



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

"Factibilidad de sustitución de un equipo de bombeo con sello mecánico por un equipo tipo  
seal – less"

MODALIDAD DE TITULACIÓN  
Trabajo Profesional

NOMBRE DEL ALUMNO: Julio César de Regil González  
NÚMERO DE CUENTA: 302544127

SUPERVISOR: Francisco J. Solorio Ordaz

CARRERA DEL ALUMNO: Ingeniería Mecánica

NOMBRE DE LA EMPRESA: Fluidos Técnicos S.A. de C.V.

# “ANÁLISIS PARA LA SUSTITUCIÓN DE UN EQUIPO DE BOMBEO CON SELLO MECÁNICO POR UN EQUIPO TIPO SEAL – LESS”

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.
  - a. Descripción del proyecto.
  - b. Misión y Visión de la empresa Fluidos Técnicos.
  - c. Cédula de puesto. Ingeniero de Aplicación.
  
2. OBJETIVO.
  - a. Objetivo general.
  - b. Objetivo particular.
  
3. DESARROLLO.
  - a. Generalidades de los equipos de bombeo.
  - b. Proceso de selección de los equipos de bombeo.
  - c. Antecedentes del equipo de bombeo tipo “seal-less”.
  - d. Teoría de operación del equipo de bombeo tipo “seal-less”.
  - e. Principales aplicaciones para un equipo de bombeo tipo “seal-less”.
  - f. Análisis de oportunidades para la sustitución física.
  
4. ANÁLISIS.
  - a. Solicitud del cliente por apoyo.
  - b. Análisis técnico de la aplicación.
  - c. Condiciones de diseño del equipo de bombeo.
  - d. Cotización de una bomba centrífuga convencional.
  - e. Cotización de una bomba centrífuga tipo “seal-less”.
  - f. Comparación técnica de los equipos de bombeo.
  - g. Comparación comercial de los equipos de bombeo.
  - h. Evaluación final.
  
5. CONCLUSIONES.
  
6. BIBLIOGRAFÍA.
  
7. ANEXOS.

# 1. INTRODUCCIÓN.

## *a. Descripción del proyecto.*

Con el paso del tiempo los avances ingenieriles utilizados en la industria mundial han crecido aceleradamente con la imperativa necesidad de adaptarse a las exigencias que tanto la competencia como el mercado así lo demandan. Tal es el caso de los materiales químicos industriales y por lo tanto el de los equipos de bombeo que los transportan. Con la finalidad de satisfacer las necesidades anteriormente mencionadas, se han desarrollado tecnologías innovadoras y originales en cuanto al accionamiento motriz, materiales de construcción y principios de funcionamiento de los equipos de bombeo, aunque, lamentablemente muy pocos han logrado apropiarse de un lugar en el mercado debido a la ignorancia, desconfianza, falsas creencias, falta de información y ausencia de análisis de inversión a largo plazo por parte de los usuarios finales.

Las bombas centrífugas magnéticas tipo "seal-less" surgen con la necesidad de contener al 100% materiales altamente peligrosos y costosos, teniendo como ventajas principales que el torque del motor es transmitido al equipo de bombeo mediante la interacción de un par de magnetos, los cuáles también sustituyen permanentemente la función del sello mecánico, eliminando de tal forma cualquier posibilidad de fuga del material de trabajo, así como también el refaccionamiento del sello.

La fuerte regulación de emisiones y la búsqueda cada vez mayor de tecnología del tipo "verde" ha sido, y continúa siendo de gran ayuda, ya que poco a poco ha ido motivando a los usuarios, logrando que fijen su atención en este tipo de innovadores equipos. A causa del aumento de interés por estos equipos, cada vez más compañías han invertido recursos para estudiar, investigar, desarrollar y fabricar bombas centrífugas accionadas mediante magnetismo.

Utilizando los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional Autónoma de México y de acuerdo a las actividades que tengo que desempeñar como Ingeniero de Aplicación dentro de la empresa Fluidos Técnicos, debo de encontrar la solución a los problemas de la industria tanto privada como pública en cuanto a equipos de bombeo, teniendo como objetivo la sustitución de los equipos antiguos por equipos de última tecnología que mejor se adapten a las necesidades del fluido de trabajo. Tal es el caso del presente proyecto en el cuál se describirá la conveniencia de sustituir una bomba centrífuga común, la cuál utiliza sello mecánico; por una bomba centrífuga tipo "seal-less" de accionamiento magnético para un proceso que así convenga, describiendo los aspectos técnicos y comerciales relevantes para dicha sustitución.

### 3. DESARROLLO.

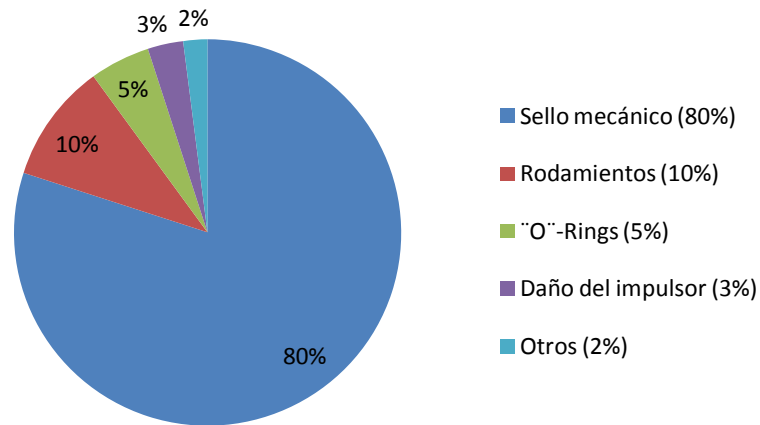
La ingeniería juega un papel muy importante en la economía de un país; es decir, la ingeniería se encuentra directamente vinculada en la toma de decisiones para la realización de todas las obras. Una de las dificultades más grandes a las que se enfrenta un Ingeniero es la de tomar una decisión correcta, ya que de ella dependerán muchos esfuerzos, mucho trabajo y una suma considerable de dinero.

Gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica, me ha sido posible desenvolverme en el puesto de Ingeniero de Aplicación dentro de la empresa Fluidos Técnicos, puesto en el cuál se trabaja sobre el proceso comercial de los equipos de bombeo, ya que el Ingeniero de Aplicación es el encargado de recibir la solicitud por parte del cliente, la cuál puede ser por un reemplazo de un equipo existente por uno similar con mejores características y menor precio o un nuevo proyecto, en el cuál es posible ofrecer dentro de un amplia gama de equipos el que más le convenga a la aplicación, siendo en esta instancia, el precio un factor no tan importante como lo es el comportamiento del equipo a lo largo del tiempo con el fluido de trabajo. Debido a las necesidades anteriormente expuestas, el Ingeniero de Aplicación debe de tener los siguientes conocimientos para comenzar con la selección de algún equipo de bombeo:

- Tener conocimiento general de la aplicación para la cuál será utilizado el equipo con la finalidad de identificar el mejor tipo de equipo de bombeo (centrífugo, desplazamiento positivo, rotatoria, diafragma, cavidad progresiva, doble tornillo, triple tornillo, etc).
- Analizar el lugar e industria en la cuál será instalado el equipo, ya que ciertas ocasiones los equipos obligatoriamente deben de cumplir con normas tanto nacionales como internacionales (API, ANSI, ATEX, etc), las cuáles regulan y homologan las características de construcción, operación y manejo.
- Conocer las características del fluido de trabajo, para realizar el análisis de compatibilidad de materiales de fabricación del equipo seleccionado.
- Estudiar y analizar las curvas de operación del equipo seleccionado, de tal forma que al localizar el punto de operación solicitado identifiquemos las características generales del equipo, como sería el tamaño de las conexiones de succión y descarga, tamaño del impulsor, eficiencia, carga dinámica total, NPSH requerido, potencia solicitada y materiales de fabricación.
- Plasmar las características técnicas principales, y de mayor interés para el cliente en la propuesta técnica. En dado caso de que el cliente cuente con una hoja de datos, plasmar únicamente las características solicitadas.
- Calcular los costos totales y precio de venta del equipo seleccionado para ofrecer el mejor precio dentro de la oferta comercial, la cuál incluye todo lo descrito en la oferta técnica.

De acuerdo al reporte publicado por "Health and Safety Executive" en el año 2005, los sellos mecánicos son catalogados ampliamente como el punto más débil y más propenso a fallar en cualquier sistema de bombeo. Debido a dicha evaluación es entendible que para prevenir el 80% de las fallas de un equipo de bombeo sería necesario eliminar el sello mecánico. *(Ver gráfica 1)*

## Principales elementos que causan fallas en las bombas centrífugas con sello mecánico



Gráfica 1. Elementos que causan fallas en las bombas centrífugas convencionales.

Las bombas centrífugas magnéticas de tipo “seal-less” resuelven el constante problema de fugas eliminando el tradicional sello mecánico; pieza que intenta prevenir cualquier tipo de contaminación del fluido de trabajo al espacio donde se encuentra la unión del motor con el extremo líquido del equipo.

Para la evaluación de la sustitución de una bomba centrífuga común por una bomba centrífuga magnética del tipo “seal-less” es necesario primeramente realizar un diagnóstico, ya que se parte de un estado actual que se considera no es satisfactorio y por lo tanto exigen diferencias con el estado deseado. Este análisis sirve para conocer la realidad imperante, teniendo las siguientes etapas:

- Conocimiento de la situación actual que se pretende cambiar.
- Necesidad e interés por parte del cliente para realizar la modificación al equipo instalado.
- Una propuesta que cumpla completamente los requerimientos del cliente.
- Un juicio que valore las consecuencias de la propuesta.



Imagen 1. Equipos de bombeo marca HMD Kontro instalados en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. EBBSA.

*a. Generalidades de los equipos de bombeo.*

Un equipo de bombeo es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cuál permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro.

Debido al amplio universo de aplicación, las bombas se clasifican según dos consideraciones generales diferentes: (1) la que toma en consideración las características de movimiento de líquidos y (2) la que se basa en el tipo o aplicación específica para los cuales se ha diseñado la bomba.

Muchas bombas se construyen y venden para un servicio específico y, en el complejo problema de elegir la que tenga mejores detalles de diseño pueden perderse de vista los detalles básicos de clase y tipo de cada una de ellas, por lo que a continuación se describen algunas de las principales características que no deben de olvidarse durante el proceso de selección.

En general, se encontrará que los detalles de la bomba se encuentran sujetos en gran parte a los requisitos de aplicación, así, el arreglo particular de una bomba centrífuga puede depender tanto de la tubería, espacio y condiciones de trabajo así como de otros factores particulares para cada aplicación. El motor elegido para la bomba puede estar determinado por la velocidad de la bomba, balance de calor de la planta, disponibilidad de energía o costo de un combustible particular en el área.

Cuando dos o más unidades pueden satisfacer las necesidades hidráulicas, el estudio puede avanzar un paso más para determinar cuál es la mejor bomba para la instalación y el fluido manejado. La planta puede requerir un bajo costo inicial para la unidad o bien, un alto costo inicial para obtener el rendimiento máximo en la operación. Normalmente estas condiciones no se encuentran simultáneamente, de manera que debe decidirse cuál es la más importante para la instalación que está considerando.

De acuerdo a la mecánica del movimiento del líquido, las bombas pueden ser clasificadas en tres tipos: dinámica, rotatoria y reciprocante. Con el paso del tiempo cada tipo de equipo de bombeo se ha ido modernizando y con ello desarrollando tecnología alternativa, dentro de las cuales entrarían las del tipo "seal-less".

A diferencia de las bombas de desplazamiento positivo (rotatorias y reciprocantes), una bomba centrífuga que se opera a velocidad constante puede suministrar cualquier capacidad de cero a un máximo, dependiendo de la columna, diseño y construcción. Las curvas características muestran la relación existente entre columna de bomba, capacidad, potencia y eficiencia para un diámetro de impulsor específico y para un tamaño determinado de carcasa.

La curva conocida como HQ, muestra la relación entre la carga y el gasto, pudiendo ser creciente o decreciente, con gran inclinación o casi horizontal, dependiendo del tipo de impulsor utilizado y de su diseño.

Aún cuando no todas las bombas centrífugas están clasificadas por un nombre genérico que designa su aplicación final, un gran número de ellas incluye este tipo de término relacionado con su servicio. Así, las bombas centrífugas pueden llamarse de alimentación de caldera, de propósito general, de sumidero, de pozo profundo, de refinería, condensados, de vacío, drenaje, desperdicios, recirculación, cenizas, agua de retroceso, etc. En general, cada una tiene características especiales de diseño, así como los materiales que el constructor

recomienda para el servicio particular, debido a ello a continuación presentaremos los principales elementos que constituyen la construcción de la bomba centrífuga que deseamos reemplazar:

**Impulsor:** El impulsor es el corazón de la bomba centrífuga. Hace girar la masa de líquido con la velocidad periférica de las extremidades de los álabes, determinando así la altura de elevación producida o la presión de trabajo de la bomba. Existen impulsores abiertos, semiabiertos y cerrados.

El impulsor de tipo cerrado utilizado en el equipo de bombeo presentado se caracteriza porque además del plato posterior, lo rodea una corona circular en la parte anterior del impulsor. Esta corona es unida también a los álabes y posee una abertura por donde el líquido ingresa al impulsor.

Este es el impulsor más utilizado en las bombas centrífugas por su rendimiento, el cuál es superior a los abiertos y semi-cerrados. Hay que hacer notar que debe ser utilizado en líquidos que no tienen sólidos en suspensión.



*Imagen 2. Impulsor*

**Carcasa:** Las carcasas de las bombas centrífugas pueden ser clasificadas en dos tipos principales:

- Bombas con carcasa tipo voluta: La voluta recibe el líquido que sale del impulsor y transforma la mayor parte de la energía cinética en energía de presión. El área de la voluta aumenta progresivamente en el arco de 360° descrito en torno al impulsor.
- Bombas de difusor: Este tipo de bombas se caracterizan porque los álabes direccionales estacionarios rodean al motor o impulsor.



