



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

## DESARROLLO DEL PLAN DE PROCURA PARA UN PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DE AGUA EN UNA REFINERÍA

TESIS

PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A N

ANAHD MARTÍNEZ PÉREZ

ALEJANDRO SALVADOR SÁNCHEZ ACEVEDO

DIRECTOR DE TESIS: I.Q. RENÉ DE LA MORA MEDINA



México D.F.

2014



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## Contenido

Resumen.....	1
Introducción.....	3
Justificación y Objetivos.....	6
Capítulo 1. Generalidades.	
1.1 Proyecto. ....	8
1.2 Ciclo de vida del proyecto. ....	9
1.2.1 Ubicación de la ingeniería de procura en el ciclo de vida del proyecto. 11	
1.3 Contratos.....	12
1.3.1 Tipos de contrato. ....	12
1.4 Ingeniería de procura.....	17
1.4.1 Plan de procura. ....	18
1.4.2 Requisición.....	19
1.4.3 Solicitud de cotización. ....	21
1.4.4 Cotización. ....	21
1.4.5 Comparación de ofertas.....	24
1.4.6 Orden de compra. ....	25
1.4.7 Planos certificados.....	29
1.4.8 Inspección. ....	30
1.4.9 Expeditación.....	31
1.4.10 Tipos de adquisiciones. ....	32
1.4.11 Proceso a seguir en la compra directa. ....	34
1.4.12 Proceso a seguir en la compra por concurso.....	35
Capítulo 2. Procura de equipo para generación del servicio de vapor en una refinería.	
2.1 Refinería. ....	36
2.1.1 Descripción de las plantas que conforman una refinería.....	38
2.1.2 Requerimientos de servicios auxiliares para la operación de las plantas. ....	40
2.2 Uso del vapor.....	42



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

2.2.1	Tipos de vapor usados en la planta.....	44
2.2.2	Principios termodinámicos del vapor.....	47
2.2.3	Sistemas de generación de vapor.....	52
2.2.4	Descripción del sistema de generación y distribución del vapor....	66
2.3	Selección del generador de vapor.....	68
2.3.1	Especificaciones del Sistema de Generación de Vapor.....	69

Capítulo 3. Marco Normativo.

3.1	Ley de Obras Públicas y los Servicios Relacionados con las Mismas y Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.....	72
3.2	Regulaciones Particulares.....	73
3.3	Otros.....	78

Capítulo 4. Desarrollo del Plan de Procura para el Sistema de Generación de Vapor.

4.1	Tipo de adquisición a aplicar.....	79
4.2	Forma y formato a ser utilizada para el enunciado del trabajo del contrato.....	79
4.3	Tipo de contratos a utilizar.....	80
4.3.1	Vigencia y plazo de ejecución.....	81
4.3.2	Condiciones de pago.....	81
4.4	Requerimientos contractuales.....	82
4.4.1	Criterios de embarque y transporte.....	83
4.5	Manejo de las decisiones de hacer o comprar y su liga a los procesos de estimar recursos de las actividades y desarrollar el cronograma.....	83
4.5.1	Desarrollo del Cronograma.....	84
4.6	Formatos empleados.....	86
4.7	Enunciado y definición del alcance del concepto a adquirir.....	90
4.7.1	Objetivo del Sistema de Generación de Vapor de Agua.....	90
4.7.2	Alcance.....	90
4.7.3	Localización en la planta.....	91
4.7.4	Función de la planta de Servicios Principales en Reconfiguración.	91
4.7.5	Tipo de proceso.....	92



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

4.8	Gestión de riesgos.....	92
4.8.1	Restricciones y supuestos.....	92
4.8.2	Riesgos y respuestas.....	93
4.9	Estudio de múltiples proveedores.....	94
4.9.1	Lista de proveedores precalificados.....	94
4.9.2	Criterios de selección.....	94
4.10	Estimación de precios.....	96
4.10.1	Costo de sistema de generación de vapor.....	96
4.10.2	Obtención del costo estimado del proyecto.....	97
4.10.3	Trámites presupuestales.....	99
4.11	Métricas a utilizar para gestionar contratos y evaluar proveedores.....	99
4.12	Requerimientos de inspección.....	100
	Comentarios.....	101
	Conclusiones.....	102
	Bibliografía.....	103
	Anexo y glosario de términos.....	105



## Resumen.

En las refinerías, se cuenta con instalaciones para generar los servicios auxiliares que requieren los procesos, el ingeniero de proyectos tiene entre sus funciones realizar actividades de procura de equipo de proceso y sus respectivos servicios auxiliares así como para las áreas de integración. El personal encargado de las compras para un proyecto de planta de proceso debe de tener amplia experiencia; en el mercado de equipos, procedimientos y metodologías de adquisiciones, legislación vigente, su respectivo marco normativo actual y los procesos burocráticos que a él conlleven.

El área de procura comprende un proceso de gestión para la adquisición del equipo y los materiales de las nuevas instalaciones o para remodelación de plantas, equipos de procesos e incluso áreas de trabajo donde por cuestiones de operación, tiempo de vida de las instalaciones, etc., sufre algún deterioro y obliga a su modernización, sustitución, arreglo o adecuación así como los trámites para su correspondiente adquisición. En los proyectos de ingeniería la etapa de procura es posterior a la etapa de ingeniería de detalle en la que se genera la información y especificaciones de los equipos a adquirir.

El departamento encargado de elaborar los trámites de procuración es el de administración de proyectos el cual elabora la gestión de las adquisiciones del proyecto, incluye los procesos de compra o adquisición de los productos, servicios o resultados que es necesario obtener fuera del equipo del proyecto. La organización puede ser la compradora o proveedora de los productos, servicios o resultados de un proyecto.

Se pretende minimizar el tiempo, el costo y la calidad de los servicios adquiridos o contratados, por lo que se requiere que el proceso de adquisición obedezca a un plan bien elaborado, para tener los menores contratiempos y sobre todo



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
costos adicionales, así como tener el objeto del contrato en tiempo, pues esto significa pérdidas y costos.

De acuerdo a los requerimientos que se tiene en el sistema nacional de refinación y en base a los balances de servicios auxiliares con que se cuenta, el servicio auxiliar más requerido en los procesos de refinación es el vapor en sus diferentes calidades, razón por la cual proponemos el procedimiento para la adquisición de una caldera en la cual sugerimos unas especificaciones y nos apoyamos en los equipos existentes.

Pemex amplió su capacidad de procesamiento y adicionó plantas nuevas a su esquema de proceso en la refinería “Gral. Lázaro Cárdenas” en Minatitlán, Veracruz, esto implicó la adición de las instalaciones para generación de servicios auxiliares.

Con la adquisición del sistema de generación de vapor de agua, una obra cuyo monto en costo es de \$36, 311,931.23 M.N., el proyecto se define como de inversión. Por lo que la autorización del presupuesto requiere de un plan de procura que incremente la probabilidad de éxito del proyecto y por lo tanto reducir las desviaciones que impactan en el tiempo y costo de la refinería de Pemex.



## **Introducción.**

La disponibilidad de los servicios auxiliares en la infraestructura de “Pemex Refinación” es uno de los factores fundamentales para el óptimo funcionamiento de sus plantas.

En particular “Pemex Refinación” cuenta con seis centros de trabajo de refinación distribuidos en seis estados de la república mexicana y actualmente tres Refinerías han sido reconfiguradas (Cadereyta, Madero y Minatitlán), con el propósito de aumentar la capacidad de producción para satisfacer las crecientes demandas de combustibles en el mercado.

La función de una planta de servicios auxiliares es proporcionar vapor, aire, agua, etc. en la cantidad y la calidad requerida para satisfacer las necesidades de los procesos.

Una interrupción en un suministro de servicios auxiliares, puede causar múltiples problemas, por lo cual su diseño se debe realizar en forma segura.

De acuerdo a la reconfiguración integral de la refinería, el sistema debe ser capaz de cubrir sus autoconsumos como el vapor motriz y de calentamiento que se requieran en los procesos, además de otros servicios como son: la energía eléctrica, agua de atemperación de los equipos dinámicos que den servicio al área de proceso o bien, a la misma área de servicios auxiliares.

La presente tesis describe como la elaboración de un plan de procura influye directamente en el éxito del proyecto, mediante una organización adecuada y un estudio económico de los posibles proveedores. Se puede efectuar una adquisición con el máximo aprovechamiento económico para brindar un mayor servicio de operación.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

El Capítulo 1, introduce a los conceptos básicos definiendo que un Plan de Procura es el proceso que consiste en documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificando la forma en la que se va a realizar dicha compra e identificando los proveedores más adecuados para la compra.

Observa qué necesidades del proyecto pueden satisfacerse de la mejor manera, mediante la adquisición de productos, servicios o resultados fuera de la organización del proyecto, y qué necesidades del proyecto pueden ser resueltas por el equipo del proyecto.

Este proceso implica determinar si es preciso obtener apoyo externo y, si fuera el caso, ¿qué adquirir?, ¿de qué manera?, ¿en qué cantidad? y ¿cuándo hacerlo?.

Cuando el proyecto obtiene productos, servicios y resultados necesarios para el desempeño del proyecto fuera de la organización ejecutante, se amplía el proceso considerando, desde planificar las adquisiciones hasta cerrar las adquisiciones para cada elemento que se va a adquirir.

En este capítulo las generalidades que se tienen son: ¿qué es un proyecto?, su ciclo de vida, los tipos de contrato que se manejan actualmente; siguiendo con las definiciones de procura, plan de procura, ingeniería de procura, describiendo cuáles son los tipos de adquisiciones que existen y especificando qué documentos se requieren como lo son: la requisición, las cotizaciones, los planos certificados, la orden de compra, etc. y los detalles de cada uno de estos.

En el capítulo 2, se describen los aspectos técnicos del trabajo iniciando con la definición de lo que es una refinería, sus procesos junto con sus requerimientos de servicios auxiliares, siguiendo con las especificaciones y usos del vapor, sus principios termodinámicos, su calidad. Se presentan las especificaciones



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
técnicas de los sistemas de generación de vapor y se describe el sistema de vapor que se requerirá.

En lo que se refiere al capítulo 3, se presenta el marco normativo y legal vigente donde se mencionan los principales organismos regulatorios y se describen las principales normas y reglamentos que se deben de tomar en cuenta para la procuración de un sistema de generación de vapor. Se describen principalmente reglamentos de la ley de obra pública, ley de adquisiciones, las regulaciones particulares como NOM's, NRF's, entre otras.

En el capítulo 4, se desarrolla el plan de procura, iniciando con la decisión del tipo de adquisición a aplicar, los tipos de contrato a usar, los formatos que se deben emplear como la requisición, especificaciones técnicas, entre otras, siguiendo con el enunciado y la definición del alcance del concepto a adquirir, el estudio de múltiples proveedores, los criterios de selección y la estimación de precios, finalizando con las fechas programadas para los entregables de cada contrato y las métricas a utilizar para gestionar contratos y evaluar proveedores.

En la parte final se describe la bibliografía, los anexos, el glosario de términos y las conclusiones que se obtienen de este trabajo.



## **Justificación y Objetivos.**

### **Justificación**

Los grandes proyectos de inversión actualmente se desarrollan de acuerdo a las mejores prácticas, una de ellas es elaborar el plan de proyecto y dentro de este el plan de procura que está llevado a cabo con base en el PMI.

La procura es un área de conocimiento de la administración de proyectos que es de gran relevancia en el desarrollo de proyectos de inversión de la industria de refinación, ya que por su carácter público la gestión de la procura incide directamente en el éxito de los proyectos. Debido a que el desarrollo de los proyectos de inversión, son regulados por las leyes nacionales, es de gran importancia para el proceso de procura la definición de los requerimientos, especificaciones técnicas y mecanismos de la adquisición dentro del marco normativo nacional y específico para la industria del petróleo, es de orden legal el cumplimiento estricto de la normatividad.

En el desarrollo de los proyectos de inversión es fundamental para el equipo coordinador del proyecto contar con las capacidades y habilidades para desarrollar el proceso de procura elaborando el plan a seguir con las actividades y su secuencia lógica a lo largo del ciclo de vida del proyecto, así como los lineamientos y criterios a considerar, y todo en apego a la normatividad.

### **Objetivos**

#### **General**

Llevar a cabo una descripción, así como el desarrollo del plan de procura, como parte del proceso de adquisiciones de un proyecto de tipo industrial, aplicándolo



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
específicamente para el servicio auxiliar vapor de agua requerido en las  
instalaciones de procesamiento de una refinería.

### **Específicos**

- Describir de las fases de procura e identificar la etapa de realización del plan de procura de un proyecto de la industria petrolera.
- Definir las actividades en la etapa de procura y elaborar el plan de procura para el generador de vapor de agua.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# **CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.**



## Capítulo 1. Generalidades.

### 1.1 Proyecto.

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán, no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto.

Atributos de un proyecto:

- Tiene un objetivo bien definido, un resultado o producto esperado. Por lo general el objetivo de un proyecto se define en términos de alcance, programa y costo.
- Se lleva a cabo mediante una serie de tareas interdependientes, es decir, un número de tareas no repetitivas que es necesario realizar en un cierto orden con el fin de lograr el objetivo del proyecto.
- Utiliza varios recursos para realizar las tareas. Esos recursos pueden incluir diferentes personas, organizaciones, equipos, materiales e instalaciones.
- Tiene un marco de tiempo específico, o tiempo limitado. Tiene un tiempo de inicio y una fecha para la cual se tiene que lograr el objetivo.
- Puede ser un intento único.
- Tiene un cliente. El cliente es la entidad que proporciona los fondos necesarios para el logro del proyecto; puede ser una persona, una organización, o un grupo de dos o más personas u organizaciones.
- Por último, un proyecto incluye un grado de incertidumbre. Antes de que se inicie un proyecto se prepara un plan sobre la base de ciertos supuestos y estimados. Es importante documentar estos supuestos ya



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
que influirán sobre el desarrollo del presupuesto, el programa y el alcance del trabajo del proyecto. Un proyecto se basa en un grupo único de tareas y estimados de qué duración debe tener cada tarea, de los recursos y supuestos sobre la disponibilidad y capacidad de esos recursos y estimados de sus costos. Esta combinación de suposiciones y estimados ocasionan un grado de incertidumbre con relación a si el objetivo del proyecto será alcanzado por completo.

Un proyecto puede generar:

- un producto que puede ser un componente de otro elemento o un elemento final en sí mismo,
- la capacidad de realizar un servicio o
- un resultado tal como un producto o un documento.

Entre los ejemplos de proyectos, se incluye:

- desarrollar un nuevo producto o servicio,
- desarrollar o adquirir un sistema de información nuevo o modificado,
- implementar un cambio en la estructura, el personal o el estilo de una organización,
- construir un edificio o una infraestructura, o
- implementar un nuevo proceso o procedimiento de negocio.

## **1.2 Ciclo de vida del proyecto.**

El ciclo de vida del proyecto es un conjunto de fases del mismo, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. Un ciclo de vida puede documentarse con ayuda de una metodología. El ciclo de vida del proyecto puede ser determinado o conformado por los aspectos únicos de la organización, de la industria o de la tecnología empleada. Mientras que cada proyecto tiene un inicio y un final definidos, los entregables específicos y las actividades que se llevan a cabo

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
entre éstos variarán ampliamente de acuerdo con el proyecto. El ciclo de vida proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto, independientemente del trabajo específico involucrado.

Todos los proyectos, sin importar cuán pequeños o grandes, o cuán sencillos o complejos sean, pueden configurarse dentro de la siguiente estructura del ciclo de vida:

- inicio,
- organización y preparación,
- realización del proyecto y
- cierre del proyecto

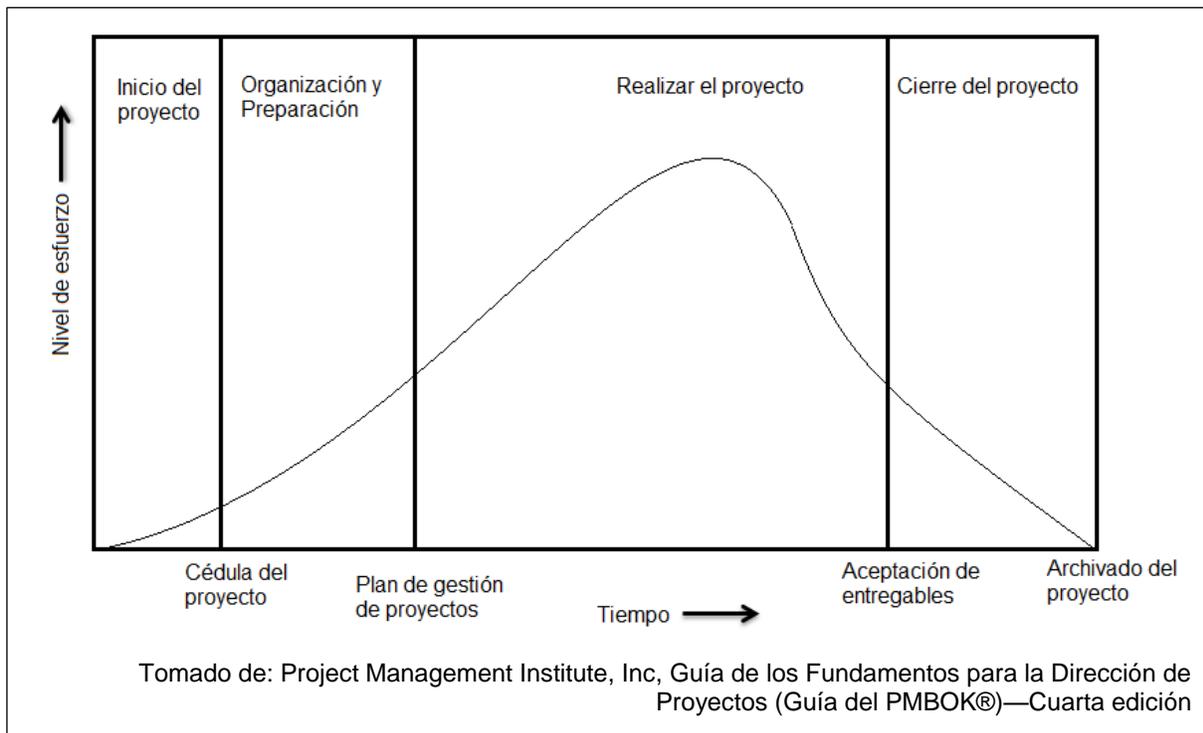


Figura 1.1 Ciclo de vida de un proyecto.

A menudo se hace referencia a esta estructura genérica del ciclo de vida durante las comunicaciones con la alta dirección u otras entidades menos familiarizadas con los detalles del proyecto. Esta perspectiva general puede



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
proporcionar un marco de referencia común para comparar proyectos, incluso si son de naturaleza diferente.

### **1.2.1 Ubicación de la ingeniería de procura en el ciclo de vida del proyecto.**

Se logra cumplir con los requisitos de un proyecto mediante la aplicación e integración adecuada de los procesos de la dirección de proyectos, que agrupados lógicamente, forman 5 grupos de proceso. Estos 5 grupos de procesos son:

- Iniciación,
- Planificación,
- Ejecución,
- Seguimiento y control,
- Cierre.

La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos de compra o adquisición de los productos, servicios o resultados que es necesario obtener fuera del equipo del proyecto. El área de adquisiciones de un proyecto se encuentra en los grupos de proceso de la siguiente manera:

Planificar las Adquisiciones - Es el proceso de documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificando la forma de hacerlo e identificando a posibles proveedores.

Efectuar las Adquisiciones - Es el proceso de obtener respuestas de los proveedores, seleccionar un proveedor y adjudicar un contrato.

Administrar las Adquisiciones - Es el proceso de gestionar las relaciones de adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos, y efectuar cambios y correcciones según sea necesario.

Cerrar las Adquisiciones - Es el proceso de completar cada adquisición para el proyecto.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> (PMBOK)



### **1.3 Contratos.**

Un contrato es el acuerdo vinculante entre comprador y vendedor, el vendedor se obliga a proveer los productos, servicios o resultados, y el comprador se obliga a proporcionar dinero o cualquier otra contraprestación válida.

Un contrato incluye términos y condiciones, aspectos especificados por el comprador, y qué determinan lo que el vendedor debe realizar o entregar.

Un proyecto complejo puede implicar la gestión simultánea o secuencial de múltiples contratos o subcontratos. En tales casos, el ciclo de vida de cada contrato puede finalizar durante cualquier fase del ciclo de vida del proyecto.

La gestión de las adquisiciones del proyecto se aborda dentro de la perspectiva de la relación entre el comprador y el vendedor. La relación comprador-vendedor puede existir a muchos niveles en cualquier proyecto, y entre organizaciones internas y externas a la organización compradora.

Dependiendo del área de aplicación, el vendedor puede ser denominado contratista, subcontratista, proveedor, proveedor de servicios o distribuidor. Dependiendo de la posición del comprador en el ciclo de adquisición del proyecto, éste puede denominarse cliente, contratista principal, contratista, organización compradora, organismo gubernamental, solicitante de servicios o simplemente comprador. Durante el ciclo de vida del contrato, el vendedor puede ser considerado primero licitador, luego la fuente seleccionada y finalmente el proveedor o vendedor contratado.

Es vital asegurarse de que los intereses del propietario y de la empresa se alineen hacia un resultado final satisfactorio.

#### **1.3.1 Tipos de contrato.**

El tipo de contrato que se utilizará al empezar un proyecto, así como los términos y condiciones específicos del contrato, determinan el grado de riesgo asumido por el comprador y el vendedor. 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. Si se prevé utilizar un tipo de contrato diferente al de precio fijo, corresponde al equipo del proyecto justificar su uso.

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.
- **Contratos de precio fijo cerrado.** El tipo de contrato de uso más común es el de precio fijo cerrado. Es el preferido por la mayoría de las



organizaciones dado que el precio de los bienes se fija al comienzo y no está sujeto a cambios, salvo que se modifique el alcance del trabajo. Cualquier aumento de costos por causa de un desempeño adverso es responsabilidad del vendedor, quien está obligado a completar el esfuerzo. En el marco de un contrato de precio fijo cerrado, el comprador debe especificar con precisión el producto o servicios que se adquirirán, y cualquier cambio a las especificaciones de la adquisición puede derivar en un aumento de costos para el comprador.

- **Contratos de precio fijo más honorarios con incentivos.** Este acuerdo de precio fijo confiere cierta flexibilidad al comprador y al vendedor ya que permite desviaciones en el desempeño, con incentivos financieros relacionados con el cumplimiento de las métricas establecidas. Por lo general, estos incentivos financieros se relacionan con los costos, el cronograma o el desempeño técnico del vendedor. Los objetivos de desempeño se establecen al principio, y el precio final del contrato se determina luego de completar todo el trabajo sobre la base del desempeño del vendedor. En los contratos de precio fijo más honorarios con incentivos, se fija un precio tope y todos los costos que superen dicho precio tope son asumidos por el vendedor, quien está obligado a completar el trabajo.
  
- **Contratos de precio fijo con ajuste económico de precio.** Este tipo de contrato se utiliza cuando el período de desempeño del vendedor abarca un período considerable de años, tal como se desea en muchas de las relaciones a largo plazo. Se trata de un contrato de precio fijo pero con una disposición especial que permite ajustes finales predefinidos al precio del contrato debido a cambios en las condiciones, tales como cambios inflacionarios o aumentos (o disminuciones) del costo de las materias primas específicas. La cláusula sobre ajuste económico de



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

precio debe tomar como referencia algún índice financiero confiable, que se utilizará para ajustar con precisión el precio final. Este tipo de contrato procura proteger tanto al comprador como al vendedor de factores externos que están fuera de su control.

- **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, tales como los relativos a los costos, al cronograma o a los objetivos de desempeño técnico. Tres de los tipos de contratos de costos reembolsables utilizados más comunes son los contratos de costo más honorarios fijos, los contratos de costo más honorarios con incentivos y los contratos de costo más honorarios por cumplimiento de objetivos. Un contrato de costos reembolsables proporciona al proyecto flexibilidad para reorientar a un vendedor si el alcance del trabajo no puede definirse con precisión al inicio y requiere modificaciones, o cuando el esfuerzo puede implicar riesgos elevados.
  
