



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA
GUTIERREZ**

**“SELECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBA CENTRIFUGA TIPO PROCESO
INSTALADA EN LA PLANTA DE LA REFINERÍA ING. ANTONIO DOVALÍ
JAIME”**

MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PRESENTA:

Guillermo Galue Toledo

ASESOR: Ing. Saúl Rigoberto Ruiz Cruz

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS 2016.

INDICE

Resumen	VIII
Introducción	1
CAPITULO 1. GENERALIDADES	4
1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	4
1.2 JUSTIFICACION	5
1.3 OBJETIVOS	6
1.4 ALCANCES Y LIITACIONES	7
CAPITULO 2. FUNDAMENTOS TEORICOS	10
2.1 FUNDAMENTOS DE HIDRÁULICA Y PRINCIPIOS BÁSICOS DE OPERACIÓN DE BOMBAS CENTRIFUGAS.....	10
2.1.1 Principios y conceptos básicos	10
2.1.1.1 Hidráulica	10
2.1.1.2 Hidrostática	10
2.1.1.3 Hidrodinámica	10
2.1.1.4 Peso específico	11
2.1.1.5 Densidad	11
2.1.1.6 Viscosidad.....	11
2.1.1.7 Densidad relativa.....	11
2.1.1.8 Presión	12
2.1.1.8 Presión atmosférica (barométrica).....	12
2.1.1.9 Presión manométrica	12
2.1.1.10 Presión absoluta (barométrica + manométrica)	12
2.1.1.11 Presión de vacío.....	12
2.1.1.12 Presión de vapor	13

2.1.1.13 Cargas estáticas.....	13
2.1.1.14 Cargas dinámicas.....	13
2.1.2 Principio de las bombas centrifugas.....	14
2.1.3 Cargas de presión	14
2.1.4 Perdidas (hidráulicas, volumétricas y mecánicas)	16
2.1.4.1 Perdidas hidráulicas	16
2.1.4.2 Perdidas volumétricas	16
2.1.4.3 Perdidas mecánicas	16
2.1.5 Cavitación.....	16
2.1.6 Leyes de afinidad.....	17
2.1.7 Empuje radial.....	18
2.1.8 Empuje axial	20
2.1.9 Vibración.....	25
2.2 BOMBAS CENTRIFUGAS.....	26
2.2.1 Definición y funcionamiento de bomba centrifuga	26
2.2.2 Partes de las bombas centrifugas	27
2.2.2.1 Impulsor	27
2.2.2.2 Carcasa.....	28
2.2.2.3 Eje.....	28
2.2.2.4 Rodamientos o cojinetes	29
2.2.2.5 Empaquetadura.....	30
2.2.2.6 Prensa-estopas	30
2.2.2.7 Anillos de desgaste	31
2.2.2.8 Sellos mecánicos	32
2.2.3 Clasificación de las bombas centrifugas	33
2.2.3 Criterios de selección para las bombas centrifugas	33
2.2.3.1 NPSH (carga neta positiva de succión)	33
2.2.3.2 Altura manométrica total.....	36
2.2.3.3 Potencia – eficiencia	38
2.2.3.4 Curvas características	38

CAPITULO 3. NORMATIVIDAD APLICABLE A LA SELECCIÓN DE BOMBAS	45
3.1 NORMA NFR-050-PEMEX-2012	45
3.1.1 Requerimientos de diseño	46
3.1.1.1 Generalidades	46
3.1.1.2 Bombas centrífugas de alta energía	50
3.1.1.3 Carcasas de presión	51
3.1.1.4 Boquillas y conexiones	52
3.1.1.5 Fuerzas y momentos externos en boquilla	56
3.1.1.6 Rotores	57
3.1.1.7 Sellos mecánicos	59
3.1.1.8 Análisis torsional	65
3.1.1.9 Cojinetes y alojamiento o soporte de cojinetes	66
3.1.1.10 Lubricación	69
3.1.2 Requerimientos de materiales	70
3.1.2.1 Generalidades	70
3.1.2.2 Fundiciones	72
3.1.2.3 Bajas temperaturas	73
3.1.2.4 Soldadura	74
3.1.2.5 Placa de datos	74
3.1.2.6 Accesorios	75
3.2 NORMA API-610	80
3.2.1 General	80
3.2.2 Conexiones de boquillas y misceláneos	84
3.2.3 Fuerzas y momentos externos en las boquillas	86
3.2.4 Anillos de desgastes	89
CAPITULO 4 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE BOMBA	93
4.1 CONDICIONES OPERACIONALES	93
4.2 CALCULO DE PARAMETROS PARA SELECCIÓN	94
4.2.1 Calculo del NPSH disponible	94

2.2.2 Eficiencia	95
2.2.3 Calculo de la potencia hidráulica	96
2.2.4 Calculo de la potencia al freno.	96
2.3 Selección de bomba	97
CAPITULO 5 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	100
5.1 INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO	100
5.1.1 Mantenimiento de rutina	100
5.1.2 Inspección de rutina.....	100
5.1.3 Inspecciones trimestrales	101
5.1.4 Inspecciones anuales	101
5.2 ANÁLISIS DE PROBLEMAS, CAUSAS PROBABLES Y SOLUCIONES	102
Conclusiones	107
Bibliografía.....	110
Anexos	

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Relación de los diferentes tipos de presiones.	13
Figura 2-2 Principio de las bombas centrifugas.	14
Figura 2-3. Alturas iguales en la descarga para $sg=1.2$ y $sg=1.0$	15
Figura 2-4. Presiones iguales en la descarga para $sg=1.2$ y $sg=1.0$	15
Figura 2.5. Fuerzas radiales desequilibradas.	19
Figura 2-6. Variaciones en fuerzas radiales alrededor del impulsor.	19
Figura 2-7. Fuerzas radiales equilibradas con doble voluta.	20
Figura 2-8. Empuje Axial.	21
Figura 2-9. Compensación con disco.	22
Figura 2.10. Compensación.	23
Figura 2-11. Corte transversal de una bomba centrifuga.	27
Figura 2-12. Impulsor.	27
Figura 2-13. Carcasa.	28
Figura 2-14. Eje.	29
Figura 2-15. Rodamientos o cojinetes.	29
Figura 2-16. Empaquetaduras.	30
Figura 2-17. Prensaestopas.	31
Figura 2-18. Anillos de desgaste.	31
Figura 2-19. Sello mecánico.	32
Figura 2-20. Fuente de líquido abierta a la atmosfera y por debajo de la línea de centros de la bomba.	34
Figura 2.21. Fuente del líquido abierta a la atmosfera y sobre la línea de centros de la bomba.	35
Figura 2.22. Fuente de líquido en un recipiente cerrado por debajo de la línea de centros de la bomba.	35
Figura 2-23. Fuente de líquido en un recipiente cerrado por encima de la línea de centros de la bomba.	36

Figura 2-24. Carga dinámica total con succión negativa.	37
Figura 2-25. Carga dinámica total con succión positiva.	37
Figura 2-26. Curvas características.	39
Figura 2-27. Punto de servicio.	40
Figura 2-28. Altura de elevación.	41
Figura 2-29. Punto de máxima eficiencia.	42
Figura 2-30. NPSH requerida.....	42
Figura 2-31. Requerimientos de potencia.	43
Figura 3-1. Sistema de coordenadas para las Fuerzas y Momentos mostrados en la Tabla 6.....	89

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la Bomba GA-405 Modelo BIM-X7	4
Tabla 2. Clasificación y tipo de identificación de Bomba centrífugas.....	48
Tabla 3. Símbolos para conexiones de Bomba y brida	62
Tabla 4. Flotación máxima del cople.....	77
Tabla 5. Condiciones de diseño.....	83
Tabla 6. Cargas en las boquillas.....	87
Tabla 7. Mínima carrera de separación.....	90
Tabla 8. Condiciones operacionales actuales	93
Tabla 9. Características de la Bomba GA-405 Modelo BIM-X11	98
Tabla 10. Análisis de problemas, causas probables y soluciones.	102
Tabla 11. Comparación de características de las bombas BIM-X7 Y BIM-X11 ...	107

RESUMEN

En la torre deshexanizadora con número de TAG DA-401 de la planta hidrodesulfuradora de nafta no. 1 ubicada en la refinería “Ing. Antonio Dovalí Jaime” en el puerto de Salina Cruz Oaxaca, operaba un sistema de bombeo que no satisfacía las condiciones de operación debido a las modificaciones que se realizaron en la planta desde la primera vez que se calculó e instaló dicho equipo de bombeo.

Por tal motivo, en el siguiente trabajo se analizaron las condiciones actuales de las instalaciones y con base a esto se realizó el cálculo y la selección de una bomba centrífuga ideal que se ajustara al requerimiento actual de la planta y así poder satisfacer las necesidades de producción.

La metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto comenzó con la investigación bibliográfica acerca del funcionamiento y mantenimiento de las bombas centrífugas; comprendiendo los conceptos básicos como son: presión, caudal, altura total, NPSH, energía específica, cavitación y curvas características.

Posteriormente se analizó los parámetros de operación en los que trabajara la bomba y con base a esto se realizó los cálculos y la selección del tipo de bomba y las características que debe tener.

Finalmente se propuso un programa de mantenimiento para el equipo seleccionado con respecto a sus condiciones de operación, para asegurar un óptimo desempeño y prolongar la vida útil del mismo; así mismo se plasmó en una tabla (tabla 10) las fallas más comunes y las posibles soluciones.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los procesos en las industrias de procesos incluyen la conducción de líquidos o transferencias de un valor de presión o de energía estática a otro.

La bomba es el medio mecánico para obtener esta conducción o transferencia y por ello es parte esencial de los procesos. A su vez, el crecimiento y perfeccionamiento de los procesos están ligados con la mejora en los equipos de bombeo y con un mejor conocimiento de cómo funcionan las bombas y como se deben aplicar.

Cuando llega el momento de adquirir una bomba es necesario hacer una selección adecuada entre la cantidad de aplicaciones, tipos y tamaños; y aunque las bombas ya están diseñadas atendiendo normas internacionales publicadas (API, ANSI, etc.), tenemos libertad para especificar y construir cada bomba para un requisito individual, considerando los criterios básicos de selección como son: la carga, gasto, NPSH.

Una bomba centrífuga está conformada por diferentes partes como son el impulsor, carcasa, rodamientos, eje, sellos mecánicos, anillo de desgaste, base, etc. Unas móviles y otras estacionarias, las cuales se encuentran expuestas a diferentes fenómenos como son la fricción, corrosión, cavitación, desalineamiento entre ejes, etc. Que afectan al funcionamiento, reduciendo la eficiencia de la bomba y su vida útil.

El presente trabajo trata de la selección de una bomba centrífuga de tipo proceso, la cual es calculada de acuerdo a las condiciones operacionales requeridas en la torre deshexanizadora DA-401 de la planta hidrosulfuradora de nafta no.1 con finalidad de satisfacer la demanda de producción requerida en la planta. Así mismo se hace mención de los diferentes problemas típicos que generalmente se presentan en las bombas y las acciones a realizar para corregir cada uno de los

casos, debido a esto es importante adecuar un plan de mantenimiento con la finalidad de prolongar la vida útil de la bomba.

CAPITULO 1

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1 Definición del problema

La unidad reformadora catalítica de naftas ubicada en la planta hidrodesulfuradora de naftas no. 1 de la refinería “Ing. Antonio Dovalí Jaime” en Salina Cruz Oaxaca, tiene como objetivo la conversión de los componentes de bajos octanos como parafinas y naftenos, en isoparafinas y aromáticos de mayor índice de octanos, produciendo también una buena cantidad de hidrogeno.

El reformado obtenido en este proceso tiene un octanaje de 92 mínimos, empleándose posteriormente como componentes de gasolina para motor, del hidrogeno producido, una parte se emplea en el proceso de hidrodesulfuración de naftas, y otra parte en los procesos de hidrodesulfuración de destilados intermedios (turbosina y diesel).

Para la obtención del reformado dentro de especificación se utiliza tres secciones; sección de precalentamiento de carga y reacción, sección de compresión y sección de estabilización y fraccionamiento, en esta última es en donde se encuentra instalada la torre deshexanizadora DA-401 en la cual opera la bomba centrífuga de la marca BIMSA modelo BIM-X7 y número de tag GA-405 con las siguientes características, anexo 1.

Tabla 1. Características de la Bomba GA-405 Modelo BIM-X7	
Tipo	PROCESO
Modelo	3x4x10
Carga	385.1 Ft (117.37 m)
Gasto	616.2 GPM
Liquido	NAFTA
Gravedad Especifica	.672

Presión de succión	36.2 Psi (2.5 kg/cm ²)
Presión de descarga	148.5 Psi (10.4 kg/cm ²)
Eficiencia	70 %
Potencia al freno	57.55 BHP
NPSH requerido	15.8 FT (4.81 m)
NPSH disponible	18 FT (5.48 m)
Temperatura de operación	352 °F (177 °C)
Velocidad	3550 RPM

Dicha bomba presenta una operación fuera de curva, lo que conlleva una operación deficiente, afectando la producción de la planta. Las fallas presentadas por la bomba se derivan debido a que las características del equipo no se adecuan a las características de operación actuales en la torre DA-401.

Por lo antes expuesto es necesario adquirir un nuevo equipo que satisfaga los requerimientos actuales del sistema.

1.2 Justificación

La unidad reformadora de naftas, tiene la capacidad para procesar 20 000 B/D de nafta hidrodesulfurada, dicha unidad tiene la finalidad de aumentar el octanaje de la nafta deshexanizada empleando el proceso de reformación catalítica y efectuar la estabilización mediante la destilación fraccionada obteniendo como producto: nafta reformada y estabilizada, gas hidrogeno, LPG y gas combustible.

Es por esto que dicha unidad desempeña un papel muy importante dentro de la refinería, sin embargo a partir de la instalación de la bomba con tag GA-405 Modelo BIM-X7 Marca BIMSA, se han realizado a través del tiempo diferentes modificaciones dentro de la planta de proceso y este equipo no había sido sustituido por lo que operaba con condiciones diferentes a las que se plantearon

inicialmente, de tal manera que la función de bombeo resultaba ineficiente afectando la producción de la planta de manera significativa y por lo tanto a la unidad de negocio que representa la refinería “Ing. Antonio Dovalí Jaime” ubicada en la ciudad y puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Realizando un análisis de las condiciones del proceso con respecto a las características de la bomba GA-405 Modelo BIM-X7 Marca BIMSA esta resulta con una capacidad mayor a la requerida, por lo que se presentan múltiples problemas durante la operación, proporcionando un mayor gasto en la brida de descarga lo que propicia que la torre se vacíe rápidamente, al estar esta sin fluido se origina la cavitación que provoca vibraciones y calentamiento en el equipo, debido a esto se generan daños en las diferentes partes de la bomba como el desgaste de los anillos y cojinetes causados por la dilatación del eje, misma que puede causar un amarre de la bomba.

Debido a las implicaciones antes mencionadas se requiere remplazar el equipo con las especificaciones que se ajusten a las necesidades actuales de operación.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Entender los principios básicos de los fluidos, el principio de funcionamiento y los criterios de selección de las bombas centrifugas, para realizar la selección de una bomba centrifuga que se adecue a las condiciones de operación requeridas por la planta hidrodesulfuradora de naftas no. 1, así como proponer un programa de mantenimiento de acuerdo a los procedimientos de trabajo establecidos en la

refinería “Ing. Antonio Dovalí Jaime” ubicada en la ciudad y puerto de Salina Cruz Oaxaca.

Objetivos específicos:

- Analizar las condiciones operacionales actuales de la planta hidrodesulfuradora de naftas no. 1.
- Realizar los cálculos necesarios para la selección de una bomba centrífuga como son; NPSH disponible y potencia al freno.
- Realizar la selección de una bomba centrífuga que se adecue a las condiciones de operación actuales de la planta hidrodesulfuradora de naftas no. 1.
- Identificar y clasificar las fallas recurrentes de las bombas centrífugas.
- Proponer el programa de mantenimiento adecuado para la conservación de la bomba centrífuga.

1.4 Alcances y limitaciones

Alcances:

- La temática del proyecto se desarrolla en la aplicación de los conocimientos de ingeniería para calcular y seleccionar una bomba centrífuga que satisfaga las condiciones de operación y que cumpla con la demanda de producción requerida.

Limitaciones:

- Desconocimiento del proceso y las condiciones de operación de la planta hidrodesulfuradora de naftas no. 1.

- Corto periodo de tiempo para el desarrollo del proyecto.
- Presupuesto limitado.
- Diseño único y aplicación específica dentro del proceso de la planta hidrodesulfuradora de naftas no. 1.

CAPITULO 2

CAPITULO 2. FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 Fundamentos de hidráulica y principios básicos de operación de bombas centrifugas.

2.1.1 Principios y conceptos básicos

2.1.1.1 Hidráulica

Es la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos (líquidos y gases), y en su aplicación en las diferentes ramas de la ingeniería.

Hidráulica:

- Hidrostática.
- Hidrodinámica.

2.1.1.2 Hidrostática

Es la rama de la Hidráulica que estudia el comportamiento del agua y de los fluidos en reposo.

2.1.1.3 Hidrodinámica

Es la rama de la Hidráulica que estudia el comportamiento del agua y de los fluidos en movimiento.

2.1.1.4 peso específico

Es el peso de un cuerpo dado por unidad de volumen que ocupa. El peso específico del agua es igual a 1 Kg/dm³ (kg-fuerza).

$$g = \frac{W}{V} \quad \text{Ec. 2.1}$$

2.1.1.5 Densidad

Es la masa de un cuerpo por unidad de volumen que ocupa. La densidad del agua es igual a 1 Kg/dm³ (kg-fuerza).

$$r = \frac{M}{V} \quad \text{Ec. 2.2}$$

2.1.1.6 Viscosidad

Es la propiedad que expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se les aplica una fuerza externa. En los líquidos la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura.

2.1.1.7 Densidad relativa

Es la relación entre el peso o masa de un cuerpo, al peso o masa de un mismo volumen de agua.

2.1.1.8 Presión

Es la carga o fuerza total que actúa sobre una superficie, presión es igual a Kg/cm² (Kg-fuerza).

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 2.3}$$

2.1.1.8 Presión atmosférica (barométrica)

Es el efecto del peso del aire atmosférico sobre los cuerpos que se encuentran en la atmosfera y que existe en cualquier líquido libre.

2.1.1.9 Presión manométrica

Es la presión medida por encima de la atmosférica (presión atmosférica a nivel del mar es igual a 1.033 Kg/cm², 1.01325 bar, 760 mm Hg, 14.69 lb/in²).

2.1.1.10 Presión absoluta (barométrica + manométrica)

Es la presión que se mide con relación al 0 o vacío absoluto.

2.1.1.11 presión de vacío

Es la presión que se mide por debajo de la presión atmosférica.

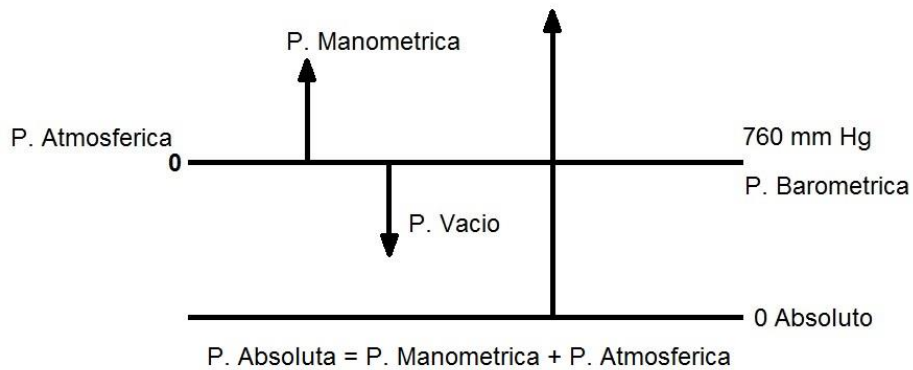


Figura 2-1. Relación de los diferentes tipos de presiones.

2.1.1.12 Presión de vapor

Es la presión en la que el líquido a una temperatura específica está en equilibrio con la atmósfera o con su vapor en un recipiente cerrado.

2.1.1.13 Cargas estáticas

Es el trabajo que el líquido puede desarrollar cuando su altura desciende de un nivel a otro.

2.1.1.14 Cargas dinámicas

Otras de las formas en que puede ser controlada la energía en un fluido es la energía cinética, que también al hacerse específica queda expresada en longitudes de columna de líquido.

$$e = \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. 2.4}$$

2.1.2 Principio de las bombas centrifugas

Supongamos que tenemos una rueda que lanza tangencialmente hacia arriba unas partículas. Si dicha rueda gira a “N” revoluciones por minuto y despreciamos las perdidas por fricción, una partícula llegara a una altura igual a $V^2/2g$ independientemente del peso de esta.

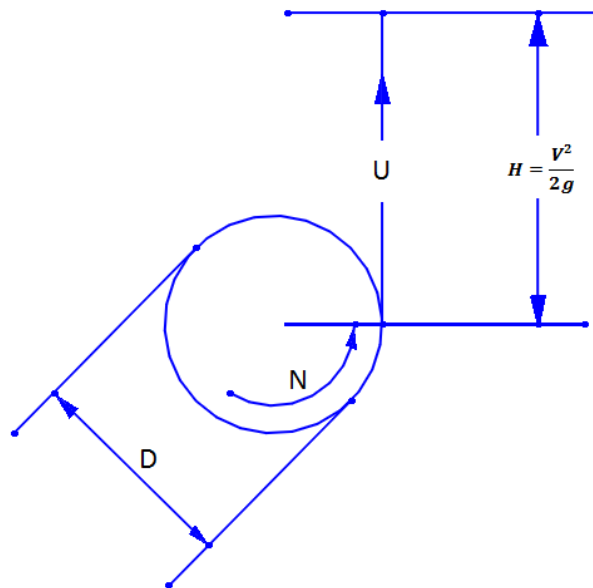


Figura 2-2 Principio de las bombas centrifugas.

2.1.3 Cargas de presión

En un líquido en reposo dentro de un recipiente con determinada altura, la presión en cualquier punto de su superficie siempre será la misma. La cual esta expresada de cuerdo a la siguiente ecuación.

$$Carga (ft) = \frac{Presion (psi) \times 2.31}{Gravedad Especifica} \quad Ec. 2.5$$

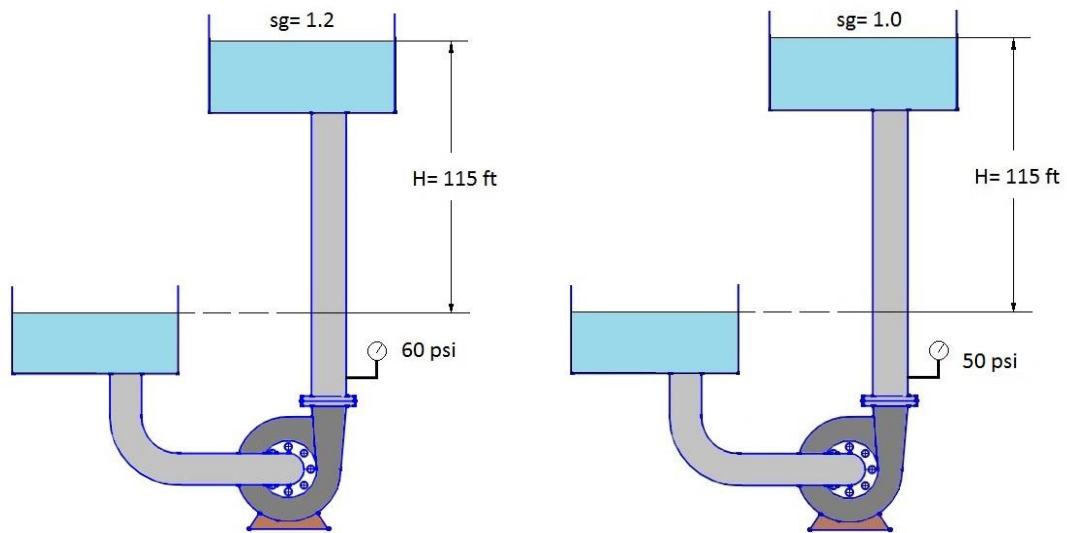


Figura 2-3. Alturas iguales en la descarga para $sg=1.2$ y $sg=1.0$.

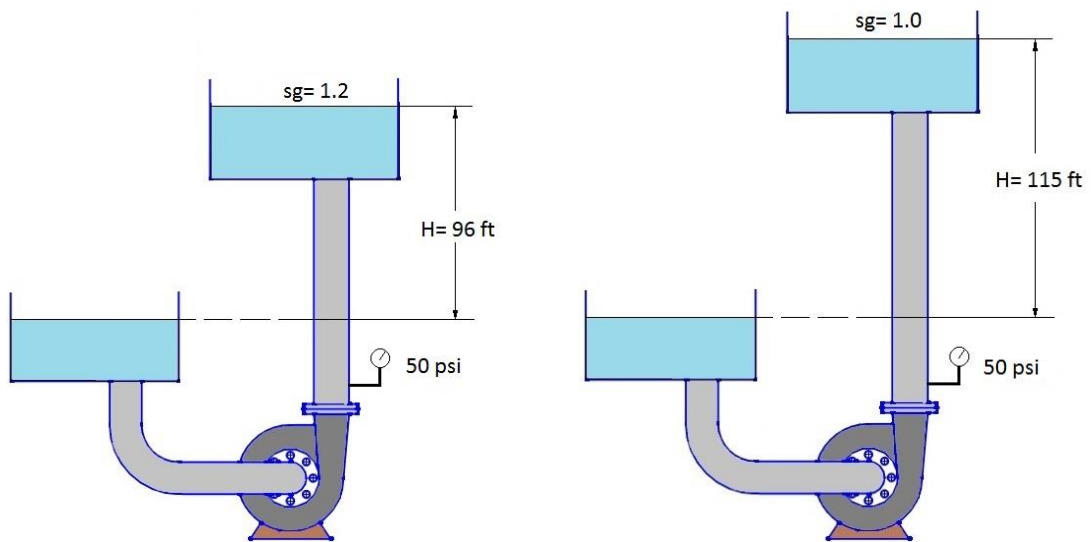


Figura 2-4. Presiones iguales en la descarga para $sg=1.2$ y $sg=1.0$.

2.1.4 Perdidas (hidráulicas, volumétricas y mecánicas)

2.1.4.1 Perdidas hidráulicas

Son las debidas al rozamiento o fricción del fluido con la carcasa y el impulsor y las ocasionadas por turbulencias originadas por los cambios bruscos de dirección.

2.1.4.2 Perdidas volumétricas

Son las recirculaciones de fluido que salen de la descarga y regresan a la succión del mismo. Es el fluido que se pierde en los dispositivos de sellados

2.1.4.3 Perdidas mecánicas

Son las ocurridas en los cojinetes, en la caja de estoperos y en los dispositivos de compensación de empuje axial.

2.1.5 Cavitación

Cuando una bomba centrífuga está operando a una capacidad elevada, se pueden desarrollar bajas presiones en el ojo del impulsor. Cuando esta presión cae por debajo de la presión de vapor del líquido, se puede presentar una vaporización. Las burbujas formadas se mueven hacia la región de alta presión y se rompen. La ruptura de la burbuja puede ocurrir tan rápido que el líquido golpeará el aspa con una fuerza extrema y es capaz de desprender pequeñas partes del impulsor, crear ruido y vibración. Esto se debe, porque a medida que disminuye la presión de un fluido, la temperatura a la cual se forma las burbujas de vapor también disminuye. Esta formación y ruptura de burbujas de vapor se conoce como cavitación.

La cavitación se puede reducir o evitar disminuyendo la velocidad de bombeo, es decir el sistema de succión de la bomba debe ser capaz de permitir a la entrada de la bomba un flujo parejo de líquido a una presión suficientemente alta para evitar la formación de burbujas del fluido.

Para que una bomba pueda funcionar sin problemas cavitación el NPSH disponible debe ser igual o mayor al NPSH requerido.

2.1.6 Leyes de afinidad

El rendimiento hidráulico de una bomba centrífuga incluye tres factores básicos:

1. La capacidad (expresada en unidad de volumen por unidad de tiempo, como GPM).
2. La carga total (expresada en pies del líquido que se bombea).
3. La velocidad a la cual funciona la bomba (en RPM).

Las relaciones que permiten predecir el rendimiento de una bomba a una velocidad que no sea la conocida de la bomba, se llaman leyes de afinidad.

Cuando se cambia la velocidad:

1. La capacidad "Q" conocida de la bomba varía directamente con la velocidad.
2. La carga "H" varía en razón directa al cuadrado de la velocidad.
3. El caballaje al freno "P" varía en razón directa al cubo de la velocidad.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right); \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2; \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \quad \text{Ec. 2.6}$$

Hay leyes de afinidad similares para los cambios en el diámetro “d” del impulsor, dentro de límites razonables de reducción del impulsor.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right); \quad \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2; \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^3 \quad \text{Ec. 2.7}$$

Mediante las leyes de afinidad se puede predecir el comportamiento de una misma máquina. Se puede predecir el comportamiento de una máquina de distinto tamaño; pero geometría semejante a otra.

2.1.7 Empuje radial

Uno de los problemas que se presentan en las bombas es la carga de desbalanceo radial causadas por la no uniformidad de la presión estática y la velocidad dentro de la carcasa.

Por ejemplo una carcasa de voluta o caracol que convierte la energía de velocidad en energía de presión, se construye como cámara recolectadora de aumento progresivo que recibe el líquido del impulsor y sirve como pasadizo hasta el tubo de descarga. Debe producir una velocidad igual del líquido en torno a toda la circunferencia del impulsor (figura 2-5).

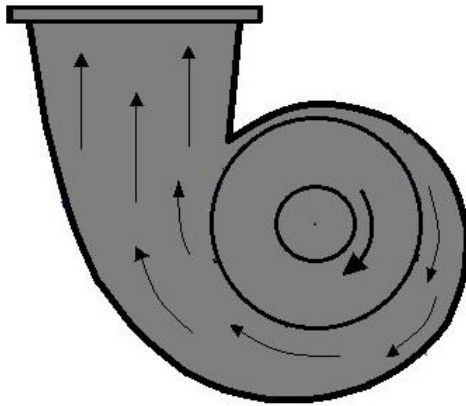


Figura 2.5. Fuerzas radiales desequilibradas.

Dado que un solo volumen se va agrandando en forma progresiva, hay fuerzas desbalanceadas que tienden a actuar en el impulsor (figura 2-6), en particular cuando la bomba no funciona a su máxima eficiencia. Por tanto, ocurre un desequilibrio en el sentido radial, con bajas presiones de funcionamiento o en bombas pequeñas, esta carga radial tiene poco efecto en la bomba. Sin embargo, si esta carga ocurre con elevada carga diferencial, podría causar rozamiento en las partes de desgaste, dañar el sello ocasionando fugas, daño en los cojinetes y, además fractura y ruptura del eje.

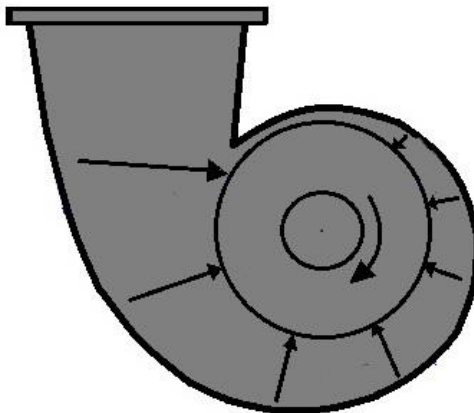


Figura 2-6. Variaciones en fuerzas radiales alrededor del impulsor.

En consecuencia, la carga radial se contrarresta, a menudo, con:

1. Eje y cojinete para trabajo extrapesado.
2. Una pared delgada para dividir el pasadizo o conducto en la voluta en dos volutas más pequeñas (figura 2-6). Esto último hace que haya más fuerzas casi uniformes que actúen en la circunferencia del impulsor. Una bomba con este tipo de carcaza se conoce como bomba de doble voluta.

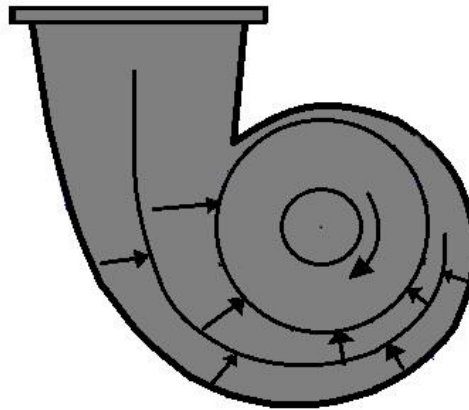


Figura 2-7. Fuerzas radiales equilibradas con doble voluta.

2.1.8 Empuje axial

Las presiones generadas por una bomba centrífuga ejercen fuerzas tanto en sus partes estacionarias como giratorias. El diseño de estas partes equilibra alguna de estas fuerzas, pero se pueden requerir medios por separado para contrarrestar otra. El empuje axial hidráulico es la suma de las fuerzas del impulsor no equilibradas que actúan en dirección axial. Como actualmente se puede contar con facilidad con cojinetes de empuje efectivos. El empuje axial en las bombas de un solo paso se considera como un problema solo en las bombas más grandes.

Debido a esto se debe usar un dispositivo de balanceo hidráulico para equilibrar el empuje axial y para reducir la presión en el estopero adyacente al impulsor del último paso. Este dispositivo de balanceo hidráulico puede ser un pistón de balanceo o un disco de compensación.