*Imagen 3. Carcasa tipo voluta*

**Anillos de desgaste:** Son instalados para evitar el desgaste costoso de la carcasa y del impulsor en la junta de operación. Cuando estos anillos son móviles, pueden reemplazarse a una fracción del costo de un nuevo impulsor o carcasa de la bomba, que de otra manera serían necesarios.



*Imagen 4. Anillos de desgaste*

**Chumaceras:** Prácticamente todos los tipos de chumaceras existentes se han usado en las bombas centrífugas. Existen varios tipos de chumacera siendo algunas de ellas de balas, de rodillos esféricos, de manguito, de empuje, etc.

**Flecha:** Es el eje mediante el cuál la potencia del motor es transmitida a las partes internas del equipo de bombeo, las cuáles logran el movimiento rotatorio del impulsor aplicando energía cinética y dinámica al fluido de trabajo.



*Imagen 5. Flecha*

**Cubre-flechas:** Esta cubierta protege a la flecha contra la corrosión, erosión y desgaste que afecta su resistencia. Se usan muchas formas en las bombas grandes pero en las pequeñas la cubierta generalmente se elimina con objeto de reducir las pérdidas hidráulicas, así como en los estoperos. La flecha se hace entonces de un metal con suficiente resistencia a la corrosión y al desgaste, para dar una vida satisfactoria.



**Sellos de flecha:** Son utilizados cuando es indeseable tener escapes alrededor de la flecha. También encuentra aplicación cuando los prensaestopas no suministran una adecuada protección contra escapes. Las superficies del sellado perpendicular a la flecha de la bomba, usualmente comprenden dos partes pulidas y lubricadas que rozan entre sí. Aún cuando no es a prueba de escapes, estos son prácticamente nulos. El tipo externo se usa cuando es indeseable tener líquidos sucios o de escape retenidos en el prensa-estopa. El tipo interno tiene muchas aplicaciones en líquidos volátiles. Algunos de los sellos convencionales son lubricados por el fluido de trabajo, por lo que el equipo necesita para su correcto funcionamiento cierto nivel de fuga.



*Imagen 6. Estoperos, Empaques y Sellos.*

**Ventajas de las bombas centrífugas sobre otros principios de operación.**

- Su construcción es simple, su precio es bajo.
- El fluido es entregado a presión uniforme, sin variaciones bruscas ni pulsaciones.
- Pueden utilizarse con líquidos que contienen grandes cantidades de sólidos en suspensión, volátiles y fluidos hasta de 400°C.
- Poco espacio ocupado para su instalación.
- No alcanzan presiones excesivas aún con la válvula de descarga cerrada.
- El impulsor y el eje son las únicas partes en movimiento.
- No tienen válvulas ni elementos reciprocantes.

*b. Proceso de selección del equipo de bombeo.*

Probablemente el mayor problema con que se encuentra un ingeniero al diseñar un sistema de bombeo es la elección de la clase, tipo, capacidad, columna y detalles de la bomba o bombas que habrían de usarse en un sistema. Existe tal variedad de bombas útiles y tantas aplicaciones posibles para cada una de ellas que generalmente es difícil estrechar la elección de una unidad específica.

Básicamente hay cinco pasos en la elección de cualquier bomba ya sea grande o pequeña, los cuáles son:

1. Un diagrama de la disposición de bomba y tuberías.

El diagrama debe basarse en una aplicación real. Generalmente son satisfactorios los diagramas simples de una sola línea. Hay que mostrar todas las tuberías, accesorios, válvulas, equipos y otras unidades del sistema, este punto debe de estudiarse con bastante cuidado, para evitar detalles errados.

2. Determinar la capacidad.

Las condiciones de la aplicación fijan la capacidad requerida, regularmente vienen expresados en el sistema de unidades que más le acomode al usuario, pueden ser: Sistema Inglés o Sistema Internacional de Unidades.

3. Calcular la columna total o carga dinámica total/Presión:

La carga total se puede calcular de dos formas. La elección de la fórmula a utilizar se basará en los datos con los que se cuente.

Si tenemos el valor de la presión diferencial, se procederá de la siguiente manera:

$$CDT = \frac{\Delta P}{\rho} * 2.31$$

*Donde:*

CDT: Carga Dinámica Total [ft]

$\Delta P$ : Diferencial de presión [PSI]

$\rho$ : Peso específico [1]

$$CDT = \frac{\Delta P}{\rho} * 10.012$$

*Donde:*

CDT: Carga Dinámica Total [m]

$\Delta P$ : Diferencial de presión [kg/cm<sup>2</sup>]

$\rho$ : Peso específico [1]

Cuando tenemos el diagrama de tuberías podemos proceder de la siguiente manera:

Cuando la bomba está por encima de la fuente de suministro de líquido a bombear y predomina una carga de succión a levantar (por debajo de la horizontal).

$$CDT: h_s + h_d + h_f$$

Cuando la fuente de suministro está por encima de la bomba y el líquido fluye hacia la bomba por gravedad, predomina la condición de una carga estática de succión:

$$CDT: h_d - h_s + h_f$$

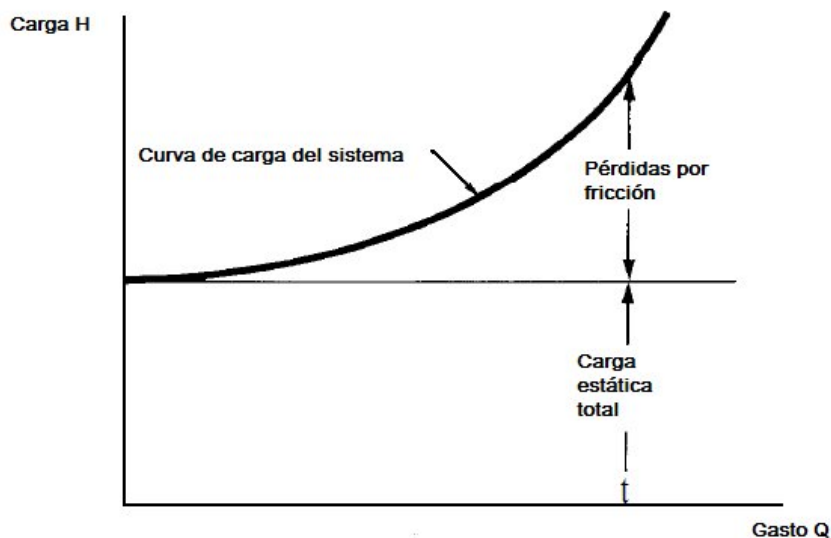
Donde:

hs: Carga estática a levantar en la succión. La distancia vertical desde el nivel libre de la fuente, hasta el eje central horizontal de la bomba.

hd: Carga estática de descarga: Distancia vertical desde el eje central horizontal hasta la descarga libre.

hf: Carga de líquido necesario para vencer la resistencia de la fricción de tuberías y conexiones en ambos lados, succión y descarga.

