.)	Ninguna	
Humedad	Seco	
Disponibilidad	La requerida.	

Aire de planta.

El aire de planta es abastecido a partir del sistema de compresores de aire de instrumentos. Se debe instalar un circuito de aire de planta (servicios) con tomas lo más cercano a los cambiadores, registros hombre de torres, para uso de mantenimiento.

Aire para Respiración.

Se especificará la instalación de un sistema de tomas de aire para respiración de acuerdo con lo establecido en las normas correspondientes, estas tomas deben estar cercanas a los equipos y áreas que por la naturaleza de los productos que manejan requieran el uso de equipo de aire para respiración en caso de mantenimiento o contingencia. Las estaciones de servicio deben contar con las mangueras y mascarillas requeridas de acuerdo con el análisis de riesgo y a las normas vigentes.

El suministro de aire para respiración se tomará del cabezal de salida del compresor de aire de instrumentos; este cabezal de aire de respiración se especificará que debe ser fabricado de tubería de acero inoxidable, incluir los dispositivos necesarios para adecuar el aire a la calidad requerida.

El número y ubicación exacta de las estaciones de Respiración deben ser definidas con base en lo establecido las normas correspondientes, asimismo, se especificará detalladamente las



características que deben tener las estaciones de respiración de conexión rápida, las mangueras, mascarillas y sus gabinetes correspondientes.

Gas de servicio.

Gas Combustible.

Para esta planta el gas combustible se tendrá disponible para los servicios que se estime necesarios. El gas combustible tendrá las siguientes características:

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN Ó VALOR TÍPICO	
Poder calorífico inferior (BTU/SCF)	918	
Gravedad específica (referida al aire)	0.586	
Peso molecular	16.92	
Composición	% mol	
Hidrógeno	41.23	
Metano	31.51	
Etano	12.22	
Etileno	0.66	
Ácido sulfhídrico	0.05	
Propileno	0.33	
Propano	6.40	
i-Butano	2.83	
Butano y pesados	2.35	
Inertes	2.42	
Total	100.00	
Condiciones en límite de batería.		
	Normal	Diseño Mecánico
Presión (kg/cm ² man.)	4.4	12.0
Temperatura (°C)	25	70

Energía Eléctrica.

La energía eléctrica se suministra desde una subestación.

Desfogues.

Los desfogues de la planta se deben integrar a los desfogues existentes, siempre y cuando sean adecuados, en caso contrario, diseñar la modificación.

Se considerarán las causas del desfogue de acuerdo a lo indicado en el API (fuego, falla de agua de enfriamiento, falla de energía eléctrica, etc.).



Para los equipos críticos, para el diseño de las PSV's se considerará el caso más crítico y además deberán ser redundantes, con bloqueos en entrada y salida para facilitar su mantenimiento y con candado mecánico para asegurar que en operación permanezcan siempre alineadas. Este requisito aplica para las nuevas PSV's que se instalen. Las válvulas de seguridad deberán ser suministradas con estampado ASME.

El diseño debe incluir los diferentes tipos de desfogue requeridos y los tanques separadores de desfogue necesarios.

Sistema de Drenajes (ISBL).

Se considerará la capacidad de los drenajes en esta unidad de proceso, para evitar obstruir las salidas de los mismos u ocasionar cuello de botella en estos sistemas con las modificaciones que se realicen en la planta.

La planta contará con sistemas de drenajes cerrados y abiertos, se tendrán los tipos siguientes:

Industrial o químico.

Se revisará el sistema de drenaje químico, tipo cerrado, para confinar las purgas de los recipientes y equipos que manejen químicos.

El material para los drenajes químicos será seleccionado en función de las características específicas de dichos efluentes; una vez propuestos los materiales de construcción de los drenajes.

Limpio:

Condensado proveniente de trampas de vapor. Se debe considerar instalaciones nuevas.

Aceitoso:

Manejará la mezcla de hidrocarburos y agua que se colecta en el área de proceso que incluye las purgas de las bombas y equipo en general.

Sanitario:

Se colectará en una fosa séptica dentro de L.B., para después integrarse con la red de drenaje pluvial de la refinería. Será totalmente independiente de otros sistemas.

Pluvial.

La elevación de éstos será fijada de acuerdo a la normatividad y a los niveles existentes.

En las tomas de muestra se deben instalar sistemas de muestreo cerrado para evitar derrames al drenaje, también deben tenerse los sistemas requeridos para el vaciado de equipos en paros y/o arranques de la unidad, es decir, los equipos de confinamiento de materiales y circuitos cerrados necesarios.



ESPECIFICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE EFLUENTES.

Se incluirá en el diseño todos los sistemas de proceso y tratamiento para tratar las corrientes y evitar contaminaciones al medio ambiente, si resultan necesarios.

Líquidos.

Todas las corrientes de desecho generadas en la planta se enviarán a la planta de tratamiento existente diseñada específicamente para eliminar contaminantes de los efluentes, con objeto de cumplir con las normas ecológicas vigentes y maximizar la reutilización de agua.

Gaseosos.

Las emisiones al aire, en particular, las de H₂S y Compuestos Orgánicos Volátiles, deberán cumplir con las normas correspondientes

El venteo para gases peligrosos más ligeros o más pesados que el aire se descargara al desfogue adecuado, ácido o de alta o baja presión.