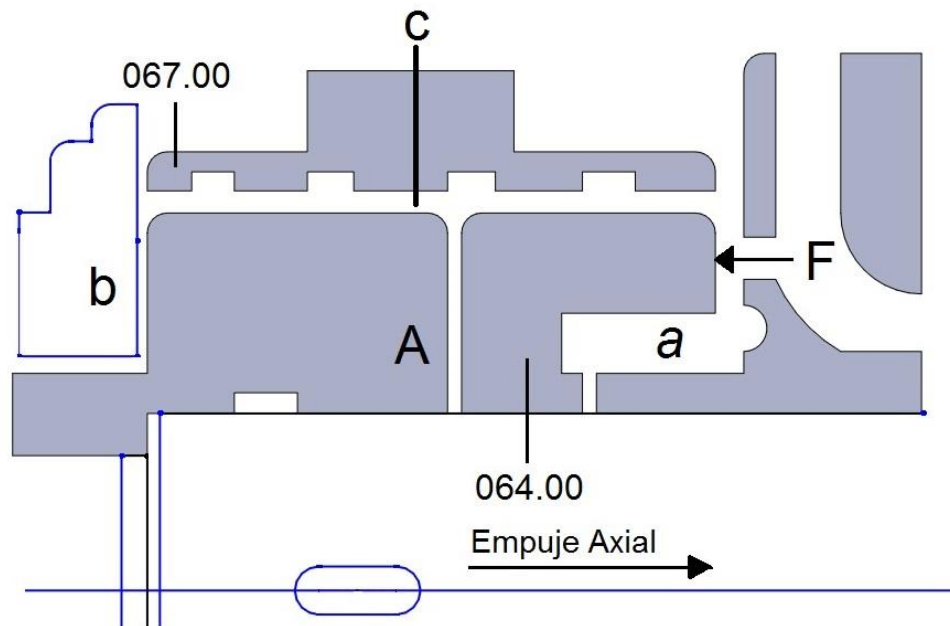


Figura 2-8. Empuje Axial

El dispositivo de compensación está instalado en el lado de presión, en conexión con la cámara "b" que está sometida a presión final de la bomba.

El movimiento consiste del pistón de balance, el cual gira junto con el eje, y el buje de compensación firmemente ligado a la tapa de presión.

La compensación funciona de acuerdo con el principio siguiente:

En consecuencia de la diferencia de presión entre la cámara "b" y la cámara de compensación "a" una fuerza "F" actúa sobre la superficie "A", que presenta un sentido opuesto al empuje axial. La intensidad la fuerza "F" depende de la

superficie del pistón, la cual es dimensionada de tal forma que el empuje axial queda prácticamente anulado.

El pistón de balanceo con frecuencia se diseña para compensar solo 90 a 95% del empuje total de los impulsores. Para reducir el escurrimiento del pistón balanceador, a veces se provee con una serie de escalones en el tambor como pequeñas cámaras de alivio en cada uno y con frecuencia la superficie del pistón se ranura también.

El empuje restante es absorbido por los cojinetes axiales, dimensionados adecuadamente.

Entre el pistón de balanceo, que gira con el eje, y el buje de compensación fijo, se encuentra una holgura o claro "c".

Debido a la diferencia de presión entre las cámaras "a" y "b" una determinada cantidad del líquido bombeado, denominada líquido de compensación, fluye a través de la holgura de estrangulamiento "c" para la cámara de descarga "b".

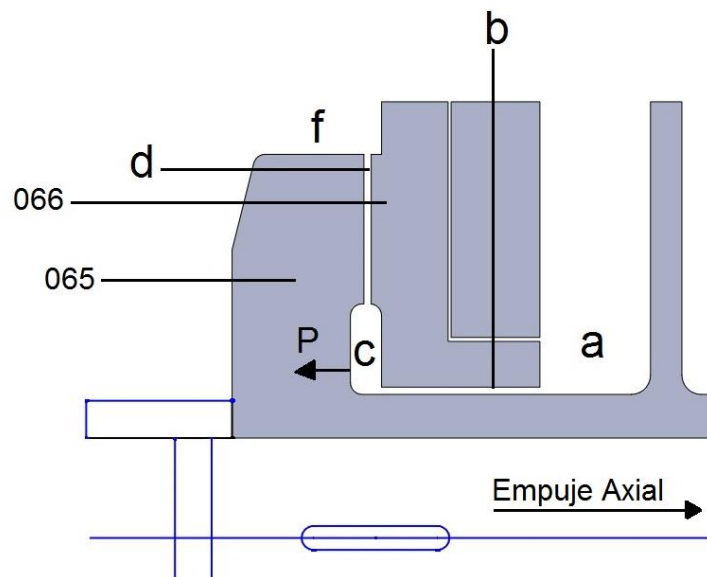


Figura 2-9. Compensación con disco.

Disco de equilibrio

La parte mecánica de este dispositivo consiste de un disco de equilibrio (065), que gira con el eje, y el contradisco (066) que está unido a la tapa con salida. Debido a la diferencia de presión entre la cámara "a", la cual está bajo toda la presión de descarga de la bomba, y la cámara "f", cuya presión es ligeramente mayor que la presión de entrada, se produce un flujo de líquido "a" a "f" por la ranura de estrangulación previa "b" y la ranura de compensación variable "d" se limita el caudal del líquido de salida. La diferencia de presiones entre la cámara "c" y la cámara de compensación "f" produce la fuerza axial "p"; si "p" es mayor que el empuje axial, el rotor se desplaza en dirección de la fuerza "p".

La ranura "d" se agranda, saliendo así un caudal mayor de líquido de compensación en sentido radial. Como consecuencia de esto se disminuye la presión en la cámara "c" y con ello también la fuerza "p" en el lado de compensación que actúa en sentido axial, con lo que vuelve a estrecharse la ranura "d" debido a un mínimo desplazamiento del rotor la dirección del empuje axial. En servicio se establece automáticamente un estado de equilibrio entre el empuje axial y la fuerza hidráulica "p" que actúa en contra, de forma que los rodamientos no tienen que absorber fuerza axial alguna.

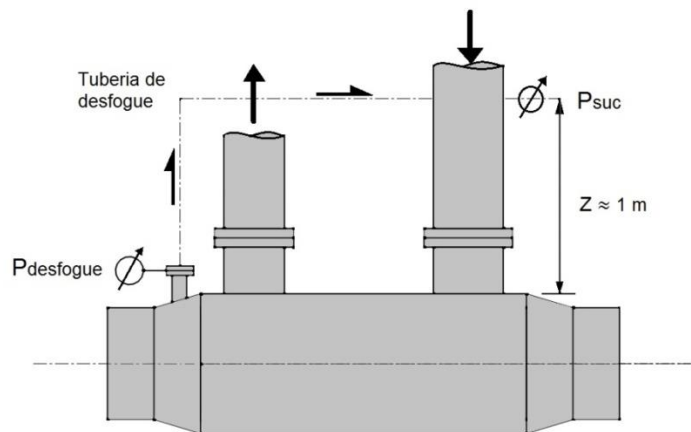


Figura 2.10. Compensación.

A través del tubo de compensación (tubo de desfogue) el líquido es conducido por tubería auxiliar conectada hasta el tubo de entrada o al tanque de succión.

El balance perfecto es obtenido si no se incrementa la presión en la cámara de balance como resultado de un dispositivo de bloqueo en el tubo de compensación, el mismo debe ser abierto antes de la puesta en marcha.

Si el líquido de compensación es dirigido hacia el tubo de entrada o hacia el cuerpo de succión, se debe providenciar un aumento de caudal mínimo para evitar exceso de calentamiento en el líquido bombeado.

Las pérdidas por rozamiento de la tubería de balance no deben exceder 0.8 bar. Por lo cual se debe seleccionar el diámetro de tubería adecuado.

Debido a que es muy pequeña la holgura de estrangulamiento "c" existe la posibilidad de contacto metálico entre el pistón y el buje de compensación. El desgaste resultante de este contacto y la consecuente ampliación de la holgura de estrangulamiento causa el aumento del flujo de compensación y la elevación de la presión en la cámara de compensación "b".

Cuando la presión del líquido de compensación aumenta en 1 a 2 bar con relación a la presión original, sin haber incrustación en el tubo de compensación, es necesario efectuar el cambio de las piezas de compensación.

Teóricamente, un impulsor de doble admisión esta en equilibrio hidráulico axial con las presiones de un lado iguales y contrarrestado las del otro. En práctica este equilibrio puede no lograrse por las siguientes razones:

1. Los ductos de la succión pueden no proporcionar flujos iguales o uniformes a ambos lados.

2. Las condiciones externas, que un codo este muy cerca de la boquilla de la succión de la bomba puede causar flujos desiguales a los ojos de la succión.
3. Los lados de la cubierta de descarga pueden no estar simétricos o el impulsor puede estar colocado fuera del centro. Combinados estos factores crean un desequilibrio axial definido. Para compensar esto todas las bombas centrifugas aun aquellas con impulsores de doble admisión, tienen cojinetes de empuje.

2.1.9 vibración

Se define como el movimiento de vaivén (hacia delante y hacia atrás) de una maquina o parte de ella, desde su posición de reposo.

Puntos importantes de la vibración:

- Aspectos mecánicos
- Aspectos hidráulicos
- Componentes del equipo
- Tuberías
- Cimentación
- Mediciones

Características de la vibración:

La condición de una máquina y sus problemas mecánicos se determinan midiendo las características de la vibración. Entre los más importantes se mencionan los siguientes:

- ✓ Frecuencia = (1/periodo).
- ✓ Desplazamiento = (de cresta a cresta).

- ✓ Velocidad = (valor máximo al pasar por el punto neutro).
- ✓ Aceleración = (valor máximo donde su velocidad es cero).
- ✓ Fase = (posición de una pieza vibrante en un momento dado con referencia a un punto fijo u otra pieza vibrante).

2.2 Bombas centrifugas

2.2.1 Definición y funcionamiento de bomba centrifuga

Son turbo-máquinas hidráulicas donde un rotor provisto de álabes le cede energía al fluido de trabajo mediante la acción de la fuerza centrífuga.

El funcionamiento consiste en un impulsor o rodete que gira dentro de una caja circular. Se aplica potencia de una fuente externa al eje que hace girar al impulsor dentro de la carcasa estacionaria. Las hojas del impulsor al girar a alta velocidad producen una reducción de presión a la entrada del impulsor, esto hace que fluya líquido al impulsor desde la tubería de succión. El fluido entra a la bomba cerca del eje del impulsor y es llevado hacia fuera por la acción centrífuga, obligándolo a salir a lo largo de las paletas a velocidades tangenciales crecientes. La energía cinética del fluido aumenta desde el centro del impulsor hasta los extremos de los álabes. Esta carga de velocidad se convierte en carga de presión conforme pasa el líquido a la cámara espiral y de ahí a la descarga.

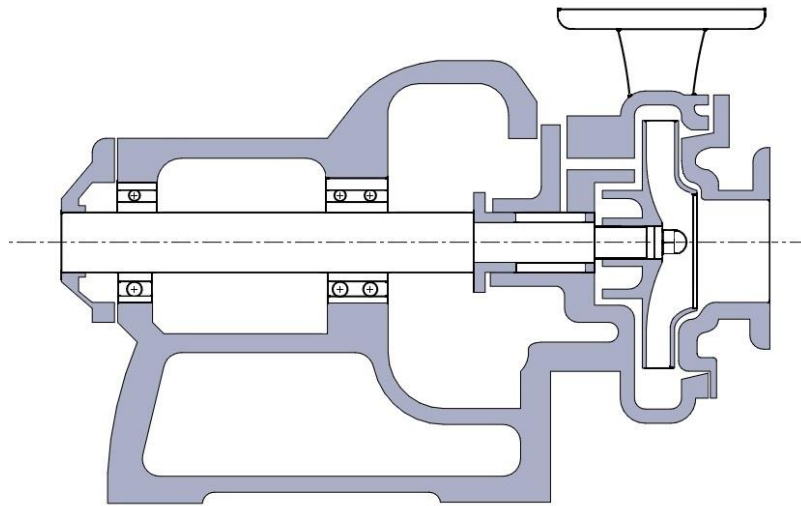


Figura 2-11. Corte transversal de una bomba centrífuga.

2.2.2 Partes de las bombas centrífugas

2.2.2.1 Impulsor

El impulsor es el corazón de la bomba centrífuga, recibe el líquido y le imparte una velocidad de la cual depende la carga producida por la bomba.

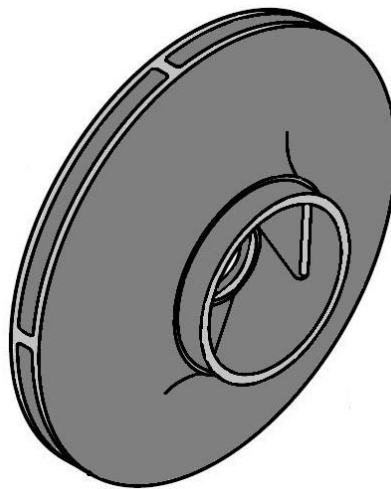


Figura 2-12. Impulsor.

2.2.2.2 Carcasa

La función de una carcasa en una bomba centrífuga es convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante reducción de velocidad por un aumento gradual de área.

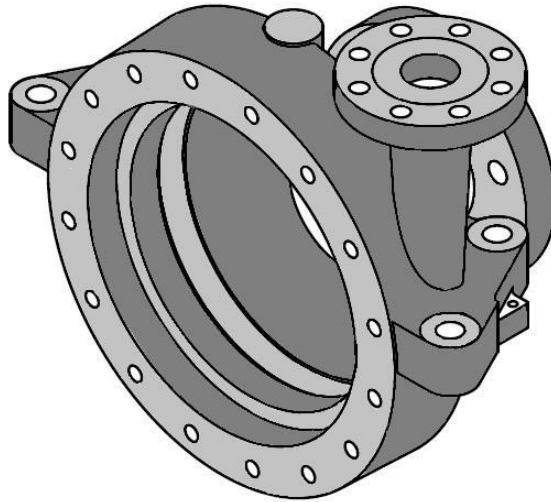


Figura 2-13. Carcasa.

2.2.2.3 Eje

El eje de una bomba centrífuga es el soporte de todos los elementos que giran en ella, transmitiendo además el movimiento que le imparte el eje del motor.

En el caso de una bomba centrífuga horizontal, el eje es una sola pieza a lo largo de toda la bomba; pero en las bombas de pozo profundo existe un eje de impulsores y después una serie de ejes de transmisión unidos por un acople que completan la longitud necesaria desde la última carcasa hasta el cabezal de la descarga.

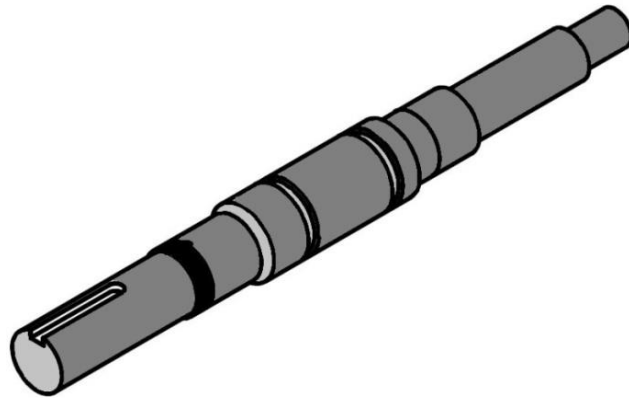


Figura 2-14. Eje.

2.2.2.4 Rodamientos o cojinetes

Las bombas tienen dos tipos de rodamientos o cojinetes, uno de carga colocado en el extremo del lado del impulsor que soporta la mayor parte del peso de la flecha y otro de empuje del lado del cople que tiene la función de evitar el desplazamiento axial de la flecha hacia ese extremo provocado por la presión del líquido en la succión.

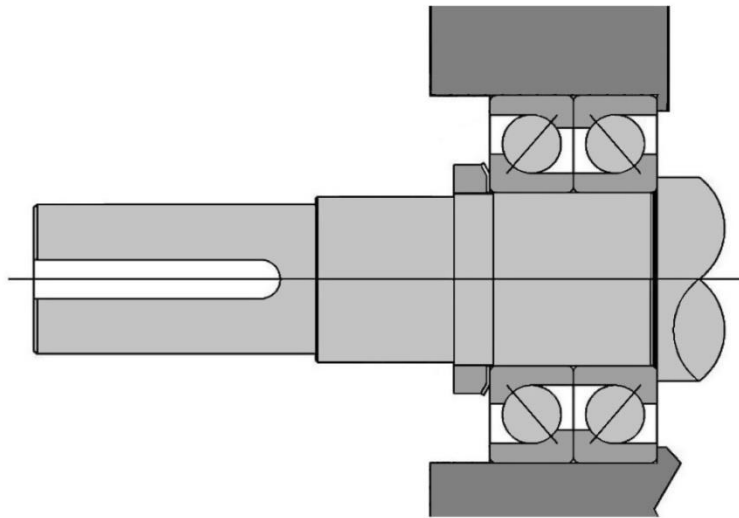


Figura 2-15. Rodamientos o cojinetes.

2.2.2.5 Empaquetadura

La función de estas es evitar el flujo hacia afuera del líquido bombeado a través del orificio por donde pasa el eje de la bomba y el flujo del aire hacia el interior de la bomba. El estopero es una cavidad concéntrica con el eje donde van colocado los empaques; prácticamente en todos los estoperos se tendrán que ejercer una cierta presión para para contrarrestar la que ya existe en el interior de la bomba. En el estopero se coloca junto con la empaquetadura una “jaula de sello”, a través de la cual se le hace llegar de la parte exterior un lubricante que actúa como refrigerante.

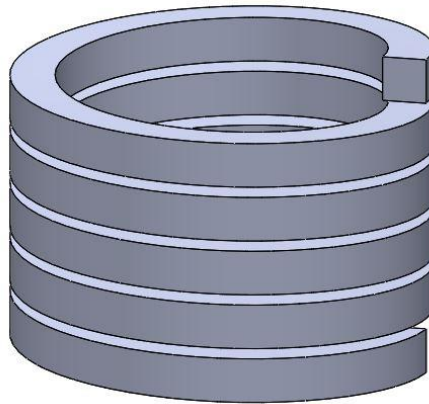


Figura 2-16. Empaquetaduras.

2.2.2.6 Prensa-estopas

El prensa-estopas se encarga de hacer presión sobre los empaques; es una pieza metálica que se mueve por medio de tornillos.

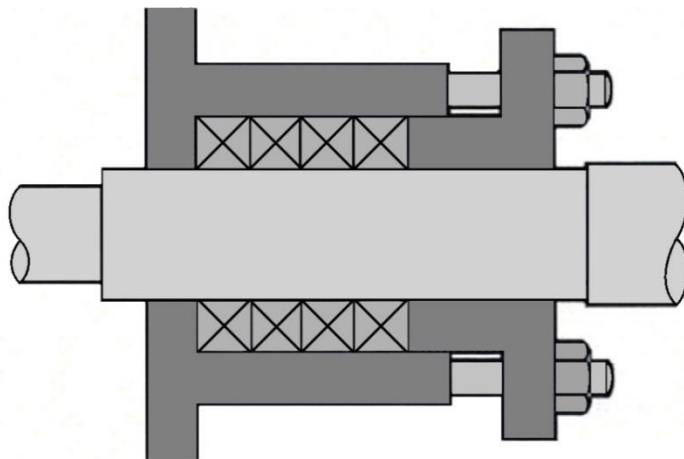


Figura 2-17. Prensaestopas.

2.2.2.7 Anillos de desgaste

La función de un anillo de desgaste es tener un elemento fácil y barato de remover en aquellas partes en donde debido a las cerradas holguras que se producen entre el impulsor que gira y la carcasa fija, la presencia del desgaste es casi segura. En esta forma en lugar de cambiar todo el impulsor o toda la carcasa, solamente se quitan los anillos, los cuales pueden estar montados a presión en la carcasa o en el impulsor o en ambos.

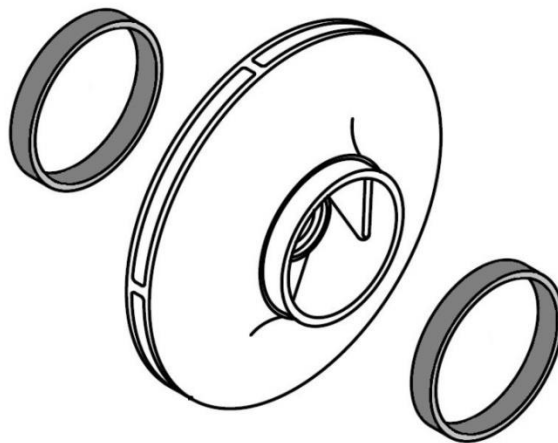


Figura 2-18. Anillos de desgaste.

2.2.2.8 Sellos mecánicos

Los sellos mecánicos son dispositivos creados para evitar por completo las fugas. Normalmente tienen el mismo sitio de ubicación de las empaquetaduras convencionales.

Los sellos mecánicos consiste en dos superficies completamente pulidas que se encuentran en contacto una con otra; una de ellas es estacionaria y se encuentra unida a la carcasa, mientras que la otra gira con el eje.

Ventajas de los sellos mecánicos sobre las empaquetaduras:

- Evita totalmente el goteo, por lo tanto no se pierde sustancia bombeada.
- Las bases de las bombas son más fáciles de limpiar.
- Los costos de empaquetaduras se reducen.

Desventajas de los sellos mecánicos:

- El lubricante se derrama en abundancia cuando los sellos están malos.
- Solamente personal entrenado puede instalar los sellos.
- No sirven para todos los líquidos.

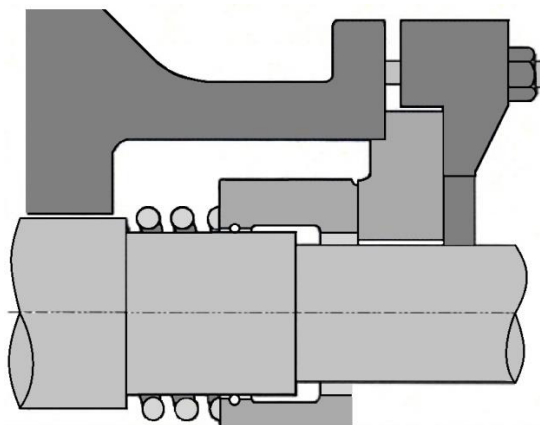
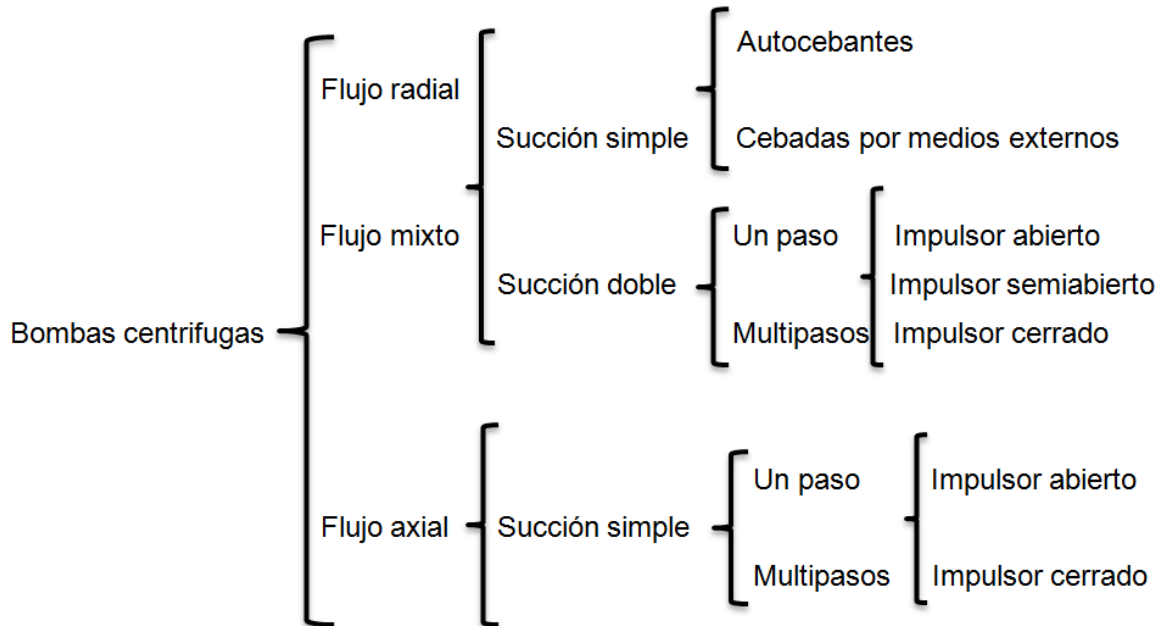


Figura 2-19. Sello mecánico.

2.2.3 Clasificación de las bombas centrífugas



2.2.3 Criterios de selección para las bombas centrífugas

2.2.3.1 NPSH (carga neta positiva de succión)

Es la carga de succión total absoluta en pies del líquido determinado a la línea de centros de la boquilla de succión menos la presión de vapor del líquido en pies.

Al igual que la altura manométrica el NPSH es también energía por unidad de peso.

NPSH_A (carga neta positiva de succión disponible)

Todas las bombas centrífugas requieren determinada carga neta positiva de succión, NPSH, para permitir que el líquido fluya a la carcasa de la bomba. Este

valor lo determina el diseñador de bombas y se basa en la velocidad de rotación, la superficie de admisión o del ojo del impulsor en una bomba centrífuga, el tipo y número de alabes en el impulsor, etc.

Cuando la fuente de líquido está abierta a la atmósfera y por debajo de la línea de centros de la bomba.

$$NPSH_A = P_B - (V_P + L_s + h_f) \quad \text{Ec. 2.8}$$

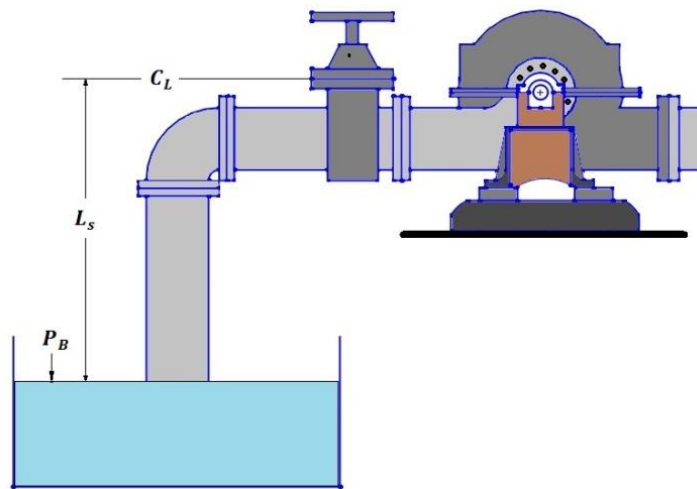


Figura 2-20. Fuente de líquido abierta a la atmósfera y por debajo de la línea de centros de la bomba.

Cuando la fuente del líquido está abierta a la atmósfera y sobre la línea de centros de la bomba.

$$NPSH_A = P_B + L_H - (V_P + h_f) \quad \text{Ec. 2.9}$$

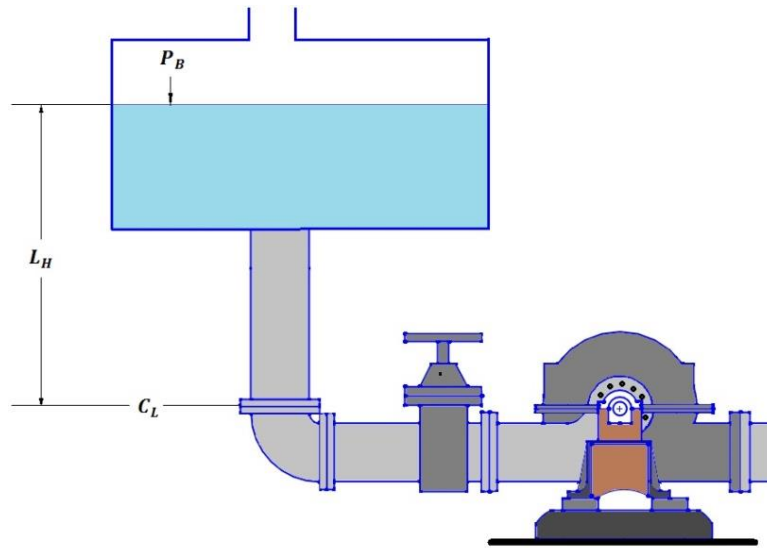


Figura 2.21. Fuente del líquido abierta a la atmósfera y sobre la línea de centros de la bomba.
 Cuando la fuente de líquido es un recipiente cerrado por debajo de la línea de centros de la bomba.

$$NPSH_A = P - (L_s + V_p + h_f) \quad \text{Ec. 2.10}$$

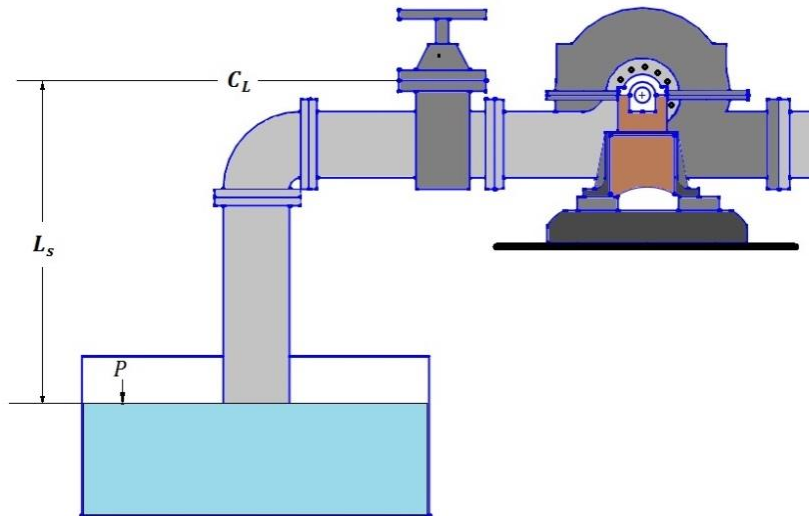


Figura 2.22. Fuente de líquido en un recipiente cerrado por debajo de la línea de centros de la bomba.

Cuando la fuente de líquido es un recipiente cerrado por encima de la línea de centros de la bomba.

$$NPSH_A = P + L_H - (V_P + h_f) \quad \text{Ec. 2.11}$$

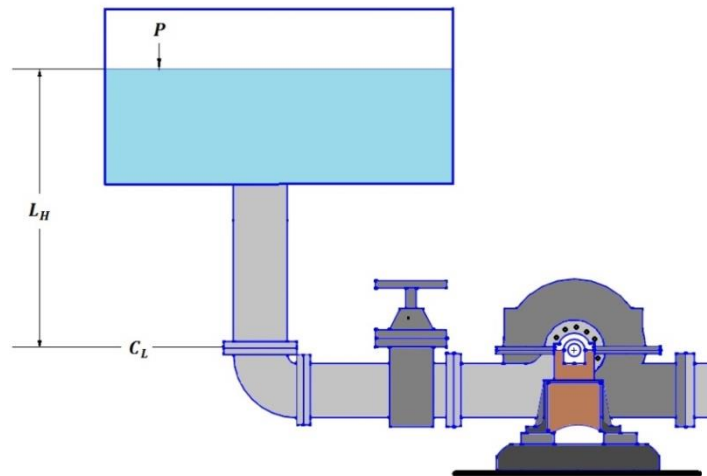


Figura 2-23. Fuente de líquido en un recipiente cerrado por encima de la línea de centros de la bomba.

NPSH_R (carga neta positiva de succión requerida)

Es la carga de succión requerida para prevenir la vaporización en la entrada del impulsor. Esta es igual a la suma de todas las pérdidas de la cabeza, reducciones entre la entrada de la bomba y el punto de presión más baja de la bomba.

2.2.3.2 Altura manométrica total

También llamada carga dinámica total "H" es la energía total por unidad de peso que suministra la bomba al fluido (a un caudal determinado) en sus diferentes formas, como se indica a continuación.

Bombeando con succión negativa:

$$H = h_d + h_s + f_d + f_s + \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. 2.12}$$

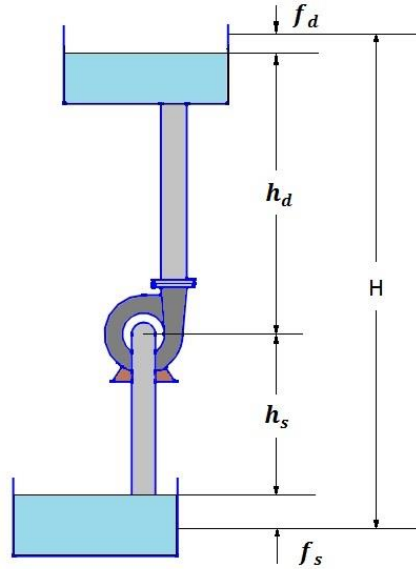


Figura 2-24. Carga dinámica total con succión negativa.