- **Contrato de costo más honorarios fijos.** Al vendedor se le reembolsan todos los costos autorizados para realizar el trabajo del contrato, a la vez que recibe el pago de sus honorarios fijos calculados como un porcentaje de los costos del proyecto estimados al inicio. Los honorarios se pagan únicamente por el trabajo completado y no varían en función del desempeño del vendedor. El monto de los honorarios no cambia, a menos que se modifique el alcance del proyecto.



- **Contrato de costo más honorarios con incentivos.** Al vendedor se le reembolsan todos los costos autorizados para realizar el trabajo del contrato, y recibe honorarios con incentivos predeterminados, basados en el logro de objetivos específicos de desempeño establecidos en el contrato. En este tipo de contratos, si los costos finales son inferiores o superiores a los costos originales estimados, entonces el comprador y el vendedor comparten las desviaciones de costos de acuerdo con una fórmula prenegociada. Por ejemplo, un porcentaje de 80/20 por encima o por debajo de los costos objetivo basándose en el desempeño real del vendedor.
  
- **Contrato de costo más honorarios por cumplimiento de objetivos.** Al vendedor se le reembolsan todos los costos legítimos, pero la mayor parte de los honorarios es obtenida basándose sólo en la satisfacción de cierto criterio subjetivo general de desempeño definido e incorporado dentro del contrato. Los honorarios se establecen basándose únicamente en la determinación subjetiva del desempeño del vendedor por parte del comprador y, por lo general, no es sujeto de apelación.
  
- **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. A menudo, se les utiliza para aumentar personal, la adquisición de expertos y cualquier tipo de apoyo externo cuando no es posible establecer con rapidez un enunciado preciso del trabajo.

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. El valor total del acuerdo y la cantidad exacta de elementos por entregar pueden no estar definidos por el comprador en el momento de la adjudicación del contrato. Por lo tanto, los contratos por tiempo y materiales



pueden aumentar en cuanto a su valor contractual como si fueran contratos de costos reembolsables.

Muchas organizaciones requieren que se establezcan valores máximos y plazos límites en todos los contratos por tiempo y materiales para evitar el aumento desmedido de costos. 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. Las tarifas por unidad de mano de obra o de materiales pueden establecerse por anticipado por el comprador y el vendedor, incluyendo las ganancias del vendedor, cuando ambas partes acuerdan los valores para categorías específicas de recursos, tales como tarifas por hora específicas para ingenieros expertos o, en el caso de categorías de materiales, tarifas específicas por unidad.<sup>2</sup>

#### **1.4 Ingeniería de procura.**

La procura es la compra y el traslado de los equipos y materiales que se van a construir o armar para un determinado proyecto.

La ingeniería de procura comprende la especificación del equipo y los materiales de las nuevas instalaciones, así como los trámites para su correspondiente adquisición. La generación de la documentación técnica se establece a partir de la información generada en la ingeniería básica, básica extendida y de detalle.

Dependiendo de la organización que tenga la empresa, esta actividad se lleva a cabo en su totalidad por un departamento especializado o bien la elaboración de las requisiciones para concurso o de compra de materiales que se genera por los diferentes departamentos funcionales y los trámites de adquisición se llevan a cabo por otro departamento.

---

<sup>2</sup> (PMBOK)



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

El departamento encargado de elaborar los trámites de procuración es el de administración de proyectos el cual elabora la gestión de las adquisiciones del proyecto, incluye los procesos de compra o adquisición de los productos, servicios o resultados que es necesario obtener fuera del equipo del proyecto. La organización puede ser la compradora o proveedora de los productos, servicios o resultados de un proyecto.

#### **1.4.1 Plan de procura.**

Planificar las adquisiciones es el proceso que consiste en documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificar la forma de hacerlo e identificar a los proveedores. Saber qué necesidades del proyecto pueden satisfacerse de la mejor manera, mediante la adquisición de productos, servicios o resultados fuera de la organización del proyecto, y qué necesidades del proyecto pueden ser resueltas por el equipo del proyecto.

Este proceso implica determinar si es preciso obtener apoyo externo y, si fuera el caso, qué adquirir, de qué manera, en qué cantidad y cuándo hacerlo. Cuando el proyecto obtiene productos, servicios y resultados necesarios para el desempeño del proyecto fuera de la organización ejecutante, se ejecutan los procesos desde planificar las adquisiciones hasta cerrar las adquisiciones para cada elemento que se va a adquirir.

El proceso planificar las adquisiciones también incluye la consideración de los proveedores, en particular si el comprador desea ejercer algún tipo de influencia o control sobre las decisiones de compra. También se deberá considerar quién es el responsable de obtener o ser titular de permisos y licencias profesionales relevantes que puedan ser exigidos por la legislación, alguna regulación o política de la organización para ejecutar el proyecto.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Los requisitos del cronograma del proyecto influyen directamente en la estrategia de procura durante el proceso de “planificar las adquisiciones”. Las decisiones tomadas durante el desarrollo del plan de gestión de las adquisiciones también pueden influir en el cronograma del proyecto y están integradas con los procesos desarrollar el cronograma, estimar los recursos de las actividades, y las decisiones de hacer o comprar.

El proceso planificar las adquisiciones incluye la consideración de los riesgos derivados de cada decisión de hacer o comprar. Incluye asimismo la revisión del tipo de contrato que se planea utilizar para la mitigación de riesgos, y a veces transferir los riesgos al vendedor.<sup>3</sup>

Tabla 1.1 Proceso típico de contratación de proyectos.

Fase previa a la adjudicación		Fase de adjudicación	Fase posterior a la adjudicación	
Ciclo de requerimiento	Ciclo de requisición	Ciclo de licitación	Ciclo de adjudicación	Ciclo contractual
*Necesidades del proyecto	*Confirmación de especificaciones	*Método de adquisición:	*Selección de contratista o de proveedor	*Gestión del contrato de inicio y cierre:
*Enunciado del trabajo y especificaciones	*Solicitud de requisición a adquisiciones	Concurso Directa	*Negociación de contrato y precio	Cronograma
*Cronograma	*Identificación de proveedores	*Evaluación técnica económica	*Contrato firmado	Informes
*Estimación de costos	*Paquete de requisición	*Análisis de costos		Entregables
*Obtener autorización y aprobación	*Solicitud de cotización, invitación a ofertar	*Selección de ofertas		Facturas/Pagos
				Control de costos
Planear		Efectuar		Administrar

Tomado de: Project Management Institute, Inc, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Cuarta edición

1.4.2 Requisición.

Una requisición es un documento que se utiliza para solicitar al departamento de la empresa que se encarga de realizar las adquisiciones de equipos y

<sup>3</sup> (Rase)



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

materiales, algunos datos que se requiera para realizar sus operaciones. Este documento contiene una especificación detallada con las características que debe de tener el equipo o material requerido y que se expondrá a los posibles proveedores quienes se comprometen a cumplir con cada requerimiento ahí expuesto.

La diferencia con una orden de compra es que está es el establecimiento de la compra, una vez que se ha verificado que el bien o servicio que brindará el proveedor cumple con todo lo expuesto en la requisición correspondiente.

Las requisiciones de compra están generalmente impresas según las especificaciones de cada compañía, la mayor parte de los formatos incluyen:

- Número de requisición
- Nombre del departamento o persona que solicita
- Cantidad de artículos solicitados
- Identificación del número de catálogo
- Descripción del artículo
- Especificaciones y características mínimas requeridas por el usuario
- Si se han realizado cotizaciones sobre la compra, se deben de anexar
- Precio unitario
- Costo de embarque, de manejo, de seguro y costos relacionados
- Costo total de requisición
- Fecha del pedido y fecha de entrega requerida
- Firma autorizada<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> (Rase)



### **1.4.3 Solicitud de cotización.**

Las operaciones reales detalladas de la fase de solicitud de cotización son:

- a) Acumulación de datos en forma de especificaciones, hojas de datos o planos,
- b) Selección de los proveedores a quienes se va a dirigir la solicitud de cotización, y
- c) Captura y envío.

Muchas compañías y firmas de ingeniería tienen formas estándares de solicitud de cotización. Para evitar confusiones, dicha forma en todos los casos debe tener claramente impresa la leyenda: “esta solicitud no es un pedido”.

Cuando procede, se anexa la información complementaria a la solicitud. Se describe el método de cotización y se hacen peticiones de la promesa de fecha de entrega, de las condiciones de pago y de un desglose de precios. Se cita la fecha en que se requiere la cotización y se piden cotizaciones escritas.

Si la procuración está siendo efectuada para el cliente por una firma contratista, se deben acatar los deseos del cliente. De hecho, muchas firmas de proceso proporcionan contratistas con una lista de proveedores aceptables y especifican el número mínimo de solicitudes por formular. Tres cotizaciones es el mínimo usual, puesto que este número asegurará la selección de un proveedor sobre la base de precio, tiempo de entrega y calidad del producto.

### **1.4.4 Cotización.**

El proveedor presenta, de acuerdo al análisis realizado de la requisición, la especificación completa del bien o servicio con el que pretende cumplir el requerimiento.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Esta especificación debe contener: tiempo de entrega del bien o servicios, garantías, precio, características particulares, condiciones especiales de manejo, etc., información que servirá al cliente para evaluar que proveedor le ofrece las mejores condiciones, precios y servicios.

En la forma de cotización se establece la información específica referente al equipo que está cotizando, la cual debe incluir lo siguiente:

- Cantidad y descripción del material o equipo que se está cotizando.

La descripción puede ser breve en especial si se refiere a una especificación que de una descripción completa. Adicionalmente también se anexan litera tura descriptiva y planos, si se considera que así se logra una mejor descripción del renglón considerado.

- Precio.

El precio debe proporcionarse tanto sobre la base de precio unitario (precio por renglón) como sobre la base de precio total (precio por el número total de renglones y también precio por el pedido total).

- Pesos estimados.

Esta información es necesaria para hacer una mejor planeación de los métodos de embarque y comparar diversas propuestas.

- Tipo de cotización.
  - a) Precio firme: el precio cotizado es obligatorio para el proveedor si se acepta dentro de un plazo dado (por lo general 30 días).
  - b) Cláusula de aumento: permiten el ajuste ascendente de precios debido a los incrementos en mano de obra, materiales y transportes que pudieran



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
presentarse entre la fecha de colocación del pedido y la fecha de embarque.

- Descuentos comerciales y descuentos por volumen.

Generalmente se conceden ciertos descuentos por volumen y descuentos aplicables a compradores que han de revender (como los contratistas). El monto del descuento debe darse en la cotización. Cualquier descuento que es tratado por el proveedor con el mayor sigilo, debe ser considerado con recelo.

El uso de descuentos comerciales sobre materiales listados en catálogos es particularmente ventajoso tanto para el proveedor como para el comprador. Una vez al año, o con menor periodicidad, puede imprimirse un catálogo en el cual se dan descripciones completas y los llamados precios de lista (que son precios por encima del precio real de venta, anticipado) para cada renglón. De esta manera, revisando la hoja de descuentos, y no todo el catálogo, el precio real puede ser variado para admitir cambios en los costos.

- Condiciones de pago.

Deben de mencionarse las condiciones de pago, incluyendo el monto del descuento en efectivo.

- Plazo de entrega.

De lo más importante en muchos proyectos de construcción es el plazo esperado de entrega. En todas las cotizaciones debe aparecer la entrega aproximada, generalmente expresada en días, semanas o meses, contados a partir de la fecha de pedido.

En adición a los puntos esenciales anteriores, una cotización debe estar fechada, identificada por algún número y firmada por algún representante autorizado de la compañía. Muchas cotizaciones tienen un espacio para ser



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

firmadas por el comprador, lo cual las convierte en convenios legales de compra. Aunque en términos generales, la mayoría de las empresas prefieren emitir una orden formal de compra.<sup>5</sup>

#### **1.4.5 Comparación de ofertas.**

Después de que las ofertas o cotizaciones han sido recibidas, se puede seleccionar más adecuadamente al proveedor preparando una tabulación y análisis de los diversos factores significativos de cada una cotización. Los factores que deben ser considerados son:

1. Especificaciones
2. Precio y cláusula de aumento
3. Entrega
4. Condiciones de pago
5. Condiciones generales (política)
6. Garantía
7. Fletes
8. Cláusulas laborales
9. Método de embarque

Cuando se hace un análisis detallado y se comparan en una tabulación ordenada las características de oferta de cada proveedor, resultan con bastante claridad las diferencias que pudieran haber quedado ocultas.

Inclusive el precio requiere un estrecho escrutinio. Lo que pudiera parecer un precio bajo, puede, en realidad, ser alto si se compara sobre una base equivalente. Deben considerarse factores tales como costos de embarque, precios fijos o con aumento y para poder compararse cada cotización debe ser ajustada a la misma base.

---

<sup>5</sup> (Rase)



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ciertos pedidos pueden ser adjudicados a una determinada compañía porque, además de ofrecer un buen producto, su servicio técnico, su prontitud en proporcionar planos y su actitud en general de asistencia, contrabalancean sobradamente el ligero costo adicional.

Todas las tabulaciones que requieran un criterio de ingeniería deben ser sometidas a la aprobación del ingeniero de proyecto. El departamento de compras debe ser particularmente cuidadoso en la indicación de todas las condiciones y factores de transporte, y debe señalar las diferencias que al respecto existan. Para facilitar la labor del ingeniero, con la tabulación deben suministrarse copias de las cotizaciones.<sup>6</sup>

#### **1.4.6 Orden de compra.**

Una vez que el proveedor ha sido seleccionado, se emite una orden de compra basada en la cotización que ha resultado vencedora.

En estas formas la información puede estar dividida en tres categorías: encabezado, parte principal y anotaciones estándares impresas.

Encabezado: contiene el nombre y dirección de la compañía y espacios para el nombre y dirección del proveedor, dirección a la que se ha de enviar el embarque e instrucciones relativas, condiciones de pago, fecha de la orden, número de serie de la orden de compra y fecha en que se quiere el material.

Parte principal: la parte principal de la forma, precedida generalmente por una referencia a la cotización del proveedor, contiene el texto de la cantidad, descripción y precio de cada renglón individual. También se anota el precio total de la orden. Si la orden puede ser referida a especificaciones y dibujos, la descripción puede ser breve y las especificaciones y dibujos pueden ser anexados a la orden. Cuando se conoce, se debe anotar el peso aproximado de

---

<sup>6</sup> (M., 1976)



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

cada material o equipo individual, en atención a que esta información con frecuencia resulta de utilidad a receptores de copias de la orden de compra, tales como el departamento de ingeniería.

Anotaciones impresas: anexadas también en la orden de compra, figuran varias notas, términos y condiciones estándares de la orden. Estas anotaciones incluyen instrucciones para el envío de la guía de embarque (recibo de la compañía transportadora), de la lista de empaque (lista de contenido, dimensiones y peso de cada paquete o conjunto de paquetes de embarque), y de la factura (lista de materiales y equipo individuales embarcados, o bajo pedido, en la que se muestran los precios y otros gastos).

Igualmente se proporcionan instrucciones para identificar todos los embarques, cartas y documentos con el número de orden de compra y con el número de partida de equipo. Es muy importante que el proveedor siga estos procedimientos; de lo contrario, se causa un considerable retraso y confusión en la identificación de los materiales.

La forma de la orden de compra debe también incluir todas las anotaciones estándares sobre la política del comprador, impresas directamente en el documento original; de otra manera, se requerirán apéndices o anexos por separado. En la mayoría de las organizaciones de procuración se tienen las siguientes notas estándares.

- **Garantía:** para todo equipo y material comprado debe incluirse algún tipo de cláusula de garantía. Las extensas y elaboradas cláusulas de garantía generalmente requieren correspondencia adicional, con subsecuentes enmiendas o desistimientos. La mejor garantía es siempre la integridad del proveedor. Un proveedor primario (quien recibe el pedido) no garantiza partes manufacturadas de equipo proporcionadas a él por otro fabricante, en mayor grado que el alcanzado por la garantía del otro



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

fabricante. Generalmente, el proveedor primario reconocerá la cláusula de garantía estableciendo que la garantía global está limitada a las garantías de los subproveedores. Sin embargo, por estar en juego su reputación, los fabricantes aceptan una cierta responsabilidad moral sobre cualquier equipo por ellos vendido. De todas formas, en general ningún fabricante aceptará responsabilidad alguna por pérdidas económicas en la producción causadas por fallas de su equipo, y prácticamente todas las garantías se limitan a la sustitución de la parte que falla.

- Inspección: se debe incluir un párrafo que establezca, en efecto, que “todo equipo y material que se surta debe estar sujeto a inspección de taller y de campo por parte del comprador o sus representantes, y el proveedor debe notificar al comprador, con tiempo adecuado de anticipación, la fecha de las visitas de la inspección de taller. Si el comprador no desea inspeccionar determinado equipo, el vendedor debe ser avisado en dicho sentido, pero en el entendimiento de que cualquier exoneración de este tipo sobre la inspección, de ninguna manera releva al fabricante de las responsabilidades expuestas en la cláusula de garantía”.
  
- Calidad: sobre la calidad de los materiales se incluye una declaración de este tipo. “todos los materiales proporcionados o utilizados en la fabricación de los artículos comprados, deben ser nuevos y de primera calidad, y en concordancia exacta con las especificaciones aplicables”.
  
- Cláusulas laborales: existen varias leyes con respecto a la conformidad del cliente con la mano de obra empleada en la construcción de equipos o prácticas discriminatorias.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- Cláusulas de subcontratista: con frecuencia la orden de compra se utiliza como un medio para la colocación de subcontratos. En el subcontrato no es necesario que se repitan las anotaciones estándares que figuran en la orden de compra. En sí misma, la forma del subcontrato constituye legalmente un apéndice o anexo del pedido.
  
- Instrucciones de embarque: los puntos de origen y de destino del material cubierto por la orden de compra, deben ser anotados para usarse tanto por el proveedor como por el comprador. El método de transporte se selecciona, al principio de las negociaciones y debe ser indicado en la orden de compra. Cuando el tiempo es limitado, el comprador puede pedir embarque por camión, express de ferrocarril o aéreo express. Si los métodos de embarque no pueden ser definidos al momento de fincar el pedido, en este se debe incluir la advertencia: “las instrucciones de embarque se remitirán más tarde”. Para equipo grande, el proveedor debe estar informado de los métodos de embarque a manera de poder planear el montaje del equipo por embarcar.
  
- Protección de patente: dado que la ley de patentes mantiene expuestos a una demanda judicial tanto al usuario de un material patentado como al proveedor que a sabiendas o por ignorancia invade la patente, para proteger al comprador en las órdenes de compra, se inserta una cláusula de protección de patente. Esta cláusula estipula que el proveedor compense al comprador, o al último usuario del material, por todos los costos que puedan surgir derivados de las demandas presentadas por la parte reclamante de la invasión de patente.

Muchos otros términos especiales y condiciones peculiares de la transacción particular pueden ser incluidos como parte de la orden de compra. Todas estas anotaciones deben estar claramente redactadas y sobre todo, deben ser las menos posibles. Las cláusulas de protección del comprador deben limitarse a



aquellas que lo protejan contra fraude y contingencias que estén fuera de su control. Ciertamente, nunca se idearán cláusulas tan hábilmente redactadas que protejan contra prácticas que son legales, pero, a pesar de todo, no éticas y perjudiciales. La mejor protección la constituye un fabricante honesto.<sup>7</sup>

#### **1.4.7 Planos certificados.**

Se tienen materiales y equipos básicos que pueden ser comprados sin la preparación de planos, ya sea por el departamento de ingeniería del comprador o bien por el del proveedor. Uno de los objetivos primordiales para la preparación de planos es la de ayudar en la procuración de materiales o equipo proporcionando representaciones concisas y fácilmente entendibles de las condiciones de diseño.

La fase comercial o de compra, y la fase de ingeniería nunca deben de ser separadas completamente. Por lo general, es necesario continuar la participación de ingeniería hasta la fecha de colocación del pedido de equipo especializado de operación, tal como bombas, compresores, generadores de vapor, reactores e instrumentos.

Las especificaciones y planos para equipo de proceso, que constituyen los datos vitales de procuración, deben ser preparados por los grupos de ingeniería. En este trabajo los ingenieros generalmente encuentran la ayuda de los ingenieros de ventas, la cual es muy valiosa en las etapas preliminares de desarrollo de especificaciones. Algunas veces es más práctico, dependiendo del enfoque del proyecto, que los grupos especializados de ingeniería desarrollen el diseño y la selección final del equipo directamente con el proveedor. El departamento de procuración entonces sólo maneja las

---

<sup>7</sup> (M., 1976)



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
operaciones comerciales, trámites de escritorio y trámites normativos finales,  
dado que la cotización habrá sido decidida antes.<sup>8</sup>

#### **1.4.8 Inspección.**

Una fase importante de la procuración para plantas de proceso, es la inspección del equipo durante su fabricación y a la terminación del mismo. La ventajas obtenidas por la compañía compradora mediante un cuidadoso desarrollo de planos y especificaciones, puede perderse por una manufactura descuidada y errores realizados en los talleres del fabricante. Por lo tanto, vale la pena que el comprador envíe a su inspector a la planta del proveedor. El privilegio de inspeccionar el equipo en la planta del proveedor generalmente se obtiene antes de fincar el pedido, y hace figurar en la orden de compra.

La tarea del inspector consiste en presenciar las pruebas efectuadas en equipo mecánico, como bombas, compresores, etc., en observar y aprobar métodos de fabricación de recipientes, tubería y acero estructural, y en fomentar la mejor elaboración del equipo que se está fabricando. Una gran parte del trabajo de un inspector consiste en evitar los errores antes de que ocurran.

Los reportes del inspector son directamente para el departamento de compras. El ingeniero de proyecto debe ser notificado acerca de equipo rechazado, aunque los ajustes son manejados por el departamento de compras. En el caso de equipo como bombas y filtros, algunas veces es posible que el proveedor corrija las fallas en el campo. Para este trabajo, el proveedor envía por cuenta suya, un representante técnico al sitio de la obra.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> (M., 1976)

<sup>9</sup> (M., 1976)



### 1.4.9 Expeditación.

La función primaria de la expeditación es asegurar, en el sitio de la obra y de acuerdo con el calendario del proyecto la entrega de los materiales comprados. Los fabricantes estiman las fechas probables de entrega para el equipo que se va a fabricar en sus talleres, pero estas estimaciones dependen de la pronta entrega de los materiales de sus proveedores, de la eficiente programación de sus trabajos de taller y de la oportuna recepción de los planos enviados por el comprador. El expeditador del comprador, siendo una persona que trabaja tanto con el fabricante como con su propia empresa, puede hacer mucho para lograr que se cumplan las fechas estimadas de entrega.

Las obligaciones de un expeditador son:

1. Acumular datos que puedan afectar la entrega.
2. Anticiparse a los retrasos y a los “cuellos de botella”, y resolver estos directamente con el proveedor.
3. Ayudar al proveedor a obtener prioridades.
4. Ayudar al proveedor en la resolución de sus problemas de procuración.
5. Cambiar los calendarios de entrega cuando sea necesario.
6. Sostener correspondencia con los subproveedores y proveedores del proveedor principal.
7. Estar pendiente de cambios en los calendarios de ingeniería de su propia organización y cuando sea necesario, pasar esta información al proveedor o fabricante.
8. Expeditar en su propia empresa la terminación, dentro de calendario, de planos vitales.

Aunque la entrega a tiempo es esencial, una entrega prematura puede ser desventajosa. Los materiales que se obtienen de línea no deben ser entregados sino hasta que se necesiten o de lo contrario, se requerirán extensas facilidades de almacenamiento.



Un expeditador debe tener un conocimiento práctico de los procedimientos de fabricación, métodos de procuración, fuentes de abastecimiento y prácticas de embarque. Además, debe poder trabajar de manera efectiva con la gente tanto en su empresa como en la del fabricante. Puesto que su obligación primordial es animar a la gente a terminar a tiempo su trabajo, sus acciones deben de ser diplomáticas con objeto de evitar retrasos en los pedidos.<sup>10</sup>

#### **1.4.10 Tipos de adquisiciones.**

Para un proyecto de planta de proceso, la procuración generalmente se hace por los métodos de compra directa (especialidad), por concurso (contrato), o por una combinación de ambos. En la compra por contrato, uno o más compradores son asignados a un proyecto en específico. En la compra por especialidades, cada comprador maneja determinados materiales o equipo con independencia del proyecto para el cual se van a usar. Ambos métodos tienen sus ventajas.