No se permite la emisión de gases tóxicos, explosivos o corrosivos a la atmósfera, por lo que deben enviarse para ser quemados al cabezal de desfogue ácido o a los desfogues de alta o baja presión, según sea el caso, o de ser factible recuperarse para su reproceso.

Regulación aplicable.

En el diseño de las instalaciones se considerará el cumplimiento de la regulación aplicable, además se implementará las mejores prácticas internacionales para prevenir y minimizar la contaminación ambiental.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE SEGURIDAD.

Los trabajos relacionados con los sistemas de seguridad y protección contra incendio de la planta cumplen con los siguientes criterios:

Estudio de Análisis de Peligros y Operabilidad (Hazard Analysis and Operability Study).

Se llevará a cabo un análisis de peligros y operabilidad de todas las secciones de la planta al finalizar los trabajos de ingeniería básica, así como de sus posibles repercusiones en otras plantas.

Sistemas Contra incendio.

Protección para la Planta (Agua Contra Incendio).

Se diseñará e instalará para la protección del equipo de acuerdo con los códigos y las normas aplicables, cumpliendo como mínimo con los siguientes criterios.

Debe brindarse protección contra incendio a la planta, desde la periferia de la misma, de forma tal que, cualquier punto dentro de la planta (incluso las áreas auxiliares) esté cubierto por alguno de los hidrantes o monitores-hidrantes localizados para este propósito.



Se deben instalar en la periferia de la planta, hidrantes y monitores-hidrantes. Los dispositivos de protección (hidrantes y monitores-hidrantes) deben ubicarse a una distancia máxima entre cada uno, de 30 metros, medidos en el perímetro de la planta.

La localización de los hidrantes y los monitores hidrantes en el perímetro de la planta debe ser alternada, es decir, se ubica un monitor, después un hidrante y después, nuevamente un monitor. Sin embargo, en caso de ser requerido por diseño, se podrá colocar únicamente monitores-hidrantes para la protección del área.

Los dos monitores-hidrantes con toma para camión, deben ubicarse en los lados paralelos a la vialidad, para permitir el acceso a los camiones, uno en cada lado.

Los monitores y los monitores-hidrantes con toma para camión deben tener una boquilla para manejar 1000 GPM.

Los hidrantes deben tener la capacidad para manejar 500 GPM, mínimo.

Además deben instalarse anillos de aspersión, para la protección de todos los recipientes a presión que contengan hidrocarburos. Estos anillos deben recibir el suministro de agua contra incendio, de dos cabezales diferentes de la red general de agua contra incendio y el cabezal de suministro debe contar con dos válvulas, una manual y otra automática.

Red de Agua Contra Incendio, Hidrantes y Monitores

El Sistema Contra Incendio se diseñará de acuerdo con las especificaciones proporcionadas.

La red de agua contra incendio debe contar con válvulas de seccionamiento en cantidad suficiente, localizadas estratégicamente para aislar secciones de la red.

Todos los materiales empleados en la red de tuberías contra incendio para conducir agua dulce, deben cumplir con la especificación de tuberías establecida.

El Sistema de Contra incendio contará con botoneras electro-mecánicas de actuación tanto en campo como en el cuarto de control central.

Red de Agua Contra Incendio.

La tubería de agua contra incendio debe instalarse en trinchera enterrada y protegerse contra corrosión.

Las partes externas o aéreas deben protegerse con pintura anticorrosiva.

Las tuberías de agua contra incendio que manejen agua dulce se dimensionan para manejar una velocidad máxima de 10 pies/seg. El diámetro mínimo de la tubería principal de la red de agua contra incendio es de 8" de diámetro.



Cada cabezal o ramal de la red contraincendio debe recibir simultáneamente alimentación de agua de dos puntos.

Hidrantes y Monitores.

El número de hidrantes y monitores instalados en cada uno de los anillos de la red contra incendio debe ser de acuerdo al cálculo de riesgo y la especificación correspondiente.

Sistema de Detección de Gas y Fuego.

El sistema debe incluir los siguientes elementos básicos:

- Detectores de fuego.
- Detectores de Gas tóxico.
- Detectores de mezclas explosivas.
- Estaciones manuales de emergencia.
- Alarmas Audibles y visibles.
- Canales de comunicación para la notificación de alarmas y estado del sistema.

El sistema de detección de gas y fuego debe cumplir con los requerimientos de las normas aplicables.

Equipo de Detección de Fuego y Mezclas Inflamables.

El diseño debe instrumentar los sistemas automáticos de detección de fuego, mezclas explosivas, gases tóxicos, estaciones manuales de emergencia, alarmas audibles y visuales en campo y en el cuarto de control satélite.

Los sistemas de detección y alarma no deberán conectarse a otros equipos, aparatos o dispositivos diferentes a los que estén previstos para su actuación en condiciones de emergencia.

La fuente de energía secundaria o de reserva para casos de falla eléctrica debe permitir la operación del sistema durante 30 minutos.