Bombeando con succión positiva:

$$H = h_d - h_s + f_d + f_s + \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. 2.13}$$

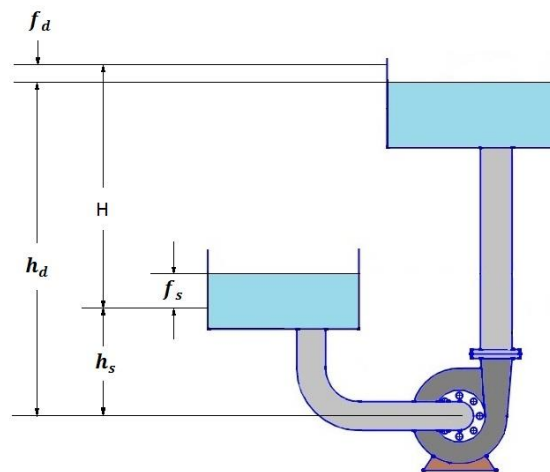


Figura 2-25. Carga dinámica total con succión positiva.

Todas las cargas son medidas en pies o metros de columna de líquido que es bombeado.

2.2.3.3 Potencia – Eficiencia

La potencia hidráulica está en función del caudal manejado, la altura manométrica y la gravedad específica, de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Whp = \frac{Q(gpm) \times H(ft) \times G.E}{3960} \quad (Ec. 2. 14)$$

Eficiencia de la bomba.

$$Eficiencia\ de\ la\ bomba = \frac{Whp}{Bhp} \quad (Ec. 2. 15)$$

Con lo cual conocemos la potencia al freno.

$$Bhp = \frac{Q(gpm) \times H(ft) \times G.E}{3960 \times Eficiencia\ de\ la\ bomba} \quad (Ec. 2. 16)$$

2.2.3.4 Curvas características

Las curvas características muestran la interpretación entre la altura de elevación, la capacidad, la potencia y la eficiencia de las bombas, con base en un diámetro del impulsor específico. Por lo general se trazan curvas de altura de elevación, potencia y eficiencia en función de la capacidad, a una velocidad constante.

Curva de altura de elevación vs caudal.

La primera y más importante curva es la curva de altura de elevación vs caudal. A menudo se le denomina la curva de rendimiento de la bomba. La curva de altura

de elevación vs caudal (HC) representa el rendimiento de la bomba, o más precisamente, el rendimiento del impulsor de la bomba.

A veces la curva de rendimiento de la bomba mostrará más de una curva de altura de elevación vs caudal. Eso indica lo siguiente:

- La curva superior corresponde al impulsor de mayor diámetro que se puede colocar en la bomba; del ejemplo a continuación se determina que el impulsor de diámetro máximo es de 16 pulgadas.
- La segunda línea está identificada como la "de especificación", y corresponde al impulsor que está instalado en la bomba, el que corresponde al diseño y al servicio especificado por el usuario. En este ejemplo el diámetro del impulsor instalado es de 15,44 pulgadas.
- La curva inferior corresponde al impulsor de menor diámetro que se puede colocar en la bomba; en este caso dicho diámetro es de 12 pulgadas.

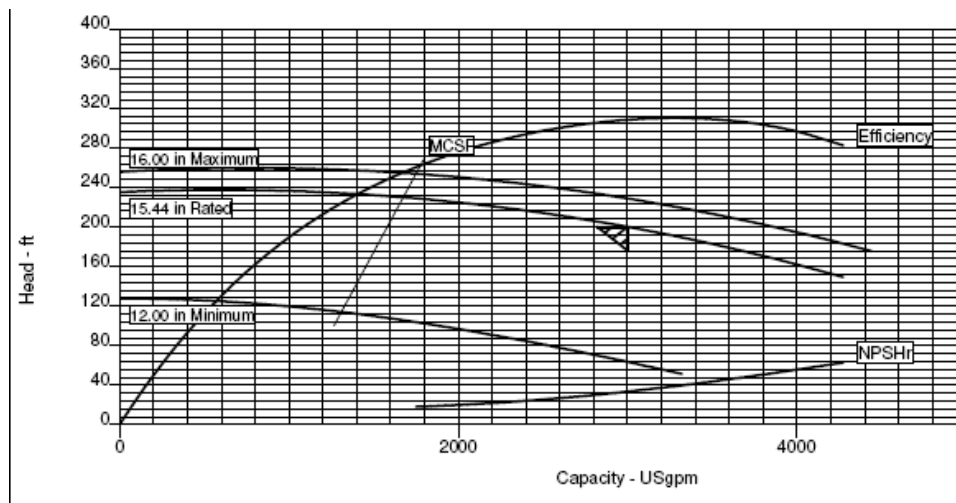


Figura 2-26. Curvas características.

Punto de servicio

El punto de diseño de la bomba, también conocido como punto de servicio, estará siempre indicado con un pequeño triángulo en la curva HC. En ese punto la curva de la bomba interactúa con la curva del sistema.

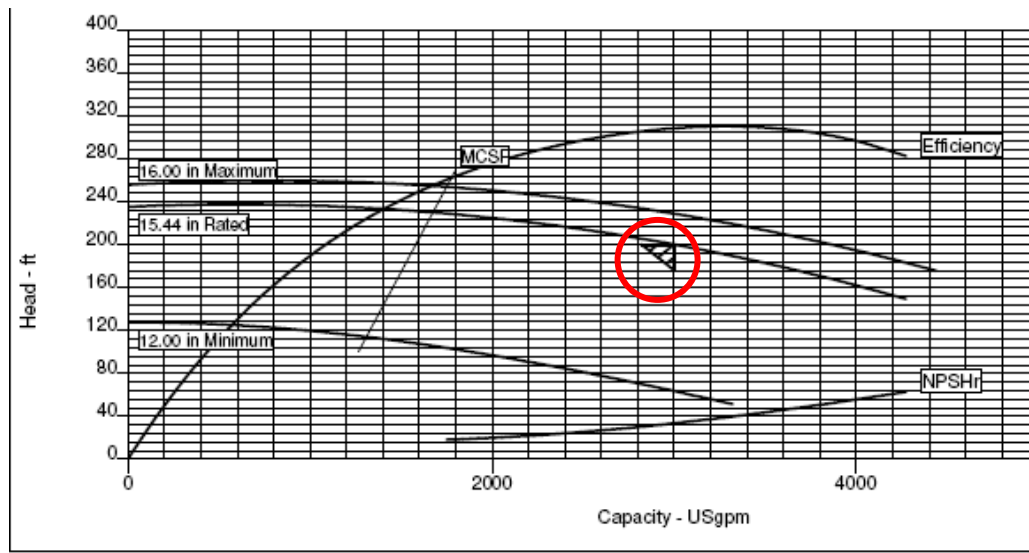


Figura 2-27. Punto de servicio.

Altura de elevación

En el lugar en el que el punto de servicio interactúa con la curva de la bomba se puede trazar una línea hacia la izquierda hasta la escala de la altura de elevación; el valor encontrado será la altura de elevación en las condiciones de especificación y debe corresponderse con la altura de diseño indicada por las hojas del fabricante. En este ejemplo encontramos que la altura de elevación en el punto de servicio es de 200 pies.

Capacidad (velocidad de flujo)

En el lugar en el que el punto de servicio interactúa con la curva de la bomba se puede trazar una línea hacia abajo hasta la escala de caudal; el valor encontrado

será la velocidad de flujo en las condiciones de especificación y debe corresponderse con el flujo ideal de diseño indicado por las hojas del fabricante. En este ejemplo encontramos que la velocidad de flujo en el punto de servicio es de 3000 gpm.

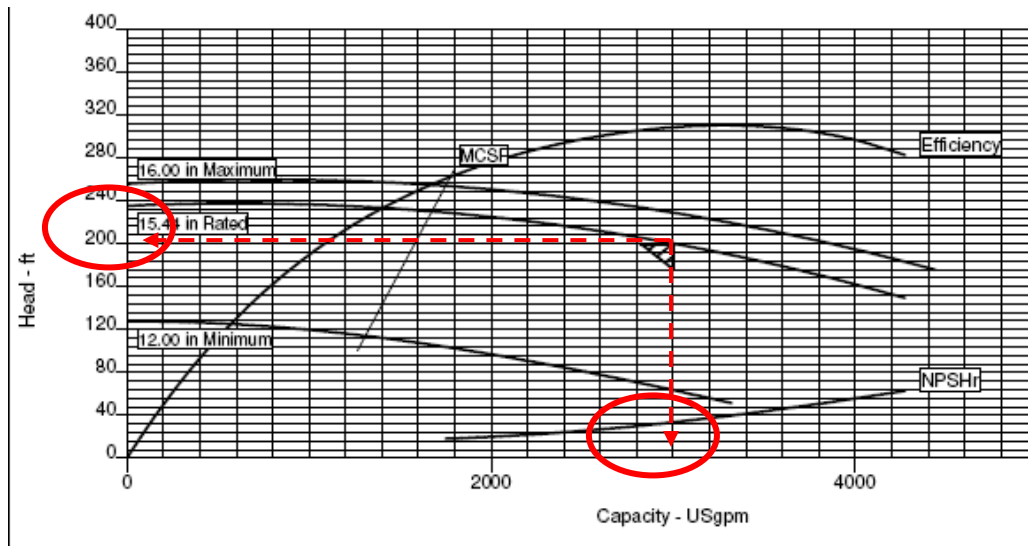


Figura 2-28. Altura de elevación.

Punto de máxima eficiencia (PME)

El punto de máxima eficiencia es aquel en el que la velocidad de flujo es la máxima y la bomba alcanza su máxima eficiencia. El valor se puede encontrar en la curva con forma de campana que está identificada como curva de eficiencia. En el punto más alto de la curva es en el que podemos medir el punto de máxima eficiencia.

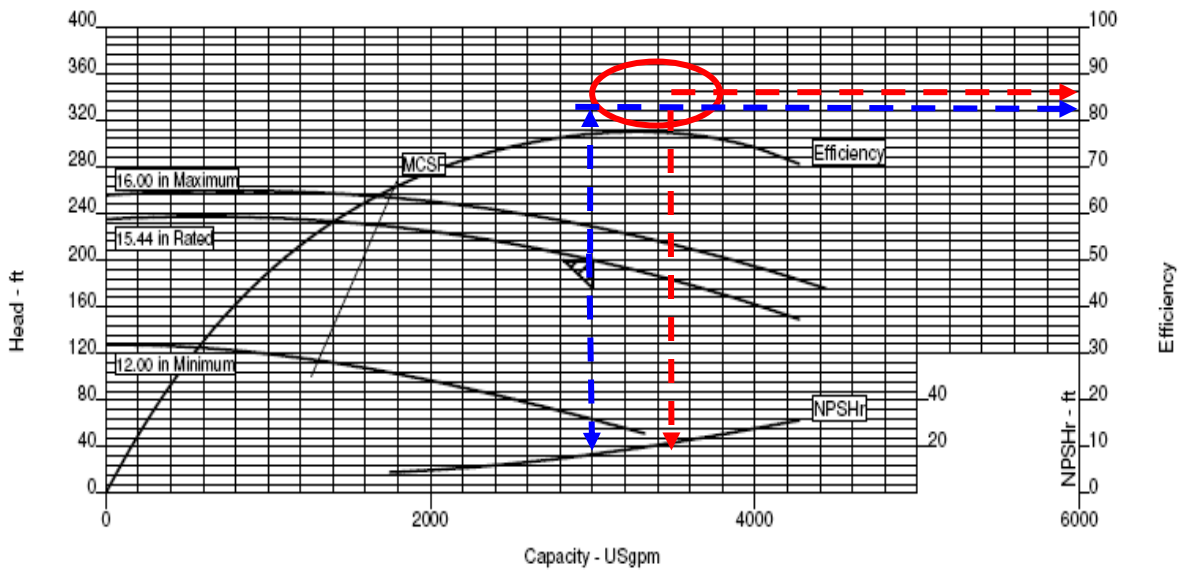


Figura 2-29. Punto de máxima eficiencia.

Altura neta positiva de succión requerida

El valor de la altura neta positiva de succión requerida por la bomba se puede determinar a partir de la curva.

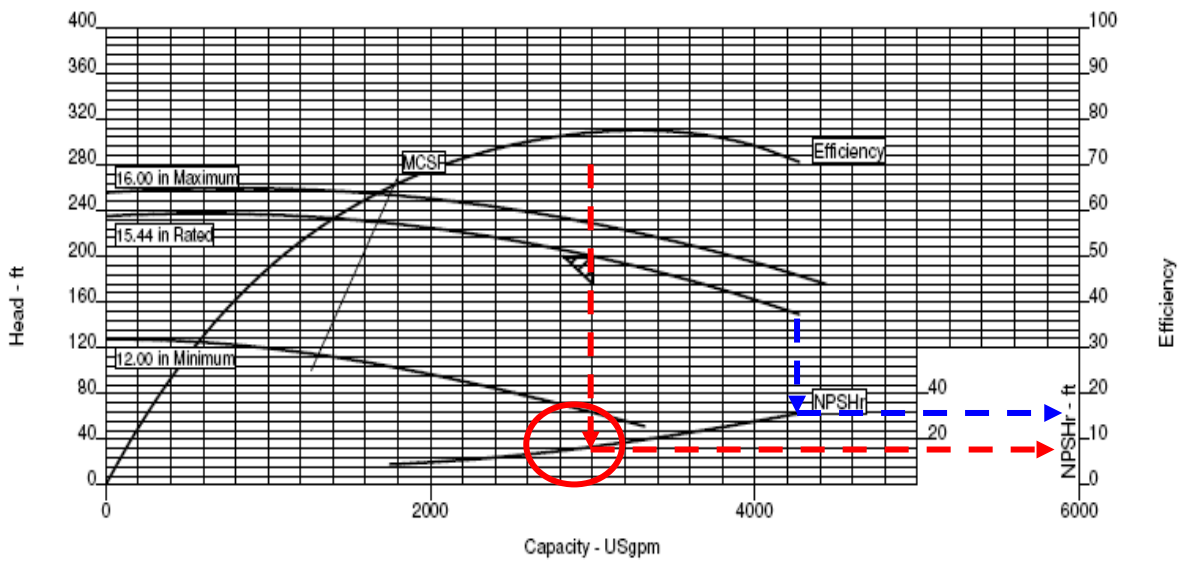


Figura 2-30. NPSH requerida.

Requerimientos de potencia

Los requerimientos de potencia al freno (BHP), medida en caballos de fuerza (o en kilovatios al utilizar unidades del sistema métrico) también se pueden determinar a partir de la curva de la bomba.

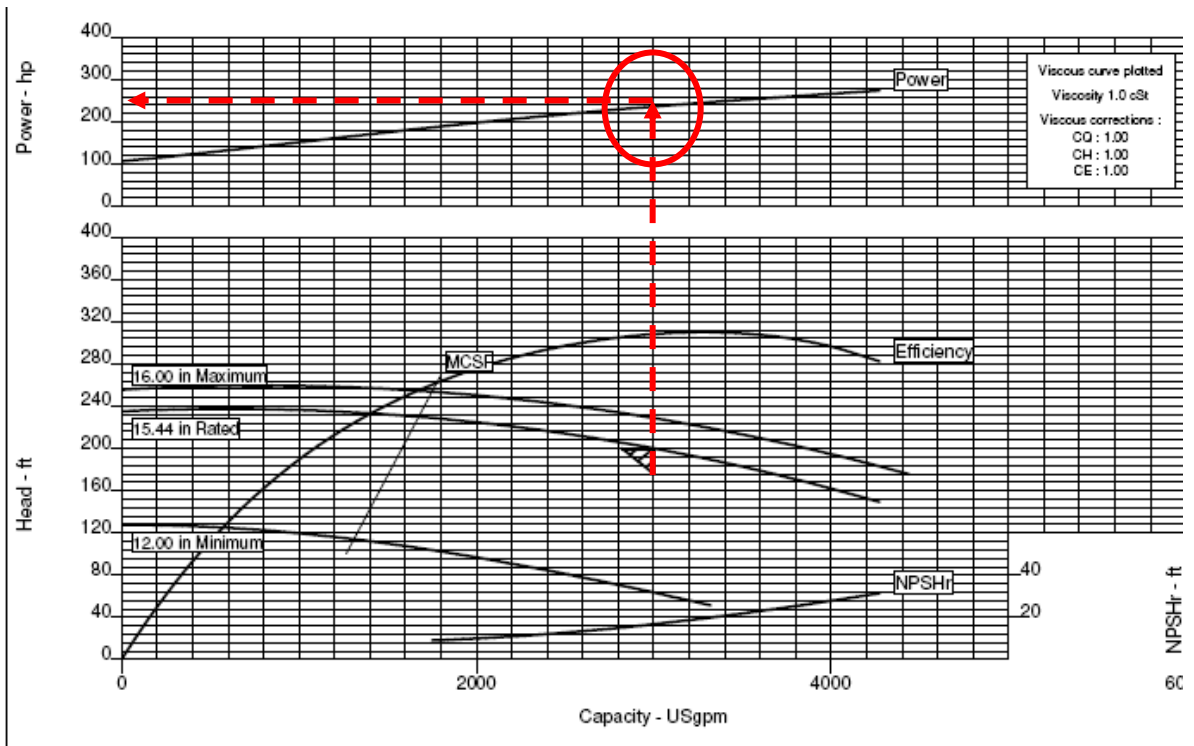


Figura 2-31. Requerimientos de potencia.

CAPITULO 3

CAPITULO 3. NORMATIVIDAD APLICABLE A LA SELECCIÓN DE BOMBAS

3.1 Norma NFR-050-PEMEX-2012

Esta norma de referencia toma como base la normatividad ISO-13709:2009, modificando, definiendo y en su caso medicinando los requerimientos de esta, conforme a los requerimientos particulares de PEMEX.

Esta norma de referencia se realizó en atención y cumplimiento a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, su reglamento, la Ley de Petróleos Mexicanos, su reglamento, Disposiciones y Estatuto Orgánico de PEMEX, reglas de operación del CNPMOS y la guía CNPMOS-009, con la participación de:

- PEMEX-Exploración y Producción
- PEMEX-Gas y Petroquímica Básica
- PEMEX-Refinación
- PEMEX-Petroquímica
- Petróleos Mexicanos
- Instituto Mexicano del Petróleo
- Sulzer Pumps México S.A de C.V.
- Flowserve Pump División
- ICA Flúor
- Dragados Offshore
- ITT Goulds pump.
- KSB de México S.A de C.V.
- ESQUIE/IMP
- Fluidos Técnicos S.A de C.V

La norma NFR-050 tiene como objetivo establecer los requisitos técnicos y documentales que tienen que cumplir las bombas centrífugas que se contratan, adquieren o arriendan por Petróleos Mexicanos y Órganos Subsidiarios.

Esta norma de referencia no incluye:

- Bombas para red contra incendios
- Bombas de desplazamiento positivo

3.1.1 Requerimientos de diseño

3.1.1.1 Generalidades

3.1.1.1.1 Todas las bombas centrífugas incluyendo las que funcionan en sentido inverso como turbinas de recuperación de energía hidráulica deben cumplir los requerimientos de esta norma de referencia y de ISO13709:2009.

3.1.1.1.2 Las bombas centrífugas deben ser de impulsión en voladizo, impulsor montado en cojinetes, o impulsor verticalmente suspendido, y de clasificar de conformidad con la tabla 2.

3.1.1.1.3 Las bombas centrífugas para proceso o en servicio con sustancias peligrosas con uno o más grado de riesgo de 1 o superior, no deben ser clasificación OH1, OH4, OH5 o BB4.

3.1.1.1.4 Las bombas centrifugas que operen por arriba de una o más de las siguientes condiciones de operación no deben ser clasificación OH1, OH4, OH5 o BB4.

a) Presión máxima de descarga 1 900 kPa (275 psi)

b) Presión máxima de succión 500 kPa (75 psi)

c) Temperatura máxima de bombeo 150 °C (300 °F)

d) Velocidad máxima rotativa 3600 rpm

e) Carga total máxima 120 m (400 pies)

3.1.1.1.5 Las bombas centrifugas para servicios auxiliares o de usos generales que operan por debajo de las condiciones de operación y con sustancias no peligrosas pueden ser de tipo OH1, OH4, OH5 y BB4 cumpliendo con esta NFR, a menos que PEMEX especifique lo contrario.

Las bombas centrifugas para servicios auxiliares o de usos generales de tipo OH1, OH2, OH3, OH4 pueden ser fabricadas cumpliendo con ASME B73.1: 2001; ASME B73.2: 2008 o equivalente a menos que PEMEX especifique el cumplimiento con esta NFR.

3.1.1.1.6 Las bombas centrifugas se deben diseñar y construir cumpliendo a lo especificado en 6.1.1 de ISO 13709:2009.

3.1.1.1.7 el proveedor de las bombas debe suministrar la bomba completamente ensamblada y montada sobre su base de montaje de acuerdo con lo requerido en la HD/HE de la bomba centrifuga.

3.1.1.1.8 Cuando se solicite reemplazo de bombas centrifugas existentes, el proveedor o contratista debe suministrar las partes, componentes o en su caso

Bomba Centrifuga completamente ensamblada, los cuales debe cumplir con los requisitos de esta NFR.

3.1.1.1.9 Las bombas centrifugas deben tener como mínimo 1.0 m entre el NPSHA y NPSHR, para el flujo y temperatura normal de operación de la bomba.

3.1.1.1.10 Las velocidades específicas de succión de la Bomba centrifuga se debe calcular de acuerdo con el anexo A de ISO 13709:2009, limitada hasta 11 000 y bajo aprobación explícita de PEMEX, valores mayores de 11 000; si no se indica otro valor en la HE/HD (Hoja De Datos/ Hoja De Especificaciones) anexo 2.

3.1.1.1.11 Las bombas centrifugas deben desarrollar curvas de comportamiento estables, con incremento continuo de carga hasta válvula cerrada. El incremento de carga a válvula cerrada debe ser como mínimo el 10 por ciento de la carga a flujo nominal.

3.1.1.1.12 El nivel de ruido del conjunto Bomba-Accionado y en su caso Motor-Reductor, debe ser máximo de 85 dB a un metro y medio de distancia, cumpliendo con la NOM-011-STPS-2001.

Tabla 2. Clasificación y tipo de identificación de Bomba centrifugas					
BOMBAS CENTRIFUGAS	Tipo de Bomba		Orientación		Código
	En voladizo	Acoplamiento flexible	Horizontal	Montada al pie	OH1
				Soportada en la línea de centros	OH2
			Vertical en línea con cojinetes en soportes		OH3
		Acoplamiento rígido	Vertical en línea		OH4
		Acoplamiento cubierto (cerrado)	Vertical en línea		OH5
			Alta velocidad con engranaje integrado		OH6

	Montaje entre cojinetes	1 y 2 etapas	Dividida axialmente		BB1
			Dividida radialmente		BB2
		Multietapas	Dividida axialmente		BB3
			Dividida radialmente	carcasa sencilla	BB4
				Carcasa doble	BB5
	Verticalmente suspendida	Carcasa sencilla	Descarga a través de la columna	Difusor	VS1
				Voluta	VS2
				Flujo axial	VS3
			Descarga separada	Flecha en línea	VS4
				Con impulsor en voladizo	VS5
Carcasa doble		Difusor	VS6		
		Voluta	VS7		

3.1.1.1.13 El plan de enfriamiento de las Bombas centrifugas debe ser de conformidad con el anexo B de ISO13709:2009, con presión y temperatura del fluido de enfriamiento y de la fuente (suministro) en el centro de trabajo, como se señala en la HD/HE de la Bomba centrifuga; y con circuito cerrado de agua de condensado cuando PEMEX lo indique en lo contrario.

3.1.1.1.14 La temperatura mínima del fluido de enfriamiento debe ser superior a la temperatura mínima ambiente de invierno para el centro de trabajo.

3.1.1.1.15 Los motores, componentes eléctricos y las instalaciones eléctricas deben cumplir con clasificación de área indicada en la HD/HE y cumplir con los requisitos específicos en la NFR-036-PEMEX-2010; así también las conexiones e instalaciones eléctricas deben cumplir con lo indicado en la NFR-048-PEMEX-2008.

3.1.1.1.16 Los anillos, espárragos; pernos y tuercas deben cumplir con lo especificado en la NFR-027-PEMEX-2009, y los requerimientos mínimos establecidos por ISO-13709:2009.

3.1.1.1.17 Las Bombas centrifugas horizontales de dos pasos, deben tener el rotor apoyado en cojinetes.

3.1.1.1.18 No se aceptan Bombas centrifugas con impulsores en voladizo para presiones diferenciales de 2 068 kPa (300 psi) y mayores.

3.1.1.1.19 Las Bombas centrifugas de alta velocidad con engranes integral tipo OH6 se aceptan bajo explicita solicitud de PEMEX, para flujos reducidos y altas cargas dinámicas totales, para lo que el proveedor debe demostrar y fundamentar que su diseño satisface las condiciones de operación indicadas en la HD/HE.

3.1.1.1.20 Las Bombas centrifugas verticales con flecha roscada se deben suministrar con un trinquete de no retroceso.

3.1.1.1.21 Cuando la presión nominal de succión es mayor de cero o la presión diferencial es mayor de 345 kPa (50 psi), la Bomba centrifuga se debe diseñar para minimizar la presión en la caja de estoperos, a menos que los requerimientos de balance axial indique otra cosa.

3.1.1.1.22 La Bomba centrifuga se debe diseñar para operación continua a 105 por ciento de la velocidad nominal. Debe ser capaz de operar hasta la velocidad de disparo del accionado por requerimientos del proceso.

3.1.1.2 Bombas centrifugas de alta energía

3.1.1.2.1 Las Bombas centrifugas con el punto de operación normal localizado 50 por ciento a la izquierda del BEP y con valores de NPSHR de 3 a 5 m (10 a 16

pies), no son aceptables aun cuando la NPSHA exceda la NPSHR en 1.0 m (3 pies) o más.

3.1.1.3 Carcasas de presión

3.1.1.3.1 El fabricante de la Bomba centrífuga debe determinar la presión máxima de descarga de la carcasa, cumpliendo con 6.3.2 de ISO-13709:2009.

3.1.1.3.2 A menos de que se indique otro valor, las carcasas (sección de succión y descarga) de Bombas centrífugas verticales suspendidas, de doble carcasa, de alta velocidad con engrane integral tipo (OH6) y Bombas centrífugas horizontales de etapas múltiples se deben diseñar para 1.1 la presión normal o 206.85 kPa (30 psi) lo que sea mayor, y la sección de succión debe resistir la misma MAWP que la sección de descarga.

3.1.1.3.3 Las carcasas de corte radial, incluyendo los empaques de la brida del sello mecánico, deben tener ajuste metal con metal, con empaques confinados de compresión de controlada.

3.1.1.3.4 Las carcasas de corte radial deben tener ajustes metal con metal, con empaques de compresión controlada tipo enrollado en espiral. Las juntas y pernos de carcasa de corte radial sometidas en Bombas centrífugas tipo VS, deben asentar el empaque tipo enrollado en espiral cumpliendo con lo indicado en 9.3.2.3 de ISO-13709:2009.

3.1.1.3.5 Las Bombas centrífugas axialmente divididas se deben suministrar con orejas o con perno de ojos para izaje en la carcasa superior.

3.1.1.3.6 El espesor de la carcasa de presión, debe resistir la presión máxima de descarga más los incrementos permisibles de carga y velocidad de acuerdo con 6.1.4 y 6.1.6 de ISO-13709:2009, a la temperatura de bombeo y a la presión de prueba hidrostática a temperatura ambiente.

3.1.1.3.7 Las Bombas centrifugas horizontales con temperatura de operación de 150 °C (300 °F) o mayores, deben ser soportadas en línea de centros, o lo más próximo a la línea de centros en Bombas centrifugas entre baleros.

3.1.1.3.8 Las cajas de estoperos deben ser para el uso de sellos mecánicos, de acuerdo a lo indicado en 6.8 de ISO-13709:2009.

3.1.1.3.9 Las Bombas centrifugas horizontales con carcasa de corte radial se deben diseñar para permitir remover los impulsores, flecha, cojinetes, entre otros, sin desensamblar las tuberías de succión y descarga.

3.1.1.3.10 La tornillería interior, debe ser de un material resistente al ataque corrosivo del líquido bombeado, de acuerdo a lo indicado en la tabla H.1 de ISO-13709:2009.

3.1.1.3.11 Las conexiones que no se interconectan con el sistema de tubería del centro de trabajo, se deben suministrar con sus tapas, empaques y tornillerías.

3.1.1.3.12 Las cajas roscadas no pasadas para tornillos, espárragos entre otros, deben tener una longitud efectiva de 1.5 veces su diámetro nominal y sin rosca en el fondo equivalente a tres hilos de cuerdas.

3.1.1.4 Boquillas y conexiones

3.1.1.4.1 Las conexiones deben ser:

- DN 15 (NPS ½) como mínimo para Bombas centrifugas con boquillas de descarga de DN 50 (NPS 2) o menores;
- DN 20 (NPS ¾) para Bombas centrifugas con boquilla de descarga de DN 80 (NPS 3) y mayores;

- Las conexiones para la tubería de lavada del sello y de indicador de presión, deben ser DN 15 (NPS ½) como mínimo, sin importar el tamaño de la Bomba centrífuga.

3.1.1.4.2 El diámetro interior de boquillas y conexiones no debe ser menor al equivalente de tubos cedula XXS para DN de 25 a 80 o cedula 160 para DN de 100 a 300 y al diámetro nominal menos 50 mm para boquillas de 350 DN y mayores.

3.1.1.4.3 Las boquillas y conexiones de las bombas deben ser de la misma clase, tipo y en su caso cara de brida, que la del sistema de tuberías con que se interconecta, en cumplimiento con la especificación de materiales de la tubería correspondiente, la NFR-032-PEMEX-2005, así como los siguientes documentos extranjeros o sus equivalentes, aplicando las tolerancias a sus espesores y de la misma composición y tipo de material que la carcasa material:

a) ASME B16.5 Bridas para tuberías y accesorios bridados, donde:

1. El diámetro interior de las bridas forjadas no debe exceder el diámetro interior de la brida tipo sobrepuesta del mismo DN, dado en el ASME B16.5 o su equivalente.
2. El diámetro exterior de bridas forjadas de cuello soldable, debe ser al menos igual al diámetro del hombro de una brida tipo sobrepuesta del mismo DN y clase del ASME B16.5 o su equivalente.

b) ASME B16.9 Accesorios para soldar a tope de acero forjado, hechos en fábrica. Calculado como tubo recto sin costura de acuerdo con esta norma de referencia, incluyendo el esfuerzo máximo permisible.

c) ASME B16.11 Accesorios forjados con extremos soldables o roscados. Calculados como tubo recto sin costura de acuerdo a esta norma de referencia, incluyendo el esfuerzo máximo permisible.

d) ASME B16.15 Accesorios roscados de bronce fundido, clase 125 y 250.

e) ASME B16.20 Empaques metálicos, tipo anillos, espirales, enchaquetados, para bridas de tubería.

f) ASME B16.24 Bridas para tuberías de aleaciones de cobre fundido y accesorios bridados, clase 150, 300, 400, 600, 900 1 500 y 2 500.

g) ASME B16.42 Bridas para tuberías de hierro dúctil y accesorios bridados, clase 150 y 300, donde:

Las bridas de PN 16 (clase 125) deben tener un espesor mínimo igual que el de las bridas clase 250 para los tamaños de DN 200 (NPS 8) y menores.

h) ASME B16.47 Bridas de acero de gran diámetro; de DN 650 a DN 1500, donde:

1. Las bridas deben ser de la serie A (MSS SP-44) de acuerdo con ASME B16.47 o su equivalente, a menos que se indique lo contrario en la HD/HE de la Bomba centrífuga.
2. El diámetro interior no debe exceder al diámetro de hombro soldable "A", dado en este documento extranjero o equivalente.
3. El diámetro exterior del hombro debe ser al menos igual al diámetro "X" dados en la tabla de este documento extranjero o su equivalente.
4. El diámetro mayor del hombro debe ser limitado por la distancia radial del círculo de barrenos al hombro necesaria para alojar las tuercas.

3.1.1.4.4 El licenciante, contratista y/o PEMEX debe especificar en la HD/HE las bridas conforme al fluido de servicio, la ingeniería del sistema de tubería y las condiciones de operación/diseño, conforme a la NFR-032-PEMEX-2005.

3.1.1.4.5 Las boquillas de succión y descarga de las Bombas centrífugas deben ser bridas, de DN 40 (NPS 1 ½) como mínimo.

3.1.1.4.6 Las bridas deben ser integrales, de cuello soldable o deslizable, de la misma PN (clase) que la tubería que se le interconectará.

3.1.1.4.7 Las bridas deslizables (“slip-on”), solo se aceptan en PN 20 (clase 150), a temperatura 0° y 250 °C, y en servicio con sustancias no peligrosas o con grados de riesgo 1 de acuerdo con la NOM-018-STPS-2000.

3.1.1.4.8 Las bridas tipo sobrepuestas (Lap joint), de caja soldable (socket Weld) o roscadas (Threaded) no son aceptadas.

3.1.1.4.9 Las bridas mayores de 1 520 DN se deben calcular de acuerdo con ASME sección VIII o equivalentes, las dimensiones se pueden detallar en los planos de diseño o construcción de la Bomba centrífuga.

3.1.1.4.10 El acabado de la cara realzada de brida debe ser de acuerdo con ASME B16.5 o equivalente, con rugosidad resultante de 3.2 a 6.3 micrómetros (125 a 250 Ra) a menos que se indique otro valor en la HD/HE de la Bomba centrífuga.

3.1.1.4.11 Las caras de brida tipo caja y lengüeta, cuando aplique, la caja debe estar en la bomba centrífuga y las lengüetas en la tubería.