En dado caso de contar con el valor de la carga dinámica total, es posible obtener el valor de la presión diferencial mediante un despeje algebraico simple.



Gráfica 2. Carga estática total y pérdidas por fricción.

4. Calcular la velocidad específica.

La velocidad específica es la característica que relaciona los tres factores principales del rendimiento de un equipo de bombeo, es decir, capacidad, carga y velocidad de rotación en un solo término. Con este valor, seremos capaces de predecir las proporciones requeridas del equipo de bombeo, así como también en el análisis del equipo idóneo para una aplicación específica. Se calcula de la siguiente manera:

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Donde:

$N_s$  =Velocidad específica

$n$ =Velocidad de rotación [rpm]

$Q$ =Gasto [GPM]

$H$ =Carga [ft]

Calcular el diámetro específico.

$$D_s = \frac{D H^{1/4}}{\sqrt{Q}}$$

Donde:

$D_s$ =Diámetro específico

Q=Gasto [GPM]

H=Carga [ft]

#### 5. Estudiar las condiciones del líquido

La densidad del líquido, temperatura, presión de vapor, viscosidad, gravedad específica, características químicas, etc., deben considerarse muy cuidadosamente.

Inevitablemente se calculará  $NPSH_d$  (Altura neta positiva de succión disponible), ya que el NPSH es la energía de carga de líquido que se necesita en la succión de la bomba por arriba de la presión de vapor del líquido a fin de que la bomba entregue una capacidad dada a una velocidad dada y que no cavite.

Los cambios en el  $NPSH_d$  no alteran el rendimiento de la bomba, siempre y cuando el  $NPSH_d$  sea mayor que el  $NPSH_r$ . Sin embargo, cuando el  $NPSH_d$  cae por debajo del valor de  $NPSH_r$ , la bomba empieza a tener cavitación y pierde eficiencia.

$$NPSH_d = \frac{2.31(P_s - P_v)}{\gamma} = \frac{2.31(6.655 - 0.0290[PSI])}{1.06} = 14.44 [ft]$$

Donde:

$NPSH_d$ =Carga neta de succión positiva 14.44 [ft] (4.4 [m])

$P_s$ = Presión sobre la superficie del líquido 6.655 [PSI]

$P_v$ = Presión de vapor del líquido 0.0290 [PSI] @ 25°C

#### 6. Elegir la clase y el tipo.

El estudio de las características anteriores nos ayudará a construir la curva característica, de manera que podemos indicar que tamaño (capacidad y columna) de bomba se necesita. Esto da la primera clave por lo que respecta a la clase de bomba más adecuada. La economía dicta que la elección de la bomba debe ser aquella que suministra el costo mínimo por litro bombeado a lo largo de toda la vida útil de la unidad.

Una vez que se conocen la clase y el tipo, puede comprobarse una tabla de características o curva característica para determinar si hay una bomba adecuada para el fabricante en particular cuya unidad se pretende comprar.

Cuando un fabricante no tiene la clase y tipo particulares de bomba, o unidad que llene precisamente las condiciones hidráulicas, hay que referirse a los datos de uno o más fabricantes adicionales.

#### 7. Determinar la demanda de potencia.

La potencia requerida para mover cualquier clase o tipo de bomba puede calcularse de la siguiente manera, siempre y cuando el líquido tenga una viscosidad igual a la del agua.

$$BHP = \frac{QH\gamma}{3960 \eta}$$

Donde:

BHP=Demanda de potencia [hp]

Q=Gasto [GPM]

H=Columna total de la bomba [ft de líquido]

$\gamma$ : Gravedad específica [1]

$\eta$ =Eficiencia de la bomba.

#### 8. Factores que afectan la eficiencia del equipo seleccionado.

Existen condiciones que afectan negativamente la eficiencia del equipo de bombeo, entre las principales se tienen las siguientes:

- **Velocidad específica:** Cuando el valor de la velocidad específica en cualquier condición es menor a 1000, hay una fuerte caída en la eficiencia de las bombas centrífugas de una etapa, por ello tanto las etapas múltiples como las de alta velocidad pueden llegar a otorgar la eficiencia deseada.
- **Pérdidas volumétricas:** Estas pérdidas son indicativas de una circulación de gasto del lado de alta presión al de baja presión del impulsor; aunque en general, estas pérdidas son pequeñas, pueden tomar importancia bajo condiciones de desgaste o desajuste de la bomba.
- **Pérdidas hidráulicas:** Constituyen la diferencia entre la carga que podría obtenerse de la energía disponible en el impulsor y aquella que realmente se desarrolla; las más importantes son por choque de entrada, generadas por el cambio de dirección del líquido y por fricción del líquido, al fluir.
- **Cavitación:** Es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una caída de presión del fluido. Puede ocurrir que se alcance la presión de vapor del líquido de tal forma que las moléculas que lo componen cambian inmediatamente a fase de vapor, formándose burbujas, las cuáles viajan a zonas de mayor presión e implotan produciendo un arranque de metal de la superficie en la que se origina este fenómeno. El fenómeno de cavitación para una bomba es muy importante, pues puede ocasionarle daños severos, erosionándola y acortando su vida útil. Para evitar la aparición de la cavitación se debe controlar la altura de succión, es decir la altura a la cuál se debe ubicar la bomba en relación a la altura o nivel de extracción del líquido.
- **Pérdidas mecánicas:** Se deben principalmente a la fricción de cojinetes, empaques o sellos y a la fricción del disco generada entre los lados del impulsor y el líquido.
- **Características del líquido:** Las condiciones del fluido a manejar, tienen consecuencias sustantivas sobre la operación de las bombas centrífugas, ya que pueden afectar la construcción del equipo, y por lo tanto, el rendimiento y la potencia.
- **Condiciones de instalación:** Existen condiciones de instalación que influyen negativamente en la eficiencia del equipo de bombeo y podemos citar las siguientes:
  - **Pérdidas en motor y acoplamiento:** Aunque son externas a la bomba, es conveniente saber que estos componentes influyen en la eficiencia global. Es importante aclarar que el montaje apropiado del conjunto bomba-motor es necesario, para asegurar la máxima eficiencia.

- Pérdidas en la bomba: Las vibraciones, ruido, movimientos y desbalance del equipo tienen consecuencia en la operación hidráulica, ya que se afectan tolerancias y cargas, reduciendo la capacidad real del mismo, requiriendo para ello una mayor potencia.
- Recorte de Impulsores: Este elemento es el corazón de la bomba centrífuga, por lo que se debe ajustar antes de intentar poner en marcha la bomba. Las bombas que poseen un impulsor de acero inoxidable resultan ser menos eficientes que las de Bronce. El recorte de impulsor es una técnica empleada desde hace mucho tiempo para cubrir lagunas en las líneas de fabricación; las relaciones de afinidad nos permitirán saber si recortando el impulsor tendremos un punto de operación óptimo.