Los puntos de detección de atmósferas riesgosas, deben ubicarse cerca de los posibles lugares de fuga, tales como bridas, purgas, conexiones, válvulas, sellos de bombas y compresores, etc. La localización de detectores debe permitir que el flujo normal del aire arrastre tales sustancias o partículas hacia ellos, por lo que es necesario considerar los vientos reinantes.

El sistema automático de alarma y detección de fuego y/o atmósferas riesgosas debe estar enlazado al sistema existente, localizado en la central contraincendio de la refinería, debe contar con registro histórico de alarmas y eventos, tanto en las PC's ubicadas en el cuarto de control central, así como en la central de contraincendio.

LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

La planta de Tratamiento de Aguas Amargas está ubicada en el centro del país.



Plano de localización general.

Este plano considera los espacios adecuados para permitir el mantenimiento de los equipos, carga descarga de químicos, así como el libre acceso de equipo pesado para proporcionar este servicio.

Además, durante el desarrollo del PLG, se considerará las recomendaciones de distancias mínimas y localización de equipo que han proporcionado las compañías aseguradoras especializadas en el ramo, en los casos de instalaciones nuevas. El arreglo de equipos propuesto incluirá, además de todos los equipos de proceso, los equipos e instalaciones de servicios, así como los edificios e instalaciones requeridas dentro del L.B. de la planta.

CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DEL SITIO

Temperatura ambiente.

Temperatura, °C	°C
Máxima	35
Mínima	0
Promedio anual máxima	27
Promedio anual mínima	5.8
Bulbo húmedo prom. Anual	18
Bulbo seco máxima	35
Bulbo seco mínima	7
Bulbo seco prom. Anual	20
Bulbo seco en verano	35
De bulbo húmedo en verano	19
Diseño de aerofriadores	40

Humedad relativa.

Condición	%
Máxima	67
Mínima	19.3



Promedio en 30 días	49.0
Promedio anual	60.0

Precipitación pluvial.

Condición	mm
Máxima (1 hora)	54.2
Máxima (24 horas)	70.8
Máxima anual, mm	650
Meses críticos	Mayo-Octubre

Vientos.

Condición	
Dirección de vientos reinantes	Noreste a Suroeste
Dirección de vientos dominantes	Noreste a Suroeste
Velocidad máxima de vientos reinantes	26.3 m/s
Velocidad máxima de vientos dominantes	36.1 m/s
Velocidad promedio	3.8 m/s

Atmósfera.

El sitio tiene una atmósfera corrosiva por SO_x , NO_x y H_2S además de humedad procedente de la brisa de una torre de enfriamiento.

Altura sobre el nivel del mar.

La refinería está construida en terrenos con una elevación de 2,126 m sobre el nivel del mar y una presión barométrica de 596 mm Hg.

Tipo de Suelo y Sísmicidad.

La Sísmicidad y tipo de suelo se muestran en la siguiente tabla:



Condición	
Zona Sísmica	B
Tipo de suelo	De acuerdo al estudio correspondiente.

En el diseño de todas las estructuras se debe considerar la normatividad vigente.

BASES DE DISEÑO DE PROCESO.

Criterios de Diseño.

Se considerará la separación de posibles arrastres de hidrocarburos en la alimentación.

El agotamiento se realizará mediante la utilización del rehervidor existente, con el fin de no generar cantidades adicionales de agua amarga. Como alternativa se incluirá una corriente de vapor de agotamiento directo a la torre para dar flexibilidad y poder entregar el rehervidor a mantenimiento con la planta en operación.

El gas ácido amoniacal se enviará hacia Plantas Recuperadoras de Azufre y hacia el desfogue.

El condensado aceitoso de la planta se enviará a sistema de recuperación existente, donde es acondicionado para ser enviado hacia el área de Servicios Principales para su reutilización.

Para los cambiadores que utilicen vapor como medio de calentamiento, deberán contar con control del flujo de vapor a la entrada. Este control podrá ser utilizado para controlar temperaturas del proceso en cascada.

Como complemento en la remodelación se realizará Análisis de Riesgos y Operación del Proceso (HAZOP), a partir del cual se definirán los sistemas de seguridad requeridos en las instalaciones.

Adicionalmente se deberá efectuar un Análisis de Riesgos (ISBL y OSBL) de las Instalaciones.

Se definirán las líneas de arranque y paro necesarias para la planta, así como las facilidades de aislamiento físico cuando no se utilicen para asegurar que no se vaya a tener contaminación del agua desflemada producto. El diseño de la planta contará con las facilidades para recircular el agua desflemada cuando se tenga fuera de especificación, mientras se realizan los ajustes operacionales necesarios.

Se especificarán los tratamientos químicos requeridos para la conservación de los equipos y circuitos, determinando los puntos adecuados para la dosificación de reactivos.

Los reactivos químicos establecidos para el tratamiento no afectaran la calidad de los productos.



Se deberán instalar dispositivos para el monitoreo y control de la corrosión en tuberías y equipos, los cuales deberán tener señalización al sistema de Control Distribuido.

Se especificarán las necesidades de control químico y métodos de análisis para el control de proceso de las plantas remodeladas.

BASES DE DISEÑO PARA LA INSTRUMENTACIÓN Y EL CONTROL DE LA PLANTA.

El diseño de la Ingeniería de Instrumentación y Control para la planta debe estar de acuerdo a las normas y/o estándares nacionales e internacionales vigentes.