3.1.1.4.12 Los cuellos de las conexiones deben ser integrales a la carcasa de la Bomba centrífuga. No se aceptan cuellos soldados o roscados.

3.1.1.4.13 Las conexiones de caja roscadas se aceptan en Bombas centrífugas en servicio con sustancias no peligrosas o con grado de riesgo de 1, las que deben ser de caja no pasada, de DN 25 (NPT 1) como máximo, de rosca tipo NPT de acuerdo con ASME B1.20.1 y ASME B16.11 o equivalentes. Estar selladas con una junta contenida con una cara maquinada para contención de la junta como en la figura 19 de ISO-13907:2009, con espesor y longitud de acuerdo a la clase 3 00 o 6 000.

3.1.1.4.14 Las tuberías de interconexión entre la Bomba centrifugas y los sistemas (enfriamiento, plan de sello, entre otros) deben tener conexiones que permitan su desacoplamiento.

3.1.4.15 Las boquillas y conexiones de la carcasa de la Bomba no se deben rigidizar o reforzar.

3.1.1.4.16 No se permiten conexiones auxiliares maquinadas en el cuerpo de la bomba.

3.1.1.4.17 No se deben roscar las volutas de succión o descarga, ni áreas de alta velocidad. Si se requiere conexiones de drenaje, venteo o para indicadores de presión, las conexiones se deben solicitar autorizar por escrito por PEMEX, antes de la fabricación de la Bomba centrifuga.

3.1.1.5 Fuerzas y momentos externos en boquilla

3.1.1.5.1 Las Bombas centrifugas independientemente del material de construcción de la carcasa y tipo, se deben diseñar para soportar como mínimo las fuerzas y momentos en la succión y descarga de la tabla 5 de ISO-13907:2009 o en su caso con los valores de PEMEX indique en la HD/HE.

3.1.1.5.2 Las carcasas de las Bombas centrifugas horizontales se debe diseñar para el doble de fuerzas y momentos indicados en la tabla 5 de ISO-13709:2009, aplicados simultáneamente, en adición a la presión interna, sin que estas ocasionen rozamiento interno, deformaciones o daño en la Bomba centrifuga y sello mecánico.

3.1.1.5.3 La Bomba centrifuga y conjunto acoplado, bomba y accionador, se debe diseñar para que el desplazamiento de la flecha de la bomba, medida en el cople después de instalada y en operación a condiciones de diseño, no exceda de 127 micrómetros (0.005 in) en cualquier dirección, cuando está sujeta a la fuerzas y

momentos de la tabla 5 de ISO-13709:2009 aplicados individualmente a cada conexión y simultáneamente a la Bomba centrífuga a través de las conexiones de succión y descarga.

3.1.1.5.4 Los métodos del anexo F de ISO-13709:2009 se pueden utilizar bajo previa aprobación de PEMEX. El proveedor o contratista al solicitar la aprobación, debe especificar el grado de desalineamiento que ocurrirá usando los métodos del anexo F de ISO-13709:2009, mismo que no debe ser mayor del 50 por ciento.

3.1.1.6 Rotores

3.1.1.6.1 Los impulsores deben ser de fundición de una sola pieza, tipo cerrado, a menos que el licenciante o PEMEX indique otro tipo de impulsores en la HD/HE.

3.1.1.6.2 La flexión total de la flecha bajo las más severas condiciones dinámicas a lo largo de toda la curva carga-flujo en Bombas centrífugas horizontales de uno y dos pasos, y verticales “en línea”, se debe limitar a 50 micrómetro (0.002 in) en la cara de la caja del estopero o en la cara primaria del sello con el impulsor de diámetro máximo a la velocidad y fluido especificado.

3.1.1.6.3 La rigidez requerida de las flechas se debe obtener en cumplimiento de la 6.9.1.3 de la ISO-13709:2009.

3.1.1.6.4 Los impulsores para Bombas centrífugas de etapas múltiples se deben asegurar individualmente contra movimientos axiales en ambas direcciones a lo largo de la flecha.

3.1.1.6.5 Las flechas deben transmitir el máximo par de torsión requerido bajo cualquier condición de operación. Las flechas para accionadores de velocidad variable se debe diseñar para al menos el 105 por ciento de la velocidad máxima y todos los esfuerzos, incluyendo el peso propio, empuje axial, arranque de baja tensión y arranque a tensión plena.

3.1.1.6.6 Las mangas se deben asegurar o amordazar a la flecha, y deben ser de material resistente al desgaste, la corrosión y la erosión, con un espesor mínimo de 2,5 mm (0.1 in) después del rectificado y pulido en su superficie externa, o terminado específico.

3.1.1.6.7 Las mangas se deben sellar en el extremo del lado en proceso. El ensamble manga-flecha (o tuerca) se debe extender más allá de la cara exterior del prensa estopas o de la brida del sello.

3.1.1.6.8 Para Bombas centrifugas verticales en linear y Bombas centrifugas horizontales con accionadores de 2.2 kW y menores que operen por debajo de las condiciones de operación en servicio con sustancias no peligrosas; con sello mecánico, las mangas pueden ser omitidas, y las flechas se deben construir de un materia resistente al desgaste y corrosión con acabado, igual al de la manga, así como que las flechas y mamelones deben tener “centros” para permitir su re-acabado.

3.1.1.6.9 Las flechas de Bombas centrifugas, excepto las verticales suspendidas, se deben maquinar y terminar adecuadamente en toda su longitud de forma que la excentricidad total indicada (“runo out”) no exceda de 25 μm (0,001 in). En el ensamble manga flecha, la excentricidad total indicada (“runo out”) no debe ser mayor de 51 μm (0,002 in), para diámetros menores a 50 mm (2 in); para diámetros de 50 y 100 mm (2 y 4 in), de 80 micras (0,003 in) y de 100 μm (0,004 in) para diámetros mayores a 100 mm (4 in).

3.1.1.6.10 El diámetro de la flecha o mangas de la flecha en la sección de los sellos mecánicos, debe cumplir con dimensiones de ISO-21049:2012, para diámetros mayores debe ser en múltiplos de octavos en pulgadas.

3.1.1.6.11 Las Bombas centrifugas horizontales y secciones de interpaso se deben suministrar con bujes removibles en la carcasa y mangas de la flecha.

3.1.1.6.12 Las flechas verticales se deben suministrar con bujes de tazones reemplazables en todos los interpasos y todos los puntos de apoyo.

3.1.1.6.13 La flecha de Bombas centrifugas verticales en la sección de impulsores debe ser de una pieza, a menos que PEMEX indique otra cosa en la hoja de especificaciones.

3.1.1.6.14 La rigidez de la flecha de Bombas centrifugas horizontales se mas de tres pasos debe ser el doble que lo especificado en 6.9.1.3 de ISO-13709:2009 y no se debe considerar en el diseño de la rigidez del fluido.

3.1.1.6.15 Los claros entre elementos de rotación especificador en 6.7.4 de ISO-13709:2009, no aplican para claros entre cojinetes o bujes.

3.1.1.7 Sellos mecánicos

3.1.1.7.1 Las Bombas centrifugas que manejan sustancias peligrosas con al menos un grado de riesgo de 3 de conformidad con la NOM-18-STPS-2000, o hidrocarburos, se deben suministrar con sellos mecánicos duales.

3.1.1.7.2 Las cámaras de sello con calentamiento deben ser con chaquetas para productos con punto de fusión muy elevado.

3.1.1.7.3 Las Bombas centrifugas que manejan sustancias peligrosas de conformidad con la NOM-18-STPS-2000 se deben suministrar con sellos mecánicos.

3.1.1.7.4 Los sellos mecánicos duales no presurizados, deben ser balanceados, diseñados para la presión el fluido barrera y debe tener un balance interno para resistir diferenciales de presión sin que se abran.

3.1.1.7.5 Las Bombas centrifugas en servicio con fluido con presiones de vapor de 69 kPa (10 psi) absoluta o mayores y/o presiones de sellos mayores de 517 kPa

(75 psi) manométrica, a temperatura de bombeo, se deben suministrar con sellos mecánicos balanceados.

3.1.1.7.6 No se aceptan sellos mecánicos contruidos internamente (“built-in”).

3.1.1.7.7 Los materiales de los sellos y los fluidos del sistema de lubricación y enfriamiento no deben ser contaminantes al medio ambiente laboral en cumplimiento con la NOM-010-STPS-1999.

3.1.1.7.8 Las Bombas centrifugas se deben suministrar con sello mecánico, del tipo cartucho; o en su caso bipartido cuando PEMEX lo indique en la hoja de especificación de la Bomba centrifuga.

3.1.1.7.9 Todos los sellos se deben diseñar para ser removidos sin desmotar el accionador.

3.1.1.7.10 Los sellos mecánicos se deben diseñar para las condiciones de operación y diseño de la Bomba centrifuga y para la presión máxima de descarga de la Bomba centrifuga. El proveedor debe indicar en la hoja de especificación de la Bomba centrifuga el valor máximo de presión de sello y el máximo rango de presión del sello durante cualquier condición de operación incluyendo el arranque y paro, para determinar el valor máximo de presión de sello, se debe utilizar la presión máxima de succión, presión de inyección, los cambios en los claros internos, entre otros.

3.1.1.7.11 Los sellos mecánicos de las Bombas deben cumplir con ISO-21049:2012, usando el procedimiento de selección del anexo A, codificación del anexo D y materia del anexo B de ISO-21049:2012.

3.1.1.7.12 La camisa del sello mecánico debe cumplir las siguientes condiciones.

a) Ser de material resistente a la corrosión, erosión y al desgaste.

b) Estar sellada por el externo lado proceso.

c) Extenderse más allá de la cara exterior de la brida del sello.

d) Estar construida en una pieza.

e) Tener n claro diametral G7/H6 con la flecha de acuerdo con ISO 286:2010, que permita el fácil ensamble y desensamble.

3.1.1.7.13 Las partes componentes de la brida del sello deben resistir cuando menos la presión máxima de diseño de la cámara del sello a la temperatura de bombeo y debe tener la suficiente rigidez para evitar la distorsión que dañe la operación del sello, incluyendo aquella que pueda ocurrir durante el apriete de los birlos para la colocación del empaque.

3.1.1.7.14 Las bridas de los sellos se deben suministrar con agujeros o ranuras para birlos, excepto en cajas axialmente divididas. Se deben prever facilidades para el centrado de la brida del sello con la entrada de la caja de sello (estopero), con el diámetro interior o algún otro medio. No se acepta el alineamiento por tornillos de los componentes dl sello mecánico. La tornillería de la brida de succión debe utilizar la temperatura específica de bombeo y la presión de diseño de la cámara y debe estar de acuerdo con ASME sección VIII, División 1, o equivalente, con al menos cuatro pernos.

3.1.1.7.15 La caja de sello (estopero) o cámara de sello se debe diseñar para soportar la máxima carga aplicada por los birlos.

3.1.1.7.16 Las conexiones en la brida del sello se debe identificar con letras grabadas de forma permanente de acuerdo a la tabla 3 de esta NFR. Cuando se especifique lavado a brida con vapor, la conexión de entrada se debe localizar en la parte superior de la brida y conexión de drenado se debe localizar en la parte inferior de la brida para prevenir la formación de bolsas de agua.

3.1.1.7.17 La cámara del sello debe tener un venteo (interno o externo) que permita un venteo completo de la cámara, previo arranque.

3.1.1.7.18 El proveedor debe suministrar el plan de lubricación y enfriamiento del sello mecánico con sus tuberías y accesorios, el que debe cumplir con el Anexo G de ISO 21049:2012.

3.1.1.7.19 El sistema de tubería de sello, incluye tubería, conexiones, válvulas, coladores, orificios y separadores, deben estar de acuerdo con el numeral 7.5.2 de ISO 13709:2010. El proveedor del sello y el proveedor de la Bomba centrífuga deben establecer conjuntamente la cantidad de líquido a circular en la cámara del sello y se debe indicar a PEMEX las condiciones requeridas en la cámara para asegurar una película estable en las cámaras del sello y una operación apropiada del sello. La presión en las caras del sello debe ser mayor a la presión atmosférica.

Tabla 3. Símbolos para conexiones de Bomba y brida	
Símbolo	Conexiones
F	Inyección de fluido para lubricación y enfriamiento
L	Fuga
B	Inyección de fluido para barrera
X	Inyección de fluido externo
Q	Lavado
C	Enfriamiento
H	Calentamiento
G	Lubricación
E	Fluido de balance
P	Fluido bombeado
Sufijo	
I	Entrada
O	Salida
S	Llenado

D	Drenado
V	Venteo

3.1.1.7.20 En servicio de vacío, el diseño del sello debe ser adecuado para sellar contra la presión atmosférica cuando la Bomba centrífuga no está operando. Para Bombas centrífugas que manejan líquidos en condiciones cercanas a su presión de vapor (líquidos saturados), la presión en la cámara del sello mecánico, para sellos sencillos y para sellos internos duales no presurizados, deben estar al menos 345 kPa (50 psi) o 10 por ciento por arriba de la presión de vapor del fluido a la temperatura del fluido en la cámara del sello.

3.1.1.7.21 Se deben suministrar chaquetas de enfriamiento o calentamiento en la cámara del sello de la Bomba centrífuga, para los siguientes casos o cuando PEMEX lo indique en la hoja de especificación.

- a) Para líquidos a temperatura superior a 149 °C (300 °F), a menos que se use sello de fuelle metálico.
- b) Producto con alto punto de fusión.
- c) Bombas centrífugas para alimentación a calderas.
- d) Sellos con conexiones canceladas (sin inyección ni lavado).
- e) Líquidos con bajo punto de vaporización.
- f) Fluidos a temperaturas superiores a 316 °C (600 °F).

3.1.1.7.22 Se debe suministrar un buje de estrangulamiento antichispa, colocado a presión en la brida del sello y recargado contra un hombro exterior, en sellos sencillos para minimizar las fugas en una falla total del sello y para permitir el control de una fuga menor. El claro en el diámetro anterior del buje, no debe ser

mayor de 0.635 mm (0.025 in). Bujes de estrangulamiento de tipo flotante son permitidos con claros más cerrados.

3.1.1.7.23 Se debe suministrar un deflector en Bombas centrifugas verticales que no estén equipadas con empaque auxiliar o cubierta que prevenga que materiales extraños entren al espacio entre la manga y la flecha.

3.1.1.7.24 Los sellos mecánicos y las bridas no se deben usar durante la prueba hidrostática, pero si se deben usar durante las pruebas mecánicas y de comportamiento. Los sellos mecánicos y las bridas se deben instalar en la Bomba centrifuga antes del embarque y deben estar limpios, lubricados y listos para su operación inicial. En las Bombas centrifugas que requieren ajuste final en el campo, el proveedor debe fijar a la Bomba centrifuga una placa metálica indicando este requerimiento.

3.1.1.7.25 Cajas de sello (estoperos) para empaque convencional.

a) Las cajas de sello (estoperos) en cualquier Bomba centrifuga, se deben suministrar con anillo o jaula para introducir un líquido de enfriamiento directamente al empaque. Se debe proveer conexiones de entrada y salida para dicha jaula de enfriamiento.

b) Se debe de proveer un espacio amplio para remplazar los empaques y la jaula de enfriamiento, sin remover o desmantelar cualquier otra parte que no sea el prensaestopas.

c) Se deben suministrar chaquetas de enfriamiento en cajas de sello (estoperos) de Bombas centrifugas con empaques cuando se especifique cualquiera de las siguientes condiciones: la temperatura del líquido este por arriba de 149 °C (300 °F) o la presión de vapor sea mayor de 69 kPa (10 psi) absoluta.

d) Debe ser empacado por separado para instalarlo en campo.

e) Cuando la caja del sello (estoperos) de una Bomba centrífuga vertical esté sujeta a la presión de descarga y se use una línea de balanceo, esta debe ser por medio de una tubería interna.

f) Se debe suministrar un drenaje en las Bombas centrífugas verticales para que el líquido no se acumule en la pieza que soporte el accionador.

3.1.1.8 Análisis torsional

3.1.1.8.1 El análisis torsional lo debe realizar el proveedor del equipo de conformidad con ISO 13709:2009 incluyendo 6.9.2.2 de ISO 13709:2009.

3.1.1.8.2 El análisis debe incluir todo el conjunto, a menos que tenga un mecanismo de acoplamiento dinámico débil, como es un cople hidráulico o convertidor de torque.

3.1.1.8.3 Si se especifica un estado estático para las frecuencias variables ASD's, se debe realizar el análisis de respuesta amortiguado para todas las frecuencias resonantes a través de 12 veces la frecuencia lineal.

3.1.1.8.4 El análisis transitorio torsional se debe realizar si se especifica un motor síncrono operando a 500 kWa (670 hp) o mayor.

3.1.1.8.5 El proveedor debe realizar el informe detallado del análisis de conformidad con 6.9.2.10 de ISO 13709:2009.

3.1.1.8.6 Los espectros de vibraciones se deben incluir con los resultados de las pruebas de las Bombas centrífugas.

3.1.1.8.7 Los impulsores, tambores de balance y componentes rotativos similares de las Bombas centrífugas indicadas se deben balancear dinámicamente al grado G2.5 de acuerdo con ISO 13709:2009 e ISO 19401:2003.

3.1.1.9 Cojinetes y alojamiento o soporte de cojinetes

3.1.1.9.1 El tipo y arreglo de los cojinetes se deben seleccionar de acuerdo con la tabla 10 de ISO 13709:2009. El arreglo de cojinetes debe ser uno de los siguientes: antifricción para el radial y el de empuje, hidrodinámico para el radial y antifricción para el de empuje, o hidrodinámico para el radial y para el de empuje. Los cojinetes radiales deben ser de diseño normalizado (bola, rodillos, mangas o zapatas pivoteadas).

3.1.1.9.2 La vida del sistema de cojinetes se debe calcular de conformidad con 6.10.1.5 o 6.10.1.6 de ISO 13709:2009.

3.1.1.9.3 Las chumaceras hidrodinámica radiales deben ser: bipartidas para facilitar el ensamble, de tipo o manga o de zapatas con precisión en el diámetro interno, con metales reemplazables de acero recubiertos con “babbitt” para conchas o zapatas.

3.1.1.9.4 Los cojinetes se deben equipar con un perno que evite que gire y los asegure firmemente en la dirección axial.

3.1.1.9.5 El diseño del cojinete debe evitar la inestabilidad hidrodinámica y proveer suficiente amortiguamiento para limitar la vibración del rotor a las amplitudes máximas especificadas durante la operación con carga o sin carga a las velocidades de operación especificadas, incluyendo operación en cualquier frecuencia crítica.

3.1.1.9.6 Los metales, zapatas o conchas deben estar en alojamientos o soportes axialmente divididos y ser reemplazables. Para reemplazar estos elementos no se debe requerir remover la media carcasa superior de Bomba centrífuga con corte axial o la tapa de Bombas centrífugas de corte radial. El diseño del cojinete no debe requerir quitar el mamelón del cople para permitir la sustitución de los metales, bujes o zapatas del cojinete.

3.1.1.9.7 Los cojinetes hidrodinámicos de empuje axial deben ser del tipo de segmentos múltiples con baño de “Babbitt”, diseñados para una capacidad de empuje igual en ambas direcciones y para una lubricación continua presurizada en cada lado. Ambos lados deben ser de tipo de zapatas con auto nivelación, asegurando que cada segmento soporte una parte igual de carga axial con la menor variación de espesor del segmento.

3.1.1.9.8 El disco de empuje debe ser reemplazable cuando PEMEX lo indique en la hoja de especificación y se debe asegurar finalmente la flecha para evitar que gire. Cuando se suministren discos integrales de empuje, se deben proveer con espesor adicional mínimo de 3,2 mm (1/8 in), para rectificarlos cuando se lleguen a dañar. El acabado de superficie la superficie de ambas caras del disco no debe exceder a 0.4 micras (1.6×10^{-5} in) RMS, y la excentricidad axial (“Run Out”) total de cada cara no debe exceder 12,7 micras (0.0005 in).

3.1.1.9.9 Para presiones de succión de 1034 kPa (150 psi) manométricas y mayores, el proveedor debe suministrar cojinetes de empuje para el máximo empuje desarrollado a través de todo el rango de operación de la Bomba centrífuga.

3.1.1.9.10 Para coples del tipo de engranes, la fuerza externa se debe calcular con la siguiente ecuación.

$$F = \frac{0,25 (9550)}{N_r D} \times P_r \quad \text{Ec. 3.1}$$

Dónde:

F = Fuerza externa (kN).

N_r = Velocidad nominal (r/min).

D = Diámetro de la flecha en el cople (mm).

P_r = Potencia nominal en kW.

3.1.1.9.11 Las Bombas centrifugas, cojinetes y cajas de cojinetes se deben diseñar y suministrar para lubricación por sistema de lubricación de niebla de aceite cumpliendo con NFR—250-PEMEX-2010 e ISO 13709:2009, o con sistema de lubricación forzada, a menos que PEMEX indique otro sistema de lubricación en la HD/HE. Las Bombas centrifugas, cojinetes y cajas de cojinetes se deben suministrar con sellos que no emanen aceite de niebla a la atmosfera en operación o reposo.

3.1.1.9.12 Los alojamientos o soportes de cojinetes, para cojinetes lubricados por nivel de aceite no presurizado, deben tener conexiones roscadas NPT con tapón macho de al menos 15 DN (1/2 NPS), mirilla de nivel o indicador de nivel, para todo el rango que permita detectar el sobrellenado de los alojamientos con marcas permanentes, claras y visibles que identifiquen el nivel normal, mínimo y máximo. La mirilla o indicador de nivel debe ser de cristal templado inastillable, resistentes a los rayos ultravioleta, alta temperaturas, y que no se opaque por efectos del ambiente y servicio.

3.1.1.9.13 Las conexiones para montar permanentemente los transductores de vibración deben ser roscadas y de acuerdo con API 670 o equivalente. Las roscas de sujetadores milimétricos debe ser M8, de acuerdo con las figuras 31 a 33 de ISO 13709:2009.

3.1.1.9.14 Para los transductores de vibración, magnéticos se debe proveer una superficie plana de por lo menos 25 mm (1 in) de diámetro.

3.1.1.9.15 La caja de alojamiento de los cojinetes y los sellos que no son mantenidos durante su almacenaje con sistemas de lubricación a base de niebla, se debe proteger con recubrimiento anticorrosivo como aceite compatibles con la lubricación de los elementos y que no produzcan solidos o cualquier otro residuo, como son pinturas, que dañe los elementos internos.

3.1.1.9.16 Los alojamientos o soportes con cojinetes internos deben tener una brida semicircular de montaje, así como soportes de acero entre la carcasa de la Bomba centrífuga y el alojamiento o soporte de cojinetes, cuando se manejen líquidos inflamables o tóxicos.

3.1.1.9.17 El proveedor debe suministrar calentadores de aceite para cojinetes lubricados presurizados, cuando se requiera mantener la temperatura de operación del aceite a una temperatura constante de manera controlada; y las condiciones ambientales del centro de trabajo son un factor que no lo permita de manera natural.

3.1.1.9.18 Los cojinetes de empuje axial integrados al accionador en Bombas centrífugas verticales deben ser de conformidad con 7.1.8 de ISO 13709:2009 y cuando el cojinete de empuje axial está integrado a la Bomba centrífuga vertical, estos deben ser de conformidad con 6.10.1.1 y 6.10.2.2 de ISO 13709:2009.

3.1.1.10 Lubricación

3.1.1.10.1 Las Bombas centrífugas, su accionador y en su caso caja de engranes, se deben suministrar con preparación para lubricación con sistema de lubricación por niebla; o con sistema de lubricación forzada; a menos que PEMEX indique en la HD/HE de la Bomba centrífuga lubricación por nivel de aceite o por grasa, según corresponda.

3.1.1.10.2 El sistema de lubricación por niebla debe ser de conformidad con ISO 13709:2009 y NFR-250-PEMEX-2010.

3.1.1.10.3 El sistema de lubricación forzada debe ser conforme a ISO 10438-3:2007 y a menos que se solicite otra cosa en la HD/HE, el calentador debe ser eléctrico de inmersión con termostato de control cumpliendo ISO 10438-3:2007.

3.1.1.10.4 Los salpicadores o anillos de aceite deben tener una sumergencia de 3 a 6 mm (1/8 a 1/4 in) por arriba del borde inferior de un salpicador o por arriba del borde inferior del agujero de un anillo de aceite. Los salpicadores de aceites deben tener mamelones de montaje para mantener la concentricidad y asegurarse firmemente de la flecha.

3.1.1.10.5 Cuando la Bomba y el accionador requieran de lubricación forzada, se debe proporcionar un sistema común.

3.1.2 Requerimientos de materiales

3.1.2.1 Generalidades

3.1.2.1.1 Todos los materiales que integran la Bomba centrífuga, incluyendo forja, fundiciones, tuberías, accesorios de tuberías, flechas, partes sujetas a presión o en contacto con el fluido, entre otras, deben ser nuevos, suministrados por el fabricante, en conformidad con esta Norma de Referencia y la especificación de la Bomba centrífuga, con su correspondiente informe de pruebas y certificado de materiales, los que se deben conservar para la inspección, e integrar el expediente de la Bomba centrífuga. Los certificados de materiales deben tener los datos químicos y propiedades mecánicas.

3.1.2.1.2 Todos los materiales, componentes, entre otros que integran la Bomba centrífuga deben ser rastreables durante todo el proceso de construcción y aun después de construidos con respecto a su certificado de materiales.

3.1.2.1.3 Los materiales para carcasa de las Bombas centrífuga deben estar de acuerdo con ISO-13709:2009 y lo siguiente:

a) La carcasa y partes de la carcasa a presión en Bombas centrífugas de doble carcasa deben ser de acero al carbono o acero aleado, como se indique en la HD/HE.

b) La carcasa y partes de la carcasa a presión en Bombas centrífugas en servicio con sustancias peligrosas deben ser de acero al carbono o acero aleado.

c) La carcasa y partes de la carcasa a presión en Bombas centrífugas para servicios auxiliares o generales localizados fuera del área de proceso, que no manejen sustancias peligrosas y que no exceda de los valores de 3.1.1.1.4, deben ser de acero al carbono, acero aleado, o en su caso de hierro fundido, como se indique en la HD/HE.

3.1.2.1.4 Los materiales de las bombas centrífugas y partes en contacto con el fluido deben resistir la presencia de agentes corrosivos en el fluido y en el ambiente, incluyendo componentes que puedan causar agrietamiento, erosión y corrosión.

3.1.2.1.5 Los componentes rotatorios con recubrimiento se deben balancear antes y después de la aplicación del recubrimiento. Los procedimientos y secuencias del recubrimiento y balanceo deben ser aceptados por PEMEX.

3.1.2.1.6 La dureza de los materiales deben ser de acuerdo con el servicio y el fluido a manejar.

3.1.2.1.7 Las Bombas centrífugas y materiales en servicio amargo o servicio de ácido sulfhídrico deben cumplir con:

a) ISO15156:2009 para bombas centrífugas en producción de petróleo y gas, y plantas de tratamiento de gas natural.

b) NACE MR0103:2007 o equivalente, para Bombas centrifugas en refinación de petróleo, y procesamiento relacionados conteniendo H₂S en gas o disuelto en fase acuosa, con o sin procesos de hidrocarburo.

3.1.2.1.8 En el impulsor no se debe usar anillos de desgaste con dureza mayores al 22 Rockwell “C” en servicio amargos o de ácidos sulfúricos.

3.1.2.1.9 Los materiales en contacto con el fluido deben resistir el ataque químico y físico a las condiciones de diseño y operación, incluyendo arranque, paro y espera lleno de líquido, con tazas de líquidos.

3.1.2.1.10 Los materiales de Bombas centrifugas en servicio caustico, deben cumplir con NACE SP0403:2008 o equivalente.

3.1.2.1.11 Las Bombas centrifugas y materiales en servicio de aminas, debe cumplir con NACE SP0472:2008 o equivalente y el API RP 945:2008 o equivalente.

3.1.2.1.12 Las Bombas centrifugas y materiales en servicio de hidrogeno, se deben seleccionar de acuerdo con API 941:2008 “Nelson Chart” o equivalente, donde toda la combinación de las condiciones de operación, más 30 °C, deben quedar por debajo de la curva del material.

3.1.2.1.13 Las Bombas centrifugas y materiales en servicio o que contengan ácido fluorhídrico HF o fluoruro de hidrogeno anhidro, deben cumplir con la especificación del Licenciante.

3.1.2.2 Fundiciones

3.1.2.2.1 El uso de salientes o soportes en fundición deben ser mínimos. Los salientes o soportes deben estar limpios y sin corrosión (pueden ser recubiertos) y

de una composición compatible con la fundición. Los salientes no se deben usar en fundiciones del impulsor.

3.1.2.2.2 No se aceptan fundiciones reparadas aun cuando estas estén permitidas por la especificación del material en fundición en Bombas centrifugas, en servicio con sustancias peligrosas con uno o más grados de riesgos de 2 o que excedan los valores de 3.1.1.1.4.

3.1.2.3 Bajas temperaturas

3.1.2.3.1 El fabricante de la Bomba centrifuga debe especificar la TMDM y diseñar las Bombas cumpliendo con 6.12.4 de ISO 13709:2009.

3.1.2.3.2 La TMDM se debe estampar en la placa de nombre de la Bomba a la coincidente MAWP de la Bomba o componente.

3.1.2.3.3 El Fabricante o Proveedor de la Bomba centrifuga deben verificar si se requieren pruebas de impacto “Charpy V-notch” para materiales y soldaduras, en relación con la TMDM y la mínima temperatura ambiente registrada en el centro de trabajo.

3.1.2.3.4 Los materiales de las clases I-1 e I-2 de la tabla H-1 de ISO 13709:2009, no son aceptables para las Bombas centrifugas indicadas en los incisos a, b y c del numeral 3.1.1.1.4.

3.1.2.3.5 El Proveedor debe indicar el grado de material a suministrar en la hoja de especificación.

3.1.2.3.6 En partes cuyo espesor predominante es mayor a 25 mm (1 in), la prueba de impacto se debe definir de acuerdo con el párrafo UCS-66 de la sección VIII, división 1 del código ASME o su equivalente. La curva B se debe usar para materiales de acero al carbono y bajas aleaciones que no estén listadas

específicamente en las curvas A, C o D. La temperatura mínima de diseño del metal que no requiere prueba de impacto se puede reducir de acuerdo a la figura UCS-66.1 del mismo documento. Si los materiales se deben probar por impacto, los requerimientos mínimos de energía de energía para la prueba “Charpy-V”, se deben apegar al párrafo UG-84, de la sección VIII, división 1 del código ASME BPVC.

3.1.2.4 Soldadura

3.1.2.4.1 Todas las soldaduras se deben efectuar en cumplimiento con la NFR-020-PEMEX-2005(2011) y ASME sección IX o equivalente.

3.1.2.4.2 Todas las soldaduras en contacto con las sustancia y que son susceptibles de agrietamiento o corrosión por picadura o ampolla por la sustancia a contener, deben estar libres de valles, crestas, muescas, socavaciones, y deben tener una superficie lisa uniforme, con todas las aristas en contacto con la sustancia esmerilada con un radio mínimo de 6 mm.

3.1.2.4.3 Todas las soldaduras interiores y exteriores en recipientes o componentes en servicio de hidrogeno severo o ácido sulfhídrico severo a alta temperatura, servicio a alta temperatura, o servicio cíclico, deben ser de penetración completa, libre de valles, crestas, muescas, socavaciones, con todas aristas esmeriladas con un radio mínimo igual la pierna del filete de soldadura, pero no menor a 6 mm o la que resulte del cálculo.

3.1.2.5 Placa de datos

3.1.2.5.1 Las Bombas centrifugas, accionadores y en su caso motor-reductor se deben suministrar con una placa de identificación y datos de acero inoxidable 18Cr-8Ni o de 1,6 mm de espesor mínimo, gravada o estampada con

litografía tipo Arial de 5 mm de altura como mínimo, en idioma Español y sistema de unidades de acuerdo con la NOM-008-SCFI-2002. Las placas de identificación se deben fijar de manera permanente, firme e intransferible, sin que permita el estancamiento de líquidos, con proyección exterior con respecto a la superficie de apoyo, aislamiento o recubrimiento.

3.1.2.5.2 La placa de nombre e identificación debe contener en adición a 6.13 de ISO 13709:2009 la siguiente información:

- a) Nombre del fabricante.
- b) Número de serie.
- c) Clave (ítem, tag) y servicio.
- d) El año de fabricación.
- e) Logotipo de origen “HECHO EN MEXICO” o su equivalente extranjero, o en su defecto porcentaje de integración nacional.
- f) Temperatura Mínima de Diseño de Metal TMDM y su correspondiente MAWP.
- g) Material de los componentes principales.
- h) Tratamientos térmicos, como PWHT, relevado de esfuerzo, revenidos, templados, entre otros, cuando aplique.
- i) Grados de riesgo de la sustancia contenida.
- j) Peso total vacío, y peso lleno de agua.

3.1.2.6 Accesorios

3.1.2.6.1 Accionadores

3.1.2.6.1.1 Los accionadores deben ser suministrados cumpliendo con ISO 13709:2009 y esta NFR.

3.1.2.6.1.2 Los motores eléctricos se deben suministrar cumpliendo con NFR-095-PEMEX-2004 y la HD/HE de la Bomba centrífuga.

3.1.2.6.1.3 El par de arranque del accionador debe exceder los requisitos de par-velocidad del equipo accionado, de acuerdo con lo solicitado en la hoja de especificación.