Las relaciones de afinidad permiten predecir el rendimiento de una bomba a una velocidad que no sea la de característica conocida de la bomba. Pueden ser de tres tipos:

1. El gasto  $Q$  en cualquier punto dado varía directamente con la velocidad  $n$  (rpm).  $C_Q = \frac{Q}{nD^3}$
2. La carga  $H$  varía en razón directa del cuadrado de la velocidad.  $C_H = \frac{gH}{n^2 D^2}$
3. La potencia requerida varía en razón directa al cubo de la velocidad.  $C_P = \frac{bhp}{\rho n^3 D^5}$

Si se asigna el subíndice 1 a las condiciones en las cuales se conocen las características y el subíndice 2 a las condiciones a alguna otra velocidad, entonces:

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

Cuando se sustituye la velocidad  $n$  por el diámetro del impulsor  $D$ , podemos calcular los cambios en el diámetro del impulsor, dentro de límites razonables de reducción del impulsor, es decir:

$$\frac{H_1}{n_1^2 D_1^2} = \frac{H_2}{n_2^2 D_2^2}; \frac{Q_1}{n_1 D_1^3} = \frac{Q_2}{n_2 D_2^3}$$

Cabe señalar que el valor obtenido para el recorte del impulsor debe de ser ajustado por un factor, con la finalidad de que con las nuevas dimensiones el impulsor produzca las condiciones de carga y flujo requeridos.

- Sobredimensionamiento: El sobredimensionamiento de los equipos, es producto de un mal cálculo, falta de previsión y en algunos casos de información pobre, lo cuál ocasiona que se disponga de equipos que no cumplan con las características que requiere el sistema hidráulico. Se producen desventajas que ocasionan se pierda eficiencia en el sistema, obteniéndose con ello consumos de energía innecesarios.
- Operación alejada del punto de mejor eficiencia: Las bombas centrífugas se diseñan para operar eficientemente a una carga, un gasto y una velocidad específica. A este punto de operación, se la conoce como: "punto de mejor eficiencia", al operar el equipo fuera de este punto, se requiere de un esfuerzo adicional en algunas partes de la bomba y puede ocasionar daños en ésta.

*c. Antecedentes del equipo de bombeo tipo "seal-less".*

El desarrollo de este tipo de equipos nació aproximadamente desde los años setentas debido a la necesidad de contener al 100% algunos materiales altamente peligrosos y costosos. En ese momento y hasta la presente fecha todos los sellos dinámicos están propensos a fugar, especialmente cuando éstos se encuentran a altas temperaturas, además de ser costosos.

Debido a la desconfianza de los usuarios y al alto costo inicial que implicaban este tipo de equipos usualmente eran considerados como la última opción. Con el transcurso de los años, las características y cualidades de las bombas tipo "seal-less" fueron creciendo, por lo que en la década de los 70's, este tipo de equipos se convirtió en la mejor y más económica opción en varios procesos químicos industriales.

El origen de las bombas centrífugas magnéticas tipo "seal-less" de la marca HMD Kontro se remonta al año de 1993 cuando en el Reino Unido se dio a conocer la primer patente de equipos con accionamiento magnético.

Actualmente debido a la búsqueda de la llamada tecnología verde, la cuál busca reducir la contaminación hacia la atmósfera, las bombas magnéticas del tipo "seal-less" han tomado importancia en algunos procesos, como son: producción del combustible Biodiesel, ya que la mezcla de cáustica y solventes crean dificultad en el sellado, así como también del Etanol, entre otros.

d. Teoría de operación *del equipo de bombeo tipo "seal-less"*.

La bomba de accionamiento magnético es muy similar a una bomba centrífuga convencional, ya que su construcción y funcionamiento es una combinación de elementos estándar de una bomba centrífuga común con elementos especiales basados en los siguientes principios básicos del magnetismo:

- Ley cero de la electrostática: Las cargas del mismo tipo se rechazan y las de diferente se atraen (los magnetos cuentan con un polo norte y un polo sur). (Ver Imagen 7)
- Principio de conservación de la carga eléctrica: La carga no se crea ni se destruye, solo se transfiere.
- Los electromagnetos se comportan como imanes permanentes de acuerdo a las leyes de atracción y repulsión.
- Un cuerpo puede cargarse de tres formas: frotamiento, contacto e inducción.
- Las líneas de campo magnético no son radiales, sino que forman trayectorias cerradas. (Ver Imagen 7).
- Las líneas de campo magnético no se cruzan ni se cortan ya que la tangente a una línea de campo en un punto nos da la dirección del campo en este punto.
- Las líneas de campo magnético en la parte de afuera van de Norte a Sur, por dentro del imán van de Sur a Norte.
- El electromagnetismo es formado aunque el material del núcleo sea aire, y puede aumentar su fuerza al insertar ciertos materiales específicos en el área del núcleo.

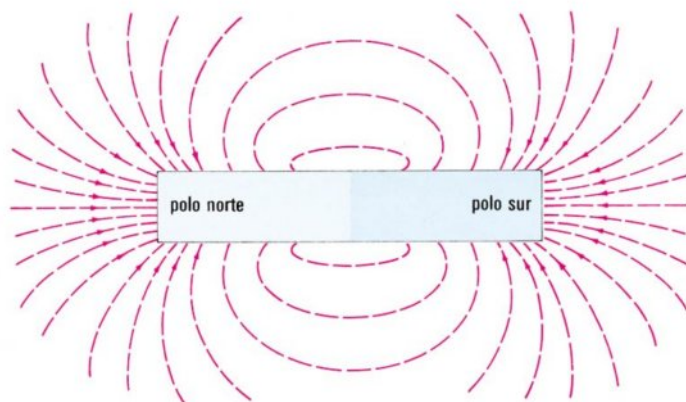


Imagen 7. Campo magnético formado por un imán.

**Características generales de los componentes en las bombas tipo "seal-less"**

- Las paredes del acoplamiento magnético son construidas de acuerdo a las características de la aplicación para el cuál será utilizado, en este caso apegadas a la norma ASME VIII, es decir, con paredes de 1.2mm de grosor.
- Muchos de los equipos de bombeo tipo "seal-less" son construidos con diseño modular, razón por la cuál el tiempo de mantenimiento es reducido considerablemente.
- Muchos de los fabricantes de estos equipos colocan partes y componentes comunes en todos sus modelos para reducir el almacén de piezas de repuesto de los usuarios.
- El anillo magnético externo se encuentra completamente encapsulado, lo cuál evita cualquier tipo de daño durante el ensamble, así como también por corrosión. Esto significa que los anillos magnéticos pueden ser fácilmente limpiados durante cualquier tipo de mantenimiento.
- Una bomba magnética del tipo "seal-less" sin ningún tipo de mantenimiento puede operar durante 10 años.