El sistema de compra por especialidades se usa con mayor frecuencia en organizaciones grandes que manejan varios proyectos.

Los compradores por especialidades suelen volverse expertos en el renglón especial al que se dedican, y pueden quedar informados de los cambios en ese campo. El que dicha especialización sea o no necesariamente deseable, o pueda ser utilizada al máximo en provecho de la procuración para el proyecto en construcción, es materia de controversia. Cuando se usa la compra por especialidades uno o más coordinadores del proyecto deben ser designados de manera que la procuración siga un calendario o programa definido.

Si bien un sistema de compra por contrato requiere compradores más versátiles, o más ampliamente experimentados, tiene ciertas ventajas en lo que se refiere a que los compradores toman más interés en el contrato particular y

---

<sup>10</sup> (M., 1976)



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

pueden, así, estar más capacitados para desarrollar esfuerzo de conjunto o trabajo de equipo. Por lo general, la compra por contrato se adapta mucho mejor a la organización más pequeña.

La compra por especialidades es más eficiente cuando la política de la organización permite la sobrecompra. En tales casos, grandes cantidades de un material dado pueden ser compradas con descuentos. Sin embargo, de este método derivarán problemas de sobrantes, a menos que la organización esté preparada para almacenar los materiales en exceso.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> (M., 1976)

### 1.4.11 Proceso a seguir en la compra directa.

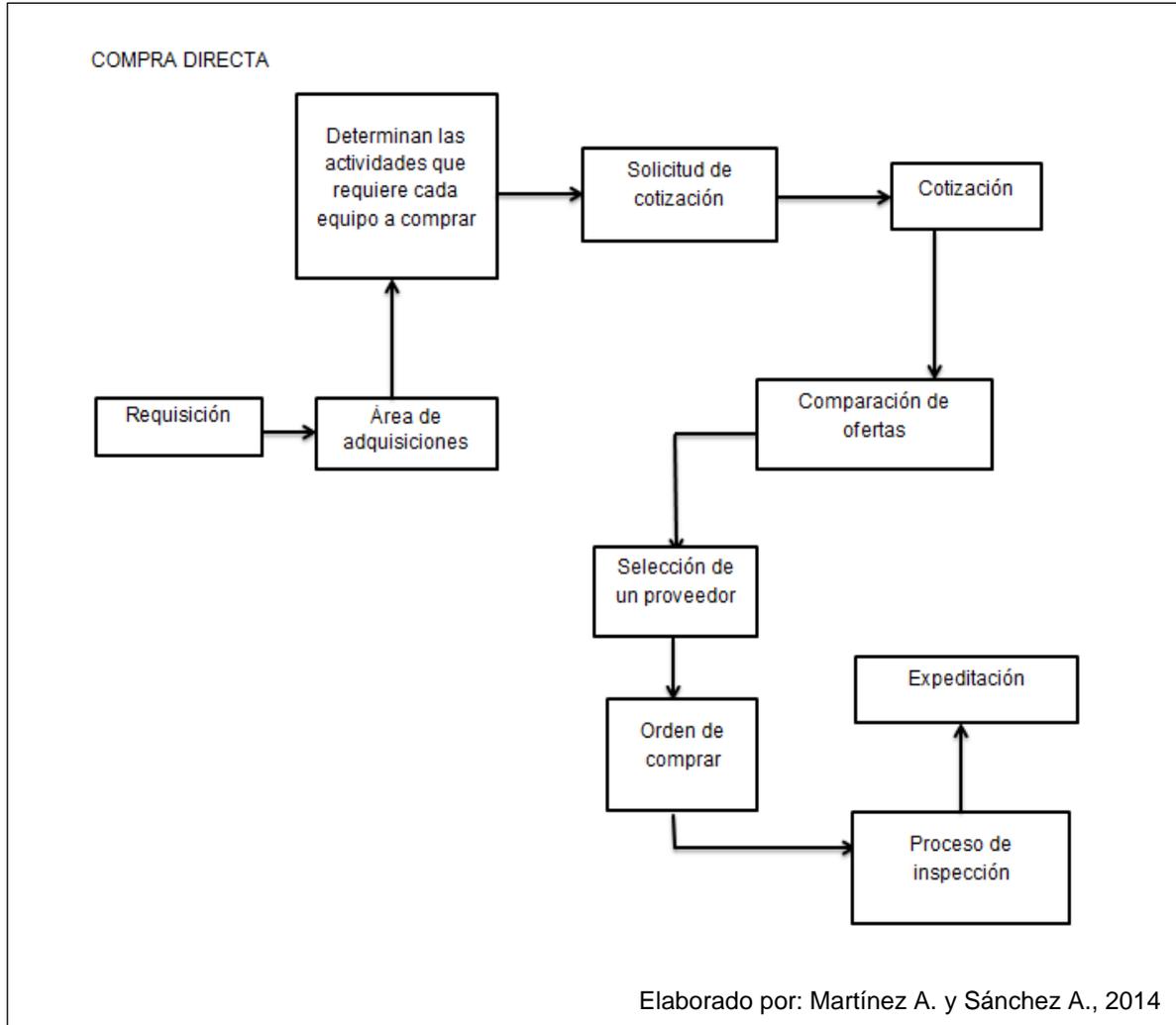


Figura. 1.2 Secuencia lógica en el proceso de compra directa.

### 1.4.12 Proceso a seguir en la compra por concurso.

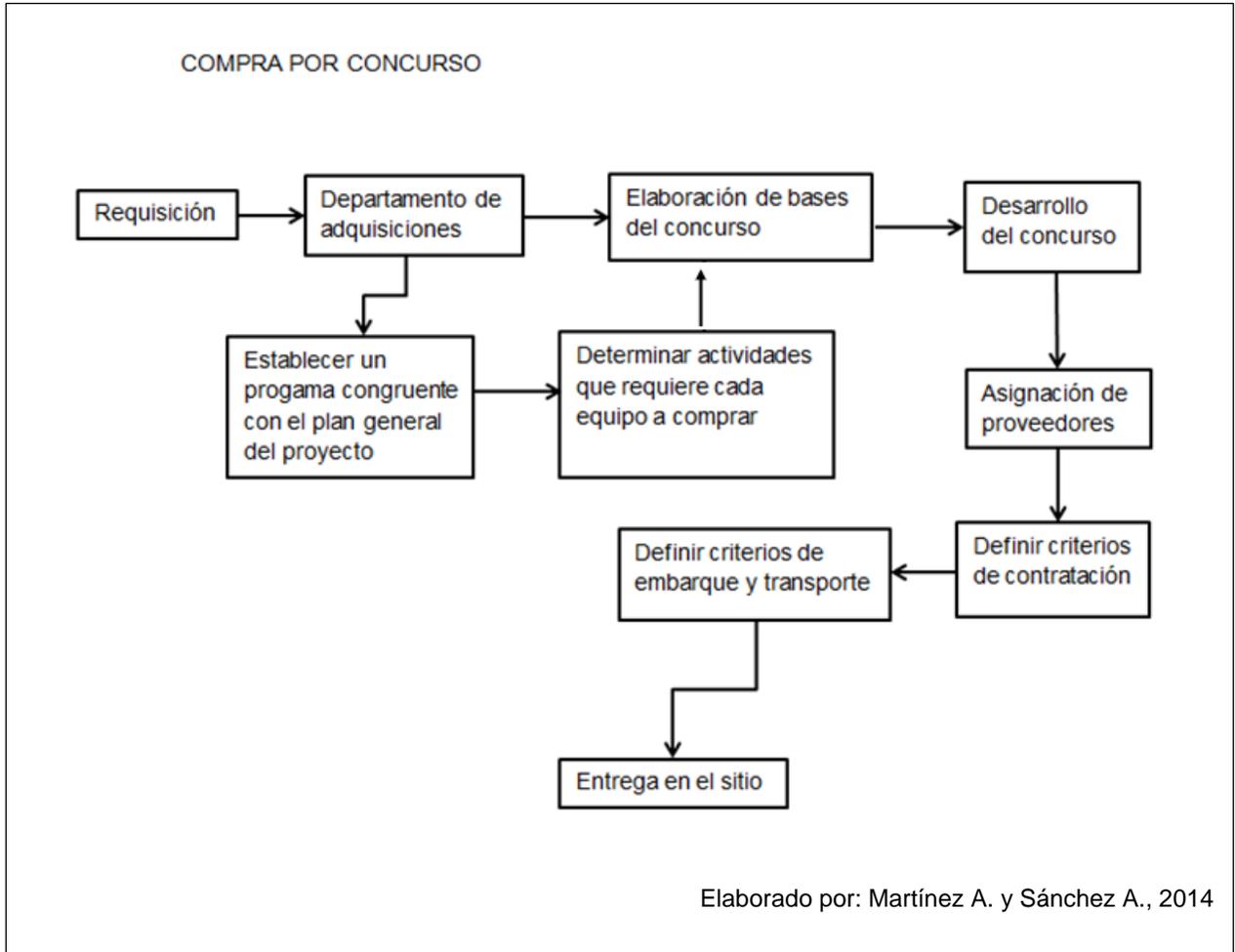


Figura. 1.3 Secuencia lógica en la compra por concurso.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# **CAPÍTULO 2. PROCURA DE EQUIPO PARA GENERACIÓN DEL SERVICIO DE VAPOR EN UNA REFINERÍA.**



## **Capítulo 2. Procura de equipo para generación del servicio de vapor en una refinería.**

### **2.1 Refinería.**

Es un complejo de instalaciones en donde el petróleo crudo se transforma en sus derivados, combustibles, gasolinas, diesel, turbosina, gas LP, principalmente; eliminándoles el azufre y acondicionándolos de acuerdo a las especificaciones nacionales e internacionales en materia ambiental.

En la actualidad no se han desarrollado técnicas para un uso apropiado del petróleo crudo; es por eso que se somete a un proceso de conversión de energía primaria a secundaria denominado refinación; este término se define como el conjunto de procesos que se aplican al petróleo crudo con la finalidad de separar sus componentes útiles y, además adecuar sus características a las necesidades sociales, en cuanto a productos terminados. En estos términos la función de una refinería es transformar el petróleo en productos derivados que satisfagan las necesidades de la sociedad.

La industria de refinación de petróleo encierra una serie de procesos físicos y químicos a los que se somete el petróleo crudo para obtener de él por destilación y transformación química, los diversos hidrocarburos o las familias de hidrocarburos.



Tabla 2.1 Rangos de temperaturas para las fracciones del petróleo crudo.

Fracciones de petróleo crudo	Rango de temperaturas
Butanos y más ligeros	< 32.2°C
Gasolinas	32.2-104.4°C
Naftas	104.4-157.2°C
Kerosenos	157.2-232.2°C
Gasóleos ligeros	232.2-343.3°C
Gasóleos pesados	343.3-426.7°C
Residuo	>426.7°C

Elaborado por: Martínez A. y Sánchez A., 2014

Los procesos que tienen los complejos de refinación en el país son principalmente: destilación atmosférica y al vacío, coquización retardada, hidrodesulfuración de naftas, destilados intermedios y gasóleos, reformación, desintegración catalítica, isomerización de butanos, pentanos y hexanos, alquilación, así también los procesos de soporte para los procesos y tratamientos de productos secundarios y efluentes, tales como, recuperación de aminas, tratamiento de aguas amargas, regeneración de aminas, generación y purificación de hidrógeno, desfuegos. Asimismo, se tienen las instalaciones para generación, tratamiento, distribución, recuperación de los servicios auxiliares requeridos en los procesos, tales como, agua de proceso, agua de enfriamiento, vapor, condensados, gas combustible, drenajes, agua contra incendio, energía eléctrica, principalmente.

A continuación se muestra un diagrama con las principales plantas de proceso con las que cuenta una refinería:

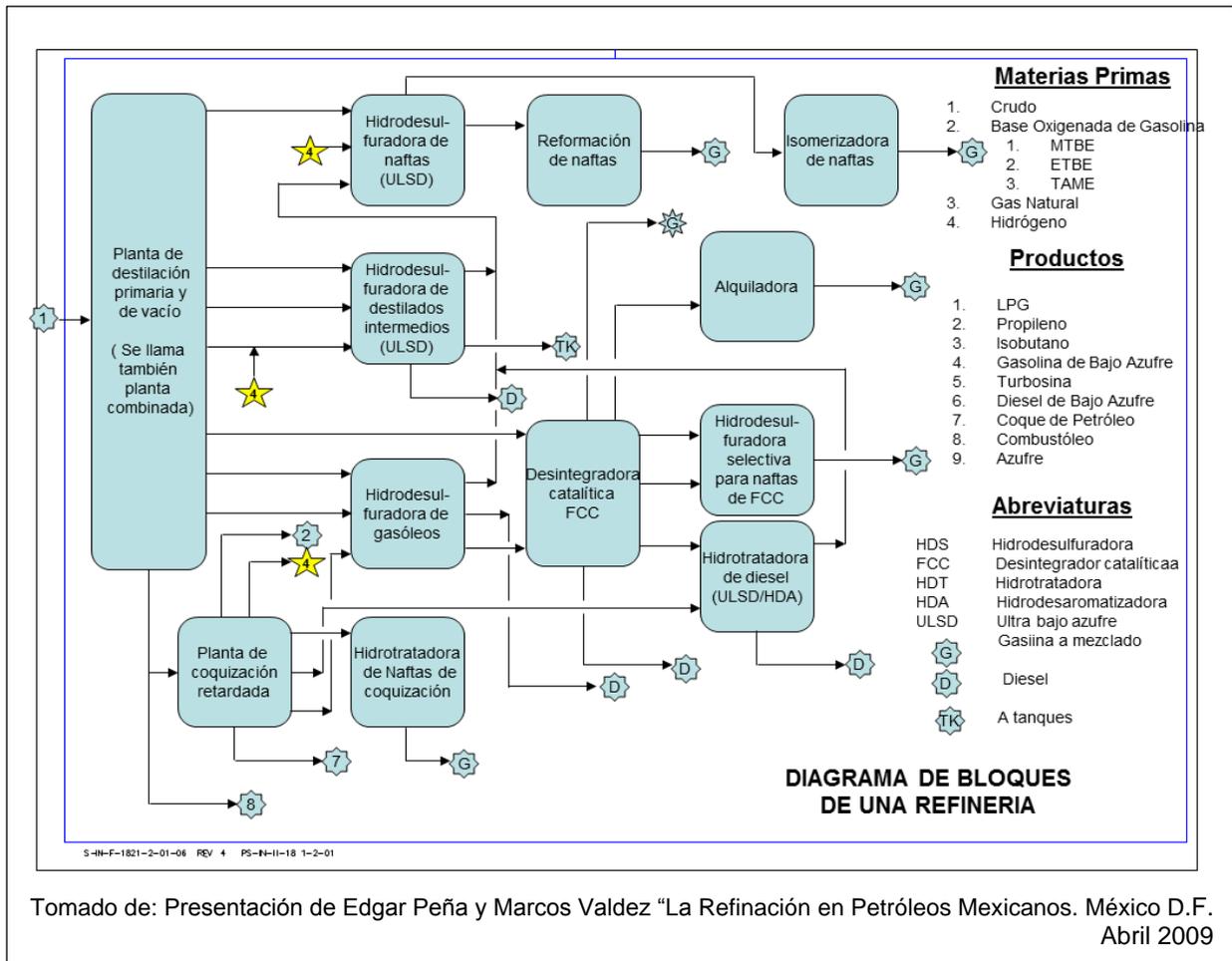


Figura. 2.1. Diagrama de bloques de una refinería.

### 2.1.1 Descripción de las plantas que conforman una refinería.

Cada refinería posee su propio y único esquema del proceso, el cual está determinado por el equipo disponible, costes de operación y demanda del producto. El modelo óptimo de flujo para una refinería viene dictaminado por consideraciones económicas, y no hay dos refinerías que sean idénticas en sus operaciones. A continuación se describirán las principales plantas que tienen en común la mayoría de las refinerías en el mundo y sus respectivas características.



- Destilación atmosférica  
Consiste en la separación de la mezcla de hidrocarburos líquidos en componentes más específicos, mediante la aplicación de calor hasta lograr vaporizar cada componente, aprovechando que cada uno de ellos posee diferente punto de ebullición.
- Destilación al vacío  
Proceso intermedio para extraer, del residuo atmosférico, el gasóleo usado como carga a las plantas de desintegración catalítica FCC, así como las fracciones para elaboración de aceites lubricantes.
- Desintegración catalítica  
Proceso que consiste en descomponer las moléculas de hidrocarburos más grandes, pesadas o complejas, en moléculas más ligeras y simples. Se lleva a cabo mediante la aplicación de calor y presión y, mediante el uso de catalizadores (térmica). La utilización de este proceso permite incrementar el rendimiento de gasolina y de otros productos importantes que tienen aplicaciones diversas en la industria del petróleo.
- Hidrotratamiento  
Proceso cuyo objetivo es estabilizar catalíticamente los petrolíferos, además de eliminar los componentes contaminantes que contienen, haciéndolos reaccionar con hidrógeno a temperaturas comprendidas entre 315 y 430°C a presión es que varían de 7 a 210 kg/cm<sup>2</sup>, en presencia de catalizadores diversos.
- Reducción de viscosidad  
Proceso empleado en la refinación de petróleo para obtener hidrocarburos de bajo peso molecular tales como gases, gasolina, gasóleos y residuo de baja viscosidad, a partir de residuos de vacío de alta viscosidad.
- Coquización



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Equipo instalado en una línea de conducción de gas para incrementar la presión y garantizar el flujo de fluido a través de la tubería.

- Alquilación

Los procesos de alquilación comprenden la combinación de una olefina con un hidrocarburo parafínico o aromático, en presencia de un catalizador. El proceso involucra la unión de propileno o butilenos con isobutano, en presencia de ácido fluorhídrico o sulfúrico como catalizador, para formar una isoparafina denominada alquilado ligero.

- Reformación

Proceso que mejora la calidad antidetonante de fracciones de la gasolina modificando la estructura molecular. Cuando se lleva a efecto mediante calor, se le conoce como reformación térmica y como reformación catalítica, cuando se le asiste mediante un catalizador.

- Isomerización

Proceso mediante el cual se altera el arreglo fundamental de los átomos de una molécula sin adherir o sustraer nada de la molécula original.

- TAME y MTBE

Oxigenantes que se utilizan como aditivo para incrementar el octanaje en la gasolina, y su utilización depende de la legislación (ambiental) con relación a la composición y calidad de las gasolinas.

### **2.1.2 Requerimientos de servicios auxiliares para la operación de las plantas.**

Las plantas de tipo industrial requieren de servicios de enfriamiento, diferentes calidades de agua, energía eléctrica, aire de planta e instrumentos, combustibles, vapor de diferentes niveles de presión y calidades, y en algunos casos, gas inerte así como el almacenamiento, tratamiento de efluentes, drenajes y sistemas de desfogue (Ver anexo B).



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Por lo general los procesos industriales utilizan grandes cantidades de energía, agua y combustible, por lo que el costo y la disponibilidad de estos servicios es muy importante, así como la continuidad del servicio.

Los servicios auxiliares son aquellos fluidos y dispositivos generados dentro o fuera de la planta y que se aplican a un proceso para:

- operación normal
- una emergencia
- de arranque y paro
- de mantenimiento

Los servicios auxiliares se clasifican en:

Servicios Primarios.- Se caracterizan por ser vitales para la operación de la planta de proceso.

- Agua
- Vapor
- Combustible
- Electricidad
- Aire
- Gas inerte
- Drenaje
- Comunicaciones

En las refinerías, en los centros de procesamiento de gas y en los complejos petroquímicos se cuenta con instalaciones para generar los servicios auxiliares que requieren los procesos. Generalmente se cuenta con sistemas de acondicionamiento de agua, calderas de generación de vapor de alta presión, turbogeneradores de vapor o de gas, subestación eléctrica, torres de enfriamiento y, si es necesario, sistemas de enfriamiento a base de refrigerantes. En lo posible se mantiene cierta integración de procesos de generación de servicios, de manera que la eficiencia global sea la más



adecuada, pero manteniendo siempre la confiabilidad y flexibilidad requerida por el sistema.

## 2.2 Uso del vapor.

El uso del vapor de agua es uno de los servicios más comunes y empleados en la industria, que se utiliza para proporcionar energía térmica a los procesos de transformación de materiales a productos, por lo que la eficiencia del sistema para generarlo, la distribución adecuada y el control de su consumo, tendrán un gran impacto en la eficiencia total de la planta. Esta situación se refleja en los costos de producción del vapor y, en consecuencia, en la competitividad y sustentabilidad de la empresa.

El vapor de agua se utiliza principalmente en la operación de las máquinas de vapor, en especial en las turbinas de las plantas de generación de energía eléctrica.

### Usos industriales

La producción de vapor a partir la combustión de combustibles fósiles se utiliza en todo tipo de industrias de transformación de materias primas y en las centrales termoeléctricas. Como medio de transferencia de calor existen multitudes de industrias:

- Petroquímica
- Farmacéutica
- Naval
- Papelera
- Tabacalera
- Bebidas
- Servicios
- Química
- Metalúrgica
- Textil
- Cervecera
- Alimentación
- Caucho



El vapor de agua se emplea en diversas aplicaciones, tales como:

- Refinación del petróleo y en la industria química a gran escala.
- Elaboración de bebidas (cerveza, jugos de frutas, etc.).
- Pasteurización la leche.
- Todo tipo de esterilización en hospitales y clínicas.
- Destilación de los productos de recuperación de las tintas de imprenta.
- Humidificación del aire.
- Deshidratación de cereales.
- Acondicionamiento de gases, etc.

El vapor debe estar disponible en el punto de uso satisfaciendo los siguientes factores:

- Cantidad suficiente
- Presión y temperatura correcta
- Libre de aire y gases incondensables
- Limpio
- sobrecalentado

### 2.2.1 Tipos de vapor usados en la planta.

Si es agua es calentada más por sobre su punto de ebullición, esta se convierte en vapor, o agua en estado gaseoso. Sin embargo, no todo el vapor es el mismo. Las propiedades del vapor varían de gran forma dependiendo de la presión y la temperatura la cual está sujeta.

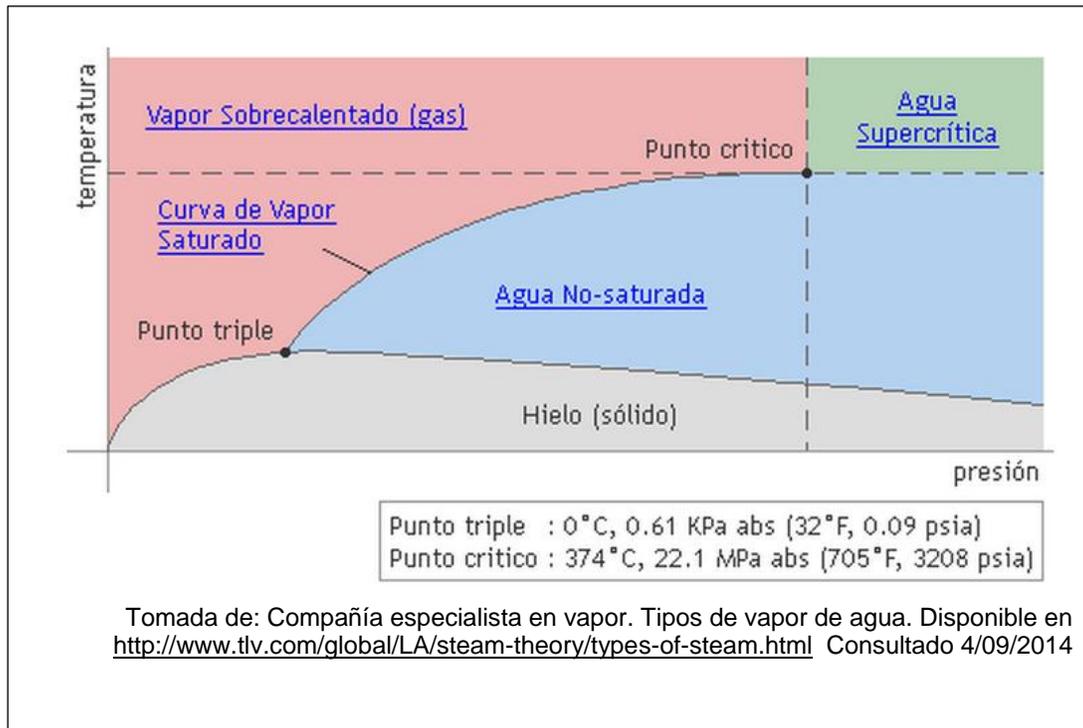


Figura. 2.2 Relación presión-temperatura del agua y vapor

Los resultados del vapor saturado cuando el agua es calentada al punto de ebullición (calor sensible) y después evaporada con calor adicional (calor latente). Si este vapor es posteriormente calentado por arriba del punto de saturación, se convierte en vapor sobrecalentado (calor sensible).