3.1.2.6.1.4 Los accionadores de turbinas de gas, debe cumplir con la NFR-100-PEMEX-2008 y la hoja de especificación de la Bomba centrífuga, adecuados para el área de clasificación peligrosa.

3.1.2.6.1.5 Los accionadores de turbinas de vapor, deben cumplir con la norma NFR-213-PEMEX-2008 y la hoja de especificación de la Bomba centrífuga, adecuados para el área de clasificación peligrosa.

3.1.2.6.2 Coples y Guardacoples

3.1.2.6.2.1 Los coples, sistemas de protección y dispositivos de seguridad entre los accionadores y las Bombas centrífugas deben ser suministrados y montados por el fabricante de la Bomba centrífuga.

3.1.2.6.2.2 Los coples deben cumplir con los requerimientos de ISO-10441-2007. Los coples dinámicamente balanceados deben ser grado G 6.1 de ISO 1940-1:2003.

3.1.2.6.2.3 Los sistemas de protección y dispositivos de seguridad deben cumplir con NOM-004-STPS-1999. Las guardas (dispositivos de protección) deben ser antichispa, en Bombas centrífugas en servicios con sustancias peligrosas o instaladas en área de clasificación peligrosa.

3.1.2.6.2.4 Las guardas de coples de Bombas centrifugas en servicio con sustancia con grado de riesgo con inflamabilidad de 4 se deben clasificar para áreas clase I, zona 1, o Bombas centrifugas en área clase I, zona 0, deben cumplir con 7.2.15 de ISO 13709:2009.

3.1.2.6.2.5 Las Bombas centrifugas horizontales se deben suministrar con coples con extremo flotante, limitado con manga para evitar rozamiento del rotor en su punto de apoyo. La flotación máxima del cople se indica en la tabla 4.

3.1.2.6.2.6 Las bombas centrifugas verticales se deben suministrar con coples de acero del tipo rígido ajustable, con excepción de las verticales en línea con cojinete de empuje soportado, que se deben suministrar con cople flexible.

3.1.2.6.2.7 Los coples y en su caso el espaciador de coples, deben permitir el reemplazo de los sellos de la Bomba, sin que la Bomba, accionador o caja de engranes se tengan que desmontar, soltar o aflojar de la base.

3.1.2.6.2.8 Los coples se deben diseñar de tal forma que se pueda remover sin aplicar calor.

Tabla 4. Flotación máxima del cople.			
Flotación mínima del rotor del motor		Flotación máxima del cople	
mm	(in)	mm	(in)
6	(0,250)	2	(0,090)
13	(0,500)	5	(0,190)

3.1.2.6.3 Bases de montaje

3.1.2.6.3.1 El fabricante de la Bomba centrifuga debe suministrar la base de montaje de la Bomba centrifuga, accionador, así como en su caso para el caso caja de engranes y plan de lubricación y enfriamiento del sello mecanico como

corresponda. La base debe ser de acero, diseñada para acoplar y resistir las cargas y vibraciones de operación, para el izado, transporte y almacenamiento de la Bomba centrífuga con el accionador, y en su caso caja de engranes, plan de lubricación y enfriamiento del sello mecánico, y todo accesorio requerido e instalado en la base de montaje.

3.1.2.6.3.2 Las bases de montaje, deben ser de tipo charola con pendiente mínima de 1:120 hacia las conexiones para drenaje. Las conexiones para drenaje deben ser DN 50 NPT, localizado en la parte más baja para drenado completo.

El fabricante de la Bomba centrífuga debe diseñar y suministrar la base y pedestales de la Bomba centrífuga, accionador, así como en su caso para la caja de engranes, y plan de lubricación y enfriamiento; para trabajo pesado y para limitar el desplazamiento de la flecha (medido en el cople, sobre la Bomba centrífuga instalada) o un máximo de 127 micras (0.005 in) en cualquier dirección para las fuerzas y momentos de la tabla 5 de ISO 13709:2009 o las que Pemex especifique en la HD/HE; aplicadas específicamente en cada conexión y simultáneamente a la Bomba centrífuga a través de las conexiones de succión y descarga, sin aportación de la lechada de cimentación.

3.1.2.6.3.3 Se deben suministrar soportes de montaje para la Bomba centrífuga y todos los componentes del tren accionador, tales como motores y caja de engranes cumpliendo con 7.3.5 y 7.3.6 de ISO 13709:2009. No se debe usar cuñas debajo de la Bomba centrífuga, accionador y caja de engranes.

3.1.2.6.3.4 La base de montaje debe ser rígida y limitar el desplazamiento de la flecha de la Bomba centrífuga en el extremo de la flecha del conducto o ajuste del cubo de cople a los valores mostrados en la tabla 13 de ISO 13709:2009, sin usar “la lechada” como medio para obtener la rigidez requerida.

3.1.2.6.3.5 El proveedor debe probar la Bomba centrífuga y el ensamble de la base en cumplimiento con 7.3.21 con ISO 13709:2009; que se instalan en centros

de trabajo costa afuera o cuando PEMEX lo indica en la hoja de especificación de la Bomba centrífuga.

3.1.2.6.3.6 Los pedestales para Bombas centrífugas accionadas con motor eléctrico, soportadas en línea de centro que manejen fluidos calientes con temperatura mayor de 371 °C (700 °F), se deben diseñar con un enfriamiento suplementario para mantener el alineamiento, cuando PEMEX lo indique en la hoja de especificación de la Bomba centrífuga.

3.1.2.6.3.7 Cuando se requiere el alineamiento del accionador y de la caja de engranes, debe ser con cuatro tornillos posicionadores como mínimo, para cada elemento del tren de accionamiento, para facilitar los ajustes horizontales.

3.1.2.6.3.8 Las Bombas centrífugas verticales de doble carcasa deben tener una base de montaje de acero sujeta directamente en la parte exterior de la cubeta o barril y las anclas no se deben usar para fijar la Brida de la bomba centrífuga.

3.1.2.6.4 Instrumentación

3.1.2.6.4.1 Los indicadores de temperatura y de presión en los sellos de la flecha, plan de lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos y sistemas auxiliares relativos, deben ser conforme a ISO 10438-1:2007 e ISO 10438-3:2007.

3.1.2.6.4.2 Los instrumentos de medición para temperatura deben cumplir con la NFR-148-PEMEX-2011.

3.1.2.6.4.3 Los indicadores de presión deben cumplir con la NFR-164-PEMEX-2011.

3.1.2.6.4.4 Los transmisores de presión y transmisión diferencial deben cumplir con la NFR-241-PEMEX-2010.

3.1.2.6.4.5 Los detectores de vibración, posición y temperatura, deben ser suministrados por el fabricante de la Bomba centrífuga, cumpliendo con ISO 13709:2009, cuando estos son requeridos según corresponda.

3.1.2.6.4.6 Los instrumentos deben tener la escala en unidades del Sistema General de Unidades cumpliendo con la NOM-008-SCFI-2002.

3.2 Norma API-610

Esta norma describe los requerimientos mínimos para bombas centrífugas para uso en servicio de la refinería de petróleo. Esta norma es también aplicable para turbinas recuperadoras de potencia hidráulica.

3.2.1 General

3.2.1.1 Las bombas con controladores de velocidad constantes serán capaces de en al menos un 5 por ciento incrementar el cabezal en condición nominal por la instalación de un nuevo impeler o impulsores.

3.2.1.2 Las bombas horizontales de acople compacto, de dos etapas, o de una sola etapa, de succión doble (tipo overhung) no serán suministradas a menos que esta sea aprobada por el comprador para la aplicación específica.

3.2.1.3 Las unidades de bombeo pueden ser diseñadas de una sola etapa, o de múltiples etapas. Cuando la presión de succión nominal es más de cero libras por pulgadas cuadradas medidas, o la presión diferencial es mayor a 50 libras por pulgada cuadrada (3.4 Bar); la bomba debería ser diseñada para reducir al mínimo la presión sobre las cajas de empaquetadura, a menos que los requerimientos de balance de empuje lo dispongan de otra manera. Esto puede llevarse a cabo por los anillos en el reverso de los impulsores, o por un ajuste apretado en la angostura de la boquilla con fuga hacia la succión.

3.2.1.4 El vendedor especificará en la hoja de datos, el cabezal de succión neto positivo requerido (NPSHR) cuando la bomba está funcionando sobre la fuente a la capacidad y velocidad nominal. Una reducción de hidrocarburo o un factor de corrección no serán aplicados.

3.2.1.5 Las bombas de turbinas controlables serán diseñadas para operar continuamente en un 105 por ciento de la velocidad nominal y operar brevemente, bajo condiciones de emergencia, hasta el 120 por ciento de la velocidad nominal (sobre velocidad de la turbina, controlada en la programación).

3.2.1.6 Las bombas que manejan líquidos más viscosos que el agua tendrá su funcionamiento corregido de acuerdo con la Sección de bombas centrifugas de los estándares del Instituto Hidráulico.

3.2.1.7 Las bombas que tienen curvas de cabezal y capacidad estables, las cuales incrementan continuamente hasta apagarse, son preferidas para todas las aplicaciones y éstas son las requeridas cuando el comprador especifica que las bombas van a funcionar en paralelo. Cuando la operación de bombas en paralelo es especificada, la elevación del cabezal para bombas de una y dos etapas preferiblemente serán de 10 a 20 por ciento del cabezal a capacidad nominal.

3.2.1.8 El punto de mejor eficiencia para el impulsor suministrado debería ser entre el punto nominal y el punto normal.

3.2.1.9 El control del nivel de sonido de toda maquinaria suministrada, será un esfuerzo compartido del comprador y el vendedor. Al menos que de otro modo sea especificado, los equipos suministrados por el vendedor serán diseñados conforme a la norma API 615 y al máximo de nivel de sonido permisible especificado por el comprador.

3.2.1.10 Las bombas de alta energía [cabezal de líquido más alta que 650 pies (198 metros) por plataforma y más que 300 de potencia (224 kilowatios) por

plataforma) requiere consideración especial para evitar las vibraciones de frecuencia al paso de la cuchilla y las vibraciones de frecuencia baja en los ritmos de caudal reducido. Para estas bombas la distancia radial entre el aspa esparcidora y el impulsor periférico no será menos que el 5 por ciento del diámetro del impulsor máximo utilizable en el revestimiento.

3.2.1.11 Las bombas verticales que podrían dañarse por rotación contraria del impulsor estarán provistas con un trinquete para evitar el movimiento opuesto.

3.2.1.12 Cuando el enfriamiento es requerido, el comprador especificará el tipo, presión y la temperatura del líquido de enfriamiento. El vendedor especificará el porcentaje de caudal requerido.

3.2.1.13 Las chaquetas de los sistemas de enfriamiento para las cajas de empaquetadura, rodamientos, bases, etcétera, serán diseñados para una presión de trabajo no menor a 75 libras por pulgada cuadrada calibrados (5.2 Bar calibrados), y una presión hidrostática de prueba de 115 libras por pulgada cuadrada calibrados (7.9 Bar calibrados). Donde en la práctica, ellos tendrán las conexiones planificadas limpias por fuera para que el pasaje completo del conducto pueda ser lavado, limpiado y drenado.

3.2.1.14 Las chaquetas de los sistemas de enfriamiento serán diseñados a positivamente prevenir la filtración del caudal del proceso dentro del refrigerante. Las entradas de refrigerante no serán abiertas dentro de cubiertas de articulaciones.

3.2.1.15 Los diagramas típicos de tuberías de enfriamiento con agua son mostrados en las Figuras D-4 y D-5 del Apéndice D.

3.2.1.16 Al menos que de otra manera sea especificado, los sistemas de agua de enfriamiento serán diseñados para las condiciones especificadas en la Tabla 5. Las provisiones serán hechas para la completa ventilación y drenaje.

Tabla 5. Condiciones de diseño para los sistemas de enfriamiento con agua.		
Condición	Unidades habituales	Unidades métricas
Velocidad en tubos intercambiadores	5-8 fps	1.5-2.5 m/s
Máxima presión de trabajo permisible	75 psig	5.2 bar
Presión de prueba	115 psig	7.9 bar
Máxima presión de descenso	15 psig	1.0 bar
Máxima temperatura de ingreso	90 F	32 C
Máxima temperatura de salida	120 F	49 C
Máxima temperatura de aumento	30 F	17 C
Mínima temperatura de aumento	20 F	11 C
Factor de seguridad sobre el agua	0.002	0.35

3.2.1.17 Los depósitos de aceite y envolturas que encierran las partes lubricadas en movimiento (tales como cojinetes, sellos de ejes, partes altamente lisas, instrumentos, y elementos de control) serán diseñadas para minimizar la contaminación por humedad, polvo, y otras materias extrañas durante los procesos de operación e inactividad.

3.2.1.18 Todo el equipo será diseñado para permitir mantenimiento rápido y económico. La mayoría de las partes tales como componentes de envoltura y protectores de cojinete serán diseñados (soportar) para garantizar alineamiento preciso en el montaje.

3.2.1.19 El comprador especificará si la instalación es al interior del edificio (con calefacción o sin calefacción) o al aire libre (con o sin un techo), también informará acerca del clima y las condiciones ambientales en las cuales el equipo deberá operar (incluyendo temperaturas máximas y mínimas, humedad inusual, o problemas de polvo). La unidad y sus auxiliares serán apropiadas para operar en estas condiciones especificadas. Para el asesoramiento del comprador, el vendedor hará una lista en la oferta de alguna protección especial que el comprador está requerido abastecerse.

3.2.1.20 El funcionamiento combinado de las máquinas (y sus controladores) después de la instalación será de responsabilidad compartida del vendedor y el comprador. Las unidades funcionarán sustancialmente tan bien sobre el lugar de operación permanente, así como se hizo funcionar en el lugar de prueba del vendedor.

3.2.2 Conexiones de boquillas y misceláneos

3.2.2.1 Todas las bombas verticales y horizontales de una o dos etapas tendrán bridas de succión diseñadas para la misma presión que en las bridas de descarga. Si el diámetro interno y el diámetro externo de las boquillas son estándar, ellas podrían ser usados para tamaños de tubo de 1 ½ pulgadas y más pequeños. Las boquillas embridadas serán usadas por tubos de tamaño de 2 pulgadas en adelante, y para todos los servicios inflamables y tóxicos.

3.2.2.2 Todas las bombas serán provistas con una conexión de ventilación, a menos que la bomba sea auto ventilada por el arreglo de las boquillas.

3.2.2.3 Preferiblemente, los seguros de golpeo serán suministradas en las volutas de succión y descarga o en otras áreas de alta velocidad de la bomba a menos que ellas sean esenciales para la operación de la bomba. Si el drenaje, la

ventilación o conexiones medidoras de presión son requeridos, estas deberán ser especificadas por el comprador en el documento y la orden.

3.2.2.4 Para resistir vibraciones, las conexiones serán al menos $\frac{1}{2}$ pulgada del tamaño del tubo nominal (NPS) para bombas con abertura de descarga de 2 pulgadas NPS y más pequeñas. Las conexiones serán al menos $\frac{3}{4}$ de pulgada NPS para bombas con apertura de descarga de 3 pulgadas NPS, etcétera, excepto que las conexiones para los sellos de limpieza de tuberías y anillos de cierre hidráulico podrían ser $\frac{1}{2}$ pulgada NPS sin considerar el tamaño de la bomba.

3.2.2.5 Las roscas de la tubería serán roscas de tuberías ahusadas, en concordancia con ANSI B2.1. Las aberturas interceptadas y las protuberancias para tuberías roscadas se diseñarán conforme a ANSI B16.5.

Embridado y refrenado de la succión y la descarga

3.2.2.6 Las aberturas para tamaños de tubería nominal de $1\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, 5, 7, y 9 pulgadas no serán utilizadas.

3.2.2.7 Las bridas se diseñarán de acuerdo a la norma ANSI B16.1 o ANSI B16.5 cómo se aplique, a excepción de lo que se está especificado en los ítems que se muestran abajo:

- Las bridas de hierro fundido serán de refrentado chato y serán ANSI B16.1 de clase 250 de espesor mínimo, para tamaños de 8 pulgadas y más pequeños.
- Las bridas de refrentado chato con un espesor de cara saliente completo son aceptables en otras carcasas diferentes al hierro fundido.

- Las bridas que son más gruesas o tienen un diámetro exterior mayor al requerido por ANSI son aceptables.

3.2.2.8 Las bridas serán llenas en la parte trasera o fresadas para las tuercas, y serán diseñadas para sellar con tornillos.

3.2.3 Fuerzas y momentos externos en las boquillas

3.2.3.1 Los requerimientos de 3.2.3 serán aplicados a las bombas con boquillas de succión de 12 pulgadas y para tamaño de diámetros más pequeños y con carcasas construida de acero o aleaciones de acero. Dos efectos de las cargas en las boquillas son considerados: el desarrollo de los esfuerzos y tensiones en la caja y el desplazamiento del eje. Las fuerzas y los momentos dados en la tabla 6 (ver Figura 3-1) son considerados como las cargas mínimas, y deberían ser ajustadas donde el vendedor ha experimentado o probado datos, permitiendo valores mayores. El vendedor someterá la boquilla a cargas comparables para casos de bombas construidas de otros materiales.

3.2.3.2 La bomba será capaz de soportar las fuerzas y momentos dobles que se muestran en la Tabla 6, que son aplicados simultáneamente a la bomba a través de cada boquilla, adicionándose a la carga debida a la presión interna, sin causar un roce interno o afectar negativamente la operación de la bomba o el sello.

3.2.3.3 El montaje de la bomba, plancha de la base y el soporte del pedestal serán colocados para controlar el desplazamiento del eje que es medido en el acoplamiento al instalar la bomba a un máximo de 0.005 pulgadas (127 micrómetros) y en cualquier dirección cuando esta es sometida a los esfuerzos y momentos que se muestran en la Tabla 6. (Este desplazamiento del eje es una medida de la rigidez del montaje para un diseño único y no es un valor permisible para la operación de la bomba. Se recomienda una reordenación en la temperatura de operación normal). La bomba no siempre será sometida

simultáneamente a todas las fuerzas y momentos que se muestran en la Tabla 6. Cuando las cargas en una o más direcciones son significativamente menores que estas en la Tabla 6, el comprador puede requerir y el vendedor aconsejará entonces de aumentos de carga en las otras direcciones que satisfarán el criterio anterior.

Tabla 6. Cargas en las boquillas.									
	Tamaño Nominal de las Bridas en boquillas (pulgadas)								
Fuerza / Momento ^a	≤ 2	3	4	6	8	10	12	14 ^b	16 ^b
Cada boquilla de la superficie									
F _x	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
F _y (compresión)	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
F _y (tensión)	100	150	200	350	530	750	920	1000	1200
F _z	130	200	260	460	1000	1000	1200	13000	1500
Cada boquilla lateral									
F _x	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
F _y	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
F _z	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
Cada boquilla final									
F _x	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
F _y	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
F _z	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
Cada boquilla									
M _x	340	700	980	1700	2600	3700	4500	4700	5400
M _y	260	530	740	1300	1900	2800	3400	3500	4000

M_z	170	350	500	870	1300	1800	2200	2300	2700
-------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------

3.2.3.4 Los párrafos anteriores, y las fuerzas y los momentos que se muestran en la Tabla 6 son criterios para el diseño de bomba. El comprador es consultado en el apéndice C de la norma API estándar 610 para guiar al vendedor en la determinación de las cargas permitidas en el sistema de tuberías para una instalación específica.

3.2.3.5 El vendedor someterá a criterio para las bridas de las bombas más grandes que 12 pulgadas.

3.2.3.6 Si es especificado por el comprador, el vendedor proveerá una plancha de base y soporte de servicio pesado proyectado a simplificar el trazado de las tuberías, para permitir cargas más altas desde las tuberías. La plancha de base se adecuará para limitar el desplazamiento del eje de la bomba luego de la instalación, a un valor máximo de 0.005 pulgadas (127 micrómetros) en cualquier dirección cuando es sujeta a las fuerzas y los momentos dobles descritos en la sección 3.2.3.3.

3.2.3.7 Si es especificado por el comprador, el vendedor proveerá los cálculos y los datos de prueba disponible de los apoyos, para el desplazamiento del eje en el acople con las fuerzas y los momentos acordando lo aplicado a 3.2.3.3 o 3.2.3.6.

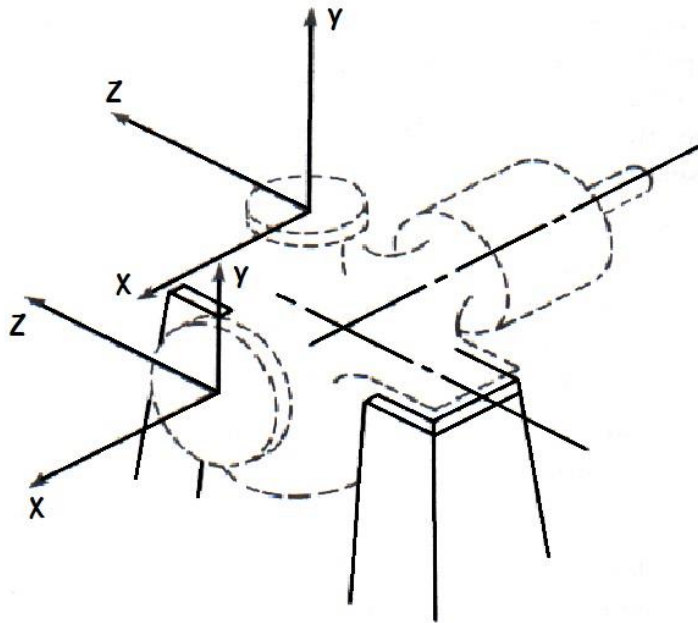


Figura 32-1. Sistema de coordenadas para las Fuerzas y Momentos mostrados en la Tabla 6.

3.2.4 Anillos de desgastes

3.2.4.1 Al menos que de otra manera sea especificado, los anillos de desgaste renovables serán suministrados en ambos lados como son la carcasa y el impulsor. En la parte delantera y trasera serán suministrados los anillos de desgaste, si son requeridos para balancear axialmente. Las aspas de la bomba no serán utilizadas para estabilizar el balance axial.

3.2.4.2 La superficie del cimientado de los anillos de materiales endurecidos tendrán una diferencia en número de dureza Brinell de al menos 50, al menos ambas superficies de desgaste la estacionaria y rotatoria tienen número de dureza Brinell de al menos 400.

3.2.4.3 Los anillos de desgaste renovables serán mantenidos en su lugar por un ajuste a presión con un pasador de seguridad o una clavija roscada (axial o radial) o por el método de embridado y atornillado.

Separaciones consecutivas

3.2.4.4 Cuando se establezca las separaciones consecutivas entre los anillos de desgaste y entre las otras partes de movimiento, las consideraciones serán dadas a la temperatura de bombeo, las condiciones de succión, las características del fluido manipulado, la expansión y ludimiento características de los materiales, y la eficiencia hidráulica. Las separaciones serán suficientes para asegurar la confiabilidad de la operación y la libertad de actuación bajo las condiciones de operación de la refinaría.

3.2.4.5 Para el hierro fundido, bronce, endurecimiento al 11-13 por ciento de cromo, y materiales de similares tendencias bajas de raspadura, serán utilizadas las separaciones mínimas mostradas en la Tabla 3. Para diámetros más grandes que 5.999 pulgadas (152.37 milímetros), la separación diametral mínima será de 0.017 pulgadas (0.43 milímetros) más 0.001 pulgadas (0.025 milímetros) por cada pulgada adicional (25 milímetros) de diámetro o fracción de diámetro. Para materiales más grandes tendencias de raspadura y/o para temperaturas de operación por encima de 500 F (260 C), 0.005 pulgadas (0.127 milímetros) serán añadidos a esta separación diametral.

Diámetro de Rotación Separación en el miembro (pulgadas)	Diámetro de Rotación Separación en el miembro (pulgadas)
< 2	0.010
2.00 – 2.49	0.011
2.50 – 2.99	0.012
3.00 – 3.49	0.014
3.50 – 3.99	0.016
4.00 – 4.49	0.016

4.50 – 4.99	0.016
5.00 – 5.99	0.017

3.2.4.6 Acoples de plataforma interna en bombas de múltiple plataforma podrían tener separaciones de la norma del fabricante, provista las separaciones son expuesta en la propuesta y son aprobadas por el comprador.

3.2.4.7 Para bombas verticales, las separaciones consecutivas especificadas en 3.2.4.4.2 no se aplicarán a las separaciones de cojinetes firmes o acoples de plataforma interna si los materiales de tendencia baja son usados. Las separaciones usadas serán expuestas en la propuesta y son aprovechadas por el comprador.

CAPITULO 4

CAPITULO 4 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE BOMBA

4.1 CONDICIONES OPERACIONALES

La bomba que se desea calcular debe ser capaz de bombear NAFTA a una velocidad de 560.4 gpm y a una carga total de 147 pies (ft), esta bomba debe succionar el fluido desde un deposito cerrado con una presión de 85.34 psi que se encuentra a una altura de 69 pies (ft) sobre la línea de centros de la bomba, la gravedad especifica de la NAFTA es de 0.672 y la presión de vapor a 197 °C es de 100 psi.

Dichas condiciones de operación, son proporcionadas por la unidad de ingeniería de procesos y gestión del negocio de la refinería “ing. Antonio Dovalí Jaime”.

Tabla 8. Condiciones operacionales actuales	
Carga total	147 Ft
Gasto	560.4 GPM
Temperatura de operación	197 °C
Presión de succión	85.34 psi
Carga de succión	39 ft
Presión de vapor a 197 °C	100 psi
G.E	.672
Producto	NAFTA

4.2 CALCULO DE PARAMETROS PARA SELECCIÓN

Para realizar la selección de una bomba centrífuga para un proceso, es suficiente con determinar el valor del NPSH disponible, la eficiencia (propuesta por el mantenedor) y la potencia al freno.

4.2.1 Calculo del NPSH disponible

Debido a que se trata de un depósito cerrado y además se encuentra por encima de la línea de centros de la bomba, utilizamos la ecuación 2.11:

$$NPSH_A = P + L_H - (V_P + h_f) \quad Ec. 2. 11$$

La bomba que deseamos calcular debe entregar un gasto de 560.4 gpm de una sustancia cuya gravedad específica es de .672 y cuya presión de vapor es de 100 psi a la temperatura de bombeo.

La presión que se encuentra dentro del depósito de succión indica 85.34 psi y se encuentra a una altura de 69 ft por encima de la línea de centros de la bomba.

Para poder realizar el cálculo debemos convertir todos los parámetros a pies (ft).

Convertir la presión de vapor y la presión dentro del depósito a pies de líquido, mediante la ecuación 2.5.

$$Carga (ft) = \frac{Presion (psi) \times 2.31}{Gravedad Especifica} \quad Ec. 2. 5$$

Presión de vapor:

$$Carga (ft) = \frac{(100 \text{ psi}) \times 2.31}{.672} = 343.75 \text{ ft}$$

Presión dentro del depósito:

$$Carga (ft) = \frac{(85.34 \text{ psi}) \times 2.31}{.672} = 293.35 \text{ ft}$$

Después de haber convertido todos nuestros datos de libras por pulgada cuadrada (psi) a pies (ft) procedemos al cálculo:

Datos:

Presión de succión (P) = 293.35 ft

Presión de vapor de la nafta a 197 °C (V_p) = 343.75 ft

Carga de succión (L_h) = 69 ft

Perdidas por fricción (h_f) = 0

$$NPSH_A = 293.35 \text{ ft} + 69 \text{ ft} - (343.75 - 0)$$

$$NPSH_A = 18.6 \text{ ft}$$

Nota: Debido a la temperatura de bombeo y que el fluido que manejamos es un fluido no viscoso, podemos despreciar las pérdidas por fricción.

2.2.2 Eficiencia

De acuerdo al criterio del mantenedor la eficiencia puede ser definida por el mismo, en este caso, de acuerdo a la experiencia que se tiene acerca de las

bombas de este tipo que se encuentran instaladas en la refinería, se definió establecer que la eficiencia de la bomba a adquirir sería como mínimo un 70 %.

$$\text{Eficiencia de la bomba} = 70\%$$

2.2.3 Calculo de la potencia hidráulica

Para calcular la potencia hidráulica hacemos uso de la ecuación 2.14:

$$Whp = \frac{Q(gpm) \times H(ft) \times G.E}{3960} \quad (Ec. 2.14)$$

Datos:

Gasto (Q) = 560.4 gpm

Carga (H) = 147 ft

Gravedad específica (G.E) = 0.672

Una vez teniendo los datos sustituimos en la ecuación 2.14 y procedemos a resolver:

$$Whp = \frac{(560.4 \text{ gpm}) \times (147 \text{ ft}) \times (0.672)}{3960} = 13.979 \text{ HP}$$

2.2.4 Calculo de la potencia al freno.

Para calcular la potencia al freno, basta con saber el valor de la eficiencia y de la potencia hidráulica, para determinar este valor podemos hacer uso de la ecuación 2.15:

$$\text{Eficiencia de la bomba} = \frac{Whp}{Bhp} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Despejando la potencia al freno de la ecuación 2.15 obtenemos:

$$Bhp = \frac{Whp}{\text{Eficiencia de la bomba}}$$

Datos:

Whp= 13.979 HP

Eficiencia= 70 %

$$Bhp = \frac{13.979 \text{ HP}}{.7} = 19.97 \text{ HP}$$

2.3 SELECCIÓN DE BOMBA

Una vez que se tienen las condiciones operacionales proporcionadas por la unidad de ingeniería de procesos y gestión del negocio, además de los calculados necesarios, se procede con la elaboración de una solicitud de compra local, la cual se encuentra plasmada en el anexo 3.

PEMEX por ser una empresa gubernamental, por ley está obligado a que todos sus procesos de adquisición se deben licitar, a dicho llamado asisten diferentes fabricantes de bombas ofreciendo su mejor propuesta.

A este llamado de licitación acudieron las siguientes empresas fabricantes:

- ✓ FLOW SERVER.
- ✓ BIMSA.
- ✓ ZULZER.

✓ RUHRPUMPEN

La propuesta más cercana a los requerimientos del proceso y más viable económicamente fue una bomba 3x4x6 modelo BIM-X11 (anexo 5) ofrecida por el fabricante de bombas BIMSA, las características de dicha bomba son las siguientes.

Tabla 9. Características de la Bomba GA-405 Modelo BIM-X11	
Tipo	PROCESO
Tamaño	3x4x6
Carga	147 Ft (44.81 m)
Gasto	560.4 GPM (124.27 m ³ /h)
Líquido	NAFTA
Gravedad Especifica	0.672
Presión de succión	85.4 Psi (6 kg/cm ²)
Presión de descarga	128 Psi (9 kg/cm ²)
Eficiencia	77 %
Potencia al freno	18.15 BHP
NPSHR	16 Ft (4.8 m)
NPSHD	19 PIES (5.7 m)
Temperatura	386.6 °F (197 °C)
Velocidad	3550 RPM

CAPITULO 5

CAPITULO 5 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

5.1 Inspecciones de mantenimiento

Las bombas como todos los equipos dinámicos tienen un programa de mantenimiento para garantizar su buena operación. A continuación se muestran los principales puntos y periodos de inspección.

El programa de mantenimiento incluye los siguientes tipos de inspecciones.

1. Mantenimiento de rutina.
2. Inspecciones de rutina.
3. Inspecciones trimestrales.
4. Inspecciones anuales.

5.1.1 Mantenimiento de rutina

Realice las siguientes tareas cuando lleve a cabo el mantenimiento de rutina:

- ✓ Lubrique los cojinetes.
- ✓ Inspeccione los sellos.
- ✓ Analice la vibración.
- ✓ Inspeccione la presión de descarga.
- ✓ Inspeccione la temperatura.

5.1.2 Inspección de rutina

Realice las siguientes tareas cuando compruebe la bomba durante las inspecciones de rutina:

- ✓ Controle el nivel y el estado del aceite.
- ✓ Controle los ruidos inusuales, la vibración y las temperaturas en los cojinetes.
- ✓ Controle si la bomba y las tuberías tienen fuga.
- ✓ Controle si la cámara del sello y el prensaestopas tiene fugas.
- ✓ Asegúrese de que no haya fugas en el sello mecánico.

5.1.3 Inspecciones trimestrales

Realice las siguientes tareas cada tres meses:

- ✓ Controle que la base y los pernos de sujeción estén ajustados.
- ✓ Controle el sello mecánico si la bomba estuvo sin funcionar y reemplácelo si es necesario.
- ✓ Cambie el aceite cada tres meses (2000 horas en funcionamiento) como mínimo.
- ✓ Cambie el aceite con más frecuencia si hay condiciones atmosféricas adversas u otras condiciones que puedan contaminar o descomponer el aceite.
- ✓ Controle el alineamiento del eje y vuelva alinearlos si es necesario.

5.1.4 Inspecciones anuales

Realice las siguientes inspecciones una vez al año:

- ✓ Controle la capacidad de la bomba.
- ✓ Controle la presión de la bomba.
- ✓ Controle la potencia de la bomba.

Si el rendimiento de la bomba no satisface los requisitos del proceso, y si estos no han cambiado, desarme la bomba, inspecciónela y reemplace las piezas usadas.

5.2 Análisis de problemas, causas probables y soluciones

Las bombas durante su operación pueden presentar diferentes tipos de problemas que afecten el funcionamiento de la misma, sin embargo a través de los años y por la experiencia de los operadores, de una u otra manera han encontrado una posible solución a cada caso, a continuación se plasma una tabla con los diferentes problemas más comunes que las bombas presentan, una causa probable y como solucionarla.