Para la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas, el Sistema Básico de Control de Proceso se debe realizar por medio de un Sistema de Control Distribuido (SCD), basado en microprocesadores de tecnología reciente. La arquitectura debe ser abierta y con capacidad de comunicación bidireccional con otros sistemas digitales de monitoreo y control a través de una red Ethernet con protocolo TCP/IP para información gerencial.

Las señales de proceso y unidades de multiplexaje de control, se deben concentrar en el Cuarto de Control Satélite (C.C.S.) localizado dentro de la planta, fuera de las áreas de riesgo determinadas por el análisis respectivo.

El control y monitoreo de la operación de la planta se debe realizar a través de la interfase de operación constituida por consolas las cuales se ubicarán en el Cuarto de Control Centralizado (C.C.C.)

La nomenclatura y simbología utilizada para la elaboración de planos, índices de instrumentos, diagramas, etc., debe ser de acuerdo a lo indicado en la normatividad de la ISA correspondiente.

La ingeniería cumplirá con los requerimientos técnicos necesarios de acuerdo con las normas y estándares nacionales e internacionales vigentes que rigen el diseño, fabricación, suministro, cableado, interconexión, programación, configuración, integración, pruebas, puesta en operación, entrenamiento, transporte, almacenamiento, documentación, instalación, montaje y demás servicios para los instrumentos, el sistema de control y los sistemas de protección.

Se indicarán todos y cada uno de los instrumentos y lazos de control de acuerdo a su proceso.

La arquitectura debe considerar el requerimiento de enviar/recibir información a/desde el SDMC que estará ubicado en el Cuarto de Control Central (Bunker), desde el cual se podrá supervisar y monitorear en forma integral la planta (se debe considerar los arreglos arquitectónicos y civiles necesarios en el Cuarto de Control Central (Bunker), para integrar las áreas de UPS y cuartos de baterías independientemente.



9.- CRITERIOS DE DISEÑO

Criterios de sobrediseño.

Con objeto de satisfacer los requerimientos de capacidad se utilizaron márgenes de seguridad estándar de ingeniería para el dimensionamiento de equipos, líneas y accesorios de acuerdo a la certidumbre de las mejores correlaciones disponibles para la predicción de su comportamiento.

El equipo nuevo de la planta se diseña para manejar un incremento en el flujo de alimentación de 10%.

CRITERIOS DE EQUIPO

Criterios de selección de tipo de equipo

Diseño Térmico.

Para cubrir los requerimientos de energía de la unidad, se plantean los arreglos necesarios en los equipos de intercambio térmico que permitan minimizar el consumo de energía externa, mediante el aprovechamiento de la energía de la corriente del fondo del agotador (precalentamiento carga-fondos).

Complementariamente, el diseño térmico considera la disponibilidad de agua de enfriamiento y vapor de agua para transferencia de calor en las cantidades y niveles con los que actualmente se cuenta.

Bombas

Se utiliza una bomba para cada servicio con su relevo correspondiente.

Se dispone de bombas accionadas con motor eléctrico tanto para operación normal como las de relevo.

Las bombas tienen cabezales comunes de succión y descarga.

Criterios de flexibilidad y sobrediseño.

Para poder manejar un incremento en 10% en el flujo de alimentación a la Planta de Aguas Amargas, los equipos se calculan con 10% de sobrediseño, excepto aquellos que deben cubrir la operación alternativa con inyección directa de vapor deben diseñarse con 20% de sobrediseño en flujo.

Requerimientos especiales de materiales de construcción

La tolerancia mínima para espesor por corrosión para equipo de acero al carbón nuevo se considera de 6.4 mm, para equipos que manejan agua amarga y 3.2 para equipos que manejan agua desflemada.



CRITERIOS PARTICULARES DE DISEÑO DE EQUIPO

Tanque de Carga, TQ-01.

El objetivo de este tanque es absorber los cambios de flujo que lleguen a presentarse. La separación de agua-HC-vapor de baja presión (a la mínima que permita la integración de los vapores separados al desfogue ácido).

Columna Agotadora de Agua Amarga CA-01.

A fin de obtener agua desflemada con especificaciones máximas de 5 ppm de H_2S y 20 ppm de NH_3 , se considera lo siguiente:

- a) Los compuestos contaminantes H_2S y NH_3 se remueven eficientemente a bajas presiones por lo que se establece la mínima presión en el domo del agotador en el valor que permite una separación adecuada, así como la entrega del gas ácido amoniacal en L.B. para su envío a Plantas de Azufre.
- b) La alimentación se introduce normalmente en el plato de la Columna Agotadora en donde se minimiza la carga térmica del rehervidor y del enfriador de reflujo.
- c) Se establecen los tiempos mínimos de residencia para el agua desflemada en el fondo del agotador y para la extracción lateral.
- d) En caso de falla del Rehervidor de Fondos, IC-02, se inyecta directamente vapor saturado de baja presión por el fondo de la Columna Agotadora para continuar la operación del mismo.

Rehervidor de Fondos IC-02.

Se seleccionó para este servicio un rehervidor tipo termosifón horizontal que usa vapor de baja presión (3.5 kg/cm² man.) como medio de calentamiento.