- El funcionamiento de las bombas sin sello mecánico tipo “seal-less” parte del principio de cualquier equipo de bombeo centrífugo, ya que la fuerza centrífuga aplicada al fluido de trabajo es originada por el impulsor, el cuál gira gracias a la energía proporcionada por la flecha, debido a la interacción del anillo magnético interno con el externo; elementos que transmiten la potencia del motor eléctrico y permiten eliminar cualquier tipo de sello mecánico. (Ver Imagen 8)

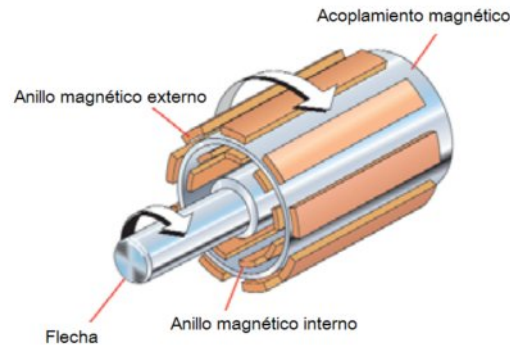


Imagen 8. Principio de funcionamiento de la flecha debido a los anillos magnéticos.

Las principales diferencias entre una bomba magnética y una bomba convencional ocurren principalmente en los siguientes elementos del equipo de bombeo (Ver imagen 9):

- El torque del elemento motriz (motor) es transmitido al impulsor de la bomba mediante el acoplamiento magnético formado entre el anillo magnético interno y el externo.
- La flecha del impulsor se encuentra entre rodamientos colocados en la parte interna de la bomba; gracias al correcto trabajo de los magnetos, no es necesario contener el fluido de trabajo en ese punto, por lo que ya no es más necesaria la utilización de cualquier tipo de sello mecánico.
- El elemento motriz se encuentra directamente acoplado al anillo magnético externo y la carga producida por este elemento es soportada mediante rodamientos.
- El impulsor de la bomba se encuentra montado en la flecha o eje del equipo, la cuál a su vez se encuentra inmerso en la caja de rodamientos con la finalidad de soportar el movimiento del anillo magnético interno producido por la interacción de ambos anillos magnéticos

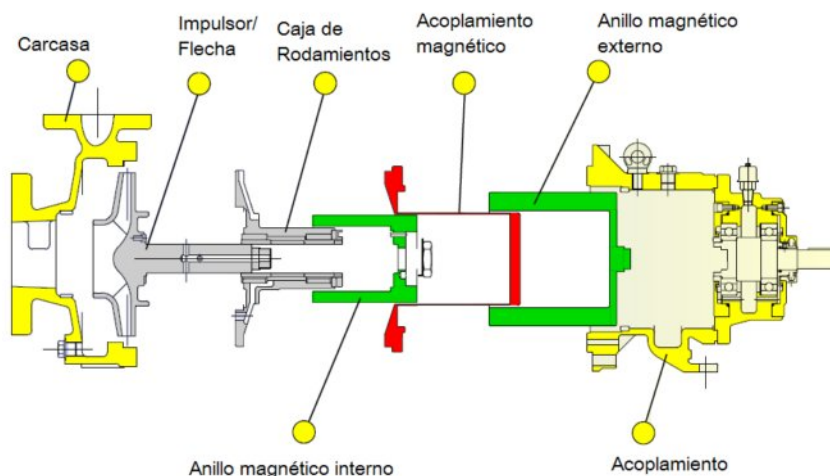


Imagen 9. Principales partes dentro del extremo líquido de una bomba magnética centrífuga tipo “seal-less”.

Debido al principio de funcionamiento, las bombas centrífugas tipo “seal-less” cuentan con un número mucho menor de piezas a comparación de las bombas centrífugas con sello mecánico, por lo que la probabilidad de fallo y reemplazo será menor y sencillo de ubicar, reduciendo considerablemente los tiempos de paro por fallas y el stock de piezas propensas a fallar.



Gráfica 3. Número de partes vs confiabilidad.

Con un equipo de bombeo magnético tipo “seal-less” correctamente calculado e instalado se pueden obtener las siguientes características:

- No sellos
- Ningún tipo de sistema de soporte para el sello(s).
- Sin riesgo de falla del sello(s).
- Sin fugas
- Sin emisiones
- Sin contaminación ambiental
- Sin problemas de salud para los trabajadores
- Muy poco mantenimiento
- Sin necesidad de cambio de rodamientos
- Sin pérdida de producto
- Sin inversiones inesperadas.

*e. Principales aplicaciones para un equipo de bombeo tipo “seal-less”.*

Varias aplicaciones han sido encontradas a lo largo de los años para las bombas tipo “seal-less” de accionamiento magnético, siendo algunas de ellas las siguientes:

- Prevención de fuga de líquido que pueden ser peligrosos para las personas, algunos ejemplos son ácidos fuertes, bases, fluidos muy fríos o muy calientes, fluidos cancerígenos.
- Prevenir la fuga de fluidos inflamables que puedan ocasionar incendio o reacciones químicas desfavorables.
- Eliminar la limpieza constante de la fuga causada por el sello mecánico, especialmente cuando la fuga del fluido tiene que ser reportada ante alguna agencia reguladora.
- Disminuir el tiempo de paro del equipo debido a fallas en el equipo de bombeo, ya que, según estudios la principal causa de paro de los equipos de bombeo se debe a mantenimiento o fallo del sello mecánico.

- Manejo de fluidos que reaccionan al tener contacto con el ambiente exterior, como son; Adhesivos de Cianocrilato y productos utilizados en la manufactura del Poliuretano como sería el Isocianato.
- Manejo de Hidrocarburos los cuáles son los causantes de que las caras del sello mecánico se adhieran entre ellas, provocando la destrucción del mismo y el paro del equipo de bombeo.
- Manejo de fluidos costosos, previniendo pérdidas económicas debido a fugas.
- Manejo de fluidos altamente viscosos, los cuáles dificultan el sellado con la tecnología actual para bombas centrífugas convencionales. Usualmente para este tipo de aplicaciones se utilizan bombas rotatorias.
- Capacidad de soportar temperaturas altas en la succión del equipo.

A continuación se detallan algunas aplicaciones para procesos Industriales específicos:

*Tabla 1. Aplicaciones industriales para una bomba magnética tipo "seal-less"*

<b>Procesos Industriales</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Petroquímica</b>	Hidrocarburos. Etanol Benceno Ácido Sulfúrico Ácido Hidrofluorico
<b>Tratamiento de agua</b>	Agua ultra pura Tratamiento de agua de proceso Tratamiento tipo Ultra-rise Servicios de agua en el mar o brackish Procesos corrosivos y ambientales
<b>Transferencia de calor</b>	Dowtherm Dowfrost Therminol Paratherm Xceltherm Servicios de agua caliente Criogenia y refrigeración Nitrógeno líquido Refrigerantes: R134A, R12, R22, R113
<b>Química</b>	Condiciones con gasto pequeño para servicios corrosivos como son HCL, H2SO4, Nitratos, HF, Chlorine, Bromine y soluciones halógenas. Transferencia de ácidos y cáustica. Sistemas de recuperación de ácidos. Procesamiento de plásticos, principalmente Poliuretano.