Tabla 10. Análisis de problemas, causas probables y soluciones.		
PROBLEMAS	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
NO ENTREGA LÍQUIDO.	La bomba no está purgada ni cebada.	Vuelva a purgar la bomba, verifique que la bomba y la línea de succiones estén llenas de agua.
	El impelente y/o la tubería están tapados.	Inspeccione las tuberías, el colador de la succión y el impelente.
	Impulsor atascado con materias extrañas.	Lave la bomba con flujo inverso para limpiar el impulsor.
	Altura de succión es excesiva.	Compruébese con aparatos de medición (vacuometro). La succión nominal no debe tener una altura mayor de 4.57 m (15 ft).
	Dirección de rotación incorrecta.	Corrija la rotación del motor.
	Aire o vapor en la línea de succión.	Hay que taponear la tubería de descarga y someter a presión la bomba y tubería de succión. Si se coloca un manómetro en dicha línea, la caída de presión

		indicara la presencia de fugas. Una infiltración de 1% de aire ocasionara un descenso del 10% del rendimiento del gasto.
	NPSH disponible no es suficiente.	Aumente el NPSH disponible.
	La bomba no funciona a la velocidad nominal.	Verifique si el motor está conectado directamente con la línea eléctrica y si recibe su voltaje pleno. Si se trata de una turbina de vapor revise el regulador y determínese si la unidad recibe la presión íntegra de vapor.
	La altura del sistema demasiado alta.	Disminuya la resistencia del sistema.
	Aire a través de las empaquetaduras.	Reemplace las empaquetaduras.
LA BOMBA NO PROPORCIONA EL FLUJO O PRESION DE DESCARGA NORMAL.	Fuga de aire a través del prensa-estopas.	Cambie o reajuste el empaque.
	Impulsor parcialmente atascado.	Lave la bomba con el flujo inverso para limpiar el impulsor.
	Desgaste en la placa lateral o los anillos de desgaste.	Reemplace las piezas defectuosas según lo requiera.
	Insuficiente altura de succión.	Asegúrese que la válvula de succión este completamente abierta y que la línea no tenga obstrucciones y este llena de líquido. Vente vapor o aire de la línea. Si se requiere aumente la altura de succión.
	Impulsor desgastado o roto.	Inspeccione y reemplace si es necesario.
	Dirección de rotación equivocada.	Cambie la rotación a la indicada para la flecha en la caja de cojinetes.
	NPSH disponible no es suficiente.	Aumente la NPSH disponible.
	La bomba no funciona a la velocidad nominal.	Verifique si el motor está conectado directamente con la línea eléctrica y si recibe su voltaje pleno. Si se trata de una turbina de vapor revise el regulador y determínese si la unidad recibe la presión íntegra de vapor.

	Bomba cebada impropiamente.	Vuelva a cebar la bomba.
LA BOMBA ARRANCA Y LUEGO DEJA DE BOMBEAR.	Bolsas de aire o vapor en la línea de succión.	Arregle la tubería para evitar las bolsas de aire.
	Entra aire por la línea de succión o sello.	Hay que taponear la tubería de descarga y someter a presión la bomba y tubería de succión. Si se coloca un manómetro en dicha línea, la caída de presión indicara la presencia de fugas. Una infiltración de 1% de aire ocasionara un descenso del 10% del rendimiento del gasto. (si la infiltración de aire alcanza un valor equivalente del 8 al 10%, la bomba perderá el cebamiento, cortándose por completo la línea de succión).
	Aire o vapor en el líquido.	Quite el aire del líquido, mantenga la presión para evitar la vaporización.
	NPSH disponible no es suficiente.	Aumente la NPSH disponible.
	Alineamiento inadecuado.	Realicee la bomba y el motor.
LOS COJINETES SE CALIENTAN.	Lubricación inadecuada.	Verifique la lubricación en cuanto a la adaptabilidad, cantidad, calidad y presión, quite la suciedad y humedad de los aceites y los cojinetes.
	El enfriamiento de lubricante.	Verifique el sistema de enfriamiento, limpie el enfriador de aceite.
	Cojinetes demasiado apretados.	Cambie los cojinetes.
	Vibración excesiva.	Corrija la causa de la vibración.
	Mala alineación de la bomba/motor.	Alinee los ejes, vuelva a verificar la estabilidad de las tuberías.
LA BOMBA HACE RUIDO Y VIBRA.	Impulsor parcialmente atascado	Lave la bomba por flujo inverso para limpiar el impulsor, quite el elemento rotativo para inspeccionarlo, si es necesario.
	Impulsor o eje roto o doblado.	Reemplace según se requiera.
	Impulsor desbalanceado.	Balancee el impulsor.
	Cimentación no rígida.	Asegure el contacto uniforme de la

		bomba y/o apoyos con la cimentación, confirme que los pernos estén apretados.
	Cojinetes desgastados.	Remplace los cojinetes gastados.
	Tuberías de succión y descarga no están ancladas o soportadas adecuadamente.	Ancle de acuerdo con las recomendaciones de las Normas del Instituto Hidráulico. Verifique según el apéndice del API o las cargas de tubería.
	La bomba esta cavitando.	Identifique y arregle el problema del sistema.
	Los pernos de sujeción del motor o de la bomba están flojos.	Apriete los pernos, verifique el nivel y alineación, y corrija según se requiera.
	Vibración transmitida del motor a la bomba.	Desconecte el acoplamiento y opere a velocidad plena. Si el motor vibra, siga las instrucciones del fabricante para la acción correcta.
	Desgaste del sello mecánico.	Remplace las piezas desgastadas.
FUGA EXESIVA DEL PRENSAESTOPAS.	Sellos mecánicos se calientan más de lo normal.	Verifique la lubricación y las líneas de enfriamiento.
	Camisa del eje rayada.	Rectifique o cambie, según se requiera.
	La altura menor que la de régimen. Bombea demasiado líquido.	Consulte a la fábrica. Instale la válvula de estrangulación, ajuste el diámetro del impulsor. Confirme la curva de altura del sistema.
EL MOTOR REQUIERE FUERZA EXCESIVA.	Líquido más pesado a lo esperado.	Verifique la gravedad específica y la viscosidad.
	Las partes en rotación se rosan.	Verifique el desgaste de las piezas internas.
	Velocidad demasiado alta.	Disminuya la velocidad.
	Mala alineación.	Alinee los ejes.
	Eje doblado.	Corrija o cambie el eje.
	Mala alineación.	Realice la bomba y el motor.
LOS COJINETES SE DESGASTAN RAPIDAMENTE	Eje doblado.	Corrija o cambie el eje.
	Vibración.	Corrija la causa de la vibración.
	Empuje excesivo resultante de la falla mecánica o desgaste dentro de la	Verifique la causa del empuje excesivo y disminuya el empuje.

	bomba.	
	Lubricación incorrecta.	Verifique la lubricación en cuanto a la adaptabilidad, cantidad, calidad y presión, quite la suciedad y humedad de los aceites y los cojinetes.
	Cojinetes instalados correctamente.	Reinstale los cojinetes confirmando la dirección correcta.
	Excesivo enfriamiento de los cojinetes.	Verifique el sistema de enfriamiento, monitoree la temperatura y confirme la velocidad de enfriamiento.

CONCLUSIONES

La finalidad de este proyecto fue realizar la selección y sustitución de una bomba centrífuga que se adecuara a las condiciones con las que labora actualmente la torre deshexanizadora DA-401, esta bomba con tag GA-405 modelo BIM-X7 fue instalada desde que la planta comenzó operaciones, sin embargo a lo largo del tiempo se fueron realizando modificaciones obedeciendo a las necesidades del mercado, afectándose así las características iniciales del proceso, por lo que la bomba antes mencionada representaba un problema ya que actualmente se requiere menor gasto y carga, al reducirse estos valores la capacidad de dicha bomba se encontraba muy por encima de lo que se requiere en la actualidad.

Una vez realizado los cálculos, la selección e instalación de la nueva bomba centrífuga, se puede hacer una comparación de los parámetros de operación entre la bomba que operaba anteriormente y la seleccionada, se puede notar que la diferencia entre ambas recae principalmente en los valores del gasto y la carga, mientras que el NPSHD, NPSHR y eficiencia fue mínima, sin embargo fue necesario realizar el cálculo para poder hacer dicha selección, anexo 5.

Tabla 11. Comparación de características de las bombas BIM-X7 Y BIM-X11		
	Bomba BIM-X7	Bomba BIM-X11
Tipo	PROCESO	PROCESO
Tamaño	3x4x10	3x4x6
Carga	385.1 Ft (117.37 m)	147 Ft (44.81 m)
Gasto	616.2 GPM	560.4 GPM
Líquido	NAFTA	NAFTA
Gravedad Específica	0.672	0.672
Presión de succión	36.2 Psi (2.5 kg/cm ²)	85.4 Psi (6 kg/cm ²)

Presión de descarga	148.5 Psi (10.4 kg/cm ²)	128 Psi (9 kg/cm ²)
Eficiencia	70 %	77 %
Potencia al freno	57.55 BHP	18.15 BHP
NPSH requerido	15.8 FT (4.81 m)	16 Ft (4.8 m)
NPSH disponible	18 FT (5.48 m)	19 PIES (5.7 m)
Temperatura de operación	352 °F (177 °C)	386.6 °F (197 °C)
Velocidad	3550 RPM	3550 RPM

Existe una diferencia entre las características de la bomba requerida por la planta con respecto a la ofrecida por el proveedor, esto se debe a que el fabricante normalmente no ofrece un equipo con las características exactas que demanda el cliente, si no uno que más se aproxime, pero que este siempre por encima de la capacidad que se requiere, es decir la bomba que se adquirió posee una eficiencia y NPSH mayor a lo solicitado.

Por otra parte, la empresa cuenta con una superintendencia de planeación del mantenimiento, el cual está conformado por personal encargado de realizar los diferentes tipos de mantenimiento e inspecciones que se requieren como son el mantenimiento de rutina, inspecciones de rutina, inspecciones trimestrales e inspecciones anuales.

El mantenimiento de rutina se debe realizar diariamente, este consiste en inspeccionar las temperaturas, vibraciones, presiones, lubricación, etc. con equipos especializados que arrojan la información necesaria para que través de ella se pueda tener un registro y llevar el control de cada equipo, gracias a estas inspecciones se pueden predecir las posibles fallas que puede tener un equipo y el momento en que se pueden presentar, de esta manera se puede prever la

necesidad de realizar un mantenimiento preventivo o la adquisición de refacciones.

Se detectó como área de oportunidad que debido a la cantidad de bombas con las que cuenta la planta, el personal que se encarga de realizar el mantenimiento de rutina se torna insuficiente, por lo que esta actividad se llega a realizar en ocasiones hasta cada tercer día, perdiéndose el control de cada bomba y de esta manera es cuando se llegan a presentar las fallas inesperadamente que se traducen en tiempos muertos que afectan directamente la producción y costos, convirtiéndose el mantenimiento preventivo en reparación.

Es por esto que es importante que exista una buena planeación de mantenimiento y de esta manera evitar que el mantenimiento se vuelva proactivo, para el cual se requiere una adecuada organización de los recursos disponibles y una buena planificación de las tareas a realizar en un periodo de tiempo para poder aumentar la vida útil y el desempeño de los equipos.

BIBLIOGRAFIA

API-610-11th, 2010.

Fundamentos de hidráulica y principios básicos de operación de bombas centrífugas, Sulzer Pumps, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2009.

KARASSIKIGOR J. – KRUTZSCH WILLIAM C. Manual de Bombas: Diseño, Aplicación, Especificaciones, Operación y Mantenimiento, Editorial MC Graw – Hill.

KENNETH J. Y EL CUERPO DE REDACTORES DE CHEMICAL, Bombas: selección, uso y mantenimiento, Editorial Mc Graw - Hill.

NFR-050-PEMEX, 2012.

SHAMES IRVING H., Mecánica de Fluidos, Editorial Mc Graw – Hill, 3^{ra} Edicion, Santa Fe – Colombia, 1995.

ANEXOS

ANEXO 1



BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A. de C.V.

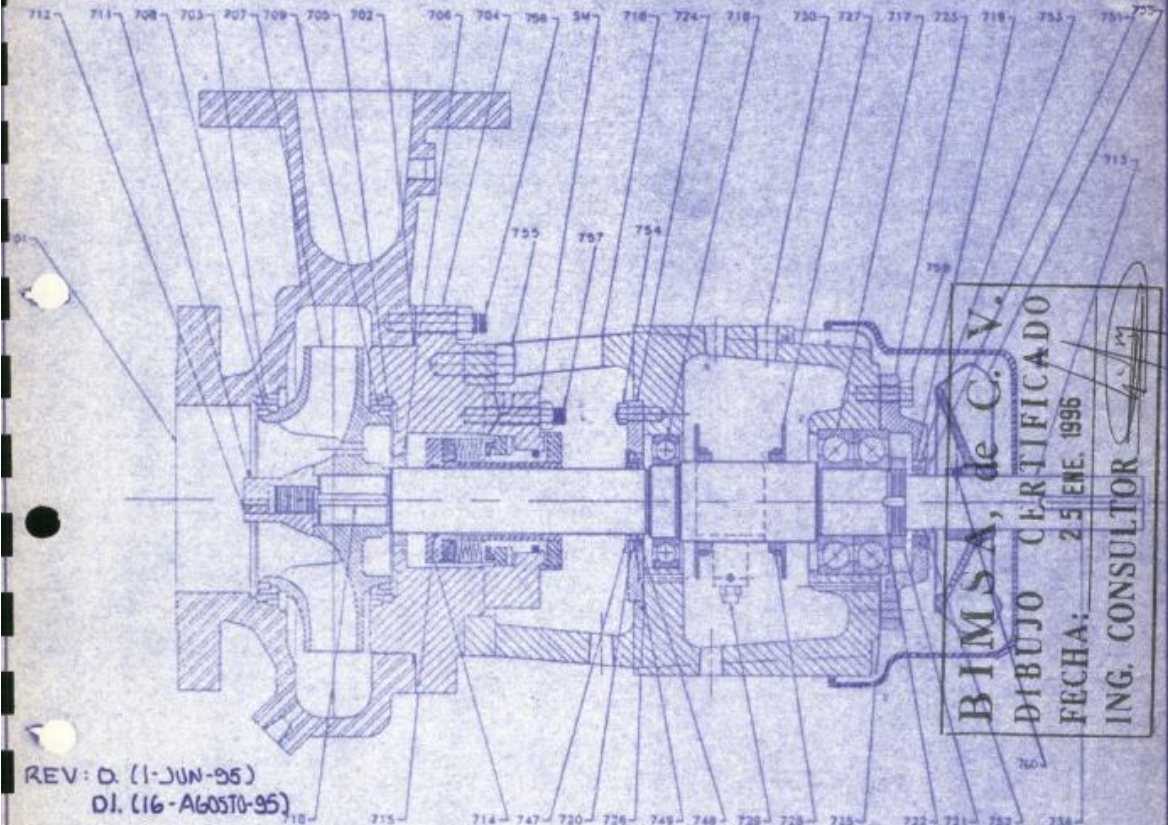
Clave 360 Col. Vallejo 07870 Mexico, D.F. Tels. 759-2875 759-2132 Fax. 517-5315

BIMSA

BIMSA MODELO BIM-X7 API-610 7a. EDICION

BOMBA: 3x4x10 ; CLIENTE: MECAPENA SA. DE CV. ; PEDIDO: 5226 ; CLAVE: GA 405 1/2.

CONT. REQ. (PEMEX): FB-8434 ; CTD. REQ. (IMP): FB-8434-536



BIMSA, de C.V.
DIBUJO CERTIFICADO
 FECHA: 25 ENE. 1996
 ING. CONSULTOR

REV: D. (1-JUN-95)
 D1. (16-AUG-95)

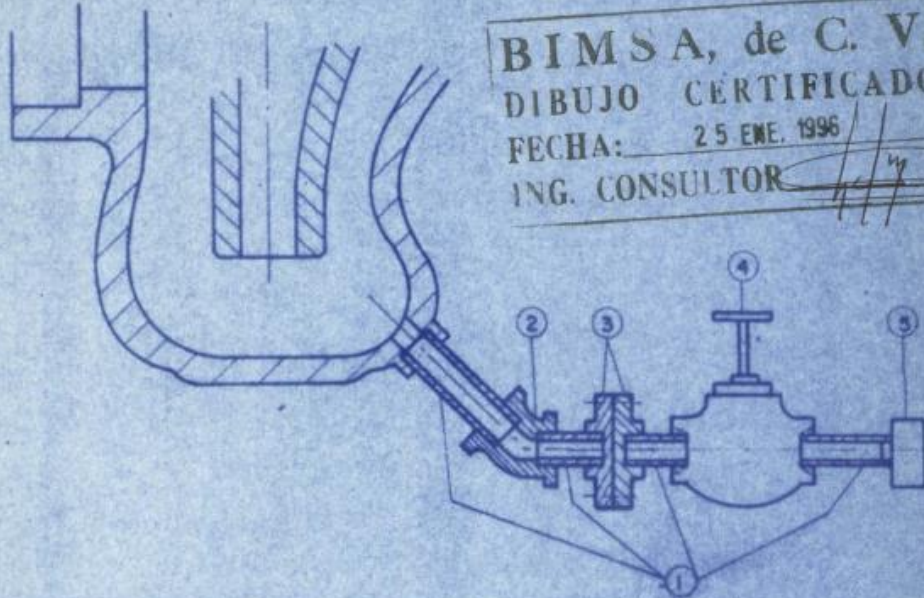
No. REF.	DESCRIPCION:	No. REF.	DESCRIPCION:
701	CARCAZA	724	TAPA BALERO RADIAL
702	JUNTA DE CARCAZA	725	JUNTA TAPA BALERO AXIAL
703	ANILLO DE DESGASTE DE CARCAZA	726	JUNTA TAPA BALERO RADIAL
704	CAJA DE ALOJAMIENTO DEL SELLO MECANICO	727	ANILLO LUBRICADOR DE ACEITE
705	ANILLO DE DESGASTE DEL ALOJAMIENTO DEL SELLO MECANICO	728	ABRAZADERA DEL LUBRICADOR
706	BUJE DE SARGANTA	729	ACEITERA
707	IMPULSOR	730	VENTILAS
708	ANILLO DE IMPULSOR FRONTAL	731	VENTILADOR (OPCIONAL)
709	ANILLO DE IMPULSOR POSTERIOR	732	CUÑA DEL COPLE
710	CUÑA DE IMPULSOR	733	DESVIADOR RADIAL
711	TUERCA DE IMPULSOR	734	ANILLO "O" DEL DESVIADOR RADIAL
712	SEGURO TUERCA DE IMPULSOR	735	ANILLO "O" DEL LABERINTO RADIAL
713	FLECHA DEL IMPULSOR	736	DESVIADOR AXIAL
714	CAMISA DE FLECHA	737	ANILLO "O" DEL DESVIADOR AXIAL
715	EMPAQUE SELLO MECANICO "O" RING	738	ANILLO "O" DEL LABERINTO AXIAL
716	CAJA DE BALEROS	5H	SELLO MECANICO
717	BALERO AXIAL (5HF-730)	734	TORNILLO HEXAGONAL TAPA RADIAL
718	BALERO RADIAL (5HF-621)	735	TORNILLO HEXAGONAL SOPORTE DE BALEROS
719	BUJE LABERINTO AXIAL	736	ESPARRAGO DE CAJA ALOJAMIENTO
720	BUJE LABERINTO RADIAL	737	ESPARRAGO DE BRIDA DEL S.M.
721	TUERCA DE BALERO AXIAL	738	TORNILLO HEXAGONAL TAPA AXIAL
722	ROLDANA DE BALERO AXIAL	739	VENTILADOR
723	TAPA BALERO AXIAL	740	OPRESOR

No. DIBUJO: B-30072-9518A



BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A de C.V.

Clave 360 Col. Vallejo 07870 Mexico, D.F. Tels. 759-2875, 759-2132 Fax. 517-5315



BIMSA, de C. V.
DIBUJO CERTIFICADO
 FECHA: 25 ENE. 1996
 ING. CONSULTOR

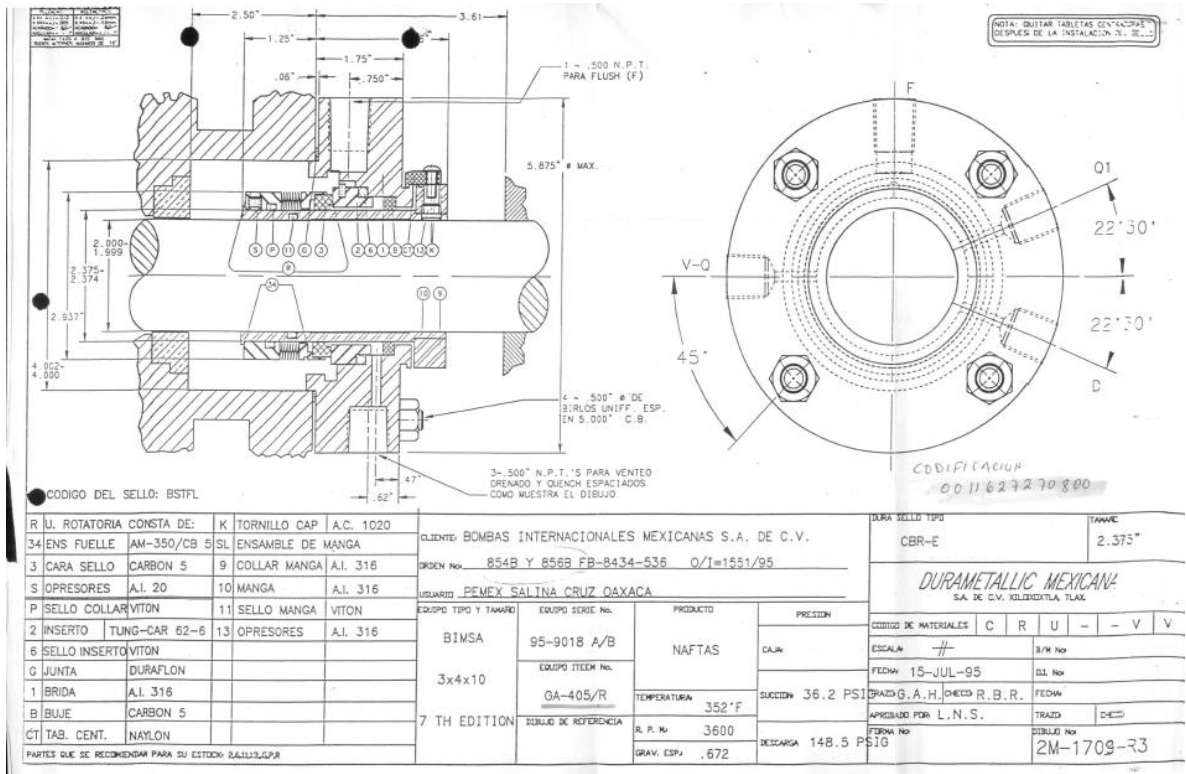
No.	DESCRIPTION	QTY.	MATERIAL
5	TAPON CAPUCHA 3/4" , CL 3000 ROSC.	1	A - 105
4	VALVULA COMPUERTA 3/4"Ø , CL 800	1	A - 105
3	BRIDA DE 3/4"Ø , CL. 300 RF.	2	A CERO
2	CODO 3/4"Ø x 45°, FORJADO, CL. 3000	1	A - 105
1	NIPLE 3/4" x 3" - 6" LONG, CED. 160	4	A - 105

CONEXIONES SELLADAS CON SOLDADURA.

PLANTA: HDS. DE NAFTAS (TREN J)

DIAGRAMA DE DRENAJE
 BOMBA: BIM-X7 TAMAÑO 3 x 4 x 10
 SERIE DEL EQUIPO: 95-9018 A/B
 CLIENTE: MECAPENA S.A. DE C.V.
 CLAVE: GA-405/R
 No. PEDIDO: 5226
 CTO. REQ. (PEMEX): FB: 8434
 CTO. REQ. (IMP): FB-8434-536
 CANTIDAD: 02 PARTIDA: 04
 DESTINO: GALINA CRUZ, OAXACA
 CERTIFICADO POR: ING. DMR
 DIBUJO: S.M.B. REVISO JCMS
 No. DE DIBUJO: B-90053-9518

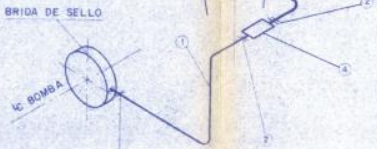
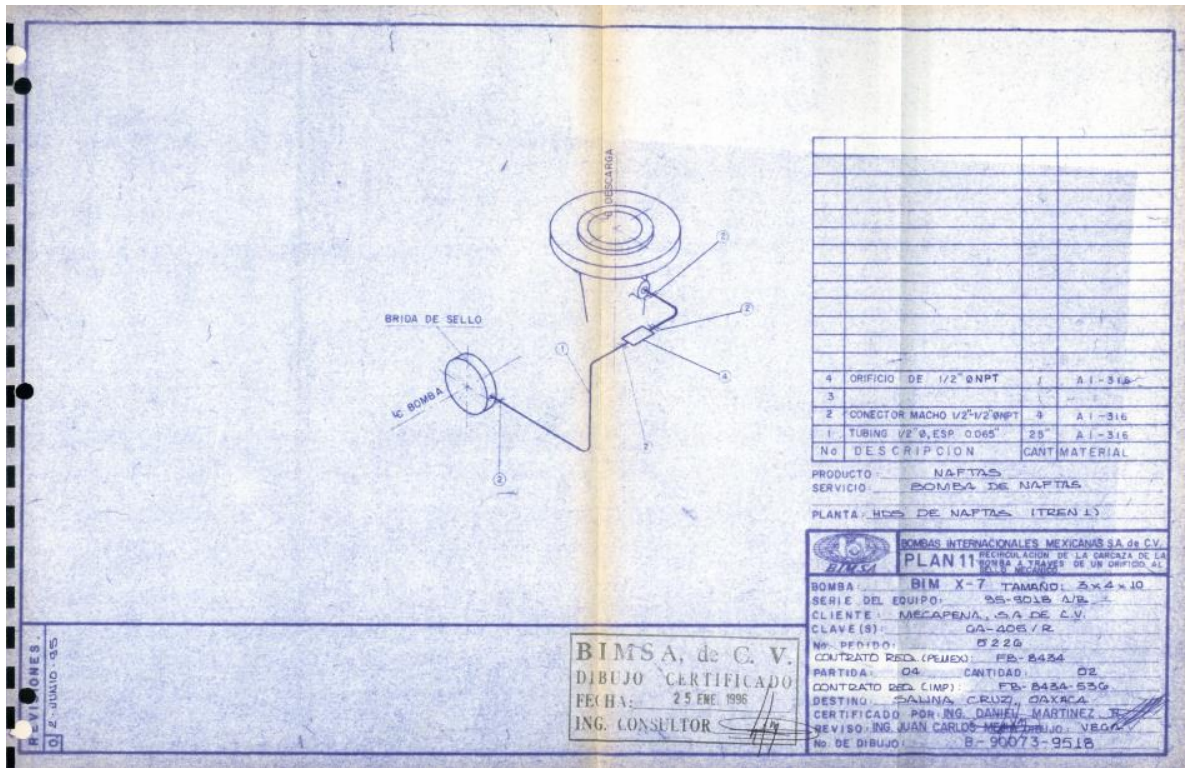
REVISION
 01.05. JUN. 95



CODIGO DEL SELLO: BSTFL

R U. ROTATORIA CONSTA DE:	K TORNILLO CAP A.C. 1020	CLIENTE BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A. DE C.V.	DURA SELLO TIPO CBR-E	TAMANO 2.375"
34 ENS FUELE AM-350/CB 5	5 SL ENSAMBLE DE MANGA	ORDEN No. 854B Y 856B FB-8434-536 O/I=1551/95	DURAMETALLIC MEXICANA S.A. DE C.V. XOLOTLITLA TLAX.	
3 CARA SELLO CARBON 5	9 COLLAR MANGA A.I. 316	USUARIO PEWEX SALINA CRUZ OAXACA	COTIZACION DE MATERIALES C R U - - V V	
5 OPRESORES A.I. 20	10 MANGA A.I. 316	EQUIPO TIPO Y TAMAÑO BIMSA 3x4x10	ESCALA #	B/M No
P SELLO COLLAR VITON	11 SELLO MANGA VITON	EQUIPO SERIE No. 95-9018 A/B	FECHA 15-JUL-95	DL No
2 INSERTO TUNG-CAR 62-6	13 OPRESORES A.I. 316	PRODUCTO NAFTAS	PRECION 36.2 PSI	FECHA
6 SELLO INSERTO VITON		TEMPERATURA 352°F	DESCARGA 148.5 PSIG	TRAZO
G JUNTA DURAFLON		R. P. N. 3600		DEC
1 BRIDA A.I. 316		GRAV. ESP. .672		
B BUJE CARBON 5				
CT TAB. CENT. NAYLON				

PARTES QUE SE RECOMIENDA PARA SU ESTOCKO: 241131, 241132, 241133, 241134, 241135, 241136, 241137, 241138, 241139, 241140, 241141, 241142, 241143, 241144, 241145, 241146, 241147, 241148, 241149, 241150, 241151, 241152, 241153, 241154, 241155, 241156, 241157, 241158, 241159, 241160, 241161, 241162, 241163, 241164, 241165, 241166, 241167, 241168, 241169, 241170, 241171, 241172, 241173, 241174, 241175, 241176, 241177, 241178, 241179, 241180, 241181, 241182, 241183, 241184, 241185, 241186, 241187, 241188, 241189, 241190, 241191, 241192, 241193, 241194, 241195, 241196, 241197, 241198, 241199, 241200



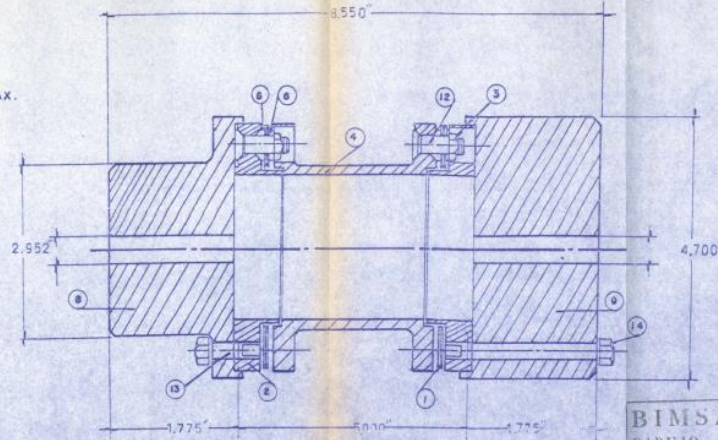
4	ORIFICIO DE 1/2" Ø NPT	1	A I-316
3			
2	CONECTOR MACHO 1/2" Ø NPT	4	A I-316
1	TUBING 1/2" Ø, ESP. 0.065"	25'	A I-316
No	DESCRIPCION	CANT MATERIAL	
PRODUCTO: NAFTAS			
SERVICIO: BOMBA DE NAFTAS			
PLANTA: HDS DE NAFTAS (TREN 1)			

BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A. DE C.V.	
RECUPERACION DE LA CARGA DE LA BOMBA A TRAVES DE UN ORIFICIO AL TUBO DE MACHO	
PLAN 11	
BOMBA	BIM X-7 TAMAÑO 3x4x10
SERIE DEL EQUIPO	95-9018 A/B
CLIENTE	MECAPENA, S.A. DE C.V.
CLAVE(S)	GA-405/R
No. PEDIDO	0220
CONTRATO RED. (PEWEX)	FB-8434
PARTIDA	04 CANTIDAD 02
CONTACTO DEL CIMP	FB-8434-536
DESTINO	SALINA CRUZ, OAXACA
CERTIFICADO POR ING. DANIEL MARTINEZ JE	
REVISOR: ING. JUAN CARLOS MENDOZA	
No. DE DIBUJO	B-90073-9518

BIMSA, de C. V.
 DIBUJO CERTIFICADO
 FECHA: 25 ENE 1996
 ING. CONSULTOR

REVISIONES:
 02 JUNIO 95

PEDIDO 0780
 REGN° 2338
 P.O.A.
 CANT: 2
 PROYECTO ALQUILACION
 DESTINO SALINACRUZ OAX.
 ITEM GA-403/R
 DV 95-9018A/B
 BOMBA B1MSA
 MODELO 3X4X10



BIMSA, de C. V.
DIBUJO CERTIFICADO
 FECHA: 25 ENE 1996
 ING. CONSULTOR

No	No PARTE	MAT	CANT	DESCRIPCION	REFERENCIAS	USUARIO
1	LA 1	3550	10	MEMBRANA		PETROLEOS MEXICANOS
2	AR 2	35	10	ANILLO DE RESERVARDO		CONDICIONES DE OPERACION
3	MUB 3	50	1	TUBERIA		MAX. R.P.M. 3600
4	EL 2	35	1	ESPACIADOR		MP 75
5	RC 5	35	1	ROLDANA CONICA		H.P./100 3.42
6	FR 6	35	1	ROLDANA PLANA		PESO MP: 7.071
7	YU 7	35	1	UNIDAD DE TRANSMISION		MOMENTO DE INERCIA 25.915 pulg ²
8	MS 8	35	1	MAMELON STD		DESALINEAMIENTO AXIAL 0.028"
9	ML 9	35	1	MAMELON LARGO		LATERAL 0.021"
10	TL 10	35	1	TOR MEMBRANA		ANGULAR 10"
11	TMS 11	35	1	TOR MAMELON STD		
12	TL 12	35	1	TOR MAMELON LARGO		
13	TMS 13	35	1	TOR MAMELON STD		
14	ML 14	35	1	TOR MAMELON LARGO		