Este equipo se diseña para vaporizar 16% mol del flujo de su corriente de alimentación, obtenida del último plato de la Columna Agotadora a fin de generar suficiente vapor de agotamiento para remover eficientemente el H_2S y NH_3 del agua amarga.

Enfriador de Agua Desflemada IC-06.

La temperatura de salida de la corriente de agua desflemada se fijó por ser la máxima temperatura que no ocasiona daño a los sistemas biológicos de las lagunas de oxidación.

Este equipo se diseña con un sobrediseño del 20%.



ANEXO 3.B

INFORMACIÓN DEL PROCESO DE AGUAS AMARGAS
DE LA OPCIÓN SELECCIONADA

A continuación se presenta la información de proceso relacionada con la opción seleccionada:

- Diagrama de proceso
- Descripción del proceso
- Lista de equipo nuevo
- Diagrama de flujo de proceso
- Plano de localización general

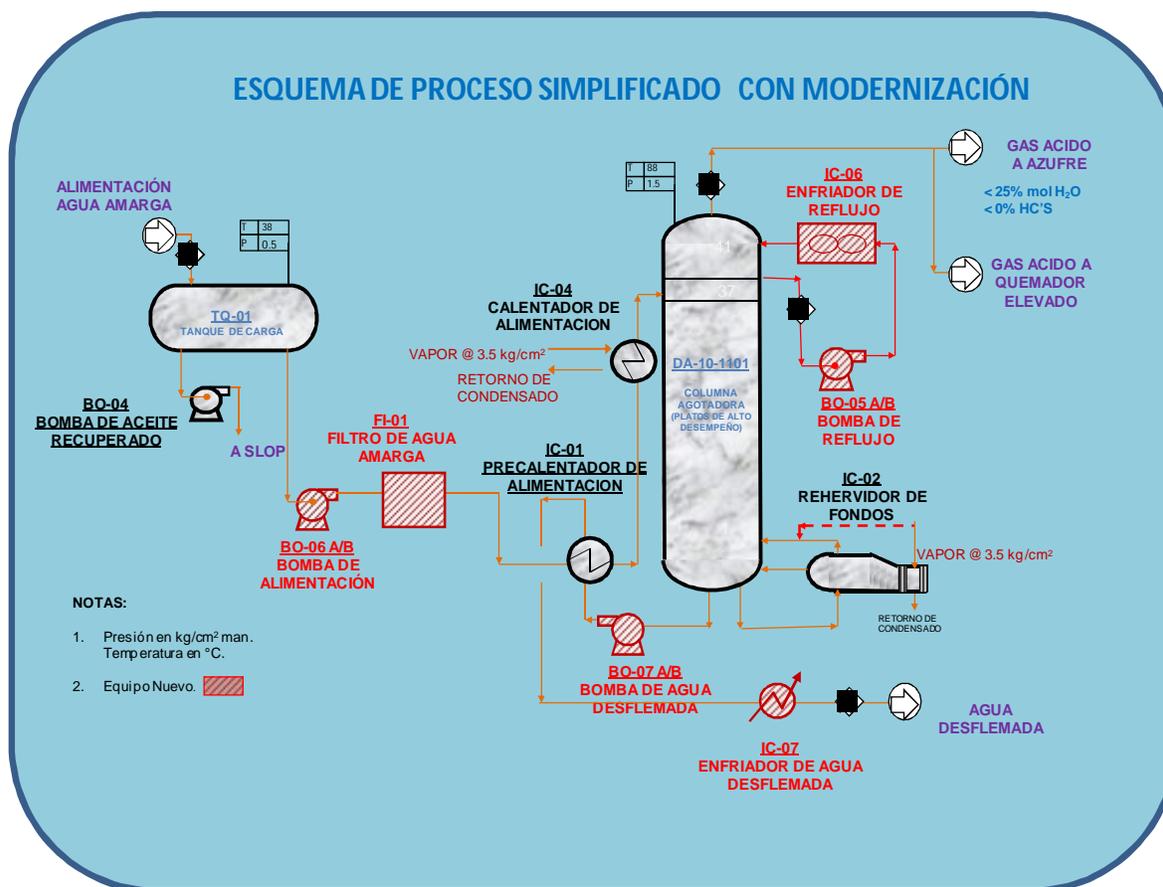


Figura A3.B.1.- DIAGRAMA DE PROCESO SIMPLIFICADO



1.- DESCRIPCIÓN DE PROCESO

Las corrientes de aguas amargas provenientes de las plantas Hidrodesulfuradoras, son alimentadas mediante un cabezal común a la Planta de Aguas Amargas a las condiciones de presión y temperatura previamente establecidas para la operación de la misma.

La mezcla es recibida en el Tanque de Carga, TQ-01 *existente*, en donde se lleva a cabo una desgasificación en la que se desprenden hidrocarburos ligeros y parte del H_2S y el NH_3 , que son enviados al cabezal del desfogue ácido, a través de una línea con trazado eléctrico, el cual mantiene la temperatura adecuada de esta corriente para evitar la formación de sales de amonio.