## Vapor saturado

Como se indica en la línea negra en la parte superior de la figura 2.2, el vapor saturado se presenta a presiones y temperaturas en las cuales el vapor y el agua pueden coexistir juntos. En otras palabras, esto ocurre cuando el rango de vaporización del agua es igual al rango de condensación.

Ventajas de usar vapor saturado para calentamiento.

El vapor saturado tiene varias propiedades que lo hacen una gran fuente de calor, particularmente a temperaturas de 100 °C (212°F) y más elevadas.

Propiedad	Ventaja
Calentamiento equilibrado a través de la transferencia de calor latente y rapidez	Mejora la productividad y la calidad del producto
La presión puede controlar la temperatura	La temperatura puede establecerse rápida y precisamente
Elevado coeficiente de transferencia de calor	Área de transferencia de calor requerida es menor, permitiendo la reducción del costo inicial del equipo
Se origina del agua	Limpio, seguro y de bajo costo

Algunas de estas son:

## Vapor húmedo

Esta es la forma más común da vapor que se pueda experimentar en plantas. Cuando el vapor se genera utilizando una caldera, generalmente contiene humedad proveniente de las partículas de agua no vaporizadas las cuales son arrastradas hacia las líneas de distribución de vapor. Incluso las mejores calderas pueden descargar vapor conteniendo de un 3% a un 5% de humedad. Al momento en el que el agua se aproxima a un estado de saturación y comienza a evaporarse, normalmente, una pequeña porción de agua



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

generalmente en la forma de gotas, es arrastrada en el flujo de vapor y arrastrada a los puntos de distribución. Este uno de los puntos claves del porque la separación es usada para remover el condensado de la línea de distribución.

### Vapor sobrecalentado

El vapor sobrecalentado se crea por el sobrecalentamiento del vapor saturado o húmedo para alcanzar un punto mayor al de saturación. Esto quiere decir que es un vapor que contiene mayor temperatura y menor densidad que el vapor saturado en una misma presión. El vapor sobrecalentado es usado principalmente para el movimiento-impulso de aplicaciones como lo son las turbinas, y normalmente no es usado para las aplicaciones de transferencia de calor.

Ventajas de usar vapor sobrecalentado para impulsar turbinas:

- Para mantener la sequedad del vapor para equipos impulsados por vapor, para los que su rendimiento se ve afectado por la presencia de condensado.
- Para mejorar la eficiencia térmica y capacidad laboral.

Es ventajoso tanto como para suministro así como para la descarga de vapor mientras que se encuentre en el estado de sobrecalentamiento ya que el condensado no se generará dentro del equipo impulsado por vapor durante una operación normal, minimizando así el riesgo a daños ocasionados por la erosión o la erosión ácido carbónica. Además, como la eficiencia térmica teórica de la turbina es calculada del valor de la entalpía a la entrada y a la salida de la turbina, incrementando el grado de sobrecalentamiento así como la presión incrementa la entalpía a la entrada de la turbina, y es por lo tanto efectiva al mejorar la eficiencia térmica.



Desventajas de usar el vapor sobrecalentado para calentamiento:

Propiedad	Desventaja
Bajo coeficiente de transferencia de calor	Reduce la productividad
	Se requiere un superficie mayor para la transferencia de calor
Temperatura variable aun a una presión constante	El vapor sobrecalentado requiere mantener una velocidad elevada, de lo contrario la temperatura disminuirá ya que se perderá el calor del sistema
Calor sensible utilizado para la transferencia de calor	Las caídas de temperatura pueden tener un impacto negativo en la calidad del producto
La temperatura podría ser extremadamente elevada	Se podrían requerir materiales más fuertes para la construcción de equipos, requiriendo un mayor costo inicial.

### 2.2.2 Principios termodinámicos del vapor.

Punto triple: punto crítico

Si para una sustancia dada se trazan en un mismo plano P, T las tres curvas  $P=f(T)$  de fusión, vaporización, y sublimación (paso directo del estado sólido al estado de vapor), estas tres curvas se cruzan necesariamente en un mismo punto T, llamado punto triple:

La curva de vaporización (2) termina en las temperaturas altas en el punto k, y en las temperaturas bajas en el punto T. representan propiedades físicas de una sustancia pura. Por tanto, por encima el punto K, el paso del estado líquido al estado vapor o viceversa, ocurre de manera continua.

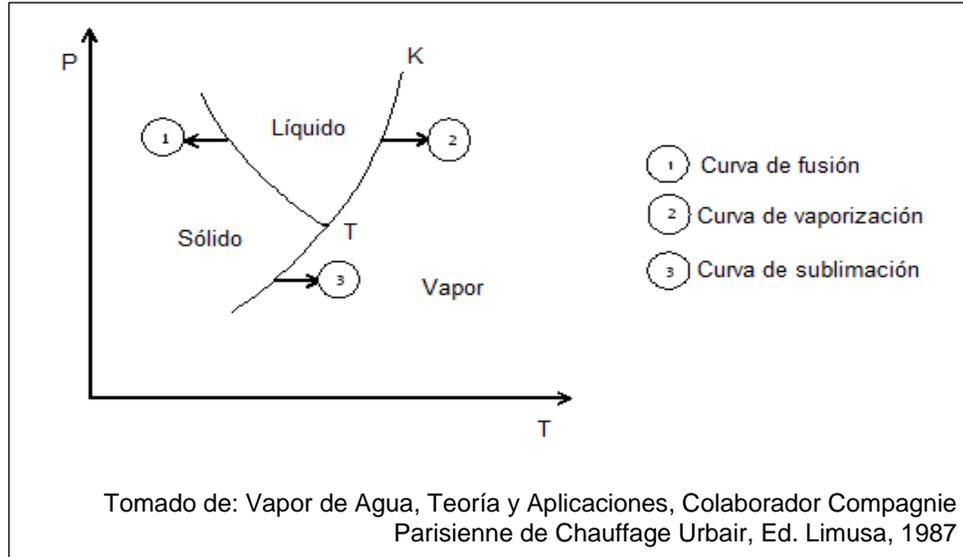


Figura. 2.3. Diagrama de fases del agua.

### Diagrama de Clapeyron

El estado de un gas, y por consiguiente el de vapor, está determinado por tres variables de estado:

- presión (P)
- temperatura (T)
- volumen (V)

Estas variables son nuevamente relacionadas entre sí por una ecuación llamada ecuación de estado.

$$f(P, T, V) = 0$$

Si el gas se puede comparar a un gas perfecto, la relación entre las tres variables resulta:

$$PV = nRt$$

El conocimiento de dos de las variables permite determinar la tercera.

Para seguir el proceso de la evolución del gas, es conveniente utilizar una gráfica (P, V) que tiene:



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- en las abscisas: el volumen
- en las ordenadas: la presión

Las curvas obtenidas con la presentación (P, V) son isotérmicas. Así, a un punto M de coordenadas ( $P_M$ ,  $V_M$ ), situado sobre una curva isotérmica, corresponde una temperatura  $T_2$ .

A una gráfica de este tipo se le conoce como gráfica de Clapeyron. Una transformación isobárica está presentada por una recta paralela al eje de presiones y una transformación isocórica por una recta paralela al eje de los volúmenes.

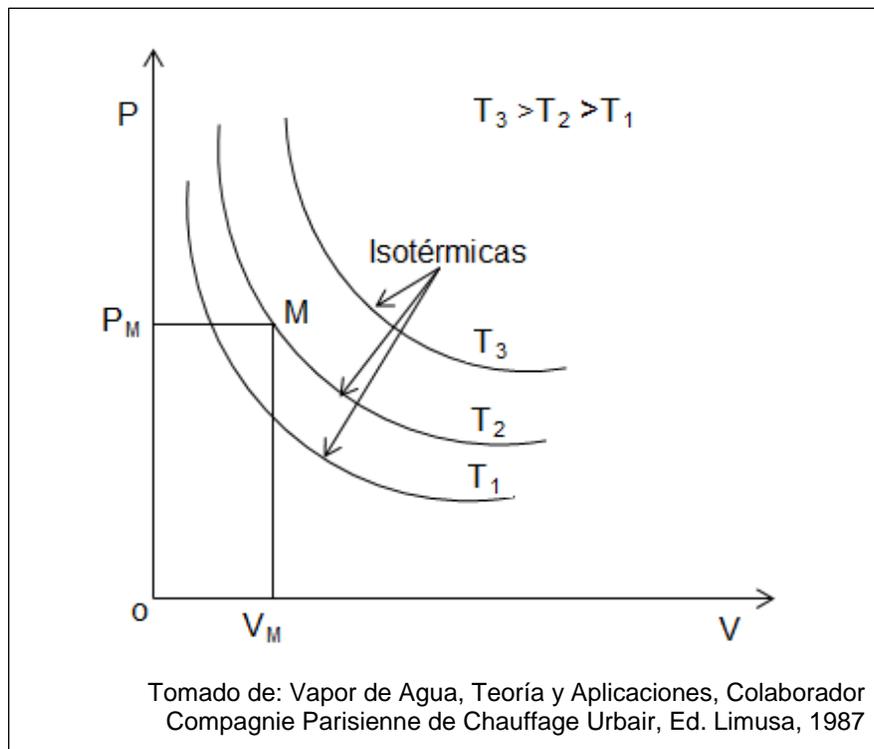


Figura. 2.4. Gráfica de Clapeyron.

Representación del estado de una mezcla de agua y vapor

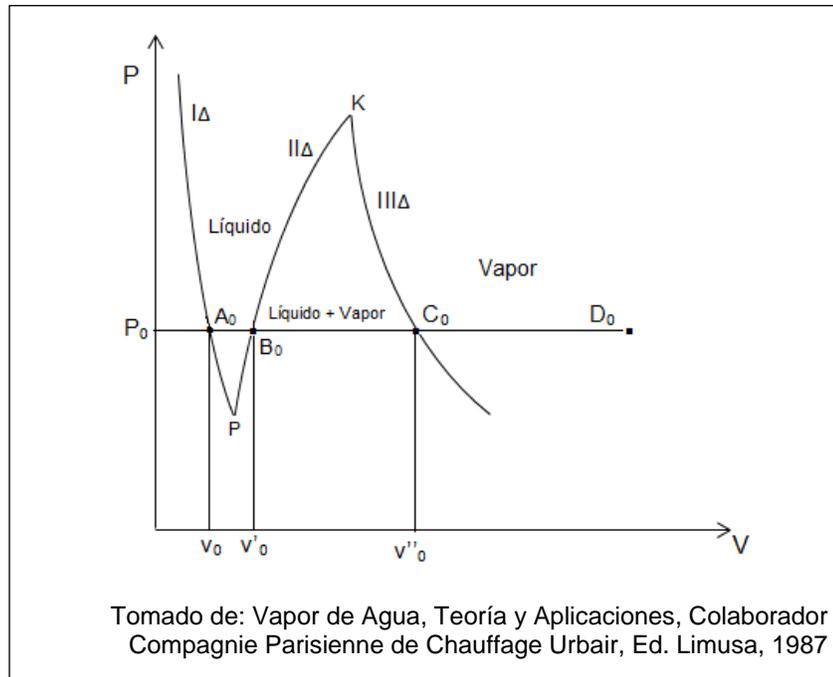


Figura. 2.5. Representación del estado de una mezcla de agua y vapor.

El diagrama de la figura 2.5 posee tres secciones distintas, denominadas I, II, y III.

La sección II y III se conocen por el nombre de curvas de saturación:

- la sección II se denomina curva de ebullición y
- la sección III lleva el nombre de curva de condensación.

La sección I, que representa la variación del volumen específico del agua a 0°C en función de la presión, no tiene una denominación especial.

Considérese una masa de 1kg de agua a 0°C, y bajo una presión  $P_0$ . El volumen específico en estas condiciones es  $v_0$ .

Llámesese  $A_0$  al punto representativo de dicho estado sobre el diagrama de equilibrio.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Si se aumenta la temperatura de esta masa de agua manteniendo constante la presión ( $P_0$ ), el volumen empieza a disminuir hasta que la temperatura llegue a  $+4^\circ\text{C}$ . A continuación, si se sigue calentando el agua, el volumen aumenta como sucede con los otros líquidos.

Cuando la temperatura alcanza cierto valor,  $T_e$ , temperatura de ebullición, el agua empieza a hervir y se evapora. La temperatura de la mezcla agua-vapor permanece sin cambio ( $T_e$ ) hasta que el agua se transforme totalmente el vapor.

-la recta  $A_0 B_0$  representa el calentamiento del agua de 0 a  $T_e$  a la presión constante  $P_0$ .

-la recta  $B_0 C_0$  representa la vaporación del agua a  $T_e$ , a la presión constante  $P_0$ .  $B_0 C_0$  representa un paso del proceso de vaporación isotérmico e isobárico.

Por lo tanto, entre estos puntos  $B_0$  y  $C_0$  se tiene una mezcla de agua más vapor, o sea vapor húmedo.

En el punto  $C_0$  se tiene un vapor saturado seco. Si se continua calentando el vapor más allá de  $T_e$ , siempre manteniendo la presión constante, se obtiene vapor sobrecalentado (punto  $D_0$ ). El tramo  $C_0 D_0$  ya no es un isoterma puesto que la temperatura aumenta en el transcurso del sobrecalentamiento.

El vapor saturado seco está en un estado inestable puesto que la menor disminución del calor provoca la aparición del agua.

Las secciones II y III se encuentran en un punto  $K$  llamado punto crítico. Más allá de la temperatura crítica, el vapor sólo puede ser sobrecalentado.

### Calidad de una mezcla de agua y vapor

En la gráfica de equilibrio (figura 2.5) en coordenadas  $P, V$ , a cada punto comprendido entre curvas de equilibrio (II) y de condensación (III), corresponde una mezcla de agua + vapor. El porcentaje de vapor contenido de la mezcla, se conoce como calidad del vapor, definido de la manera siguiente:

La calidad  $x$  de una mezcla de agua-vapor es la relación entre la masa del vapor contenida en la mezcla y la masa total (agua-vapor) de dicha mezcla.



Considerando  $m_{vap}$  a la masa del vapor y  $m_{agua}$  a la masa del agua:<sup>12</sup>

$$x = \frac{m_{vap}}{m_{vap} + m_{agua}}$$

### 2.2.3 Sistemas de generación de vapor.

El término “caldera” se aplica para:

- 1) Generación de vapor para electricidad, para proceso, en un circuito de calentamiento (sistemas de cogeneración). ó
- 2) Calentamiento de agua (sin vaporización) para diversos usos (sistemas de atemperación de agua).

Actualmente el término de generador de vapor está siendo utilizado para reemplazar la denominación de caldera, e indica al conjunto de equipos compuestos por: horno, cámaras de agua (o evaporador), quemadores, sobrecalentadores, recalentadores, economizador y precalentador de aire. Las calderas son dispositivos de ingeniería diseñados para generar vapor saturado (vapor a punto de condensarse) debido a una transferencia de calor, proveniente de la transformación de la energía química del combustible mediante la combustión, en energía utilizable (calor), y transferirla al fluido de trabajo (agua en estado líquido), el cual la absorbe y cambia de fase (se convierte en vapor). El término de caldera ha sido por mucho tiempo utilizado y los dos términos se usan indistintamente. Es común la confusión entre los términos de caldera y generador de vapor, pero la diferencia es que el segundo genera vapor sobrecalentado (vapor seco) y el otro genera vapor saturado (vapor húmedo).<sup>13</sup>

<sup>12</sup> (Urbair, Vapor de Agua, Teoría y Aplicaciones, 1987)

<sup>13</sup> (Néstor, 1996)



El funcionamiento del generador de vapor.

El agua se impulsa al generador de vapor mediante la bomba de alimentación, la que la hace circular de forma forzada por el economizador; éste es un equipo formado por bancadas de tubos interconectados mediante colectores o cabezales, por dentro de los tubos circula el agua y por fuera los gases calientes. La función del economizador es calentar el agua, generalmente hasta una temperatura inferior a la de saturación correspondiente a la presión a la que se encuentra el agua; esto se hace con el objetivo de que el agua no entre fría al domo y evitar contracciones que pueden provocar rotura. El agua entra al domo después de salir del economizador; en él se produce la separación del vapor y el agua, el agua que entra al domo sale de éste por los tubos llamados descendentes que alimentan los colectores inferiores de las paredes de agua; éstos son tubos que cubren la mayor parte de la superficie interior del horno, por los tubos circula el aire y por y por fuera están los gases calientes y las llamas, éstas transfieren a los tubos una gran cantidad de calor por radiación y por convección; se forma entonces en el interior del de los tubos una mezcla de vapor y agua que asciende por la pared de tubos producto a la disminución de su densidad. Las paredes de agua tienen colectores en su parte superior, a través de los cuales se descarga la mezcla agua-vapor al domo. En el domo, el vapor se separa del agua acumulándose en la parte superior de donde es extraído para ir a los sobrecalentadores, los sobrecalentadores de vapor tienen la función de hacer que el vapor adquiera una temperatura superior a la de saturación, correspondiente a la presión a que se encuentran, para que salga del generador con mayor entalpía. El agua que no pasó a vapor va de nuevo a los tubos descendentes y se repite el ciclo.

En una caldera se fijan tres objetivos principales:

- Generar vapor para industrias y uso general
- La mayor eficacia energética posible

- Una operación viable y segura

### Componentes de la caldera

Un generador de vapor se compone de 2 partes principales: el hogar, que proporciona el calor, y la caldera, en la cual el calor se transmite al agua en circulación para formar vapor.

1. Alimentación de la caldera.
2. Salida de vapor
3. Domo de lodos
4. Domo de vapor
5. Cavity del horno
6. Tubos de ascenso de vapor
7. Tubos de descenso de agua
8. Purga

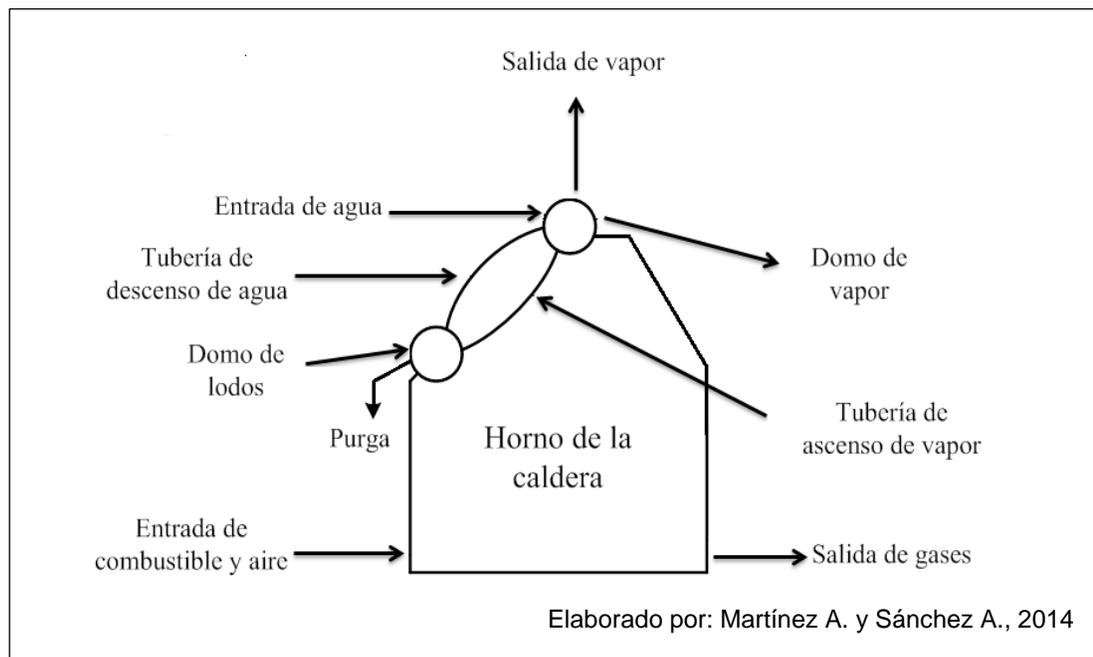


Figura.2.6 Componentes de una caldera.

Una caldera es a menudo el equipo más grande que se encuentra en un circuito de vapor. Su tamaño puede depender de la aplicación en la que se usa. En una instalación grande, donde existen cargas de vapor variables, pueden usarse varias calderas.

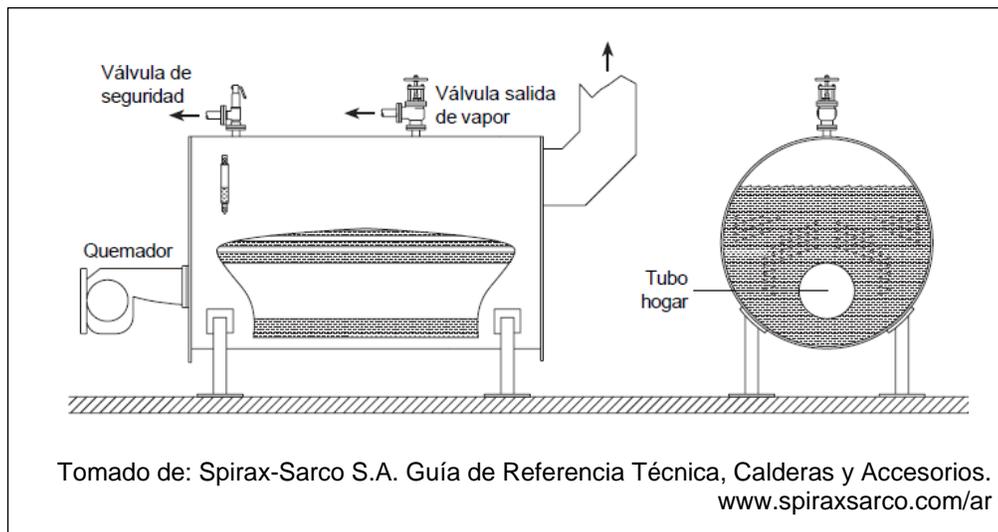


Figura. 2.7. Generador de Vapor vista lateral (caldera típica).

Clasificación de los generadores de vapor.

Los sistemas generadores de vapor pueden clasificarse según los siguientes criterios:

- 1) Disposición de los fluidos
  - a) Tubos de humo (pirotubulares).
  - b) Tubos de agua (acuotubulares).
    - b.1) tubos rectos horizontales.
    - b.2) tubos inclinados.
  - c) Eléctricos.
  - d) Reactores nucleares.
- 2) Circulación de los fluidos
  - a) Circulación natural.



- b) Circulación asistida.
- c) Circulación forzada (positiva).
- 3) Transmisión de calor
  - a) Convección.
  - b) Radiación.
  - c) Convección y Radiación.
  - d) Electrodo.
- 4) Combustible
  - a) Carbón (parrilla mecánica o carbón pulverizado).
  - b) Combustibles líquidos.
  - c) Combustibles gaseosos.
  - d) Combustibles (licor negro, bagazo, madera, etc.)
  - e) Combustibles radiactivos (reactores nucleares).
  - f) Recuperación de calor de gases de proceso (con o sin combustión).
- 5) Presión de trabajo
  - a) Subcrítica.
    - a.1) baja presión  $p < 20 \text{ Kg/cm}^2$
    - a.2) media presión  $20 < p < 64 \text{ Kg/cm}^2$
    - a.3) alta presión  $p > 64 \text{ kg/cm}^2$
  - b) Supercríticos.
  - c) Tiro.
- 6) Materiales
  - a) Acero (al carbón, inoxidable, aleados).
  - b) Fierro fundido.
  - c) Cobre.
- 7) Tipo de combustión
  - a) Fuego directo (por quemado de combustible).
  - b) Fuego indirecto (otra forma ajena a la combustión).
- 8) Posición del quemador
  - a) Quemador interno (localizado dentro de la caldera).