*f. Análisis de oportunidades para la sustitución física.*

A continuación se presentan las principales ventajas de un equipo de bombeo tipo “seal-less” sobre un equipo de bombeo centrífugo convencional con sello mecánico:

- La inversión inicial por un equipo de bombeo tipo “seal-less” es recuperada en aproximadamente tres años, siempre y cuando sea una aplicación que requiera este tipo de tecnología, así como también que el equipo sea operado adecuadamente.
- La distorsión térmica de algunos materiales internos de los equipos de bombeo y los límites de temperatura de algunos materiales plásticos restringen el uso de ciertos materiales de construcción ya que para ciertas aplicaciones pueden llegar a manejar temperaturas de hasta 250°C.
- Las refacciones y el mantenimiento necesario para los sellos mecánicos incrementan el costo por vida útil del equipo de bombeo. Los equipos de bombeo tipo “seal-less” manejan bajos costos de mantenimiento.
- Debido a que el acoplamiento magnético se encuentra totalmente sellado gracias a la interacción entre el anillo magnético externo y el anillo magnético interno, el fluido no tendrá contacto alguno con la atmósfera, por lo que éste no reaccionará con el oxígeno y no se producirá daño alguno a los rodamientos, debido a ello, dichos elementos tendrán un tiempo de vida mayor y no será necesaria la instalación algún tipo de sello mecánico.
- Las carcasas de acero inoxidable de la mayoría de las bombas centrífugas magnéticas tipo “seal-less” pueden ser separadas axialmente para realizar una inspección total, de tal forma que facilita y decremента los costos de inspección y mantenimiento de los equipos.



*Imagen 10. Bomba centrífuga magnética marca Argal modelo TMF.*

Con la finalidad de determinar el equipo óptimo para las condiciones de operación requeridas por el cliente, es necesario realizar un análisis de mercado en el cuál podamos localizar y comparar las opciones de equipos que cumplan las condiciones citadas. Ya que, así como la empresa Fluidos Técnicos está ofreciendo alguna propuesta al cliente sobre el equipo, otras empresas intentarán lo mismo, siendo el vencedor el que cuente con el equipo que proporcione mejor eficiencia-costo.

La empresa Fluidos Técnicos cuenta con representación de equipos de bombeo del tipo magnético para una gran variedad de aplicaciones. En dado caso de que las condiciones de operación citadas por el cliente logren ser cubiertas por alguno de los equipos manejados por Fluidos Técnicos, sería de vital importancia concretar la venta, debido a que los costos finales se reducirían considerablemente gracias a descuentos y/o condiciones de pago favorables a la empresa representada por el fabricante, de tal forma que podríamos ofrecer un precio competitivo sin necesidad de sacrificar las utilidades, colocándonos como fuerte contendiente frente a las propuestas presentadas por otras empresas representantes de otras marcas de equipo de bombeo.

#### 4. ANÁLISIS.

##### *a. Solicitud del cliente por apoyo*

El cliente "Liquid Systems de México", es visitado periódicamente por el equipo de ventas de la empresa Fluidos Técnicos, con la finalidad de conocer los nuevos proyectos y/o posibles sustituciones del equipo instalado dentro de su planta. Debido a que el giro principal de esta empresa es la industria refresquera, manejan químicos para la elaboración del refresco de cola, siendo uno de ellos el ácido fosfórico, el cuál es un aditivo que se emplea como antioxidante.

Para el bombeo de esta sustancia de un tanque a otro se encontraban utilizando 8 bombas centrífugas marca KSB con sello mecánico, las cuales cumplían con las condiciones de operación solicitadas (gasto y carga) pero invariablemente tenían paros cotidianos debido a que el sello mecánico de cada una de ellas resultaba dañado y tenía que ser reemplazado aproximadamente antes de los 2 meses de operación, operando intermitentemente 20 hrs por día, es decir, antes de las 1200 horas de trabajo invariablemente era necesario reemplazar los sellos mecánicos. Debido a la necesidad anteriormente citada, el Departamento de Mantenimiento se vio en la necesidad de realizar un calendario de mantenimiento particular para estos equipos con la finalidad de interrumpir el menor tiempo posible el proceso de producción de refresco de cola, así como también para mantener el stock necesario de refacciones, para la sustitución programada del sello mecánico.

El equipo ingenieril de la empresa Fluidos Técnicos integrado por el Ingeniero de Ventas y de Aplicación, se dieron a la tarea de hacer notar primeramente al Departamento de Mantenimiento que existe otro tipo de tecnología útil en su proceso, con la cuál se ahorrarían al 100% el reemplazo de los sellos mecánicos, así como también reducirían considerablemente el tiempo muerto de los equipos por reparación. Posteriormente fue posible realizar una plática informativa dentro de las instalaciones de la empresa "Liquid Systems de México", con la finalidad de introducir la tecnología de las bombas centrífugas magnéticas tipo "seal-less", así como también demostrar que dichos equipos se encuentran instalados en un gran número de empresas tanto públicas como privadas con excelentes calificaciones y comentarios acerca de su comportamiento y costo-eficiencia. Gracias a la plática de los equipos representados, nos fue posible obtener las condiciones de operación solicitadas por los equipos de bombeo que manejan ácido fosfórico, con la finalidad de analizarlas y ofrecer una propuesta para la sustitución de los 8 equipos de bombeo centrífugo con sello mecánico por 8 equipos de bombeo centrífugo magnético tipo "seal-less".

b. *Análisis técnico de la aplicación.*

Las condiciones solicitadas por el proceso y que deben de ser cubiertas completamente por el equipo de bombeo próximo a ofrecer son las siguientes:

- Fluido de trabajo: Ácido Fosfórico  
Temperatura Min/Max: 4.4°C / 26.7°C  
Gravedad específica: 1.06  
Viscosidad: 25cP @ 25°C
- Gasto: 4.5 [m<sup>3</sup>/hr] [20 GPM]
- Carga: 54.9 m [180 ft]
- $NPSH_{disp} = 4.4$  m

Siguiendo el procedimiento indicado en el apartado de descripción de proyecto para los datos solicitados por el cliente, a continuación se realizará el procedimiento de selección ingenieril del equipo para la aplicación seleccionada:

1. El diagrama de la disposición de bomba y tuberías no es necesario ya que mediante un software utilizado por el cliente, hemos logrado determinar que los valores requeridos son correctos, resultando innecesaria la realización de dichos cálculos.
2. Determinar la capacidad: El valor de la capacidad es de 4.5 [m<sup>3</sup>/hr] [20 GPM], el cuál a sido determinado por el cliente y es el gasto que se encuentran manejando en el proceso seleccionado.
3. Calcular la columna total o carga dinámica total/Presión: Debido a que el cliente cuenta ya con el valor de la CDT, y con la finalidad de estudiar el mayor número de características de la aplicación, procederemos a calcular la presión diferencial del proceso.

$$\Delta P = \frac{CDT}{10.12} * \xi ; \Delta P = \frac{54.9}{10.12} * 1.06 ; \Delta P = 5.812 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Donde:

CDT: Carga Dinámica Total 54.9 [m]

$\Delta P$ : Diferencial de presión 5.812 [kg/cm<sup>2</sup>]

$\xi$ : Gravedad específica 1.06 [1]

4. Calcular la velocidad específica. Cuanto mayor sea la velocidad específica calculada para las condiciones dadas de operación, mayor será la eficiencia de la bomba y, por lo tanto, menor el consumo de energía.