Sobre esta línea que conduce los vapores amargos, se interconecta una línea de inyección de gas combustible, que tiene la finalidad de mantener la presión del Tanque de Carga existente, a una presión suficiente para integrar los vapores ácidos al cabezal de desfogue ácido.

Para llevar a cabo la separación de hidrocarburos líquidos que pueden ser arrastrados en el agua amarga de alimentación, el tanque de carga cuenta con tres compartimientos, divididos por dos mamparas, que proporcionan el tiempo necesario para la separación.

La corriente de alimentación se recibe en el compartimiento intermedio, donde se inicia la separación. El hidrocarburo forma una capa superior que derrama hacia el primer compartimiento o cámara de aceite. El aceite recuperado, se envía al Tanque de Hidrocarburo Recuperado, (FA-001) TQ-02 en donde se almacena, cuando se detecta alto nivel entra en operación la Bomba de Hidrocarburos, BO-09, la cual envía el aceite recuperado a L.B.

El Tanque de Hidrocarburo Recuperado, cuenta con el Filtro de Carbón del Tanque de Hidrocarburo Recuperado, FI-001, que evita que los compuestos tóxicos escapen a la atmósfera.

El tanque TQ-02, se instala en la Fosa del Tanque TQ-02, FO-001, la cual cuenta con el Ejector de la Fosa del Tanque de Hidrocarburo Recuperado, EY-001, para extraer cualquier líquido o vapor tóxico y/o pesado, que pudiera haberse introducido o derramado.

Por otro lado, el agua amarga libre de aceite del compartimiento intermedio del TQ-01 se conduce al tercer compartimiento, por medio de un tubo proyectado a la altura de nivel máximo del tercer compartimiento y de éste, se envía a control de nivel al Tanque de Agua Amarga, TA-01 (FB-001), mediante la Bomba de Transferencia de Agua Amarga, BO-06. El tercer compartimiento proporciona el tiempo de residencia adicional para la separación.

El Tanque de Agua Amarga, TA-01 contribuye a la operación estable de la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas ya que permite la estabilización de las diferentes corrientes, así como de un flujo constante, evitando variaciones bruscas en la composición y flujo de los equipos corriente abajo. Además, proporciona el tiempo de residencia suficiente para la separación de hidrocarburos emulsionados y sólidos presentes en la alimentación.



En caso de que se requiera desalojar los vapores que rebasan el sello del tanque, se cuenta con el Filtro de Carbón del Tanque de Agua Amarga, FI-002, para evitar cualquier emisión que pudiera contaminar la atmósfera.

La operación para eliminar la capa de aceite formada debe realizarse periódicamente, en forma manual, abriendo la válvula de drenado de la membrana flotante.

El hidrocarburo recuperado en el Tanque de Agua Amarga, también se envía al Tanque de Hidrocarburo Recuperado, TQ-02.

La corriente de agua amarga proveniente del Tanque de Agua Amarga, TA-01 se envía hacia el Paquete de Filtración, PQ-01, por medio de la Bomba de Alimentación de Agua Amarga, BO-07.

En este paquete de filtración se llevan a cabo las dos funciones siguientes:

- a) Filtración de la corriente de agua amarga, a fin de eliminar los sólidos de pequeño tamaño, que pudieran estar presentes en ese punto del proceso. La eliminación de partículas sólidas contribuirá al rompimiento de la emulsión agua-hidrocarburo.
- b) La separación y eliminación de trazas de hidrocarburos, por medio de un sistema de coalescedores.

La corriente de agua amarga, libre de sólidos e hidrocarburos, se envía al Precalentador de Alimentación, IC-01, por el lado de tubos, donde se precalienta con la corriente de fondos de la Columna Agotadora. La corriente de agua amarga caliente, se alimentará a la Columna Agotadora CA-01, la cual se diseña a las condiciones de presión y temperatura tales que se cumpla con las especificaciones solicitadas.

El agua desflemada del fondo de la columna tendrá las concentraciones máximas de NH_3 y H_2S de acuerdo a las especificaciones solicitadas.

El calor requerido para el agotamiento se proporcionará con el Rehervidor de Fondos, IC-02 (tipo "Termosifón"), el cual utiliza vapor de baja presión de $3.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ man.}$, como medio de calentamiento.

El flujo de vapor se controla por medio de una válvula de control en cascada temperatura-flujo a fin de mantener la temperatura del fondo de la Columna Agotadora. El líquido y vapor formados en el rehervidor retornan a la Columna Agotadora en dos fases: líquido y vapor, a través de una boquilla instalada debajo del plato del fondo.

En caso de falla del rehervidor, el calor requerido para el agotamiento será suministrado en forma directa mediante una corriente de vapor de baja presión.

La temperatura del domo de la Columna Agotadora, se controla por medio de un sistema de recirculación de flujo ("pump around").

Se considera un control en cascada temperatura-flujo regula la temperatura de la corriente del domo, variando el flujo de recirculación. ("pump around").



El agua desflemada producto del fondo de la Columna Agotadora se envía primero, al Precalentador de Alimentación, IC-01 (lado coraza), para enfriarse y luego por medio de la Bomba de Agua Desflemada BO-08, hacia las desaladoras.

En algunos casos, el agua rechazada en desaladoras se envía a las lagunas de oxidación. Para ello, debe enfriarse utilizando el Enfriador de Agua Desflemada, IC-07, a fin de evitar daño a los sistemas biológicos.