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- b) Quemador externo (localizado fuera o debajo de la caldera).
- 9) Tipo de quemador
  - a) Scotch
  - b) Dutch oven
  - c) Abierto
  - d) Cerrado
- 10) Forma y posición de los tubos
  - a) Forma:
    - a.1) rectos.
    - a.2) inclinados.
    - a.3) rectos e inclinados.
    - a.4) sinuosos.
  - b) Posición:
    - b.1) inclinados horizontales.
    - b.2) inclinados vertical.
- 11) Sistema de apoyo
  - a) Generadores apoyados.
  - b) Generadores suspendidos.
- 12) Lugar de montaje
  - a) Montados en taller.
  - b) Montados en sitio.
- 13) Implantación
  - a) Terrestres.
  - b) Marítimos.
- 14) Ubicación
  - a) Intemperie.
  - b) Protegidos.
- 15) Operación
  - a) Automáticos.
  - b) Semiautomáticos.



c) Operación manual.

Los factores que intervienen en la selección del tipo y tamaño de una caldera, son:

- 1.- Presión, potencia evaporada y carga
- 2.- agua de alimentación
- 3.- combustible y tiro
- 4.- conservación y funcionamiento

Presión, potencia y carga.

La mayoría de las calderas pequeñas están marcadas para una presión de 7 kg/cm<sup>2</sup> o menor, cierto número de ellas llegarán a los 10 Kg/cm<sup>2</sup> y relativamente pocas hasta 18 Kg/cm<sup>2</sup>.

Todos los tipos de calderas con capacidades de hasta 4500 Kg de vapor por hora se construyeron normalmente para presiones de trabajo hasta 7 Kg/cm<sup>2</sup>; muchas pueden, si es necesario, construirse como calderas cilíndricas hasta para 14 Kg/cm<sup>2</sup>, pero si requieren presiones mayores, entonces no hay más remedio que considerar el tipo de caldera de tubos de agua. La presión límite de las calderas cilíndricas se encuentra en los 18 Kg/cm<sup>2</sup>.

La capacidad, potencia o producción de una caldera se expresa por el número de kilogramos por hora de agua a 100°C que puede ser convertida en vapor saturado a 100°C (evaporación de 100 a 100°C) consumiendo combustible de determinado poder calorífico. La evaporación real de toda caldera durante cierto periodo dependerá del peso de combustible consumido y del poder calorífico del mismo, de la temperatura del agua de alimentación y del rendimiento térmico.

El consumo de combustible será proporcional a la superficie de parrilla o de cámara de combustión y a la intensidad del tiro. El poder calorífico del



combustible se determinará por la proporción y las propiedades de sus elementos. La temperatura del agua de alimentación dependerá del uso de economizador o calentador de agua, y el rendimiento térmico variará con las características de la caldera y con las condiciones de trabajo.

La cuestión de la carga fluctuante puede afectar al tipo de caldera. Con carga permanente, es decir, con fluctuación no superior al 25% de la carga normal durante periodos cortos, cualquier tipo de caldera puede usarse, pero si las fluctuaciones son amplias, entonces deben tomarse en consideración el volumen del agua de la caldera. Por esta razón es tan frecuentemente seleccionada la caldera de tambor o de cuerpo cilíndrico.<sup>14</sup>

Agua de alimentación.

Todas las aguas naturales contienen impurezas indeseables para las calderas, y por esta razón el tipo seleccionado debe ser considerado juntamente con la cuestión del tratamiento de agua. El efecto perjudicial de las sales formadoras de incrustaciones, particularmente para la caldera de alta presión y gran producción, es sobradamente conocida, aunque el aumento del consumo de combustible por la presión de incrustaciones suele con frecuencia exagerarse. Los resultados económicos del tratamiento del agua para una instalación pequeña son con frecuencia difíciles de calcular, en particular si la proporción de impurezas es variable y comparativamente baja. Cualquier tipo de caldera producirá más vapor y dará mayor rendimiento térmico si la alimentación, en lugar de hacerla con agua impura, se practica con agua corregida. El análisis de agua disponible para la alimentación debe preceder a la selección del tipo de caldera; si se decide que la naturaleza o la cantidad de las impurezas exigen la corrección del agua, el modelo de caldera a elegir no vendrá ya afectado por las condiciones de la alimentación, pero si renuncia, por razones de presupuesto, a

---

<sup>14</sup> (Néstor, 1996)



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
la corrección del agua, deberá elegirse un tipo de caldera de gran volumen de agua y con las mayores facilidades de acceso para su limpieza.<sup>15</sup>

#### Combustible y tiro.

La clase y la calidad del combustible disponible influirán en el tamaño o en la producción de la caldera y puede también afectar al tipo de la misma.

El consumo horario de combustible dependerá de la intensidad del tiro; el máximo con tiro natural viene a ser de 120 Kg por metro cuadrado de parrilla, y con tiro artificial de unos 170 Kg. El consumo más económico de combustible para un tiro dado dependerá del tamaño y de la calidad del combustible, y de la relación entre la superficie de parrilla y la superficie de calefacción. Combustibles como el fuel-oil, el coque y los menudos de coque pueden ser consumidos eficientemente por cualquier tipo de caldera. El aserrín, la leña, los residuos vegetales y otros combustibles de desecho pueden requerir hogares y cámaras de combustión de diseño especial, y cuando la clase de combustible a quemar es conocida, debe tenerse muy en cuenta para seleccionar la caldera.<sup>16</sup>

#### Conservación y funcionamiento.

La vida de una caldera industrial trabajando en su producción normal suele estimarse, por lo general, en veinte años; muchas dan servicio satisfactorio después de treinta años y algunas se encuentran en buenas condiciones de trabajo tras mayores tiempos. El deterioro de todos los tipos depende de su constante y razonable consumo horario de combustible, del uso de adecuada agua de alimentación, de la limpieza y de la corrección de los defectos en cuanto se presenten. Con buenos materiales, idónea mano de obra y un elevado factor de seguridad, la conservación de una caldera en estado eficiente consiste principalmente en mantener limpias sus superficies internas y externas. Las condiciones de funcionamiento de los diversos tipos de caldera no varían

---

<sup>15</sup> (Pull.E)

<sup>16</sup> (Pull.E)



mucho de unos a otros, si son similares los hogares y el sistema de tiro, aunque la manipulación de las cenizas es más favorable en los tipos de tubos de agua.

Se conoce varios tipos de generadores de vapor:

- Caldera de tubos de humo
- Calderas de tubos de agua
- Calderas eléctricas
- Calderas de hierro fundido
- Calderas de circulación positiva
- Calderas de calor residual (Waste Heat Boilers)<sup>17</sup>

Caldera de tubos de humo.

Este tipo de caldera consiste en recipientes cilíndricos que tiene tubos que pasan a lo largo y que son rolados a los cabezales de estos recipientes. El haz de tubos generalmente es horizontal, y la parte superior del recipiente no tiene tubos. El principal mecanismo de transferencia de calor es de convección y, en segundo término, el de radiación. La caldera de tubos de humo raras veces exceden a los 8ft de diámetro y la presión de vapor se limita de 100 a 150 lb/in<sup>2</sup>. Estos sistemas generadores de vapor de humo se usan para demandas de baja capacidad; generalmente 15,000 a 20,000 lb/hr de vapor para uso ya sea industrial, de proceso o doméstico, y para la generación de potencia en pequeñas escala como las locomotoras, no se recomiendan las calderas de este tipo para la alimentación de turbinas, así como tampoco como medio de calentamiento. La eficiencia de este tipo de caldera oscila entre el rango del 81 al 86%. Los combustibles de que se provee este tipo de calderas puede ser carbón, petróleo o gases y, en algunos casos, combustibles tales como la madera, lodos secos, etc. El costo de una caldera de tubos de humos es

---

<sup>17</sup> (Néstor, 1996)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
relativamente bajo, también posee facilidad e limpieza. No son apropiadas para el manejo de altas cantidades de vapor ni para presiones mayores de 250 lb/in<sup>2</sup>.

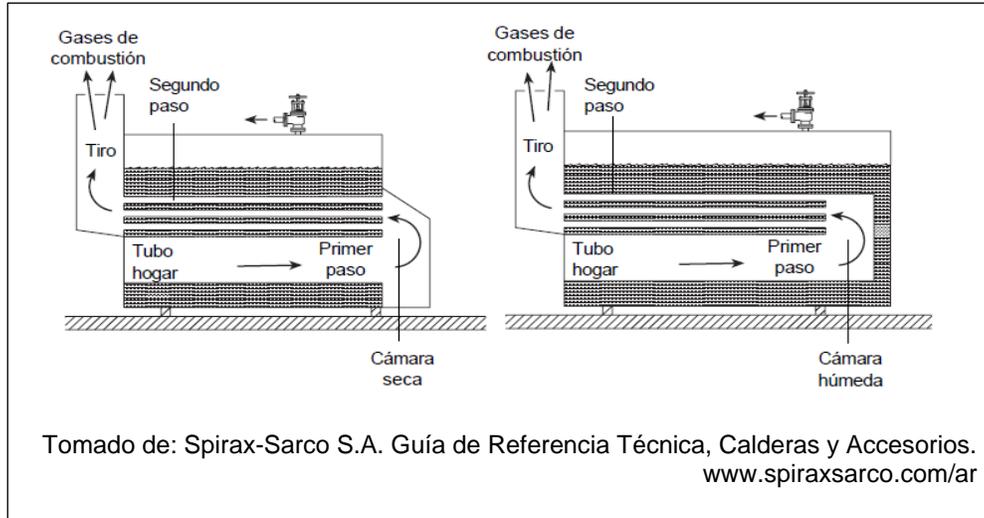


Fig.2.8 Calderas con cámara seca

Fig.2.8a Calderas con cámara húmeda

### Calderas de tubos de agua.

Las calderas de tubos de agua, como lo indica su nombre, tiene agua dentro de los tubos. La combustión puede realizarse con carbón pulverizado, coque, gas o petróleo, que proveen la energía de los tubos. La transferencia de calor que se efectúa mediante el arreglo de flujo de los gases de combustión es la convección, principalmente. Pueden construirse para resistir altas presiones. La caldera tiene circulación natural de agua. Las eficiencias de calderas con este tipo de arreglo se encuentran entre el 80 y 87%.

Las calderas de acero de tubos de agua son usadas casi exclusivamente para presiones mayores de 150 lb/in<sup>2</sup> man y capacidades mayores de 15,000 lbs/hr de vapor. Se construyen en tamaños que van desde 10 hasta 500 MBTU/hr.

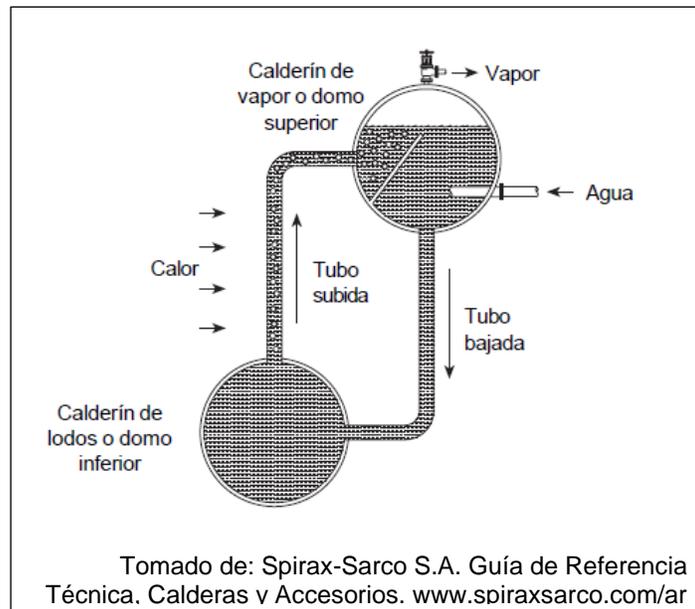


Figura. 2.9 Configuración de caldera acuotubular.

### Calderas eléctricas.

Estas calderas utilizan electricidad como fuente de energía. Comparadas con las unidades que utilizan combustibles fósiles, su costo es elevado. Las calderas están disponibles en tamaños arriba de 150,000 lbs/hr de vapor a presiones de 450 lb/in<sup>2</sup> man y aún mayores.

El principio de funcionamiento de las calderas eléctricas es que poseen electrodos que están rodeados por un cilindro de agua que actúa como el medio conductor de flujo de la corriente eléctrica. <sup>18</sup>

### Calderas de hierro fundido.

Este tipo de caldera encuentra su aplicación en sistemas de calentamiento de baja presión (15 lbs/in<sup>2</sup> man. para vapor de 30 lbs/in<sup>2</sup> man. para agua caliente, con raras excepciones a 40 lbs/in<sup>2</sup>), la cual es requerida para residencias,

<sup>18</sup> (Néstor, 1996)



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
instituciones, edificios habitacionales, edificios comerciales y pocas instalaciones de uso industrial.

Casi cualquier tipo de combustión automática puede ser usada en este tipo de calderas.

Calderas de circulación positiva.

Las calderas de circulación positiva o forzada utilizan una bomba externa para introducir el agua a través de los circuitos de la caldera, independientemente de la circulación natural que se presenta en ella. Cuando menos, un fabricante de este tipo de generadores de vapor recomienda su uso para presiones de 1800 lbs/in<sup>2</sup> man. Otros afirman que la circulación natural es económicamente justificable para presiones arriba de 2700 lbs/in<sup>2</sup> man., excepto bajo circunstancias especiales. Otros recomiendan la circulación forzada para presiones arriba de 2300 lbs/in<sup>2</sup> man. <sup>19</sup>

Calderas de calor residual (Waste Heat Boilers).

La selección de este tipo de calderas está basada sobre las siguientes consideraciones:

- 1) Naturaleza química, temperatura y corrosividad de los gases.
- 2) Cantidades de los polvos contaminantes.
- 3) Tiro disponible.
- 4) Ubicación deseada de la salida del combustible.
- 5) Condiciones de salida de los gases.
- 6) Espacio disponible.
- 7) Requerimientos especiales para arranque, precalentamiento, uso de combustible por emergencia, condiciones de estabilización de la combustión o capacidad adicional.
- 8) Otros requerimientos especiales de los procesos industriales.

---

<sup>19</sup> (Néstor, 1996)



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

En general la capacidad de la caldera está limitada por la máxima pérdida del tiro disponible, la cual es generalmente de 1 a 4 in columna de agua. Algunas calderas de diesel de deshecho tienen pérdidas en la chimenea de 6 in columna de agua con muy pequeños tubos de caldera. Se pueden conseguir eficiencias del 60 al 70% con el uso de economizadores.<sup>20</sup>

Factores controlantes de la eficiencia de los sistemas generados de vapor.

Los factores que afectan la eficiencia de una caldera pueden ser resumidos en los siguientes:

- 1) Exceso de aires de combustión.
- 2) Temperatura de agua de alimentación.
- 3) Temperatura de gases de combustión.
- 4) Tipo y composición del combustible.
- 5) Vapor de agua en los gases de combustión.
- 6) Combustión incompleta.
- 7) Pérdidas de radiación.
- 8) Incrustación de sales en el área de transferencia.
- 9) Velocidad de la combustión.
- 10) Purga.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> (Néstor, 1996)

<sup>21</sup> (Pull.E)

## 2.2.4 Descripción del sistema de generación y distribución del vapor.

La figura 2.10 muestra un sistema de generación y distribución de vapor, cuyas partes principales se describen a continuación.

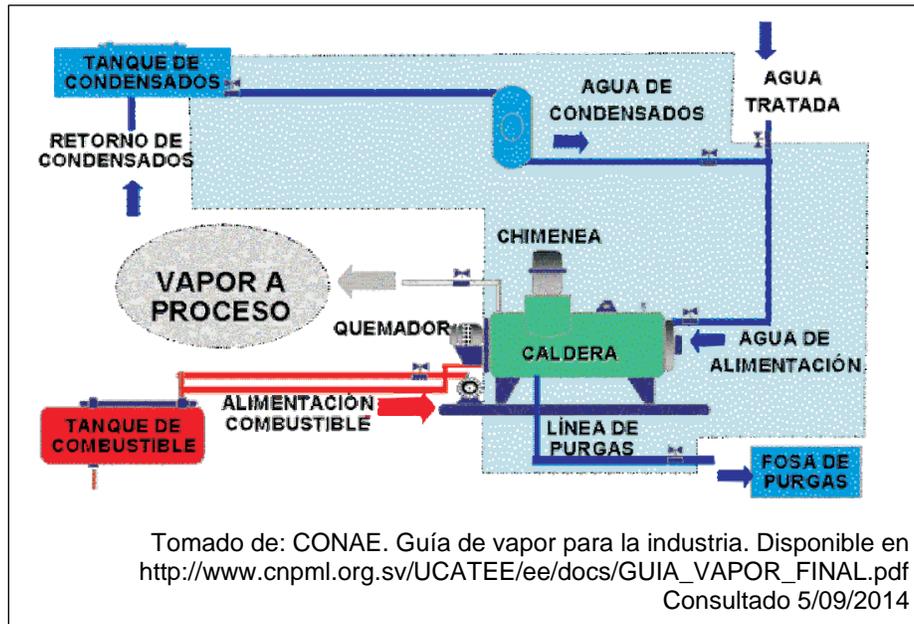


Figura 2.10 Sistema de generación y distribución del vapor.

Sistema de alimentación y tratamiento del agua para la caldera:

Conformado por equipo, tubería y accesorios que permiten el suministro del agua bajo condiciones adecuadas al sistema de vapor.

Sistema de distribución del vapor:

Serie de tubos denominados "cabezales y ramales de vapor", que permite llevar el vapor a los puntos donde el proceso lo requiere, con la calidad y en la cantidad demandada.

Sistema de retorno de condensados:

Serie de tubos denominados "cabezales y ramales de condensado", que regresan parte del agua que se ha condensado en el proceso. Esta agua, de



gran valor por su pureza, se retorna al sistema de generación de vapor con un previo tratamiento. Es muy recomendable la instalación de este sistema, ya que permite recuperar la mayor cantidad posible de condensados.

Operar adecuadamente el sistema de alimentación de agua:

El agua alimentada en el sistema de vapor tiene que ser transportada, desde su punto de suministro o almacenamiento, hasta el interior de la caldera, pasando a través de los economizadores, mediante un sistema de bombeo.

Por lo general, se utiliza un mínimo de dos bombas de alimentación, dependiendo del grado de confiabilidad para mantener la caldera trabajando en caso de falla del suministro de agua. El hecho de disponer de dos bombas permite realizar trabajos de reparación y mantenimiento en una de ellas, mientras que la otra continúa suministrando el agua necesaria para la operación de la caldera.

Cuando se utilizan turbinas de vapor para suministrar el agua de alimentación, se recomienda regular al mínimo requerido la presión de su descarga.

Dar tratamiento al agua de alimentación y agua retornada (condensado):

Es recomendable dar diversos tratamientos al agua antes de introducirla al sistema de generación y distribución de vapor. Se citan los más importantes.

- En el agua cruda, que forma parte de la alimentación a la caldera, deben eliminarse los sólidos en suspensión, reducir “la dureza” (provocada por las sales de calcio, magnesio y silicio) y eliminar otras impurezas solubles.
- Aplicar productos químicos, para eliminar el oxígeno disuelto en el agua y controlar su grado de acidez.
- Purgar adecuadamente la caldera, para limitar la concentración de impurezas del agua en la caldera; En calderas tipo tubos de agua



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
(acuotubulares), la concentración de impurezas debe controlarse purgado desde el domo de vapor. Es preferible realizar purgas continuas.

Dar tratamiento a los condensados que retornan.

Tome en cuenta algunas recomendaciones:

- Adicione productos químicos para controlar el grado de acidez.
- Elimine el oxígeno de los condensados a través de un deaerador, antes de que vuelvan a entrar junto con el agua de reposición, al sistema de agua de alimentación.
- Reduzca el venteo en el deaerador a menos del 0,1% del flujo de agua o menos del 0,5% del flujo de vapor (esta recomendación dependerá del tamaño del sistema de vapor y condensado, así como de la capacidad demandada por el proceso).
- Retorne todos los condensados posibles al sistema de agua de alimentación.

### 2.3 Selección del generador de vapor.

Tabla. 2.2 Rango de operación de generación de vapor \*

Equipo generador de vapor	Rango de capacidad continua lb de vapor por hora				Rango de presión de diseño (lb/in <sup>2</sup> )	Temperatura de vapor (°F)
	1000 a 15000	15000 a 35000	35000 a 150000	150000 a 1000000		
Caldera de tobos de humo	✓	---	---	---	Hasta 250	Hasta 150 de sobrecalentamiento
Caldera de 3 tambores de cabeza bajo	✓	✓	---	---	Hasta 400	Hasta 150 de sobrecalentamiento
Caldera vertical de 2 tambores, tipo unitario	✓	✓	✓	✓ †	Hasta 1000	Hasta 900



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Caldera vertical de 3 o 4 tambores	---	✓	✓	✓	Hasta 1500	Hasta 925
Caldera de cabezal seccional	---	✓	✓	---	Hasta 2000	Hasta 900
Caldera especial, tipo servicio termoeléctrico	---	---	---	✓	Hasta 2500	Hasta 1050 ~
Caldera de circulación forzada controlada ‡	✓	✓	✓	✓	Hasta aproximadamente 3000	Hasta 1050 ~
<p>* Reimpreso con autorización, Combustion Engineering, Combustion Engineering-Superheater, Inc. (1947). † Hasta aproximadamente 225 000 lb/hr con carbón y 300 000 lb/hr con aceite o gas. ‡ Las calderas de circulación forzada controlada se diseñan en varios tipos y tamaños para el rango completo de capacidades. ~ Máxima actualmente utilizada. Se dispone de diseños y materiales para mayores temperaturas.</p>						
Tomado de: E.PULL, Calderas de Vapor; selección, funcionamiento y conservación de las calderas de vapor y de su equipo auxiliar. 3ª edición, Ed. Gustavo Gili						

La selección del generador de vapor y la presión de generador depende de un estudio de los requerimientos de la planta y de los costos de operación. Aunque la eficiencia en el generador de vapor es de primordial importancia en la operación de una planta de servicio público, el costo inicial o la flexibilidad pueden ser las consideraciones más importantes para una planta de proceso.

### 2.3.1 Especificaciones del Sistema de Generación de Vapor.

Las especificaciones técnicas indispensables que requiere el sistema de generación de vapor para iniciar las operaciones de procuración, deben contener los datos necesarios para el diseño mecánico o especificación de los equipos involucrados en el proceso. Consiste fundamentalmente en datos de flujos, condiciones de entrada y salida, propiedades del fluido manejado, recomendaciones de los materiales de construcción, recubrimientos, corrosión permisible, especificación de requerimiento de relevado de esfuerzos, capacidad, condiciones de diseño,



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
dibujos esquemáticos con las dimensiones principales y caída de presión máxima permisible.

Consideraciones que debe tomar el contratista para el diseño básico.

-Sistema de desfogue.

El contratista debe indicar, basándose en el proceso, los diferentes tipos de desfogue requerido, resultado de los estudios correspondientes, indicando el espacio requerido para su instalación dentro de los límites de batería.

-Contribución de Pemex Refinación.

Pemex Refinación contestará a solicitud del contratista un cuestionario que permita complementar las bases de usuario del proyecto, en donde se indique toda la información adicional requerida para la ejecución de la ingeniería básica. Pemex Refinación proporcionara los datos básicos de diseño solicitados en el cuestionario mencionado, siendo responsabilidad del contratista verificar toda la información de diseño básico junto con Pemex Refinación antes de proceder con la ingeniería básica.

-Contenido del paquete de ingeniería básica para el proyecto.

El paquete de Ingeniería Básica debe estar formado por lo menos de los siguientes documentos que se describen a continuación, pudiéndose especificar más documentos, si así se considera conveniente:

- 1.- Bases de diseño.
- 2.- Descripción del proceso.
- 3.- Lista de equipo.
- 4.- Balance de materia y energía.
- 5.- Información complementaria (datos de proceso para diseño de tubería e instrumentos).