CENTRIFLEX, S. A.
COPLE FLEXIBLE
TIPO: HSGE-0035 AN34 5000

DIB: Silvia Arredondo Z No. DIBUJO: 0683
 APROB: ING. S. CAJUCHAN
 FECHA: 30-R-95 No. PARTE

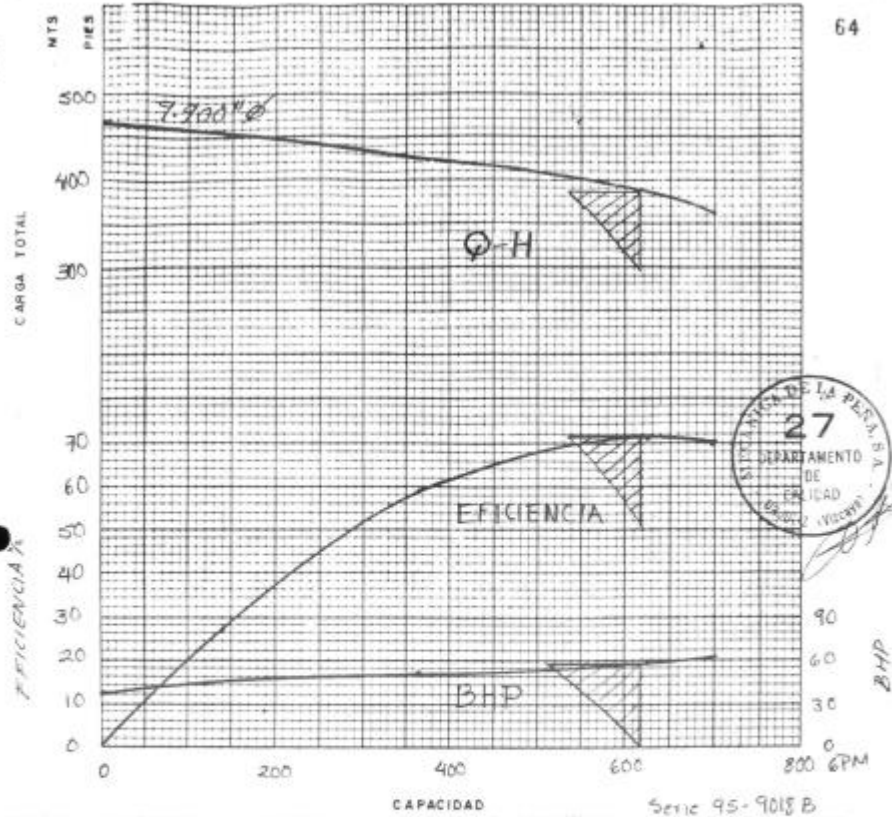
DATOS DEL MOTOR		TUBERIA	
MARCA: IEM	PLAN A.P.T. DE REF.	LUBRICAL: NULO	PLAN 11
CARGA: 15000 ARMADOR 300 HP		AMETILAS	
POTENCIA: 75 HP AISL.		ENFRIA: AIRE	VENTILADOR
FACTOR DE SERVICIO: 1.15		COLUMNA 3-5 DEL A.P.I. 610	
VELOCIDAD: 3600 R.P.M.		CARGA: ASTM A-312 GR. 304	
VOLTS: 220 PHASES X CICLOS 60		SOPORTE DE BALENO: ASTM A-312 GR. 304	
CONDICIONES DE SERVICIO		IMPULSOR: ASTM A-312 GR. 304	
CAPACIDAD: 1000 GPM		FLECHA DE FLECHA: ASTM A-312 GR. 304	
CARGA DINAMICA TOTAL: 285.1 P.S.F.		CAMISA DE FLECHA: ASTM A-312 GR. 304	
EFICIENCIA: 70% HP/100		ANILLO DE SELLO: ASTM A-312 GR. 304	
TEMPERATURA: 250 F		ALICATA DE SELLO: ASTM A-312 GR. 304	
LIQUIDO: NAFTALENO		BASE: ASTM A-312	
CONDICIONES DE SERVICIO		IMPULSOR	
TIPO DE SERVICIO: CONTINUO		TIPO DE IMPULSOR: CERRADO	
TIPO DE SERVICIO: CONTINUO		No. DE PASOS: UNO	
TIPO DE SERVICIO: CONTINUO		DIAMETRO MAXIMO DEL IMP.: 3.30"	
TIPO DE SERVICIO: CONTINUO		DIAMETRO DE DISEÑO DEL IMP.: 3.45"	
TIPO DE SERVICIO: CONTINUO		RODAMIENTOS	
TIPO DE SERVICIO: CONTINUO		TIPO DE RODAMIENTO DE BOMBA/MOTOR: BOLLAS	
CONEXIONES PARA TUBO		DESCRIBIR	
1/2" VERTICALES		SUCCION	
1/2" HORIZONTALES		DESCRIBIR	
1/2" HORIZONTALES (DESCARGA)		DESCRIBIR	
1/2" HORIZONTALES (RECEPCION)		DESCRIBIR	
1/2" HORIZONTALES DE BASE		DESCRIBIR	
PESOS (Lbs.)		DESCRIBIR	
BOMBA: 306		DESCRIBIR	
MOTOR: 320		DESCRIBIR	
BASE: 701		DESCRIBIR	
TOTAL: 2327		DESCRIBIR	
SELLO MECANICO		DESCRIBIR	
FABRICANTE: DURAMETALIC		DESCRIBIR	
CODIGO A.P.I.: 610		DESCRIBIR	
COPLE		DESCRIBIR	
FABRICANTE: MULTISTEEL		DESCRIBIR	
TIPO: FLEXIBLE CON ESPACIADOR		DESCRIBIR	
DESCRIPCION: ANTICISPAS		DESCRIBIR	
FUERZAS Y MOMENTOS		DESCRIBIR	
FUERZA Y MOMENTO A.P.I. 610		DESCRIBIR	
FUERZA Y MOMENTO A.P.I. 610		DESCRIBIR	
FUERZA Y MOMENTO A.P.I. 610		DESCRIBIR	
FUERZA Y MOMENTO A.P.I. 610		DESCRIBIR	
FUERZA Y MOMENTO A.P.I. 610		DESCRIBIR	
FUERZA Y MOMENTO A.P.I. 610		DESCRIBIR	
B.R.I.D.S.		DESCRIBIR	
DIAMETRO: ANSIRF		DESCRIBIR	
SUCCE: 800		DESCRIBIR	
TIPO: 800		DESCRIBIR	
ROTACION		DESCRIBIR	
INDICAR SENTIDO DE LA BOMBA		DESCRIBIR	
INDICAR SENTIDO DE LA BOMBA		DESCRIBIR	
INDICAR SENTIDO DE LA BOMBA		DESCRIBIR	
INDICAR SENTIDO DE LA BOMBA		DESCRIBIR	

BIMSA, de C. V.
DIBUJO CERTIFICADO
 FECHA: 25 ENE 1996
 ING. CONSULTOR



BIMSA MODELO BIM-X7 API-610 7a. EDICION
CURVA CARGA-CAPACIDAD

64



TAMARO DE LA BOMBA : 3x4x10		CURVA No. : 3x10-XD			
R. P. M.	CLAVE	REQUISICION	PARTIDA	CANTIDAD	FECHA
3550	6A-905/R				
CONDICIONES DE SERVICIO					
CARGA	385.1 FT	EFICIENCIA	70%		
GASTO	616.4 GPM	POTENCIA AL FRENO	57.55 HP		
LIQUIDO	AGUA	MOTOR TER-XP DE	75 HP - 2 POLOS		
DENSIDAD RELATIVA	0.672	NPSHR	15.8 PIES		
VISCOSIDAD	0.225	NPSHD	18.2 PIES		
PRESION DE SUCCION	36.0 PSIG	TEMPERATURA	352 OF		
PRESION DE DESCARGA	148.5 PSIG	CUENTE			

ANEXO 2

HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA

1	Nota	APLICABLE A: <input type="text"/> ESTANDAR APLICABLE: <input type="text"/>		Rev			
2		PARA <input type="text"/>	UNIDAD <input type="text"/>				
3		SITIO <input type="text"/>	SERVICIO <input type="text"/>				
4		NO. REQ <input type="text"/> Tamaño bomba <input type="text"/>	TIPO <input type="text"/> No. ETAPAS <input type="text"/>				
5		FABRICANTE <input type="text"/>	MODELO <input type="text"/> NO. SERIE <input type="text"/>				
CARACTERISTICAS DEL LIQUIDO							
7		Unidades	Máximo	Mínimo			
8		TIPO DE LIQUIDO O NOMBRE:					
9		PRESIÓN DE VAPOR: kPa					
10		DENSIDAD RELATIVA:					
11		CALOR ESPECIFICO: kJ/(kg-K)					
12		VISCOSIDAD: Pa s					
CONDICIONES DE OPERACION (6.1.2)							
14		Unidades	Máximo	Nominal	Normal	Mínima	
15		DATOS DE NPSHA:					
16		TEMPERATURA BOMBEO: °K					
17		FLUJO: m ³ /s					
18		PRESIÓN DESCARGA: (6.3.2) kPa					
19		PRESIÓN SUCCIÓN: kPa					
20		PRESIÓN DIFERENCIAL: kPa					
21		CARGA DIFERENCIAL: m					
22		NPSHA: m					
23		POTENCIA HIDRAULICA: kW					
DATOS DE SITIO Y SERVICIOS							
25		LOCALIZACIÓN: <input type="text"/>			AGUA DE ENFRIAMIENTO		
26		MONTADO EN: <input type="text"/>			ENTRADA	RETORNO	DISERO
27		CLASIFICACIÓN ÁREA ELÉCTRICA: 6.1.22 ZONA <input type="text"/>			TEMP °K	MAX	
28		GRUPO <input type="text"/> CLASE <input type="text"/>			PRES kPa	MIN	
29		DATOS DE SITIO:			FUENTE		
30		ELEVACIÓN (MSL): <input type="text"/> m BARÓMETRO: <input type="text"/> mmHg			CONCENTRA. CLORURO EN AGUA DE ENFRIA: <input type="text"/> ppm		
31		RANGO TEMP. AMBIENTE: MIN / MAX <input type="text"/> / <input type="text"/> °K			AIRE DE INSTRUMENTOS MAX <input type="text"/> kPa MIN <input type="text"/> kPa		
32		HUMEDAD RELATIVA: MIN / MAX <input type="text"/> / <input type="text"/> %					
33		CONDICIONES INUSUALES: <input type="text"/>			VAPOR	ACCIONADOR	CALENTADOR
34		CONDICIONES DE SERVICIOS:			TEMP °K	Max	
35		ELECTRICIDAD: ACCIONA. CALENTA. CONTROL PARO				Min	
36		VOLTAJE <input type="text"/>			PRES. kPa	Max	
37		FASE <input type="text"/>				Min	
38		HERTZ <input type="text"/>					
COMPORTAMIENTO					ACCIONADOR (7.1.6)		
42		NO. CURVA PROPUESTA <input type="text"/> RPM <input type="text"/>			TIPO ACCIONADOR		
43		NO. CURVA COMO SE PROBO <input type="text"/>			ENGRANE		
44		DIA.IMPULSOR: NOM. <input type="text"/> MAX. <input type="text"/> MIN. <input type="text"/> mm			REQ. VELOCIDAD VARIABLE		
45		POTENCIA NOMINAL <input type="text"/> kW EFICIENCIA <input type="text"/> (%)			FUENTE DE VELOCIDAD VARIABLE		
46		FLUJO NOM. EN CURVA BEP (dia. nominal del impulsor) <input type="text"/> m ³ /s			OTRO		
47		FLUJO MIN.: TÉRMICO <input type="text"/> m ³ /s ESTABLE <input type="text"/> m ³ /s			FABRICANTE		
48		REGIONES DE OPERA. PREFE. (6.1.12) <input type="text"/> A <input type="text"/> m ³ /s			POTENCIA EN PLACA <input type="text"/> kW		
49		REGION DE OPERACIÓN PERMISIBLE <input type="text"/> A <input type="text"/> m ³ /s			RPM NOMINAL		
50		CARGA MAX @ IMPULSOR NOMINAL <input type="text"/> m			RPM CARGA NOMINAL		
51		POTENCIA MAX @ IMPULSOR NOM. (6.8.9) <input type="text"/> kW			ESTRUCTURA MODELO		
52		NPSHA A FLUJO NOMINAL: <input type="text"/> m			ORIENTACIÓN		
53		CL DE BOMBA A BASE <input type="text"/> m			LUBRICANTE		
54		MARGEN DE NPSH A FLUJO NOMINAL: <input type="text"/> m			TIPO CHUMACERA		
55		VELOCIDAD ESPECÍFICA (6.1.9) <input type="text"/> m ³ /s, rpm, m			RADIAL		
56		LÍMITE DE VELOCIDAD ESPECÍFICA DE SUCCIÓN <input type="text"/>			EMPUJE		
57		VELOCIDAD ESPECÍFICA DE SUCCIÓN <input type="text"/> m ³ /s, rpm, m			MÉTODO DE ENCENDIDO	VALVULA ABIERTA (CARGA TOT)	
58		REQ. MAX. NIVEL DE PRES. DE RUIDO PERMI. (6.1.14) <input type="text"/> (dBA)			VER HOJA DE DATOS DEL ACCIONADOR		
59		NIVEL EST. MAX. DE NIVEL DE PRESIÓN DE RUIDO <input type="text"/> (dBA)					
60		REQ. MAX. NIVEL DE POTENCIA DE RUIDO (6.1.14) <input type="text"/>					
61		NIVEL EST. MAX. DE POTENCIA DE RUIDO <input type="text"/>					
No. HOJA DE DATOS <input type="text"/>					Rev: <input type="text"/> HOJA <input type="text"/> de <input type="text"/>		

HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA

1	Nota	INSTRUMENTACIÓN	MONTAJE DEL SISTEMA DE SOPORTE DE SELLOS	Rev
2		VER HOJA DE DATOS ADJUNTA API-670 <input type="checkbox"/>	SIST. SOPORTE DE SELLOS MONTADO EN BASE DE LA BOMBA	
3		ACELERÓMETRO (7.4.2.1) <input type="checkbox"/>	(7.5.1.4) <input type="checkbox"/>	
4		Número de acelerómetros <input type="text"/>	IDENTIFICACION DE LA LOCALIZACION EN LA BASE	
5		Localización del montaje de los acelerómetros <input type="text"/>	TUBERÍA DE INTERCONEXIÓN POR: <input type="text"/>	
6				
7		SUMINISTROS PARA MTG (6.10.2.10) <input type="checkbox"/>	SELLO MECÁNICO (6.8.1)	
8		Número de Acelerómetros <input type="text"/>	VER HOJA DE DATOS ADJUNTA ISO 21049/API 682 <input type="checkbox"/>	
9		Localización del montaje de los Acelerómetros <input type="text"/>	PUERTO DE LIMPIEZA CENTRAL ADICIONAL (6.8.9) <input type="checkbox"/>	
10			REQ. CHAQUETA DE CALENTAMIENTO (6.8.11) <input type="checkbox"/>	
11		SUPERFICIE PLANA REQUERIDA (6.10.2.11) <input type="checkbox"/>	CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO (6.1.17)	
12		Número de Acelerómetros <input type="text"/>	REQUIERE ENFRIAMIENTO <input type="checkbox"/>	
13		Localización del montaje de los Acelerómetros <input type="text"/>	PLAN DE TUBERÍA PARA AGUA DE ENFRIAMIENTO <input type="checkbox"/>	
14			TUBERÍA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO <input type="checkbox"/>	
15		PROBETAS DE VIBRACIÓN (7.4.2.2)	ACCESORIOS	
16		SUMINISTRO DE PROBETAS DE VIBRACIÓN <input type="checkbox"/>	Materiales de tubería-agua de enfriamiento <input type="checkbox"/>	
17		NÚMERO POR COJINETES RADIALES <input type="text"/>	REQUERIMIENTOS DE AGUA DE ENFRIAMIENTO:	
18		NÚMERO POR COJINETES AXIALES <input type="text"/>	GAJA DE COJINETES <input type="text"/> m ³ /s	
19		SUMINISTROS PARA MTG	INTERCAMBIADOR DE CALOR <input type="text"/> m ³ /s	
20		SUMINISTRO DE MONITORES Y CABLES POR (7.4.2.4) <input type="checkbox"/>	AGUA DE ENFRIAMIENTO TOTAL <input type="text"/> m ³ /s	
21		TEMPERATURA (7.4.2.3)	CALOR MEDIO <input type="text"/>	
22		SUMINISTRO DE PROBETAS DE TEMP. <input type="checkbox"/>	OTRO <input type="text"/>	
23		TEMP. COJINETES RADIALES <input type="text"/>	TUBERÍA DE CALENTAMIENTO <input type="text"/>	
24		NÚMERO POR COJINETE RADIAL <input type="text"/>	TUBERÍA Y ACCESORIOS	
25		TEMP. COJINETES DE EMPUJE <input type="text"/>	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN PARA CONEXIÓN DE PEMEX (7.5.1.8)	
26		NO. POR COJINETE DE EMPUJE LADO ACTIVO <input type="text"/>	VENTEO <input type="checkbox"/> N / A	
27		NO. POR COJINETE DE EMPUJE LADO INACTIVO <input type="text"/>	DRENADO <input type="checkbox"/>	
28		MEDIDORES DE TEMP. (CON TERMOWELL) (9.1.3.6) <input type="checkbox"/>	AGUA DE ENFRIAMIENTO <input type="checkbox"/>	
29		TIPO MEDIDOR-PRESIÓN <input type="text"/>	ETIQUETAR TODOS LOS ORIFICIOS (7.5.2.4) <input type="checkbox"/>	
30		OBSERVACIONES	Conexión soldada en sello de estoperos (7.5.2.8) <input type="checkbox"/> NO	
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				

HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA

No.	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE Y PINTURA	PRUEBA	Rev
1	ESTÁNDARES DEL FABRICANTE	INSPECCION EN FÁBRICA (6.1.1)	
2	OTROS (VER ABAJO)	CURVA DE COMPORTAMIENTO Y	
3	NO. DE ESPECIFICACIÓN	DATOS APROBADOS ANTES DEL EMBARQUE	
4		PRUEBA CON SELLO SUSTITUTO (6.3.3.2.b)	
5		REQ. CERTIFICADO DEL MATERIAL	
6	BOMBA:	CARCASA	
7	Preparación de superficie de bomba	(6.12.1.6) IMPULSOR	
8	PRIMER	FLECHA	
9	RECUBRIMIENTO FINAL	OTRO	
10		Req. aprob. de procedimiento soldadura para reparación	
11	BASE:	DE LA CARCASA (6.12.2.5) (6.12.3.1)	
12	Preparación de la superficie de la base	REQ. INSPECCIÓN PARA CONEXIÓN DE SOLDADURAS (6.12.3.4.d)	
13	PRIMER	(6.12.3.4.e) PARTICULA MAGNÉTICAS	
14	RECUBRIMIENTO FINAL	RADIOGRAFÍA	
15	Detalles de dispositivos de izaje	LÍQUIDO PENETRANTE	
16		ULTRASONIDO	
17	EMBARQUE (6.4.1)	INSPECCIÓN REQUERIDA PARA CARCASAS	
18	REQUIERE CONTENEDOR DE EXPORTACIÓN	PARTICULA MAGNÉTICAS	
19	ALMACENAJE EXTERIOR POR MAS DE 6 MESES	RADIOGRAFÍA	
20		LÍQUIDO PENETRANTE	
21	EMPAQUE DEL ROTOR DE RESPUESTO PARA:	ULTRASONIDO	
22	Orientación del almacenaje del rotor (9.2.8.2)	PRUEBA DE DUREZA REQ. (6.2.2.7)	
23	Envío y contenedor para almacenaje vertical (9.2.6.3)	EXÁMEN SUB-SUPERFICIAL ADICIONAL (6.12.1.5) (6.2.1.3)	
24	PURGA N2 (9.2.8.4)	PARA	
25		METODO	
26	PARTES DE RESPUESTO	EXÁMEN PMI REQ. (6.2.2.8)	
27	ARRANQUE	COMPONENTES PARA SER EXAMINADOS	
28	MANTENIMIENTO NORMAL		
29	MASAS kg		
30		PRUEBA DE DESBALANCEO RESIDUAL (J.4.1.2)	
31		NOTIFICACION DE PRUEBA DE COMPORTAMIENTO	
32		APROBADA EN FÁBRICA (6.1.1.c) (6.3.3.5)	
33		PRUEBA DE LA BASE (7.3.21)	
34		HIDROSTÁTICA	
35	OTROS REQUERIMIENTOS DE PEMEX	PSA. HIDRO. EN TAZONES Y COLUMNA (6.3.13.2)	
36	REQUIERE JUNTA DE COORDINACIÓN (10.1.3)	PRUEBA DE COMPORTAMIENTO	
37	PRESIÓN MÁXIMA DE DESCARGA PARA INCLUIR	PRUEBA EN CUMPLIMIENTO CON (6.3.3.2)	
38	DENSIDAD MÁXIMA RELATIVA	PUNTOS DE DATOS DE PRUEBA PARA (6.3.3.3)	
39	OPERACIÓN PARA VELOCIDAD DE DISPARO	TOLERANCIA DE PRUEBA PARA (6.3.3.4)	
40	DIA, MAX. IMPULSORES Y/O NO. DE ETAPAS	NPSH (6.3.4.3.1) (6.3.4.3.4)	
41	Aprobación del diseño de conexiones (9.2.1.4)	NPSH PARA 1a. ETAPA ÚNICAMENTE (6.3.4.3.2)	
42	ANÁLISIS TORSIONAL, INFORME (6.9.2.10)	PRUEBAS DE NPSH H=1.6 Q ISO 9908 (6.3.4.3.3)	
43	INFORMES DE PROGRESO	NPSHA de prueba lim. al 110% de NPSHA de silico (6.3.3.6)	
44	Señalado de proc. para pruebas opcionales (10.2.5)	Repetir prueba por fuga de sello (6.3.3.2.d)	
45	Requerimiento datos adicionales para 20 años de retención (6.2.1.1)	Repetir prueba req. despues de la carga final adj (6.3.3.7.b)	
46		Prueba de la unidad completa (6.3.4.4.1)	
47	ANÁLISIS LATERAL REQUERIDO (6.1.3.4) (9.2.4.1.3)	PRUEBA DEL NIVEL DEL SONIDO (6.3.4.5)	
48	ANÁLISIS MODAL (9.3.9.2)	LIMPIEZA ANTES DEL ENSAMBLE FINAL (6.2.2.6)	
49	ROTOR DE BALANCE DINÁMICO (6.9.4.4)	LOC. DE INSPECCIÓN LINEAS SIN LIMPIAR	
50	LISTA DE INSTALACIÓN E PROPUESTA (10.2.3.3)	PRUEBA DE CARGA EN LA TOBERA	
51	Análisis de respuesta amortiguada de estado estático VFD (6.9.2.3)	Rev. coplanar para montaje de super. amortiguadas.	
52	RESP. TORSIONAL TRANSITORIA	Prueba de corrientes mecánicas hasta temp. estable del aceite	
53	CÁLCULO DE VIDA DE CHUMBA REQ. (6.10.1.6)	4 H Corriente mec. despues temp. estable del aceite (6.3.4.2.1)	
54	Rizaje de ignición ASMT para EN 13453-1 (7.2.13.e)	4 H prueba mecánica (6.3.4.2.2)	
55	Dibujos de la carcasa para refiro de grosor (10.3.2.3)	Datos de velocidad pico variables	
56	Rafé bridas en lugar de uniones soldadas (7.5.2.5)	Prueba de resonan. en cojinetes HSG (6.3.4.7)	
57	Incluye espectros de vibración graficados (6.9.3.3)	Prueba de resonancia estructural (9.3.9.2)	
58	PERNOS DE CONEXIÓN (7.9.1.7)	Remoción / inspec. de cojinetes hidrodinámicos despues de prueba (9.2.7.6)	
59	PROHIBIDOS pernos recubiertos de cadmio	PRUEBA DE EQUIPO AUXILIAR (5.3.4.6)	
60	Proveedor para repara. y HT rods (6.2.1.1.c)	EQUIPO PARA SER INCLUIDO EN PRUEBAS AUX.	
61	Proced. de prueba enviados por el proveedor (6.3.1.1)		
62	Envío de lista de revisión en la inspección (6.1.5)	LOCALIZACIÓN DE PRUEBAS PARA EQUIPO AUX.	
		PRUEBA IMPACTO POR EN 13445	
		(6.12.4.3) POR ASME SECTION VIII	
		REMOVER CARCASA DESPUES DE LA PRUEBA	

No. HOJA DE DATOS

Rev:

HOJA

de

HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA

1	Nota	REFERENCIAS DEL CÓDIGO DE DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN	Rev
2		EL FABRICANTE DEBE ENLISTAR ESTAS REFERENCIAS	
3		FACTORES DE LA CARCASA USADOS EN EL DISEÑO (TABLA 4)	
4		FUENTE DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	
5			
6		SOLDADURA Y REPARACIONES	
7		PEMEX DEBE ENLISTAR ESTAS REFERENCIAS (IR A LA TABLA 11, SI PEMEX NO ESTABLECE SUS PREFERENCIAS)	
8		CÓDIGOS Y ESTÁNDARES DE SOLDADURA ALTERNATIVOS	
9		REQUERIMIENTOS DE SOLDADURA (CÓDIGO O ESTÁNDAR APLICABLE)	
10		CALIFICACIÓN DE LA SOLDADURA / OPERADOR	
11		CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA	
12		SOLDADURAS ESTRUCTURALES SIN RETENCIÓN DE PRESIÓN COMO SON SOPORTES Y BASES	
13		EXÁMEN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS O LÍQUIDOS PENETRANTES EN EXTREMOS DE LA BASE	
14		TRATAMIENTO DE CALOR POSTERIOR A LA SOLDADURA	
15		TRATAMIENTO DE CALOR POSTERIOR A LA SOLDADURA EN CARCASAS FABRICADAS CON SOLDADURA	
16			
17		INSPECCIÓN DE MATERIAL	
18		ESTAS REFERENCIAS LAS DEBE ENLISTAR PEMEX	SI SE OMITE IR A LA TABLA 14
19		INSPECCIONES DE MATERIAL ALTERNATIVO Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN (VER TABLA 15, 8.2.2.5)	
20		TIPO DE INSPECCIÓN	MÉTODO
21		PARA FABRICACIONES	PARA FUNDICIONES
22		RADIOGRAFIADO	
23		INSPECCIÓN ULTRASÓNICA	
24		INSPEC. POR PARTÍCULAS MAGNÉ.	
25		INSPEC. POR LÍQUIDO PENETRANTES	
26		INSPEC. VISUAL (TODA LA SUPERF.)	
27		OBSERVACIONES :	
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			

ANEXO 3

 <p>PEMEX REFINACION "REF. ING. ANTONIO DOVALI JAIME"</p>	SOLICITUDES DE COMPRAS DE MATERIALES FORMATO 332-43630-RPO-010-1.10	No. DOCUMENTO: 332-43630-PO-010 EMISION: 04-09-10 REVISION: 10 AREA EMISORA: SSS- CTRA HOJA 1 de 3

Nº REGISTRO USUARIO	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	NO. NECESIDAD		NO. SOLICITUD DE PEDIDO	
DEPENDENCIA: SUPTCIA. DE PROGRAM Y SUPERV.		DEPTO.: MANTTO. MECANICO		FECHA: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
PLANTA: HIDROS. 1		CLAVE DEPARTAMENTAL: 33242390		ORDEN DE TALLER: SC0431400003	

AUTORIZACION PRESUPUESTAL			PRIORIDAD:		
IMP. ESTIMADO: _____	REGLON GASTO: _____		NORMAL _____	URGENTE <input checked="" type="checkbox"/>	EMERGENCIA _____
NO. PROYECTO: _____	POS. FIN.: _____		FECHA REQUERIDA: _____		
C. MAYOR: _____	DIVISION: _____	C. GESTOR: _____	RESPONSABLE: ING. XXXXXXXX		
C. DE COSTE: _____	FECHA: _____		PUESTO: ING. DE LINEA FIRMA: _____		
AUTORIZA: _____	FIRMA: _____		Vg. Bo. SUPTCIA. DE P.S. FIRMA: _____		

Vg. Bo. DEL GRUPO TEC. CODIFICADOR	
APLICACION	ADQUISICION DE BOMBACENTRIFUGA PARA BOMBLEAR NAFTA EN LA SECCION DE E STABILIZACION
REFERENCIA	SUSTITUCION POR RECOMENDACION DEL AREA DE CONFIABILIDAD

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	NO. MATERIAL	DESCRIPCION	EXISTENCIA DE MATLS.		
					ALMACEN LOCAL	A. CARGO DIRECTO	SUAP ACN
01	02	PZA	7831000000291	BOMBAS PARA SUSTITUCION DE BOMBAS GA-405 DEL SECTOR DE HIDROS. 1			
<p>TODOS TIPO DE BOMBA CENTRIFUGA</p> <p>BOMBA CENTRIFUGA NUEVA DE TAG: GA-405</p> <p>PARA OPERAR CON LAS SIGUIENTES CONDICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PRODUCTO: NAFTA • G.E.: 0.672 • TEMPERATURA: 197 °C • FLUJO: 560.4 G.P.M. • CARGA: 147 Ft. • PRESION DE SUCCION: 85.34 PSIG • PRESION DE DESCARGA: 128.01 PSIG • SENTIDO DE GIRO: CCW • BOMBA 1 PASO • BRIDA DE SUCCION DE 4" • BRIDA DE DESCARGA DE 3" • BHP DE 19.9 							

SOLICITANTE	JEFE DEPARTAMENTO O ESPECIALIDAD	Vg. Bo. SUPDTE. DE RAMA	AUTORIZACION UNIDAD DE PRODUCCION
NOMBRE ING. ROBERTO JUAREZ MENDOZA	NOMBRE ING. JORGE ABUD SALOMON	NOMBRE ING. GUILLERMO RUIZ MARTINEZ	NOMBRE ING. EDWIN ROMAN CRUZ
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA

Nº DE CONTROL DEL ALMACEN LOCAL			
ALMACEN LOCAL	ALMACEN CARGO DIRECTO	SUAP ACN SALINA CRUZ	INFORMACION ADICIONAL
			SUSTANCIA PELIGROSA A MANEJAR: _____ RIESGO: _____ NORMAS OBLIGATORIAS: _____ NIVEL INSPECCION: _____ TIPO ALMACENAMIENTO: _____ PROTECCION REQUERIDA: _____ EL BIEN ES CRITICO? SI (X) NO ()

 <p>PEMEX REFINACION "REF. ING. ANTONIO DOVALI JAIME"</p>	SOLICITUDES DE COMPRAS DE MATERIALES FORMATO 332-43630-RPO-010-1.10	No. DOCUMENTO: 332-43630-PO-010 EMISION: 04-09-10 REVISION: 10 AREA EMISORA: SSS-CTRA. HOJA 2 de 3

N° REGISTRO USUARIO	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	NO. NECESIDAD	NO. SOLICITUD DE PEDIDO
DEPENDENCIA: SUPTCA. DE PROGRAM Y SUPERV.	DEPTO.: MANTTO. MECANICO	FECHA: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
PLANTA: HIDROS. 1	CLAVE DEPARTAMENTAL: 33242390	ORDEN DE TALLER: SC0431400003	

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	NO. MATERIAL	DESCRIPCION	EXISTENCIA DE MATLS.		
					ALMACEN LOCAL	A. CARGO DIRECTO	SUAP ACN
				<ul style="list-style-type: none"> • EFICIENCIA DE 70% • NPSH DISPONIBLE: 18.6 FT. • SELLO MECANICO SENCILLO • EL PROVEEDOR DEBERA SUMINISTRAR LOS AUXILIARES DE LOS SELLOS MECANICOS, LINEAS DE TUBIN, CONEXIONES, PLAN DE AMBIENTACION. • DEBERA INCLUIR COPLE COMPLETO DE LAINAS DE ACUERDO A LA NORMA API-671 3RA. EDICION Y GUARDACOPLE ANTICHISPA. • DEBERA INCLUIR BASTIDOR. • DEBERA INCLUIR MOTOR QUE CUMPLA CON LA NORMA NRF-095-PEMEX-2007. • LA BOMBA DEBERA SER DISENADA PARA QUE OPERE EN LA REGION PREFERIDA CON NIVELES DE VIBRACION MAXIMA PERMITIDA DE ACUERDO AL API 610 10ª EDICION 5.9.3.6 DE LA TABLA 7 DONDE DICE QUE EL MAXIMO PERMITIDO EN VELOCIDAD ES 0.12 in/seg RMS, QUE ES IGUAL A 0.169 in/seg 0-PICO. • LA BOMBA A SUMINISTRAR DEBE SER CON ACTUALIZACION DE MATERIALES DE ACUERDO CON LA COLUMNA C6 DE LA TABLA H-1 DEL API-610 10ª EDICION • DEBERA CUMPLIR CON EL DISEÑO Y LAS CONDICIONES DIMENSIONALES PARA SE INSTALADA EN EL SITIO. • NO SE PERMITE HACER MODIFICACIONES EN EL SISTEMA NI EN LINEAS DE SUCCION Y DESCARGA; ASI COMO EN LOS SISTEMAS DE LUBRICACION AUXILIAR Y PLANES DE AMBIENTACION DEL SELLO MECANICO Y LINEAS DE ENFRIAMIENTO. • LA BOMBA DEBERA DE SER DISENADA POR EL FABRICANTE PARA UNA VIDA MINIMA DE 20 AÑOS DE SERVICIO Y DEBERA GARANTIZAR LA OPERACION 3 AÑOS ININTERRUMPIDOS LIBRES DE MANTENIMIENTO DE ACUERDO AL API-610 10ª EDICION 5.1.1. • EL PROVEEDOR DEBERA CONSIDERAR EN SUS ALCANCES LA PRUEBA ATESTIGUADA DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE LA BOMBA CON PERSONAL TECNICO DE PEMEX EN LAS INSTALACIONES DEL LICITANTE. • EL PROVEEDOR DEBERA ESTAR PRESENTE EN LA INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE LA BOMBA. <p>EL REFACCIONAMIENTO ADICIONAL A SUMINISTRAR DEBERA CONSISTIR COMO MINIMO EN LO SIGUIENTE POR CADABOMBA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 02 JUEGOS DE COJINETES RADIALES. - 01 JUEGO DE COJINETES AXIALES (INCLUYE EL DISCO AXIAL Y CUNA). - 01 JUEGO DE SELLOS DE ACEITE DE LAS CAJAS DE CHUMACERAS. - 02 SELLOS MECANICOS BASICOS. - 01 JUEGO DE LAINAS Y TORNILLERIA PARA EL ACOPLAMIENTO FLEXIBLE DE LAINAS. - 01 COPLE DE LA TRANSMISION DE LA BOMBA INTEGRAL DE LUBRICACION. <p>DOCUMENTACION A ENTREGAR CON LA BOMBA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 03 JUEGOS DE LA CURVA CARACTERISTICA DE LA BOMBA, CORTES SECCIONAL, LISTADO DE PARTES CON NUMERO DE PARTE DEL FABRICANTE, MODOS DE FALLA DE LA BOMBA Y SOLUCIONES, ASI COMO LOS CLAROS Y AJUSTES DE DISEÑO DE LA BOMBA. - 03 JGOS DE MANUAL DE INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN ESPANOL. - 03 JUEGOS DE LOS CERTIFICADOS DE MATERIALES. 			