La Bomba de Agua Desflemada, BO-08 descarga a la corriente de agua desflemada.

El gas ácido amoniacal, proveniente del domo de la Columna Agotadora, se envía normalmente a través de una línea con trazado eléctrico para evitar cristalización de sales amoniacales (dentro y fuera de L.B.) a la planta Recuperadora de Azufre.

2.- LISTA DE EQUIPO NUEVO

ENFRIADORES CON AIRE

CLAVE	SERVICIO
IC-06	ENFRIADOR DE REFLUJO DEL AGOTADOR

INTERCAMBIADORES DE CALOR

CLAVE	SERVICIO	Carga térmica 10 ⁶ (Kcal/h)	Tipo TEMA
IC-07	Enfriador de agua desflemada	2.34	AES

RECIPIENTES

CLAVE	SERVICIO	Temperatura de Diseño (°C)	Presión de Diseño (Kg/cm ² man)	Materiales	
				Cascarón	Cabezas
RE-01	TANQUE DE ACEITE SLOP	55	3.5 + Vacío total	SA-516 70	SA-516 70

TANQUES

CLAVE	SERVICIO	Temperatura de Diseño (°C)	Presión de Diseño (Kg/cm ² man)	Materiales
TQ-03	TANQUE DE AGUA AMARGA	55	ATM	516-70

**FOSAS**

CLAVE	SERVICIO
FO-01	FOSA DEL TANQUE FA-001

FILTROS

CLAVE	SERVICIO	Materiales
FI-01	FILTRO DE CARBON DEL TANQUE DE ACEITE SLOP	A-516 70
FI-02	FILTRO DE CARBON DEL TANQUE DE AGUA AMARGA	A-516 70

EYECTORES

CLAVE	SERVICIO
EY-01	EYECTOR DE LA FOSA DEL TANQUE DE ACEITE SLOP

BOMBAS

CLAVE	SERVICIO	Temp de Diseño (°C)	Presión de Diseño (Kg/cm ² man)
BO-05 A/B	BOMBA DE REFLUJO	121	8.5
BO-06 A/B	BOMBA DE TRANSFERENCIA DE AGUA AMARGA	65	5.9
BO-07 A/B	BOMBA DE ALIMENTA-CION DE AGUA AMARGA	53	12.4
BO-08 A/B	BOMBA DE AGUA DESFLEMADA	155	12.7
BO-09	BOMBA DE HIDROCARBUROS	55	

PAQUETES

CLAVE	SERVICIO
PA-01	PAQUETE DE FILTRACIÓN



CORRIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
FASE	Líquido	Líquido	Vapor	Líquido	Liq-Vap	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Vapor												
COMPONENTE	% peso																					
ÁCIDO SULFÚRICO (H ₂ S)	1.5000	0.0002	44.4857	4.7904	4.7904	4.7904	4.7904	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	0.0006	0.0006	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	44.4752
AMONÍACO (NH ₃)	1.2000	0.0020	35.5173	8.6467	8.6467	8.6467	8.6467	1.2000	1.2000	1.2000	1.2000	1.2000	1.2000	1.2000	1.2000	0.0048	0.0048	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	35.5476
AGUA (H ₂ O)	97.3000	99.9978	19.9970	86.5629	86.5629	86.5629	86.5629	97.3000	97.3000	97.3000	97.3000	97.3000	97.3000	97.3000	97.3000	99.9946	99.9946	99.9978	99.9978	99.9978	99.9978	19.9773
FLUJO TOTAL, kg/mol/h	4331.6	4212.4	119.3	8500.0	8500.0	8500.0	8500.0	4331.6	4331.6	4331.6	4331.6	4331.6	4331.6	4331.6	4331.6	5008.3	5008.3	4212.4	4212.4	4212.4	4212.4	119.3
FLUJO TOTAL, kg/h	78337	75887	2650	155871	155871	155871	155871	78337	78337	78337	78337	78337	78337	78337	78337	30226	30226	75887	75887	75887	75887	2650
PESO MOLECULAR	18.13	18.02	22.22	18.34	18.34	18.34	18.34	18.13	18.13	18.13	18.13	18.13	18.13	18.13	18.13	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	22.22
PRESIÓN, kg/cm2 man.	2.0	6.0	0.8	1.4	7.1	6.3	1.9	0.5	3.0	2.3	0.0	7.8	6.3	5.6	1.9	1.7	1.6	1.7	1.0	8.2	6.0	1.4
TEMPERATURA, °C	45	55	87	95	95	60	60	45	45	45	38	38	38	108	108	127	127	127	55	55	40	87
m ³ /h @ 15.6°C y 1 atm	-	-	2826.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19192.2	-	-	-	2826.3
m ³ /h @ P y T	-	-	2266.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11171.7	-	-	-	1637.2
DENSIDAD @ P y T, kg/m ³	973.6	983.0	1.2	848.0	847.2	899.2	899.2	973.6	973.5	973.5	977.1	977.0	977.0	916.6	916.6	937.8	8.0	922.7	983.1	983.0	989.4	1.6
ρPD @ 15.6°C	12,000	11,467	-	25,099	25,099	25,099	25,099	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	13,634	-	11,467	11,467	11,467	11,467	-