- 6.-Requerimientos de servicios auxiliares, y especificación de efluentes.
- 7.- Diagramas de flujo de proceso.
- 8.- Hojas de datos de equipos de proceso.
- 9.- Diagramas de tubería e instrumentos de proceso.
- 10.- Lista de líneas de proceso y servicio.
- 11.- Plano preliminar de localización general de equipo.
- 12.- Especificaciones de tuberías.
- 13.- Índice de instrumentos.
- 14.- Diagramas funcionales de instrumentación.
- 14.- Hojas de datos de los instrumentos.
- 15.- Hojas de especificación de instrumentos.
- 16.- Hojas de datos de válvulas de seguridad.
- 17.- Hojas de datos de válvulas de control.
- 18.- Lazos de control.
- 19.- Diagramas lógicos de control.
- 20.- Lista de equipo de seguridad.
- 21.- Consideraciones de seguridad.
- 22.- Filosofías básicas de operación.
- 23.- Manual de operación.
- 24.- Plano de notas generales, leyendas y símbolos.
- 25.- Especificaciones generales y prácticas de ingeniería.
- 26.- Prediseños de cuarto de control satélite, caseta para analizadores y cobertizos para instrumentación de campo.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# **CAPÍTULO 3. MARCO NORMATIVO.**



### Capítulo 3. Marco Normativo.

#### 3.1 Ley de Obras Públicas y los Servicios Relacionados con las Mismas y Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

En la tabla 3.1 mostramos las leyes federales que presentan el marco jurídico que se debe aplicar cuando se lleva a cabo algún proyecto que implique comprar, ampliar, instalar, construir, etc., como es el caso de este proyecto. Para mayor información consultar los documentos originales.

Tabla. 3.1. Ley de obra pública y ley de adquisiciones.

Documento	Objetivo	Aplicación	Excepciones	Ver referencia
Ley de Obras Públicas y los Servicios Relacionados con las Mismas	Regular las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, contratación, gasto, ejecución y control de las obras públicas, así como los servicios relacionados con las mismas que realicen las dependencias y entidades de la administración pública federal y en su caso las que efectúen las entidades federativas con recursos federales.	Para los efectos de esta ley, se consideran obras públicas los trabajos que tengan por objeto construir, instalar, ampliar, adecuar, remodelar, restaurar, conservar, mantener, modificar y demoler bienes inmuebles.	Los contratos que celebren las dependencias con las entidades, o entre entidades y los actos jurídicos que se celebren entre dependencias, o bien, los que se lleven a cabo entre alguna dependencia o entidad de la administración pública federal con alguna perteneciente a la administración pública de una entidad federativa, no estarán dentro del ámbito de aplicación de esta ley.	-Cámara de diputados. Ley de Obras Públicas y los Servicios Relacionados con las Mismas (en línea). Disponible en <a href="http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/laa_ssp.htm">http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/laa_ssp.htm</a> Consultado 4/09/2014
Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público	Regular las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, contratación, gasto y control de las adquisiciones y arrendamientos de bienes muebles, y la prestación de servicios, de cualquier naturaleza que realicen las dependencias y entidades de la administración pública federal, y en su caso las que efectúen las entidades federativas con recursos federales.		Los contratos que celebren las dependencias con las entidades, o entre entidades, y los actos jurídicos que se celebren entre dependencias, o bien los que se lleven a cabo entre alguna dependencia o entidad de la administración pública federal con alguna perteneciente a la administración pública de una entidad federativa, no estarán dentro del ámbito de aplicación de esta Ley; no obstante, dichos actos quedarán sujetos a este	-Cámara de diputados. Ley de Obras Públicas y los Servicios Relacionados con las Mismas (en línea). Disponible en <a href="http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lop_srm.htm">http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lop_srm.htm</a> Consultado 4/09/2014



---

---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

			ordenamiento, cuando la dependencia o entidad obligada a entregar el bien o prestar el servicio, no tenga capacidad para hacerlo por sí misma y contrate un tercero para su realización.	
--	--	--	--	--

### 3.2 Regulaciones Particulares.

Estas deberán actualizarse a las vigentes al momento de la licitación.

NOM-020-STPS-2012: Recipientes sujetos a presión y calderas – Funcionamiento – Condiciones de seguridad.

Establecer los requisitos de seguridad para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas en los centros de trabajo, a fin de prevenir riesgos a los trabajadores y daños en las instalaciones.

La presente Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en donde funcionen recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas.

La presente Norma Oficial Mexicana no aplica para los equipos siguientes:

- a) Campanas de buceo;
- b) Campanas o cámaras hiperbáricas;
- c) Recipientes utilizados como extintores;
- d) Contenedores que trabajen a presión atmosférica;
- e) Recipientes que trabajen interconectados en una misma línea de proceso, donde la presión de operación del conjunto de equipos y de cada uno de los equipos, se encuentren entre 29.42 kPa y 196.14 kPa de presión manométrica y, al final de la línea de proceso, se encuentren abiertos a la atmósfera;



---

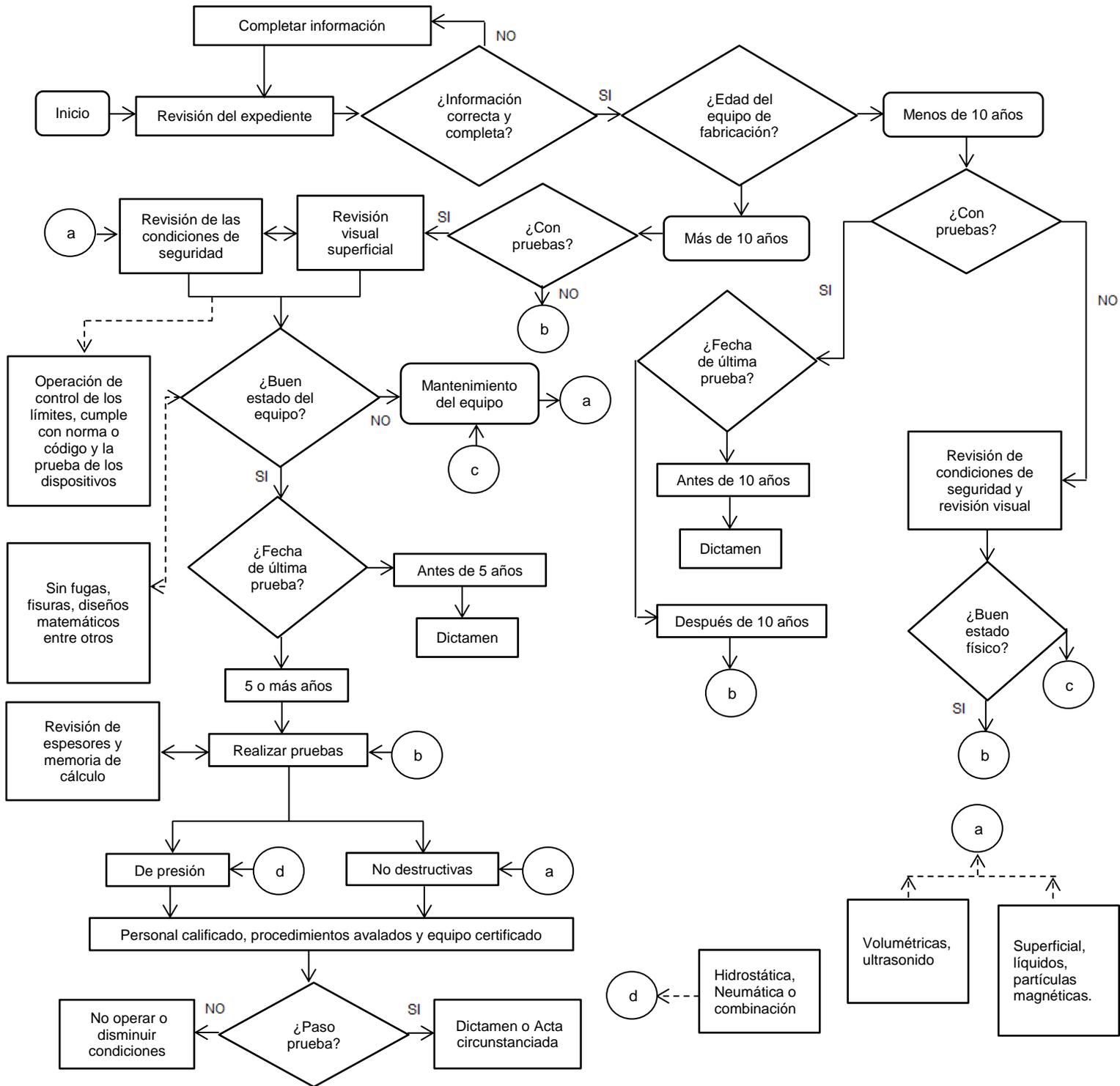
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- f) Tuberías, cabezales de distribución que no se utilicen como acumuladores de fluidos y sus componentes (juntas de expansión y conexiones);
- g) Recipientes portátiles que contengan gases comprimidos;
- h) Accesorios presurizados y utilizados como componentes o mecanismos que sirven para mezclado, separación, aspersion, distribución, medición, filtrado o control de fluidos que no rebasen 0.15 m de diámetro nominal, instalados en los recipientes sujetos a presión;
- i) Recipientes instalados en equipos móviles asociados con sus sistemas de frenado;
- j) Recipientes que contengan gas licuado de petróleo, regulados por disposiciones legales cuya vigilancia compete a la Secretaría de Energía, y
- k) Carros-tanque que transportan gases comprimidos, cuya regulación se encuentra a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

A continuación se presenta el Figura 3.1, como ejemplo de la manera en que se analiza el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas.



Figura. 3.1. Análisis de las condiciones de seguridad del funcionamiento de los equipos.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

En la tabla 3.2 se presenta un pequeño resumen de las principales normas que debe cumplir un proyecto de este estilo para asegurar cumplimientos en cuestiones de seguridad, calidad y protección al medio ambiente.

Tabla. 3.2. Normas que se aplican al proyecto para el diseño de los generadores de vapor.

Normas	Nombre	Objetivo	Campo de aplicación	Excepciones
NOM-026-STPS-2008	“Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.”	Establecer los requerimientos en cuanto a los colores y señales de seguridad e higiene y la identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.	Esta Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.	La Norma no aplica en: -La identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías subterráneas u ocultas, ductos eléctricos y tuberías en centrales nucleares, y -Las tuberías instaladas en las plantas potabilizadoras de agua, así como en las redes de distribución de las mismas, en lo referente a la aplicación del color verde de seguridad.
NOM-085-ECOL-1994	“Contaminación atmosférica - fuentes fijas – que utilizan combustibles fósiles, sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones que establece niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre, óxido de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles	Establece niveles máximos permisibles de emisión de SO <sub>2</sub> en los equipos de calentamiento directo por combustión.	Norma Oficial Mexicana para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos y gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, será de observancia obligatoria para el uso de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como para los equipos de generación eléctrica que utilizan la tecnología de ciclo combinado. Será obligatoria igualmente sólo en emisiones de bióxido de azufre, para el uso de los equipos de calentamiento directo por	Se exceptúan los equipos domésticos de calentamiento de agua, de calefacción y las estufas utilizados en casas habitación, escuelas, hospitales y centros recreativos, en las industrias cuando estos equipos sean utilizados en las áreas de servicios al personal, sin embargo, aplicará para el caso de industrias, comercios y



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

	máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento por combustión directa.”		combustión.	servicios, cuando los equipos y sistemas de combustión en lo individual o la suma de varios rebasen
				los 10 cc de capacidad nominal en cada instalación. También se exceptúan los quemadores industriales de campo, el sistema de regeneración de las plantas de desintegración catalítica, las plantas recuperadoras de azufre y los procesos de calentamiento directo que producen bióxido de azufre adicional al proveniente del combustible.
NOM-122-STPS-1996	“Condiciones de seguridad e higiene, funcionamiento de recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas que operan en los centros de trabajo.”	Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos mínimos de seguridad e higiene con que deben contar los recipientes sujetos a presión y los generadores de vapor o calderas que se instalen en los centros de trabajo, así como las características de las inspecciones que se realicen con el fin de vigilar el cumplimiento de esta Norma.	Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en los centros de trabajo donde se utilicen los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas a que la misma se refiere.	Para efectos de esta Norma, los equipos que cuenten al menos con una de las características citadas en este punto, quedan exceptuados del trámite de autorización de funcionamiento por esta Secretaría, debiendo cumplir con los demás puntos de la presente Norma: Generadores de vapor o calderas: - Con una temperatura del agua menor a 70° C. - Con una superficie de calefacción menor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

				a 15 m <sup>2</sup> . - Con una presión de operación menor a 350 kPa.
--	--	--	--	--

### 3.3 Otros.

Normativas (UK)

Statutory Instrument 1989 No. 2169 (Normatividad de 1989 para sistemas presurizados contenedores transportables de gas). Con la correspondiente guía y código de procedimiento. Ver tabla 3.3.

Tabla. 3.3 Otras normas.

Normas	Nombre	Descripción
BS 2790	Especificación para el diseño y fabricación de calderas pirotubulares de construcción soldada.	Esta norma describe las especificaciones para el diseño y fabricación de los siguientes equipos: calderas pirotubulares, calderas, calderas de vapor, calderas de agua caliente, tubos de caldera, soportes, diseño, cálculos de diseño, dimensiones, soldadura, dispositivos de seguridad, sistemas de control automático, mantenimiento, aceptación (aprobación), marcado, soldadura por fusión, el grosor, los grados (de calidad), tratamiento térmico, las muestras de prueba.
BS 1113	Especificación para el diseño y la fabricación de tubo de agua de la planta de producción de vapor (incluyendo sobrecalentadores, recalentadores y economizadores de tubos de acero).	Para calderas de vapor, calderas de tubos de agua, calderas, calentadores de vapor, calefactores, equipos de calefacción, economizadores, recipientes a presión, ingeniería de vapor, plantas de vapor, componentes de ingeniería de calor, equipos de presión, Tubos, diseño, producción, rendimiento, componentes, propiedades mecánicas.
BS 6759 part 1	Las válvulas de seguridad. Especificación para válvulas de seguridad para vapor y agua caliente	Para las válvulas de seguridad, calderas, sistemas de canalización, las calderas de agua caliente, calderas de vapor, pruebas hidráulicas, pruebas de rendimiento, volumen, cálculos matemáticos, calentadores de vapor y su instalación, pruebas de presión. Etc.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# **CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL PLAN DE PROCURA PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR.**



## **Capítulo 4. Desarrollo del Plan de Procura para el Sistema de Generación de Vapor.**

### **4.1 Tipo de adquisición a aplicar.**

En el presente trabajo desarrollaremos un plan de procura con método de concurso por la naturaleza del proyecto que corresponde a una adquisición en proceso que inició en Octubre del 2013. El propósito del plan de procura es el de definir las filosofías de contratación y las estrategias que se deben de adoptar en el Proyecto de Ampliación de Servicios Auxiliares para la Refinería “Gral. Lázaro Cárdenas del Rio” en Minatitlán, Veracruz.

El Plan de Procura incluye:

- Identificar los equipos por planta que sean considerados como de largo plazo de entrega.
- Determinar las actividades y el tiempo que requiere cada uno de los equipos para su construcción.
- Establecer un programa de actividades congruente con el plan general del proyecto que indique por planta los equipos, periodos de fabricación, transporte y entrega en sitio.
- Alcance de trabajo de proyecto RSAM de Minatitlán
- Plan de ejecución del proyecto
- El estimado de costos del proyecto
- Congruencia con el programa del proyecto que considera la parte del Ingeniería Básica Extendida (FEED).

El plan de procura considera actividades durante la fase del FEED.

### **4.2 Forma y formato a ser utilizada para el enunciado del trabajo del contrato.**

Pemex Refinación cuenta con estándares de contratos definidos por el área legal para adquisiciones a través de procesos de licitación, los cuales



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

posteriormente se personalizarán de acuerdo a los requerimientos del servicio, el periodo en el que se realizará, el lugar geográfico y el monto a pagar.

Se emitirán tres copias del contrato de gestión de adquisiciones (una para Pemex Refinación, una para el proveedor y una última para el área legal), las cuales serán revisadas por las partes interesadas y de presentarse alguna observación se realizará la revisión y modificación en caso de aprobación del área legal y finalmente se procederá a la firma del contrato.

#### **4.3 Tipo de contratos a utilizar.**

Se concursará bajo la modalidad de “Contrato a precio fijo con ajuste de precios” que implica establecer un precio total fijo por la adquisición del sistema de generación de vapor de agua y un precio total fijo por los servicios del plan de procura, el tráfico, la inspección y demás operaciones de procuración. Tomando en cuenta que por la duración del proyecto se puede ajustar el precio en caso de cambios inflacionarios o aumentos en materias primas específicas.

Se incluyen incentivos financieros por lograr terminar las fases de: procuración de equipos, construcción y arranque en tiempo y forma como lo establece el cronograma del proyecto.

El contratista se encuentra obligado por ley a cumplir con todo lo establecido en el contrato, bajo el riesgo de afrontar eventuales daños y perjuicios financieros si no lo hace.

Puede haber cambios en el alcance del proyecto por lo cual se permitirán ajustes presupuestales en caso de ser requeridos.

Todas las requisiciones que se emitan bajo la premisa de procura temprana, se realizarán bajo el concepto de precios unitarios sin excepción.



#### **4.3.1 Vigencia y plazo de ejecución.**

- La vigencia del presente contrato comienza a partir de la fecha de su formalización y hasta que se extingan en su totalidad los derechos y obligaciones de las partes.
- El contratista está obligado a ejecutar los servicios objeto de éste contrato dentro del plazo de 1461 (mil cuatrocientos sesenta y uno) días naturales, siendo la fecha de inicio el día 01 de octubre del 2013 y la fecha de terminación el 02 de octubre del 2017.

#### **4.3.2 Condiciones de pago.**

El precio de los servicios se pagará al contratista conforme a las siguientes condiciones:

Forma de pago.- “Pemex Refinación” pagará al contratista a través del sistema de compensación de adeudos entre dependencias y entidades de la administración pública federal de la tesorería de la federación, el importe de las facturas por el servicio devengado y derivado del presente contrato bajo los siguientes términos:

- a) El contratista presentará a “Pemex Refinación” los avances de los trabajos
- b) Previa revisión y autorización de los avances por el supervisor de Pemex Refinación, éste entregara al contratista debidamente firmado el certificado de la aceptación de los servicios.

Para el pago de los servicios, el contratista deberá formular facturas que deberán contener: los conceptos, las cantidades, los precios y el valor total que amparan, las deducciones e impuestos que causen los conceptos, así como los demás requisitos normativos, incluyendo los fiscales vigentes.



#### 4.4 Requerimientos contractuales.

En cuanto a los requerimientos contractuales, mencionamos los requisitos mínimos y más indispensables que solicita Pemex para un proyecto de esta naturaleza.

Cada proveedor está obligado a presentar y entregar en original el expediente que sustente, sin limitar a ellos, los siguientes puntos:

- Razón social y dirección de la matriz.
- Sucursales técnico–operativas a no más de 300 km de distancia de la Refinería “Lázaro Cárdenas del Río” en Minatitlán, Ver. demostrando residencia de la empresa en el lugar de no menos de tres años.
- Experiencia mínima de 5 años en el área requerida.
- Presentar currículum de la empresa.
- Demostrar solvencia económica.
- Demostrar existencia en almacén de partes y refacciones para cualquier eventualidad o requerimiento que demande la Planta una vez instalada y en operación.
- Demostrar contar con el personal, tiempo de respuesta y capacidad técnica para responder ante cualquier eventualidad o requerimiento que demande la planta una vez instalada y en operación.
- Carta compromiso garantizando la disposición de asistencia y asesoría técnica, partes, refacciones, suministro, transporte, instalación, mantenimiento, piezas de remplazo, etc. durante un periodo no menor a 5 años.
- Carta de confidencialidad.

Por equipo se debe elaborar un programa que abarque las etapas de:



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- Ingeniería de detalle
- Elaboración de bases de concurso
- Desarrollo de concurso
- Asignación a proveedor ganador
- Construcción
- Embarque
- Transportación
- Entrega de sitio

Este programa deberá mostrar los hitos clave y las fechas más críticas durante todo el proceso.

#### **4.4.1 Criterios de embarque y transporte.**

Se tiene que definir con personal de Pemex cuál va a ser la logística para el transporte del equipo hasta el sitio de la instalación.

El Proveedor de cada equipo está obligado a entregar por equipo la información completa y sin costo de ninguna índole a Pemex-Refinación:

- Memoria de cálculo completa
- Hoja de datos original del equipo
- Dibujos mecánicos originales del equipo
- Archivo de compra del equipo
- Planos de construcción originales del equipo

#### **4.5 Manejo de las decisiones de hacer o comprar y su liga a los procesos de estimar recursos de las actividades y desarrollar el cronograma.**

El análisis de hacer o comprar es una técnica general de la dirección utilizada para determinar si un trabajo en particular puede ser realizado de manera satisfactoria por el equipo del proyecto o debe ser adquirido a fuentes externas.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

En este proyecto Pemex Refinación cuenta con la capacidad necesaria para elaborar un proyecto de esta índole, pero se encuentra comprometida con otros proyectos, de tal manera que requiere que los esfuerzos sean suministrados por una organización externa a fin de cumplir con los compromisos establecidos en el cronograma.

Las restricciones al presupuesto pueden influir en las decisiones de hacer o comprar. Si se decide efectuar una compra, entonces también debe decidirse si se va a adquirir o a alquilar. Un análisis de hacer o comprar debe tener en cuenta todos los costos relacionados, tanto directos como indirectos. Por ejemplo para éste proyecto se decidió adquirir el equipo y comprarse, por lo tanto en el análisis de la compra se deben incluir los costos reales de compra del producto como los costos indirectos correspondientes, relativos al proceso de adquisición y al elemento comprado.