SOLICITANTE	JEFE DEPARTAMENTO O ESPECIALIDAD	Vg. Bo. SUPDTE. DE RAMA	AUTORIZACION UNIDAD DE PRODUCCION
NOMBRE ING. ROBERTO JUAREZ MENDOZA	NOMBRE ING. JORGE ABUD SALOMON	NOMBRE ING. GUILLERMO RUIZ MARTINEZ	NOMBRE ING. EDWIN ROMAN CRUZ
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA

N° DE CONTROL DEL ALMACEN LOCAL			
ALMACEN LOCAL	ALMACEN CARGO DIRECTO	SUAP ACN SALINA CRUZ	INFORMACION ADICIONAL
			SUSTANCIA PELIGROSA A MANEJAR: _____ RIESGO: _____ NORMAS OBLIGATORIAS: _____ NIVEL INSPECCION: _____ TIPO ALMACENAMIENTO: _____ PROTECCION REQUERIDA: _____ EL BIEN ES CRITICO? SI (X) NO ()

 <p>REFINACION "REF. ING. ANTONIO DOVALI JAIME"</p>	SOLICITUDES DE COMPRAS DE MATERIALES FORMATO 332-43630-RPO-010-1.10	No. DOCUMENTO: 332-43630-PO-010 EMISION: 04-09-10 REVISION: 10 AREA EMISORA: SSS- CTRA HOJA 3 de 3
---	--	---

N° REGISTRO USUARIO	XXXXXXXXXXXXXX	NO. NECESIDAD		NO. SOLICITUD DE PEDIDO	
DEPENDENCIA: SUPTCIA. DE PROGRAM Y SUPERV.		DEPTO.: MANTTO. MECANICO		FECHA: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
PLANTA: HIDROS. 1		CLAVE DEPARTAMENTAL: 33242390		ORDEN DE TALLER: SC0431400003	

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	NO. MATERIAL	DESCRIPCION	EXISTENCIA DE MATLS.		
					ALMACEN LOCAL	A. CARGO DIRECTO	SUAP ACN
				-03 JUEGOS DEL DIBUJO DE SELLO MECANICO Y DEL PLAN DE AMBIENTACION. -03 JUEGOS DE DIBUJO DEL COPLA -03 JUEGOS DEL CERTIFICADO DE CALIDAD Y CARTA DE GARANTIA.			

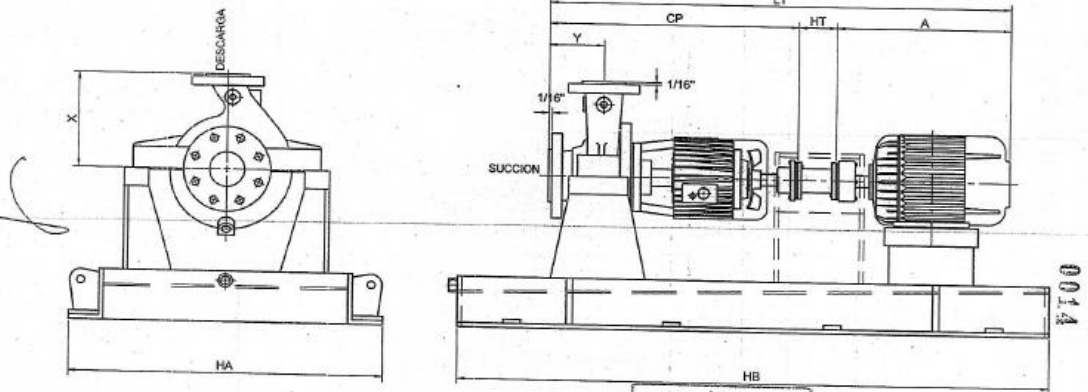
SOLICITANTE	JEFE DEPARTAMENTO O ESPECIALIDAD	Vg. Bo. SUPDTE. DE RAMA	AUTORIZACION UNIDAD DE PRODUCCION
NOMBRE ING. ROBERTO JUAREZ MENDOZA	NOMBRE ING. JORGE ABUD SALOMON	NOMBRE ING. GUILLERMO RUIZ MARTINEZ	NOMBRE ING. EDWIN ROMÁN CRUZ
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA

P/OANA			
N° DE CONTROL DEL ALMACEN LOCAL			
ALMACEN LOCAL	ALMACEN CARGO DIRECTO	SUAP ACN SALINA CRUZ	INFORMACION ADICIONAL
			SUSTANCIA PELIGROSA A MANEJAR: RIESGO: _____ NORMAS OBLIGATORIAS: _____ NIVEL INSPECCION: _____ TIPO ALMACENAMIENTO: _____ PROTECCION REQUERIDA: _____ EL BIEN ES CRITICO? SI (X) NO ()

ANEXO 4



BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A. DE C.V.
BIMSA BIM X-11, TIPO OH2 API 610 11a. EDICION
DIMENSIONES GÉNERALES



DIMENSIONES EN PULGADAS

TAMAÑO DE SOPORTE	TAMAÑO DE LA BOMBA	BASE API No.	SUCCION	DESCARGA	CP	X	A	HT	LT	⁽¹⁾ HA	⁽²⁾ HB	
A	3 x 4 A x 6	3.5	4	3	27.625	8.500	4.000	25.437	5.000	58.000	36.000	84.500

NOTA:

* LAS DIMENSIONES SON TOMADAS EN BASE A MOTOR DE 25 HP, 2 POLOS, ARMAZON 264 TS
 LAS DIMENSIONES SON APROXIMADAS NO UTILIZARSE PARA LA CONSTRUCCION

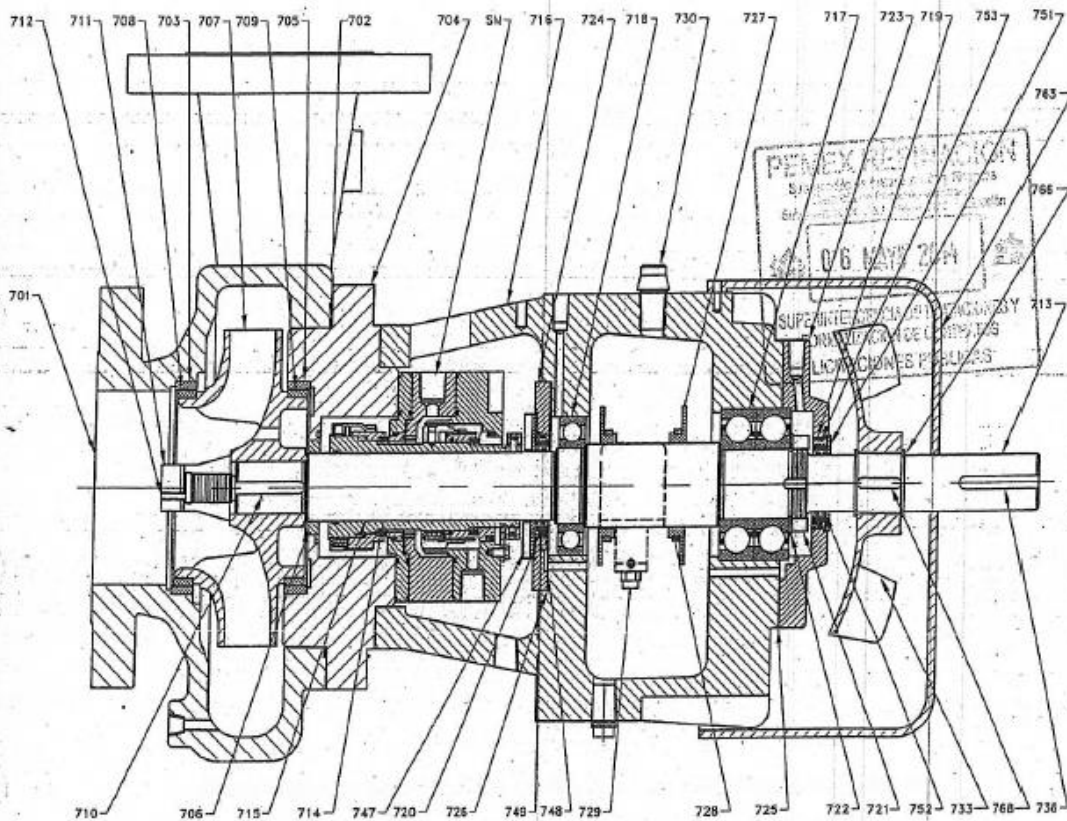
DIBUJO REALIZADO EN AUTOCA



BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A. de C.V.

**BIMSA BIM-X10 API-610 DE PROCESO, 11a. EDICION
CORTE SECCIONAL**

0015



NOTA:
ADAPTADA PARA LUBRICACION POR NIEBLA

No. REF.	DESCRIPCION:
701	CARCAZA
702	JUNTA DE CARCAZA
703	ANILLO DE DESGASTE DE CARCAZA
704	CAJA DE ALOJAMIENTO DEL SELLO MECANICO
705	ANILLO DE DESGASTE DEL ALOJAMIENTO DEL SELLO MECANICO
706	BUJE DE GARGANTA
707	IMPULSOR
708	ANILLO DE IMPULSOR FRONTAL
709	ANILLO DE IMPULSOR POSTERIOR
710	CUÑA DE IMPULSOR
711	TUERCA DE IMPULSOR
712	SEGURO TUERCA DE IMPULSOR
713	FLECHA DEL IMPULSOR
714	CAMISA DE FLECHA
715	EMPAQUE SELLO MECANICO "O" RING
716	CAJA DE BALEROS
717	BALERO AXIAL
718	BALERO RADIAL
719	BUJE LABERINTO AXIAL
720	BUJE LABERINTO RADIAL
721	TUERCA DE BALERO AXIAL
722	ROLDANA DE BALERO AXIAL
723	TAPA BALERO AXIAL

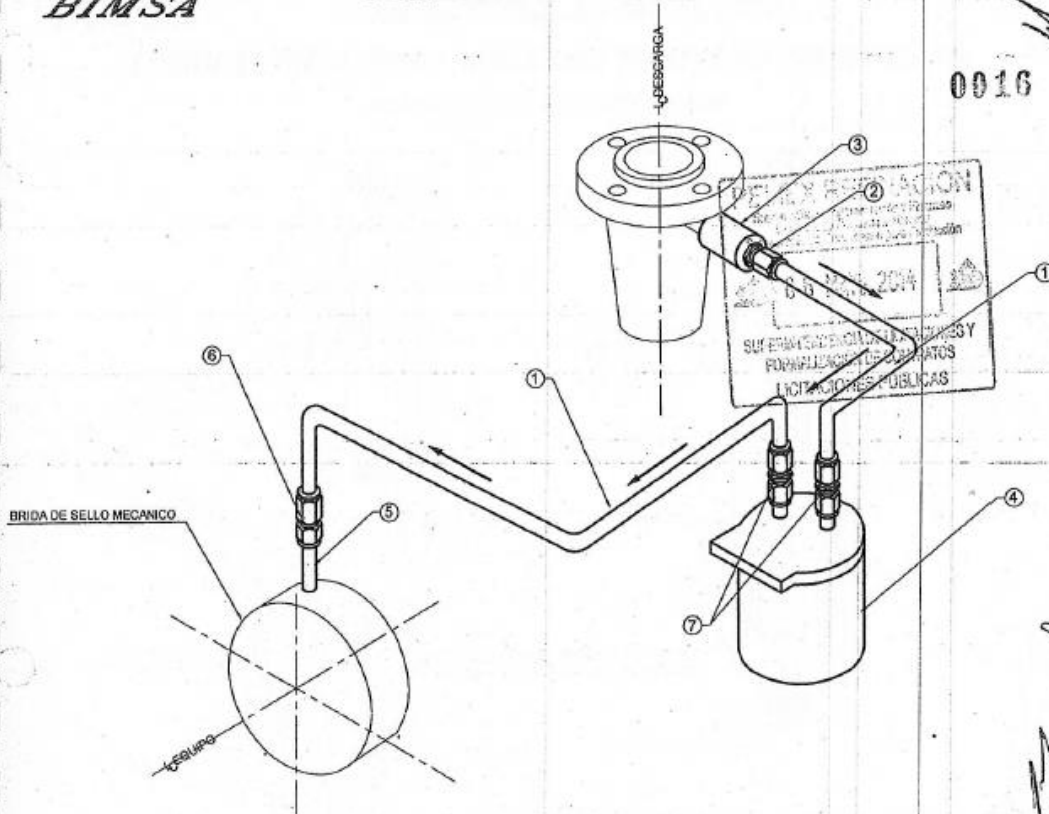
No. REF.	DESCRIPCION:
724	TAPA BALERO RADIAL
725	JUNTA TAPA BALERO AXIAL
726	JUNTA TAPA BALERO RADIAL
727	ANILLO LUBRICADOR DE ACEITE
728	ABRAZADERA DEL LUBRICADOR
729	ACEITERA
730	VENTILA
733	VENTILADOR (OPCIONAL)
735	CUÑA DEL COPLÉ
747	DESVIADOR RADIAL
748	ANILLO "O" DEL DESVIADOR RADIAL
749	ANILLO "O" DEL LABERINTO RADIAL
751	DESVIADOR AXIAL
752	ANILLO "O" DEL DESVIADOR AXIAL
753	ANILLO "O" DEL LABERINTO AXIAL
SM	SELLO MECANICO
763	TAPA DE VENTILADOR
766	ANILLO RETEN DE VENTILADOR
768	CURA DE VENTILADOR



BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A. de C.V.

PLAN No. 21 DE ACUERDO AL API 682 3a. EDICION.

0016



RECIRCULACION DESDE LA DESCARGA DE LA BOMBA A TRAVES UN ORIFICIO Y UN INTERCAMBIADOR DE CALOR AL SELLO MECANICO

7	CONECTOR UNION 1/2" Ø TUBING - 1/2" Ø TUBING	02	A - 269 TIPO 316
6	CONECTOR HEMBRA 1/2" Ø NPT - 1/2" Ø TUBING	01	A - 269 TIPO 316
5	NIPLE DE 3"-6" Ø DE LNG. CED. 80 ROSC.	01	AI - 316
4	INTERCAMBIADOR DE CALOR	01	A - 216 GR. WCB
3	ORIFICIO DE 1/2" Ø NPT A 1/2" Ø ROSC	01	A - 276 TIPO 316
2	CONECTOR MACHO 1/2" Ø TUBING - 1/2" Ø NPT	04	A - 269 TIPO 316
1	TUBING 1/2" Ø ESP. DE PARED DE 0.065"	25'	A - 269 TIPO 316
No.	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL

DIBUJO REALIZADO EN AUTO CAD

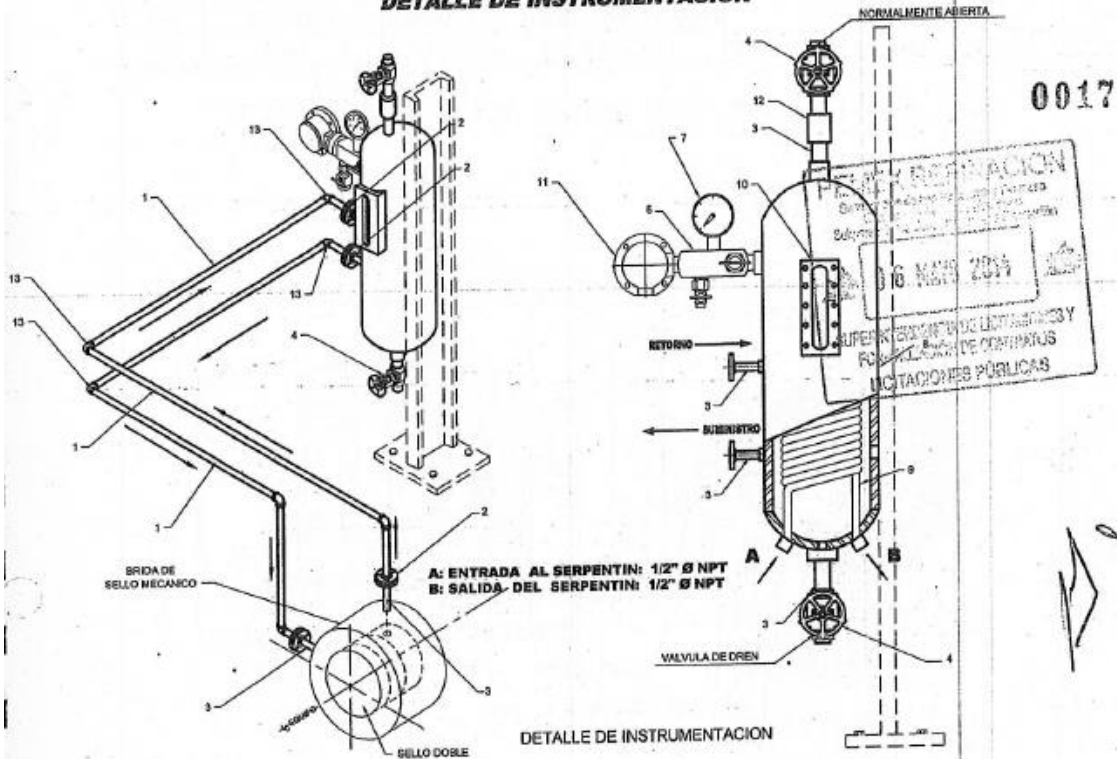


BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A. de C.V.

PLAN No. 52 DEL API 682 3a. EDIC.

LUBRICACION AL SELLO DOBLE CON TANQUE NO PRESURIZADO

DETALLE DE INSTRUMENTACION

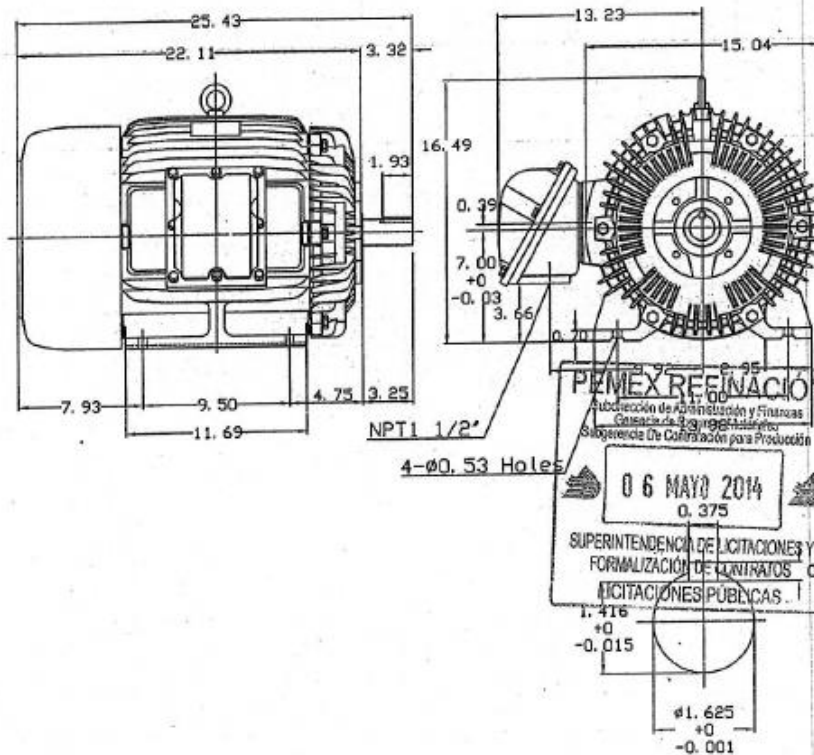


13	CODO 1/2" Ø x 90° ROSC.	7	AI - 316
12	ORIFICIO 1/2" Ø	1	A - 312 TIPO 316L
11	SWITCH DE PRESION	1	PARTES HUMEDAS ACERO INOX. 316
10	INDICADOR DE NIVEL REFLEX	1	BOROSILICATO
9	SERPENTIN DE TUBING DE 1/2"Ø x 0.065" ESP.	1	A - 269 TIPO 316
8	TANQUE 5 GAL. CED. 40 8"Ø	1	A - 312 TIPO 316L
7	INDICADOR DE PRESION DE 4 1/2"Ø (CARATULA DE 0-100 PSIG)	1	PARTES HUMEDAS ACERO INOX. 316
6	VALVULA DE SANGRADO	1	AI - 316
4	VALVULA COMPUERTA 1/2"Ø CL. 800 ROSC.	1	A - 182 TIPO 316
3	NIPLA 1/2"Ø x 3" - 6" LNG. CED. 80 ROSC.	4	A - 312 TIPO 316
2	BRIDA DE 1/2" Ø 300 # R.F. ROSC.	1	A - 181 TIPO 316
1	TUBO DE 1/2" Ø CED. 80 ROSC.	120"	AI - 316
No.	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL

DATE APRIL 27, 2011		OUTLINE DIMENSIONS 3-PHASE INDUCTION MOTOR			MOTOR TYPE: AEHHXU	
CATALOG NO. XP0252					FRAME NO. 284TS	
Pole	HP	KW	Hz	VOLT		Syn. Speed RPM
2	25	18.65	60	230/460		3600
Ins	Rating	Dimension in	Approx Weight	Bearings		
F	CONT.	Inches	466 lbs.	DE: 6211C3 NDE: 6211C3		

Totally Enclosed Fan Cooled Type. Squirrel-cage Rotor.

0024



NOTE:
1. EXPLOSION-PROOF:
CLASS I GROUP D AND
CLASS II GROUP E,F,G.

DWN.	J. H. LIANG	11-30-98
CHKD.	C. H. KAO	12-26-98
APPD.	Y. B. HUANG	12-26-98

TEC Westinghouse

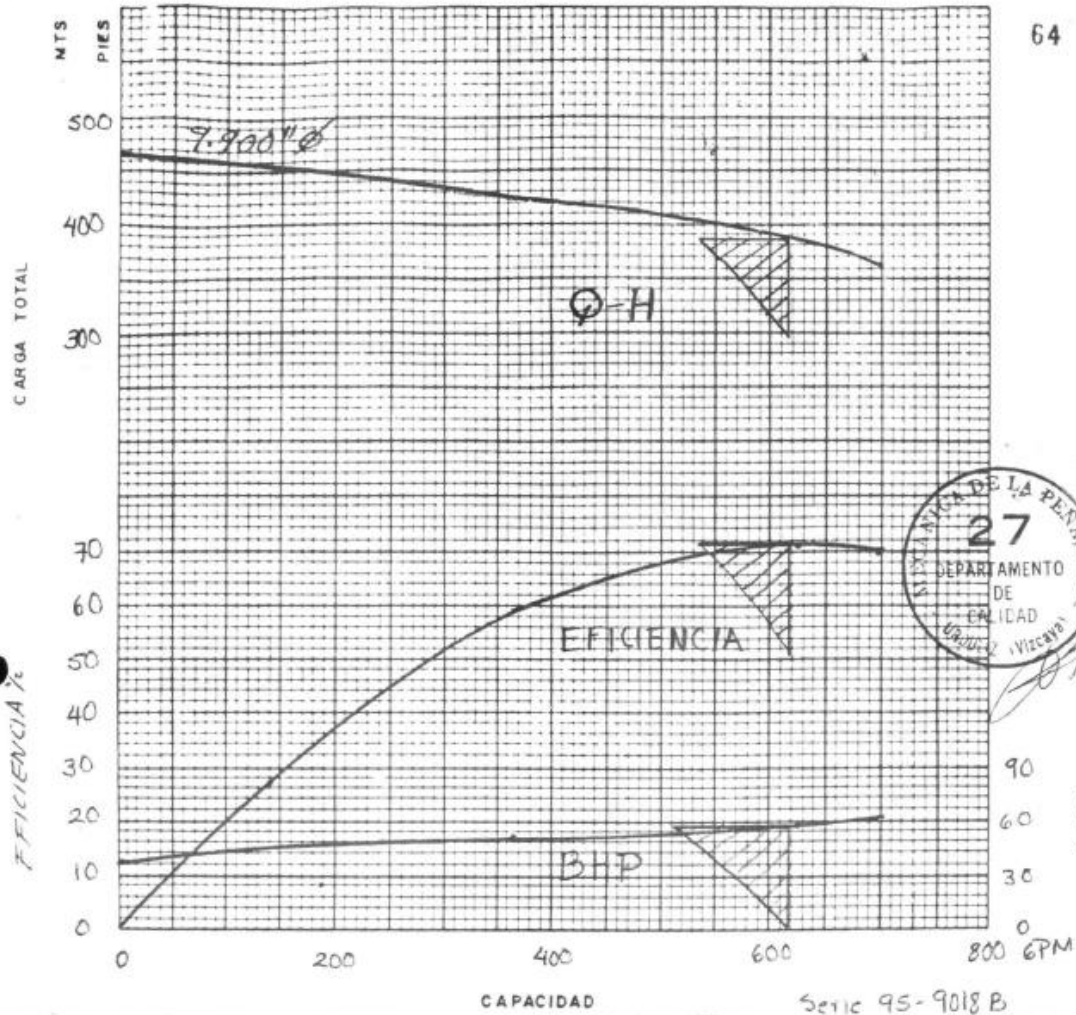
DWG NO.
31049M627091

ANEXO 5



BIMSA MODELO BIM-X7 API-610 7a. EDICION
CURVA CARGA - CAPACIDAD

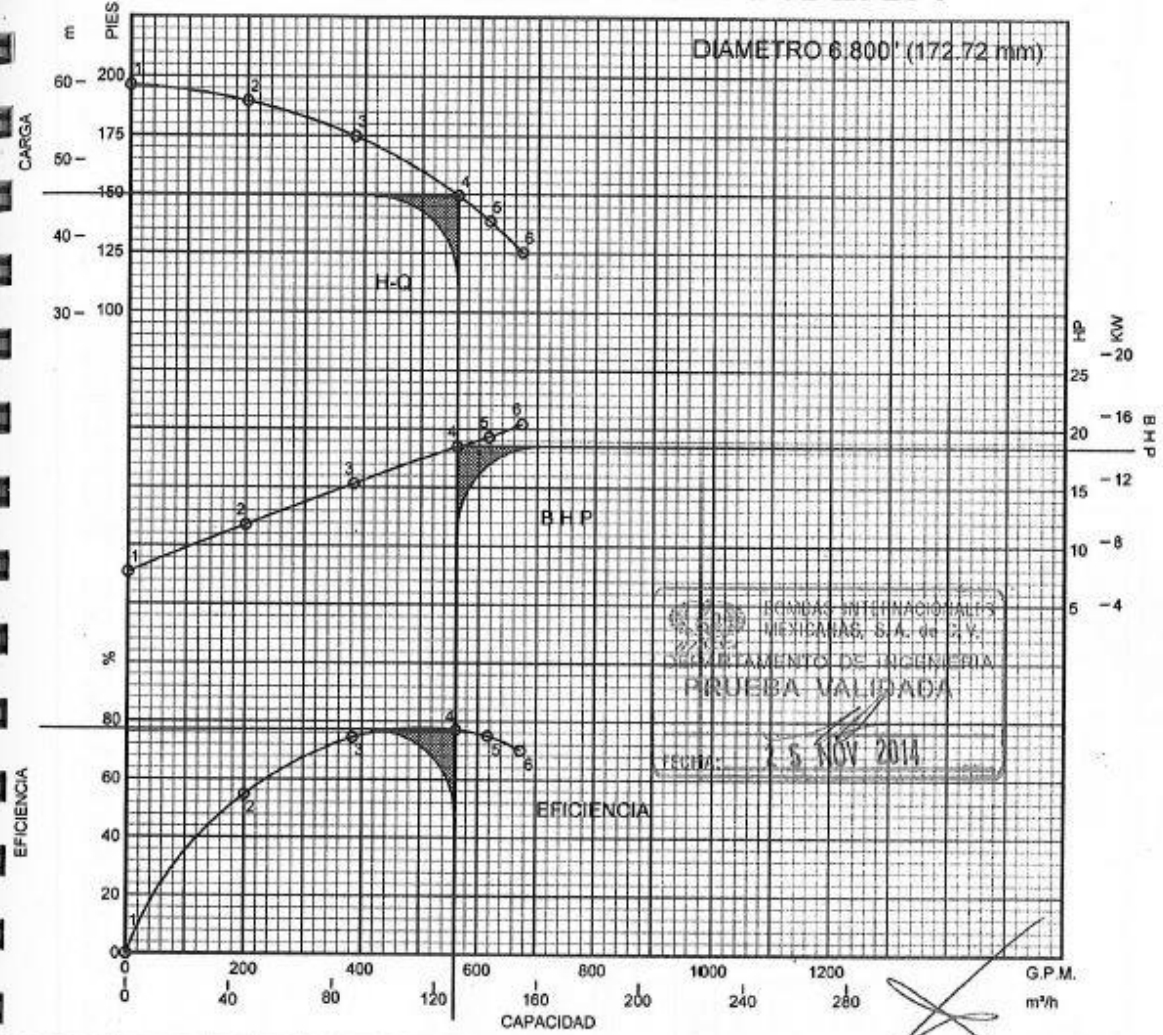
64



TAMAÑO DE LA BOMBA : 3x4x10		CURVA No. : 3x10-XD			
R. P. M.	CLAVE	REQUISICION	PARTIDA	CANTIDAD	FECHA
3550	6A-40S/R				
CONDICIONES DE SERVICIO					
CARGA	385.1 FT	EFICIENCIA	70%		
GASTO	616.4 GPM	POTENCIA AL FRENO	57.55 HP		
LIQUIDO	NaPTas	MOTOR	TEFL-KP DE 75 HP 2 POLOS		
DENSIDAD RELATIVA	0.672	NPSHR	15.8 Pies		
VISCOSIDAD	0.225	NPSHD	18. Pies		
PRESION DE SUCCION	36.2 PSIG	TEMPERATURA	352 OF		
PRESION DE DESCARGA	148.5 PSIG	CLIENTE			



BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A de C.V.
CURVA DE COMPORTAMIENTO DE PRUEBA HIDRAULICA



BOMBAS INTERNACIONALES MEXICANAS S.A. de C.V.
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
 PRUEBA VALIDADA
 FECHA: 25 NOV 2014

TAMAÑO DE LA BOMBA : 3 x 4A x 6		O. F.:	14X110211 B
R. P. M. : 3 5 5 0	CLAVE : GA - 405/R	No. DE PEDIDO:	4500509577
		CANTIDAD:	UNA

CONDICIONES DE OPERACION (4)	
CARGA : 147 PIES (44.81 m)	EFICIENCIA : 77 %
GASTO : 560.4 GPM (124.27 m³/h)	POTENCIA AL FRENO : 18.15 HP
LIQUIDO : GASOLINA REFINADA	MOTOR : T E F C DE : (18.65 Kw) 25 HP 2 POLOS
GRAVEDAD ESPECIFICA : 0.672	NPSHR : 16 PIES (4.8 m)
VISCOSIDAD : 0.275 cP	NPSHD : 19 PIES (5.7 m)
PRESION DE SUCCION : 6 Kg/cm²	TEMPERATURA : 197 °C
PRESION DE DESCARGA : 9 Kg/cm²	CLIENTE : PEMEX - REFINACION