LISTA DE EQUIPO EXISTENTE SIN MODIFICAR

- CLAVE SERVICIO**
- BOMBAS**
- BA-10-1504 BOMBA DE ACEITE RECUPERADO
- LISTA DE EQUIPO MODIFICADOS**
- RECIPIENTES**
- TR-10-1201 TANQUE DE CARGA
- LISTA DE EQUIPO NUEVO**
- TORRES**
- DA-10-1101N COLUMNA ADITIVADA
- INTERCAMBIADORES DE CALOR**
- CH-10-1301N A-0 PRECALENTADOR DE ALIMENTACION
 - CH-10-1302N REFRIGERADOR DE FONDOS
 - CH-10-1308 ENFRIGERADOR DE AGUA DESPLUMADA
- ENFRIGERADORES CON AJAR**
- CH-10-1305 ENFRIGERADOR DE REFLUJO
- RECUPERADORES**
- FA-001 TANQUE DE HIDROCARBURO RECUPERADO
- FILTROS**
- FR-001 FILTRO DE CARBON DEL TANQUE DE HIDROCARBURO RECUPERADO
 - FR-002 FILTRO DE CARBON DEL TANQUE DE AGUA AMARGA
- FOGAS**
- FE-001 FOGA DEL TANQUE FA-001
- BOMBAS**
- BA-10-1505 A/B BOMBA DE REFLUJO
 - BA-10-1506 A/B BOMBA DE TRANSFERENCIA DE AGUA AMARGA
 - BA-10-1507 A/B BOMBA DE ALIMENTACION DE AGUA AMARGA
 - BA-10-1508 A/B BOMBA DE DESGASA DE AGUA DESPLUMADA
 - BA-10-1509 BOMBA DE HIDROCARBUROS
- TANQUES**
- TR-001 TANQUE DE AGUA AMARGA
- EFECTORES**
- EE-001 EFECTOR DE LA FOGA DEL HIDROCARBURO RECUPERADO
- PAQUETES**
- PA-001 (7) PAQUETE DE FILTRACION

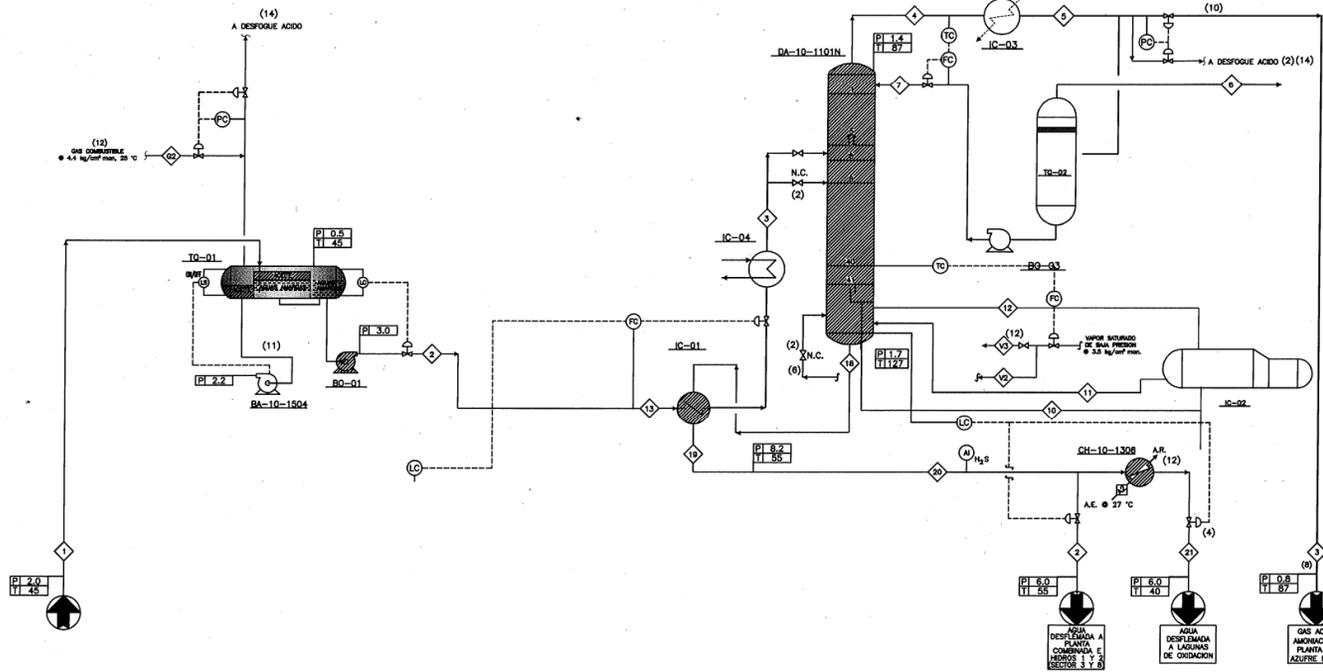


Figura A3.B.2.- DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO



3.-PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL

En la siguiente figura se muestra el plano de localización general con la inclusión propuesta para los nuevos equipos (sólo se muestran los equipos principales).