**4.5.1 Desarrollo del Cronograma.**

El cronograma del presente proyecto tendrá una duración de 1461 días, mostrando la duración de cada actividad, los hitos claves y las fechas más críticas, donde:

Progreso	
Hito	◆

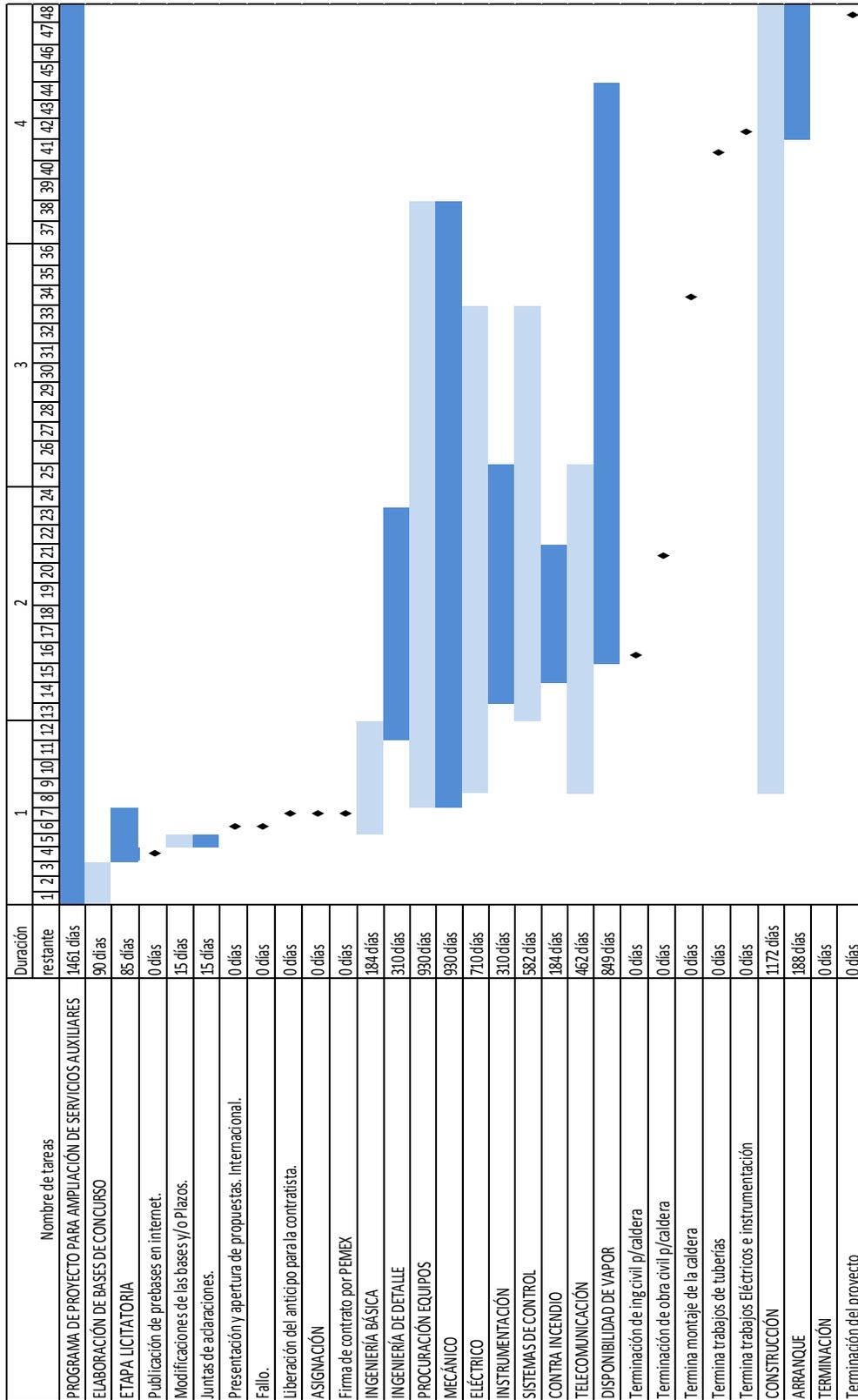


Figura. 4.1 Cronograma del proyecto "Procura de un sistema de generación de vapor de agua en una refinería"



#### 4.6 Formatos empleados.

Los formatos empleados a lo largo del ciclo de vida del proyecto para las operaciones de procuración, dan inicio con la requisición del concepto que se solicita, las pre cotizaciones, las solicitudes de cotización, la hoja de datos del equipo, sus especificaciones técnicas como dibujos mecánicos, plot plan y lista de equipo. Con estos formatos mencionados se podrá dar inicio con la fase de construcción del equipo, posteriormente se anexarán las especificaciones de ingeniería de detalle, de instrumentación y control con las cuales se pretende completar y finalizar la construcción del equipo requerido.

A continuación presentamos algunos de estos documentos que se emplean en la procuración de equipos, y en específico ejemplos del proyecto desarrollo de un plan de procura para la ampliación de la planta de servicios auxiliares en la refinería Lázaro Cárdenas del Rio en Minatitlán Veracruz.

Fechas de los entregables:

Tabla 4.1 Fechas de entregables de proyecto Reconfiguración de Servicios Auxiliares en Minatitlán Veracruz.

Entregable	Fecha
INGENIERÍA BÁSICA	30-sep-14
INGENIERÍA DE DETALLE	29-jul-15
PROCURACIÓN DE EQUIPOS	15-dic-16
DISPONIBILIDAD DE VAPOR	04-abr-17
TERMINACIÓN	02-abr-17

Elaborado por: Martínez A. y Sánchez A., 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

	<b>SOLICITUD DE PEDIDO (REQUISICIÓN)</b>		FECHA DE ELABORACIÓN		
			1	OCTUBRE	2013
	HOJA No.	CENTRO GESTOR	DÍA	MES	AÑO
1	Dirección Regional Centro GRUPO DE COMPRAS: AMPASSA	SOLICITUD DE PEDIDO			1400809523
IMPUTACIÓN		POSICIÓN FINANCIERA	DENOMINACIÓN		
		420602	COMPRA DE MAQUINARIA Y EQUIPO		
		Gpo. de Artículos	ADQUISICIÓN	Cta. Mayor: 62014000	
ACLARACIONES CON:				TELÉFONO	
JEFE DEL PROYECTO 24797				23345432	
No. DE POSICIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	IMPORTE APROXIMADO	
1	1	SERVICIO	<p>ADQUISICIÓN DE UN GENERADOR DE VAPOR</p> <p>Se solicita: Un Generador de Vapor con un domo de circulación natural, tipo radiante, con quemadores de gas, tangenciales, y el espacio suficiente para su operación y mantenimiento respecto al nivel de piso, circulación natural, hogar positivo, paredes enfriadas por agua, y el precalentador debe contar con facilidades para su limpieza. El vapor generado será de las siguientes características: Presión nominal de 60 Kg/cm<sup>2</sup> man y temperatura normal de operación, 486°C.</p> <p>La capacidad del generador de vapor será de 250 ton/h en servicio continuo, más el 10% a cargas pico durante 1 hora. La capacidad antes indicada es a la entrega en cabezales generales. La carga pico de vapor del 10% solamente podrá ser producida por un periodo de 1 hora cada 24 horas, bajo las mismas condiciones de operación y garantías establecidas por el fabricante para las calderas CB-6 y CB-8. no será posible llevar a cabo pruebas de comportamiento bajo esta condición de operación pico.</p> <p>El Contratista debe considerar las caídas de presión y temperatura para que entreguen el vapor generado a 60.0 kg/cm<sup>2</sup> man. y 486°C, (853 lb/pulg<sup>2</sup> man. y 907 °F) constantes al cabezal principal.</p>	\$16,824,357.87 M.N	
Esta solicitud de pedido cuenta con disponibilidad presupuestal			JEFE DEL PROYECTO: 24797		

Elaborado por: Martínez A. y Sánchez A., 2014

Figura. 4.2 Requisición del Sistema de Generación de Vapor de Agua.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

	DIRECCIÓN DE RECURSOS MATERIALES Y ADQUISICIONES		
	SOLICITUD DE COTIZACIÓN		
			FECHA: 11-nov-13
NOMBRE O RAZON SOCIAL: <u>CERREY</u>			
DOMICILIO: <u>Ave. República Mexicana #300, San Nicolás de los Garza</u>			
ATENCIÓN: <u>JEFE DEL PROYECTO 24797</u>			
CORREO: <u>sale@cerrey.com.mx</u>			
Agradecere a usted tenga a bien proporcionar a la empresa Pemex-Refinación la cotización del Sistema de Generación de Vapor de Agua que a continuación se describe:			
No. De posicion	Cantidad	Unidad de medida	Epecificaciones Técnicas
1.0	1	ADQUISICIÓN	Generador de Vapor con un domo de circulación natural, tipo radiante, con quemadores de gas, tangenciales, y el espacio suficiente para su operación y mantenimiento respecto al nivel de piso, circulación natural, hogar positivo, paredes enfriadas por agua, y el precalentador debe contar con facilidades para su limpieza. El vapor generado será de las siguientes características: Presión nominal de 60 Kg/cm2 man y temperatura normal de operación, 486°C. La capacidad del generador de vapor será de 250 ton/h en servicio continuo, más el 10% a cargas pico durante 1 hora. La capacidad antes indicada es a la entrega en cabezales generales.
Se solicita que la cotización se presente en dolares americanos, que indiquen precios unitarios y el importe antes de (IVA), las condiciones de pago, tiempo de entrega y la vigencia de la cotización.			
Responsable del proyecto: JEFE DEL PROYECTO 24797		Telefono (s)	55-44-33-22
Elaborado por: Martínez A. y Sánchez A., 2014			

Figura. 4.3 Solicitud de cotización del Sistema de Generación de Vapor de Agua.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

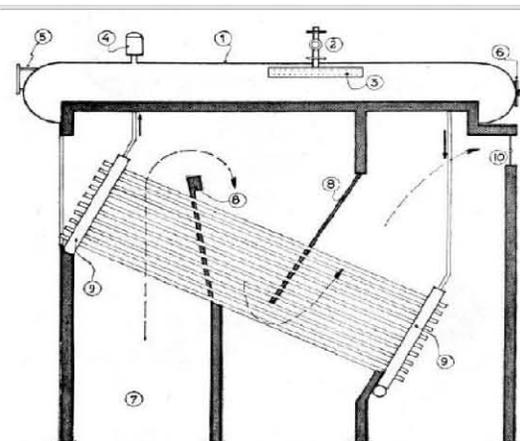
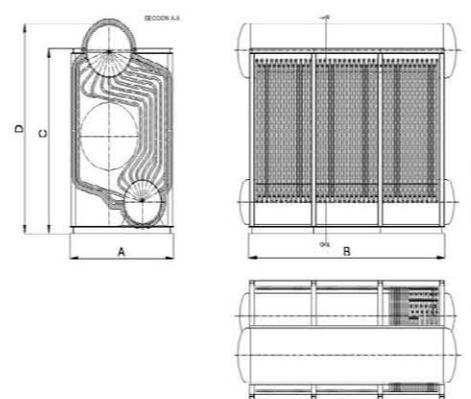
		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b> <b>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA</b>		<b>HOJA DE DATOS DEL GENERADOR DE VAPOR</b>			
CLIENTE:	PEMEX REFINACIÓN	Disponibilidad:	RSAM				
PLANTA:	Servicios Auxiliares	HOJA:	1 DE 1				
LOCALIZACIÓN:	Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" en Minatitlán, Veracruz	REQ. / O.C. No.					
CLAVE DEL EQUIPO:	CB-7	No. DE UNIDADES:	Una				
Servicio:	Generador de Vapor	Posición:	Vertical				
Tipo de Fluido:	Líquido: Agua	Flujo:	250 t/h	Capacidad de diseño:	500 t/h		
	Vapor o Gas: Vapor sobrecalentado	Flujo:	250 t/h	Disponibilidad:	la requerida		
Temperatura:	Operación: 486 °C	Máxima:	500 °C	Normal:	486 °C		
Presión:	Operación: 60 kg/cm <sup>2</sup> man	Máxima:	65 kg/cm <sup>2</sup> man	Normal:	60 kg/cm <sup>2</sup> man		
Tipo de circuito:	agua-vapor	Tipo de generador:	acuotubular	Quemadores:	gas, tangenciales		
Tipo de combustible:	combustoleo o gas	Disponibilidad:	la requerida	Circulación:	Natural		
Dimensiones:	longitud: 11 m	ancho: 3.7 m	altura: 3.85 m				
Materiales:	Acero (al carbon, inoxidable, aleados)						
<b>Descripción del generador de vapor</b>							
1.- Cuerpo cilíndrico							
2.- Salida del vapor							
3.- Toma de vapor							
4.- Válvula de seguridad							
5.- Indicador de nivel							
6.- Entrada							
7.- Hogar							
8.- Tabiques deflectores							
9.- colectores							
10.- Salida hacia la chimenea							
<b>Notas :</b> (1) bomba de agua de alimentación de segundo opcional. (2) quemador mostrado es del tipo monoblock.							
<b>Dimensiones principales</b>							
A: 2260							
B: 1760							
C: 1625							
D: 1460							
La base de la caldera							
L1: 1300							
B1: 850							
El gas de combustión conexión 3							
H1: 1470							
D1: 200							
Revisión	0	1	2	3	4	5	6
Fecha							
Elaborado por							
Aprobado por							

Figura. 4.4 Hoja de datos del Generador de Vapor.

Elaborado por: Martínez A. y Sánchez A., 2014



## 4.7 Enunciado y definición del alcance del concepto a adquirir.

### 4.7.1 Objetivo del Sistema de Generación de Vapor de Agua.

- Garantizar el autoabastecimiento continuo y confiable de vapor a las plantas de proceso y a la de servicios auxiliares que componen el proyecto de reconfiguración en la refinería “Gral. Lázaro Cárdenas”.
- Tener la flexibilidad de parar en forma programada un generador de vapor para mantenimiento sin afectar la elaboración de productos derivados del petróleo en el área de reconfiguración.
- Incrementar la confiabilidad en los parámetros de operación del sistema de vapor vivo que estará para servicio de reconfiguración, a saber:  
Presión = 60 kg/cm<sup>2</sup> manométricos.  
Temperatura = 486 °C. Flujo= el requerido hasta 250 t/h para el generador en operación continua.
- Seleccionar un generador de vapor tipo radiante compatible con los generadores de vapor ya seleccionados en el proyecto de reconfiguración con la finalidad de que Pemex Refinación ahorre en costos de operación, material y mantenimiento.

### 4.7.2 Alcance.

El alcance contempla la ejecución de un proyecto donde el contratista seleccionado debe ejecutar las actividades necesarias de: Ingeniería, procura, instalación, integración, preparativos de arranque, puesta en servicio y realizar las pruebas de aceptación para un generador de vapor nuevo.

Este nuevo generador de vapor, debe integrarse a la nueva planta de servicios auxiliares utilizando la infraestructura prevista para esta ampliación que forma



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
parte del proyecto para la reconfiguración de la refinería “Gral. Lázaro Cárdenas”.

El diseño del proyecto debe estar fundamentado en el uso de tecnologías plenamente establecidas y probadas en el ámbito industrial, que cumplan con el alcance mencionado anteriormente, bajo la normatividad vigente en seguridad y el cuidado del medio ambiente, que sean económicamente rentables, para lo cual este proyecto contempla en su alcance la ejecución de las siguientes actividades:

#### **4.7.3 Localización en la planta.**

Sitio de instalación para esta nueva unidad:

Se define que este nuevo generador de vapor sea instalado en la planta de servicios auxiliares del área de reconfiguración. Su integración con las instalaciones existentes, es responsabilidad del contratista, el cual debe garantizar la operación segura, confiable y eficiente del mismo.

#### **4.7.4 Función de la planta de Servicios Principales en Reconfiguración.**

La función de la planta de servicios auxiliares es proporcionar vapor en la cantidad y la calidad requerida para satisfacer las necesidades de los procesos de las plantas nuevas, de acuerdo a la reconfiguración integral de la refinería. Adicionalmente, el sistema debe ser capaz de cubrir sus autoconsumos como el vapor motriz y de calentamiento que se requieran en los generadores de vapor, así como la energía eléctrica de los equipos de bombeo, periféricos y ventiladores de las diferentes secciones que constituyen la planta de servicios auxiliares. También debe cubrir los servicios de recuperación y tratamiento de los condensados que se generen en la propia planta.



#### **4.7.5 Tipo de proceso.**

La planta de servicios auxiliares será del tipo termoeléctrico, generando vapor a partir de agua en calderas de alta presión.

Con los proyectos complementarios, se alcanzará la autosuficiencia en la generación de energía eléctrica y una mayor flexibilidad operacional.

El tratamiento para desmineralización de agua está planeado con unidades cuya tecnología es de lechos empacados con resinas de intercambio iónico y pulidor.

El tratamiento de condensado aceitoso se realizará con filtros mixtos de camas de antracita y tierra de diatomácea, utilizando una solución floculante para aumentar la eficiencia de remoción de aceite.

El tratamiento de condensado limpio está diseñado, utilizando resinas de intercambio iónico.

Para la deaereación térmica debe emplearse vapor de baja presión a 3.5 Kg./cm<sup>2</sup>.

#### **4.8 Gestión de riesgos.**

##### **4.8.1 Restricciones y supuestos.**

Las restricciones y supuestos que han sido identificados y que pueden afectar las adquisiciones del proyecto son las siguientes:

- Solicitudes de cambio en el presupuesto del proyecto, dado que el importe a cancelar esta en dólares americanos, el tipo de cambio puede generar



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

variaciones en la conversión de la moneda local, por lo que en el contrato se especificará el tipo de cambio, como el promedio del mes a la fecha de firma del mismo y deberá ser respetado a lo largo del periodo de pago.

- Se asume que la probabilidad de modificación del cronograma del proyecto es mínima, pues esto conlleva a negociar el contrato durante el desarrollo del proyecto con todos los proveedores.
- Fluctuaciones en el tiempo: se considera que las modificaciones en las fechas de cumplimiento del servicio y las compras no deberán exceder a lo establecido en el contrato, por lo que cualquier solicitud en la ampliación de tiempo deberá ser incluida como adenda al contrato.

#### **4.8.2 Riesgos y respuestas.**

Según el plan de repuesta a los riesgos se tiene lo siguiente:

- En el caso del proyecto de adquisición de un generador de vapor, el pago se realizara en partes, las mismas que coincidirán con la entrega del reporte de avance por parte del proveedor.
- En el caso de la adquisición de equipos y suministros, el pago se realizará al 100% a la entrega de los equipos y suministros.
- Los incumplimientos en los plazos de entrega deberán ser notificados con anticipación de 36 horas y se desarrollara una adenda al contrato para el nuevo plazo.
- Se especificará en el contrato las penalidades por el incumplimiento en los plazos de entrega de avances del desarrollo del proyecto, así como en la fecha de entrega de equipos y suministros.
- Solicitar la información y avances técnicos del proyecto a los miembros de la empresa involucrados en el trabajo, para conocer el nivel de avance y cumplimiento en la implementación del plan de procura para la adquisición de un sistema de generación de vapor de agua.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Se proporcionará un informe mensual al proveedor de nivel de cumplimiento de contrato. Señalando los aciertos y fallas que han sido identificadas en el desarrollo del proyecto.

**4.9 Estudio de múltiples proveedores.**

**4.9.1 Lista de proveedores precalificados.**

Por sus múltiples participaciones en proyectos de ingeniería en México y en especial con Pemex Refinación, la experiencia en el renglón de adquisiciones solicitada, la solvencia financiera y su facilidad de comunicación con la empresa la lista de proveedores recomendados es la siguiente:

Tabla 4.2 Lista de proveedores pre calificados para el Generador de Vapor.

No.	Proveedor
1	Cerrey
2	Clayton
3	Calortec Engineering

**4.9.2 Criterios de selección.**

Los principales parámetros que se tomaron en cuenta al evaluar a los proveedores son los aspectos estratégicos, los aspectos técnicos y los aspectos comerciales. Tomando esos parámetros de referencia elaboramos una tabla con la cual se calificarán sus aptitudes en el presente proyecto.

En la siguiente tabla se muestran los aspectos de referencia y sus características principales de cada uno, se evaluará dando una calificación del 1 al 5 refiriéndose al número 1 como insatisfactorio y así hasta llegar al número 5 que será muy satisfactorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Este ejemplo es aplicado a uno de los proveedores precalificados y en el caso del desarrollo completo del plan de procura se tiene que aplicar a cada uno de los posibles proveedores y tomar la decisión del más capacitado de acuerdo a la puntuación obtenida.

Tabla 4.3 Evaluación técnico comercial de un posible proveedor.

ASPECTOS	Nombre del proveedor: CERREY	Producto: GV					PUNTAJE
	CRITERIOS	ESCALA 1=Insatisfactorio 5=Muy satisfactorio					
		1	2	3	4	5	
ESTRATÉGICO	Experiencia					*	
	Disponibilidad				*		
	Calidad					*	
	Imagen					*	
	Mejora				*		23
TÉCNICO	Infraestructura					*	
	Personal					*	
	Equipo				*		
	Operación					*	19
COMERCIAL	Servicio al cliente, cumplimiento de plazo de entrega				*		
	Comunicación con el cliente					*	
	Planificación					*	
	Precio			*			
	Respuesta frente a reclamos					*	22
<b>TOTAL</b>							<b>64</b>

Elaborado por: Martínez A. y Sánchez A., 2014

Una vez obtenida la puntuación del proveedor se procede a tomar el criterio de evaluación por medio de la siguiente tabla donde se presentan intervalos de puntaje mediante los cuales se podría llegar a una conclusión de si es posible



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
seleccionarlo, pedirle que elabore un plan de mejora en algún aspecto o definitivamente descartar esa opción para beneficio del proyecto.

Tabla 4.4 Intervalos de puntaje para la evaluación de un proveedor.

PUNTAJE	EVALUACIÓN	ACCIÓN A SEGUIR
60-70	MUY CONFIABLE	Aceptable-Revisar puntos debiles
40-60	CONDICIONAL	Trabajar en un plan de mejora
MENOS DE 40	NO CONFIABLE	No Aceptable

Elaborado por: Martínez A. y Sánchez A., 2014

En el ejemplo anterior el proveedor tubo un puntaje de 64 que es aceptable, de mejorar sus puntos débiles lo convertiría en un serio candidato a ser seleccionado para brindar el servicio.

#### 4.10 Estimación de precios.

La estimación de costos se realiza mediante estudios de clase complejos y especializados que dominan las empresas y firmas de ingeniería, para efectos prácticos del presente trabajo solo se tomará en cuenta los costos más relevantes sin desglosar y supuestos.

##### 4.10.1 Costo de sistema de generación de vapor.

El estimado del costo del sistema de generación de vapor se elaborará mediante los índices de costos, tomando en cuenta que en el año de 1986 Pemex Refinación adquirió un equipo similar de generación de vapor el cual tuvo un costo de \$345,970 USD.

Por lo tanto se procede a obtener el costo de la siguiente manera:

$$\text{costo actual} = \text{costo del pasado} * \frac{\text{índice de costos del 2013}}{\text{índice de costos de 1986}}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Y se tiene lo siguiente:

Costo del pasado = \$345,970 USD.

Índice de costos del 2013\* = 620.

Índice de costos de 1986 = 175.56.

\* Ver Anexo D

Entonces:

$$\text{costo actual} = \$345,970 \text{ USD} * \frac{620}{175.56}$$

*Costo actual* = \$1, 221,812.48 USD.

Costo actual\*\* = \$16, 824,357.85 M.N.

\*\* Tomado de: <http://dof.gob.mx/indicadores.php> "Tipo de cambio y tasas del Diario Oficial de la Federación", (Consulta: 14-05-2014).

#### **4.10.2 Obtención del costo estimado del proyecto.**

El presupuesto total aprobado por Pemex Refinación es de \$38, 394,760 M.N., por lo que se tiene que elaborar un estimado presupuestal por parte del contratista para corroborar que se pueda participar en el proyecto con flexibilidad financiera.

Suponiendo que el resultado de estimado presupuestal por parte del contratista fue de \$19, 554,700 M.N., incluyendo H-H, gastos de inspección, costo de entregables, etc., se procede a calcular el costo más probable del proyecto:

Tomando en cuenta lo anterior el costo más probable del proyecto sería:

Cm. = \$19, 554,700 M.N.+ \$16, 824,357.85 M.N.

Cm. = \$36, 379,057.85 M.N.

Este costo se basa en una evaluación realista del esfuerzo necesario para el trabajo requerido y cualquier gasto previsto.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Aunque la exactitud de las estimaciones de costos puede mejorarse tomando en cuenta la incertidumbre y el riesgo. Por tal motivo se recomienda usar la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT), donde se utilizan tres estimados para definir un rango aproximado de costo de una actividad.

Suponiendo que se realizó un estudio adicional de costos y se obtuvo el costo optimista ( $C_o$ ), que se basa en el análisis del mejor escenario posible para esta actividad y también se obtuvo el costo pesimista ( $C_p$ ), que está basado en el análisis del peor escenario para esta actividad, tal estudio arrojó los siguientes resultados:

$$C_o = \$32,783,254 \text{ M.N.}$$

$$C_p = \$39,572,102 \text{ M.N.}$$

El análisis según el método PERT calcula un costo esperado ( $C_e$ ) de la actividad utilizando un promedio ponderado de estas tres estimaciones:

$$C_e = \frac{C_o + 4C_m + C_p}{6}$$

$$C_e = \frac{\$32,783,254 + 4(\$36,379,057.85) + \$39,572,102}{6}$$

$$C_e = \$36,311,931.23$$

Entonces tenemos que  $C_e = \$36,311,931.23$  M.N. considerando una paridad de 13.77 pesos/usd (5.42% menos del monto autorizado).

El costo total estimado del proyecto es menor que el presupuesto total aprobado por Pemex Refinación, por lo que el proyecto cuenta con flexibilidad financiera y es viable, incluyendo un pequeño porcentaje de amplitud en caso de gastos o aumentos inesperados.



#### 4.10.3 Trámites presupuestales.

Una vez que se obtuvo el costo total del proyecto se debe elaborar un vector plurianual donde se incluya el presupuesto por año requerido para los entregables que coincidan en ese periodo, el vector plurianual de este proyecto sería el siguiente:

Tabla 4.5 Vector plurianual del costo del proyecto.

Moneda	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Usd	5274.064086	131851.6021	1234130.996	1141834.875	123940.506	2637032.043
Pesos	72623.86246	1815596.562	16993983.82	15723066.22	1706660.768	36311931.23

Elaborado por: Martínez A. y Sánchez A., 2014

#### 4.11 Métricas a utilizar para gestionar contratos y evaluar proveedores.

Para gestionar contratos se tomará como métrica las fechas establecidas para la firma de los contratos, así como las especificaciones en el contrato para el desarrollo del Plan de Procura para un Sistema de Generación de Vapor de Agua.

Para evaluar proveedores, se tomarán de referencia la medición de métricas de satisfacción del cliente, que se obtienen de los cuestionarios de evaluación de sesión con relación a los diversos factores involucrados con los proveedores.

Para la calidad del proyecto se tomará como métrica la medición del presupuesto final del proyecto que debe mantenerse dentro del límite de +-10% del presupuesto total aprobado.



#### **4.12 Requerimientos de inspección.**

La inspección del sistema de generación de vapor de agua se llevara a cabo por el contratista, el cual está obligado a dar seguimiento desde el inicio de la construcción hasta la entrega en sitio de esta adquisición, presentando reportes continuamente del avance en la construcción al cliente “Pemex Refinación”. El inspector que haya sido designado por el contratista debe tener las aptitudes para cuestionar los procedimientos de fabricación y de solicitar apoyo técnico al cliente en todo momento que sea necesario, informará de los métodos aprobados y en caso de haberlos métodos desaprobados para la construcción, detallando observaciones en cuestiones de eficacia y calidad. Los criterios de la inspección se establecerán con el proveedor antes de cerrar el contrato que dé inicio a la construcción del equipo.



## Comentarios.

El sistema de generación de vapor de agua cuenta con diversos equipos complementarios para su funcionamiento como lo son: bombas, deaeradores, sistemas de desmineralización, sistemas de recuperación de condensados, etc., además de materiales como tuberías, válvulas e instrumentos, los cuales deben incluirse en el plan de procura para tener la estimación real del costo del proyecto, aunque en este trabajo no se incluyeron estos equipos y sistemas por efectos de la amplitud del tema.

La ampliación del sistema de generación de vapor de agua es parte del proyecto de reconfiguración de la refinería “Lázaro Cárdenas del Rio” en Minatitlán Ver., donde se pretende adquirir un generador de vapor adicional al que posee este centro de trabajo con la finalidad de cubrir las necesidades de vapor para los procesos y disminuir la importación de energía eléctrica por parte de la comisión federal de electricidad.

Los costos y precios manejados en la estimación del presupuesto del proyecto son supuestos y los proveedores mencionados son simplemente para ejemplificar la respectiva fase de procura.

Se recomienda a cualquier organización encargada de las adquisiciones de un proyecto, tener formatos estándar donde se vayan documentando todas las operaciones de procuración, se debe prestar especial atención a la inspección y expeditación, esto agilizaría mucho el proceso de compra y reduce ampliamente el margen de error del proyecto.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# CONCLUSIONES.



## **Conclusiones.**

En el presente trabajo se lograron identificar y describir las fases de procura donde la primera fase es la planificación de las adquisiciones, que es el proceso de documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificando la forma de hacerlo e identificando a los posibles proveedores; la segunda fase de la procura es la ejecución, esta fase es donde se efectúan las adquisiciones, seleccionando un proveedor y adjudicando un contrato; como tercera fase se tiene el seguimiento y control de las adquisiciones, que es donde se monitorea la ejecución de los contratos y se efectúan cambios y correcciones si es necesario; por último se tiene la fase del cierre de las adquisiciones, que es la parte donde se completa cada adquisición para el proyecto. Por lo tanto la etapa de realización del plan de procura es durante la fase de planeación de las adquisiciones.

Las actividades que deben ser realizadas en la etapa de procura de un proyecto son: emitir la requisición, establecer un programa congruente con el plan general del proyecto, elaborar las bases del concurso, generar una lista de posibles proveedores del servicio, recibir y evaluar las propuestas de los posibles proveedores, calificar a los proveedores y en base a la puntuación definida seleccionar al proveedor, definir criterios de contratación, firmar el contrato y dar seguimiento a las operaciones de procuración.

Se logró desarrollar un plan de procura para un generador de vapor de agua que se presenta estructurado en el “anexo c” del presente trabajo.

La elaboración de un plan de procura es un servicio que puede ser desarrollado por un Ingeniero Químico, es una actividad indispensable e indiscutible en todo tipo de proyectos de inversión, ya que la elaboración de éste reduce significativamente el riesgo de fracaso en un proyecto y genera confianza en el organismo que invertirá en un proyecto.



## Bibliografía

- E.PULL, Calderas de Vapor; selección, funcionamiento y conservación de las calderas de vapor y de su equipo auxiliar. 3ª edición, Ed. Gustavo Gili.
- Howard F. Rase, Ingeniería de Proyectos Para Plantas de Proceso, Ed. Continental, Novena impresión.
- Ing. Néstor Díaz, “Calderas: un estudio sobre los factores que afectan su eficiencia”, Instituto Politécnico Nacional; 1ª ed., México 1996.
- Project Management Institute, Inc, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Cuarta edición.
- Vapor de Agua, Teoría y Aplicaciones, Colaborador Compagnie Parisienne de Chauffage Urbair, Ed. Limusa, 1987.
- Manual Sistema Institucional de Desarrollo de Proyecto (SIDP), Derechos reservados Petróleos Mexicanos, 2012.
- Carlos M. Ruiz M., Ingeniería de Proyecto tomo II, manual del Instituto Mexicano del Petróleo, 1976.
- Spirax-Sarco S.A. Guía de Referencia Técnica, Calderas y Accesorios. [www.spiraxsarco.com/ar](http://www.spiraxsarco.com/ar)
- Norma “NOM-020-STPS-2012 “Recipientes sujetos a presión y calderas- funcionamiento-condiciones de seguridad” STyPS México, 15/05/2014.
- NOM-026-STPS-2008 “Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.”
- NOM-122-STPS-1996 “Condiciones de seguridad e higiene, funcionamiento de recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas que operan en los centros de trabajo.” STyPS México, 28/04/2014
- <http://www.cmic.org/comisiones/Sectoriales/energia/hidrocarburos/reunionesindelegaciones/Leon/Ref%20Ing.%20Antonio%20M.Amor.pdf> “Datos



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
generales de la refinería Ingeniero M. Amor de Salamanca por Pemex  
Refinación en 2011”.

- <http://vmwl1.iie.org.mx/boletin022009/divu.pdf> “Servicios principales para producir combustibles de alta calidad en PEMEX. Junio de 2009”
- <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a1474s/a1474s11.pdf> “Gestión de la calidad y la inocuidad a partir de los proveedores”, (Consulta: 10-03-2014).
- [http://www.e-dharmacon.net/unidades\\_html/imagenes/archivos/EGPR\\_380\\_04.pdf](http://www.e-dharmacon.net/unidades_html/imagenes/archivos/EGPR_380_04.pdf) “Dharma Consulting, especialistas en Project Management”, (Consulta: 07-02-2014).
- <http://cgservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/615.htm> “Manual de Procedimientos para Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios de la Contaduría mayor de Hacienda de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal”, (Consulta: 04-04-2014).
- <http://dof.gob.mx/indicadores.php> “Tipo de cambio y tasas del Diario Oficial de la Federación”, (Consulta: 14-05-2014).
- <http://www.rae.es/> “*Diccionario de la lengua española (DRAE)*, 22.<sup>a</sup> edición, publicada en 2001”.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# ANEXOS



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## **Anexo A**

### Definiciones y Abreviaturas

**Aditivo.-** Sustancia que se agrega a otras para darles cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

**Antidetonante.-** Sustancia que se añade a los combustibles líquidos de los motores de explosión para impedir la detonación prematura.

**Antracita.-** Carbón fósil seco o poco bituminoso que arde con dificultad y sin conglutinarse.

**Atemperar.-** Moderar o templar.

**BTU.-** Es la cantidad de calor necesario para modificar la temperatura de una libra de agua en una grado Fahrenheit.

**Cliente.-** Persona que está bajo la protección o tutela de otra.

**Congruente.-** Conveniente, coherente, lógico.

**Contratista.-** Nombre con el cuál se designa al adjudicatario, una vez formalizado el contrato.

**Coque.-** Combustible sólido, ligero y poroso que resulta de calcinar ciertas clases de carbón mineral.

**Cronograma.-** Un cronograma es la interpretación en una gráfica de tiempo la cronología de un hecho o trabajo que se representa en un par de ejes de coordenadas.

**Cuello de botella.-** Cuando se menciona cuellos de botella se refiere a diferentes actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, incrementan los tiempos de espera y reducen la productividad, trayendo como consecuencia final el aumento en los costos.

**Diatomácea.-** Alga unicelular, que vive en el mar, en el agua dulce o en la tierra húmeda, y que tiene un caparazón silíceo formado por dos valvas de tamaño desigual.

**Efluente.-** Término de refinería que se aplica a todo producto de desecho que sale de una instalación de tratamiento.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Embarque.-** Acción de transportar por vía terrestre, marítima o área.

**Emitir.-** Producir y poner en circulación papel moneda, títulos o valores, efectos públicos.

**Entregable.-** Producto generado durante la ejecución de las diferentes actividades de las etapas de la fase de Diseño de un proyecto, el cual muestra el contenido mínimo que debe ser documentado respecto a dichas actividades.

**Escrutinio.-** Examen y averiguación exacta y diligente que se hace de algo para formar juicio de ello.

**Estructura de división de trabajo.-** Es un árbol jerárquico de elementos o partidas de trabajo logradas o producidas por el equipo de proyecto, por lo general la EDT identifica la organización o la persona que tiene la responsabilidad de cada paquete de trabajo.

**Floculación.-** Agregación de partículas sólidas en una dispersión coloidal, en general por la adición de algún agente.

**Fluctuar.-** Correr el riesgo de perderse y/o arruinarse un proyecto.

**Fuel-oil.-** El fuel-oil es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo luego de la destilación toppin. Es el combustible más pesado de los que se puede destilar a presión atmosférica. Está compuesto por átomos con más de 20 átomos de carbono, y su color es negro. El fuel-oil se usa como combustible para plantas de energía eléctrica, calderas y hornos.

**Gestión.-** Acción y efecto de administrar.

**Incertidumbre.-** Es el grado de desconocimiento o falta de información, porque existen desacuerdos sobre lo que se sabe o podría saberse.

**Infraestructura.-** Conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para la creación y funcionamiento de una organización cualquiera.

**Inflacionarios.-** Perteneciente o relativo a la inflación monetaria.

**Ingeniería Básica.-** Consiste en los diseños de los arreglos generales que son preparados con base en los conceptos de diseño seleccionados durante la fase de ingeniería conceptual. Las especificaciones son preparadas para la cotización de equipos y definir los requerimientos de construcción.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Ingeniería Básica Extendida.-** Consiste en la definición de la totalidad de los equipos de proceso y de servicios auxiliares, realizando los análisis correspondientes tales como balances de materia y energía, memorias de cálculo y análisis hidráulicos para los sistemas de proceso y servicios auxiliares, así como de válvulas e instrumentos de control y accesorios.

**Ingeniería de Detalle.-** Diseño final que incluye los planos de detalle finales para construcción, los cuales son preparados con base en los diagramas de los arreglos generales terminados durante la fase de ingeniería básica. Las especificaciones de detalle son preparadas para la compra de equipos y para definir totalmente los requerimientos de construcción.

**Legislación.-** Conjunto o cuerpo de leyes por las cuales se gobierna un Estado, o una materia determinada.

**Licitador.-** Ofrecer precio por algo en una subasta o venta pública de bienes muebles con licitación.

**Logística.-** Conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución.

**Métricas.-** Es una definición operativa que describe en términos muy específicos, un atributo de un proyecto o producto, y la manera en que el área de conocimiento específica lo medirá.

**Mitigación.-** Moderar, aplacar, disminuir o suavizar algo riguroso o áspero.

**Parámetro.-** Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación.

**Premisa.-** Prevenido, propuesto o enviado con anticipación.

**Procura Temprana.-** Es establecer las bases técnicas, administrativas, lineamientos y requerimientos específicos y normatividad, para la adquisición de los equipos que, derivado de sus características, materiales y /o detalles dentro de su proceso de construcción; son considerados como de largo plazo de entrega y que por esta razón, pueden convertirse en un elemento crítico por sus tiempos de entrega y el impacto económico que ello implica para el desarrollo de los trabajos durante la etapa de construcción.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Recipiente sujeto a presión.-** Equipo construido para operar con fluidos a presión diferente a la atmosférica, proviene dicha presión de fuentes externas o mediante aplicación de color desde una fuente directa, indirecta o cualquier combinación de éstas.

**Sinuoso.-** confuso, zigzagueante, ondulante, diagonal, serpenteado.

**Sistema.-** Es un conjunto de instrumentos y equipos, los cuales están interconectados entre sí, de forma sistemática y ordenada, para realizar un determinado número de funciones o programas.

**Solvencia.-** Acción y efecto de solver o resolver.

**Vendedor.-** Un vendedor es aquella persona que tiene encomendada la venta o comercialización de productos o servicios de una compañía.



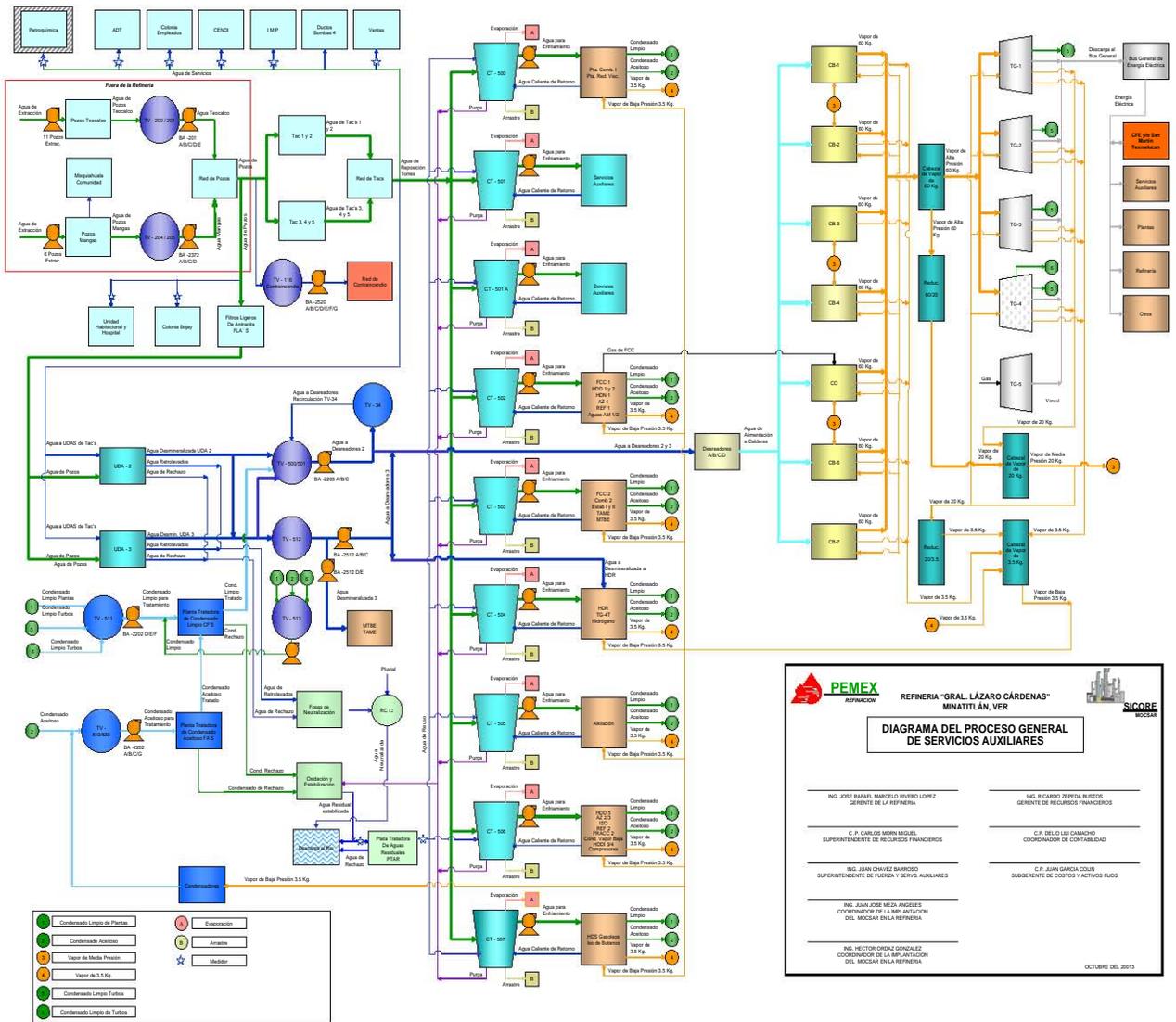
Abreviaturas

Ce	Costo esperado
Co	Costo optimista
Cp	Costo pesimista
EDT	Estructura de Desglose de Trabajo
FEED	Ingeniería básica extendida
H-H	Horas-Hombre
kPa	Kilo pascal
Kg/cm <sup>2</sup>	Presión en kilogramos/centímetro cuadrado
Lb/in <sup>2</sup> man	Presión manométrica en libras/pulgada
Lb/hr	Libras/hora
m <sub>agua</sub>	Masa del agua
m <sub>vap</sub>	Masa del vapor
MBTU/hr	Miles de BTU/hora
MTBE	Eter Metil Terbutílico
NOM	Norma Oficial Mexicana
P	Presión
PERT	Programa (o proyecto) de Evaluación y Revisión Técnica
Punto T	Punto triple
Punto K	Punto critico
RSAM	Reconfiguración de Servicios Auxiliares en Minatitlán
RSP	Recipiente Sujeto a Presión
SIDP	Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos
T	Temperatura
TAME	Teramil Metil Éter
T <sub>e</sub>	Temperatura de ebullición
V	Volumen



Anexo B

Diagrama de proceso general de servicios auxiliares.





### Anexo C

Plan de Gestión de las Adquisiciones
Nombre del proyecto
Ampliación de Servicios Auxiliares para la Refinería “Gral. Lázaro Cárdenas del Rio” en Minatitlán Veracruz.
Adquisiciones del proyecto:
Sistema de generación de vapor de agua
Procedimientos estándar a seguir:
Para el contrato de adquisición del sistema de generación de vapor de agua se realizarán los siguientes procedimientos: Emitir la requisición. Establecer un programa congruente con el plan general del proyecto. Elaborar las bases del concurso. Desarrollo del concurso. Seleccionar al contratista. Definir criterios de contratación. Firma del contrato.
Para el contrato de adquisición de equipos y suministros se realizan los siguientes procedimientos: Emitir la requisición teniendo en cuenta las especificaciones técnicas. Lista de posibles proveedores del servicio. Desarrollo de las bases técnicas. Recibir y evaluar las propuestas de los posibles proveedores. Calificar a los proveedores en base a la puntuación definida. Seleccionar al proveedor. Definir criterios de contratación. Firma del contrato.
Formatos a utilizar:
Pemex cuenta con estándares de contratos definidos por el área legal para adquisiciones a través de procesos de licitación, los cuales posteriormente se personalizarán de acuerdo a los requerimientos del servicio, el periodo en el que se realizará, el lugar geográfico y el monto a pagar. Se emitirán tres copias del contrato (una para Pemex, una para el proveedor y una última para el área legal), las cuales serán revisadas por las partes antes mencionadas y de presentarse alguna observación se realizará la revisión y modificación en caso de aprobación del área legal y se procederá a la firma del mismo.



Plan de Gestión de las Adquisiciones
Nombre del proyecto
Ampliación de Servicios Auxiliares para la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas del Rio" en Minatitlán Veracruz.
<b>Coordinación con otros aspectos de la gestión del proyecto:</b>
En la Planificación del proyecto se establecieron las siguientes fechas para el inicio de los trabajos: INGENIERÍA BÁSICA 30-sep-14 INGENIERÍA DE DETALLE 29-jul-15 PROCURACIÓN DE EQUIPOS 15-dic-16 DISPONIBILIDAD DE VAPOR 04-abr-17 TERMINACIÓN 02-abr-17
<b>Coordinación con la gestión de proyectos de los proveedores:</b>
El contrato de adquisición del sistema de generación de vapor de agua debe ser coordinado con el proveedor seleccionado con 15 días de anticipación para cumplir con los requisitos indicados durante la licitación. Las coordinaciones con el proveedor se realizarán telefónicamente o mediante correo electrónico. El pago del servicio se especificará en el contrato. Cualquier modificación que se requiera deberá solicitarse con un máximo de 48 horas antes de la firma del contrato. Los plazos de entrega de avances deberán estar especificados en el contrato.
<b>Restricciones y supuestos:</b>
Las restricciones y/o supuestos que han sido identificados y que pueden afectar las adquisiciones del proyecto son las siguientes: - Fluctuaciones de tipo de cambio: dado que el importe a cancelar esta en dólares americanos, el tipo de cambio puede generar variaciones en la conversión de la moneda local, por lo que en el contrato se especificará el tipo de cambio, como el promedio del mes a la fecha de firma del mismo y deberá ser respetado a lo largo del periodo de pago. - Fluctuaciones en el tiempo: se considera que las modificaciones en las fechas de cumplimiento del servicio y las compras no deberán exceder a lo establecido en el contrato, por lo que cualquier solicitud en la ampliación de tiempo deberá ser incluida como adenda al contrato.



Plan de Gestión de las Adquisiciones
Nombre del proyecto
Ampliación de Servicios Auxiliares para la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas del Rio" en Minatitlán Veracruz.
Presupuesto del proyecto:
El presupuesto total aprobado por Pemex Refinación es de \$38, 394,760 M.N.
Riesgos y respuestas:
Según el plan de repuesta a los riesgos se tiene lo siguiente: -En el caso del proyecto de adquisición de un generador de vapor, el pago se realizará en partes, las mismas que coincidirán con la entrega del reporte de avance por parte del proveedor. -En el caso de la adquisición de equipos y suministros, el pago se realizará al 100% a la entrega de los equipos y suministros. -Los incumplimientos en los plazos de entrega deberán ser notificados con anticipación de 36 horas y se desarrollará una adenda al contrato para el nuevo plazo. -Se especificará en el contrato las penalidades por el incumplimiento en los plazos de entrega de avances del desarrollo del proyecto, así como en la fecha de entrega de equipos y suministros. -Solicitar la información y avances técnicos del proyecto a los miembros de la empresa involucrados en el trabajo, para conocer el nivel de avance y cumplimiento en la implementación del plan de procura para la adquisición de un sistema de generación de vapor de agua.
Métricas:
Para gestionar contratos se tomará como métrica las fechas establecidas para la firma de los contratos, así como las especificaciones en el contrato para el desarrollo del Plan de Procura para un Sistema de Generación de Vapor de Agua. Para evaluar proveedores, se tomarán de referencia la medición de métricas de satisfacción del cliente, que se obtienen de los cuestionarios de evaluación de sesión con relación a los diversos factores involucrados con los proveedores.



**Anexo D**

Índices económicos de la Chemical Engineering del 2011 al 2013

**Economic Indicators**

2011 ■ 2012 ■ 2013 ■

DOWNLOAD THE **CEPCI** TWO WEEKS SOONER AT [WWW.CHE.COM/PCI](http://WWW.CHE.COM/PCI)

**CHEMICAL ENGINEERING PLANT COST INDEX (CEPCI)**

(1957-59 = 100)

	Oct.'13 Prelim.	Sept.'13 Final	Oct.'12 Final
<b>CE Index</b>	567.7	567.3	575.4
Equipment	686.6	686.2	698.2
Heat exchangers & tanks	620.0	618.3	638.5
Process machinery	655.8	654.7	658.4
Pipes, valves & fittings	874.5	875.3	899.4
Process instruments	411.9	411.2	424.4
Pumps & compressors	924.7	924.3	929.0
Electrical equipment	513.8	513.7	512.2
Structural supports & misc	744.1	747.1	734.2
Construction labor	322.2	321.7	323.7
Buildings	533.9	533.4	525.4
Engineering & supervision	325.6	324.6	327.9