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} = \frac{(3500 \text{ rpm})\sqrt{20[\text{GPM}]}}{180 [\text{ft}]^{3/4}} = 318.52$$

Donde:

$N_s$  =Velocidad específica [1]

n=Velocidad de rotación [rpm]

Q=Gasto [GPM]

H=Carga [ft]

Calcular el diámetro específico.

$$D_s = \frac{D H^{1/4}}{\sqrt{Q}} = \frac{6.65[in] * 180[ft]^{0.25}}{\sqrt{20GPM}} = 4.45 [in]$$

Donde:

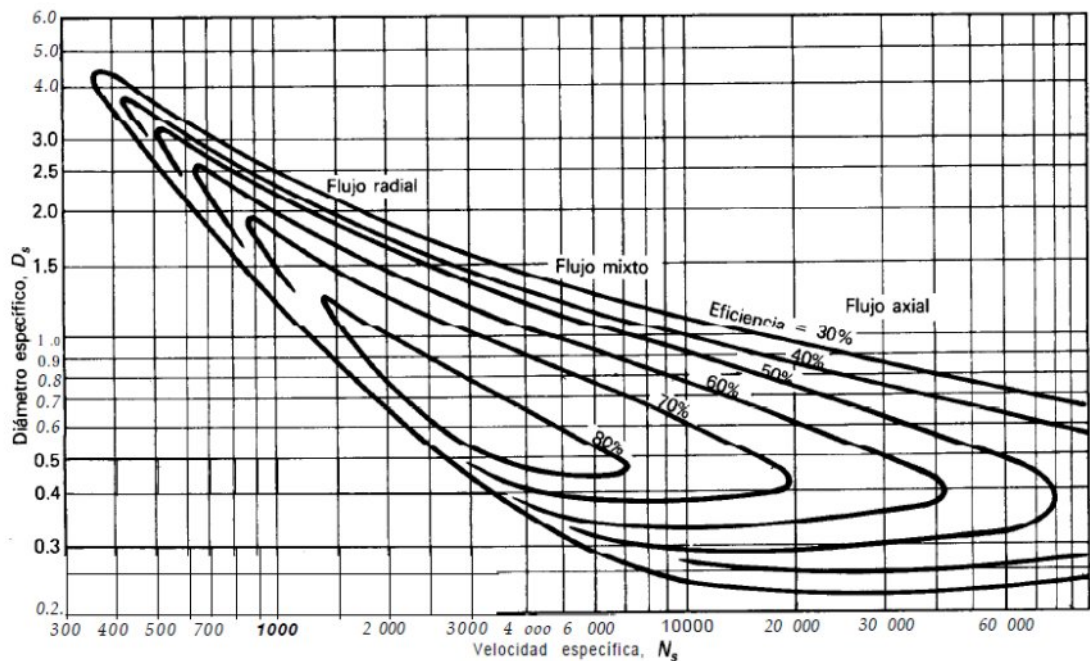
$D_s$  =Diámetro específico

Q=Gasto [GPM]

H=Carga [ft]

A partir de los valores de velocidad específica y diámetro específico calculados anteriormente podremos ubicarnos en la gráfica siguiente, la cuál, relaciona ambos aspectos y a partir de la cuál podremos determinar que la máxima eficiencia a la cuál podría llegar una bomba centrífuga sería de 25% aproximadamente (Ver Gráfica 4).

Gracias al presente análisis podemos determinar que una bomba centrífuga con o sin sello mecánico no sería el equipo ideal para la presente aplicación, ya que en ningún momento obtendremos un rendimiento cercano al punto de mejor eficiencia, característica que tal vez lograríamos con un equipo de bombeo de más de dos etapas, con conexión en serie o de desplazamiento positivo.



Gráfica 4. Gráfica de velocidad específica vs diámetro específico.

5. Estudiar las condiciones del líquido: El fluido de trabajo debe de ser analizado minuciosamente debido a que dependerán principalmente de sus características los materiales utilizados en la construcción del equipo de bombeo.

Líquidos con altas viscosidades tienen un efecto en las condiciones de operación de las bombas centrífugas, es decir, en la carga, capacidad, eficiencia, y por lo tanto requerimiento de potencia. Ya que la mayoría de las bombas son probadas con agua, las curvas en muchas ocasiones no demuestran el comportamiento real del

equipo con el fluido de trabajo, por lo que serán necesarias correcciones, las cuáles han sido desarrolladas y publicadas por el Instituto de Hidráulica y se muestran a continuación:

De acuerdo con la carta de corrección por viscosidad del Instituto de Hidráulica (*Página 52 del Anexo*), tenemos que para un valor de 25 cP de viscosidad (26.5 cSt), obtenemos los siguientes factores de corrección:  $C_H = 0.982$ ,  $C_Q = 0.982$ ,  $C_\eta = 0.88$

Con estos valores se ajustarán los valores de carga, gasto y eficiencia que deberá manejar el equipo de bombeo para lograr la condición de operación del proceso. Los valores corregidos son:

$$H_{eq} = \frac{180 \text{ ft}}{C_H} = 183.3 \text{ ft}$$

$$Q_{eq} = \frac{20 \text{ GPM}}{C_Q} = 20.37 \text{ GPM}$$

$$\eta_{viscoso} = \eta_{agua} * C_\eta$$

A partir de los presentes valores será que calcularemos y seleccionaremos el equipo de bombeo adecuado para las condiciones de operación seleccionadas, por lo que será necesario volver a calcular los puntos 2, 3 y 4 del proceso de selección:

\*2. Determinar la capacidad: El valor de la capacidad es de  $4.6 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$  [20.37 GPM].

\*3. Calcular la columna total o carga dinámica total/Presión:

$$\Delta P = \frac{CDT}{10.12} * S ; \Delta P = \frac{55.8}{10.12} * 1.06 ; \Delta P = 5.91 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

\*4. Calcular la velocidad específica.

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} = \frac{(3500 \text{ rpm})\sqrt{20.37[\text{GPM}]}}{183.3 [\text{ft}]^{3/4}} = 317.10$$

Calcular el diámetro específico.

$$D_s = \frac{D H^{1/4}}{\sqrt{Q}} = \frac{6.65[\text{in}] * 180[\text{ft}]^{0.25}}{\sqrt{20\text{GPM}}} = 5.42 [\text{in}]$$

Después de calcular las condiciones con los valores obtenidos a partir de la carta de corrección de viscosidad se determinó que la variación entre los valores es menor del 2%, por lo que la viscosidad influirá, pero no de manera significativa en la selección del equipo de bombeo.



De acuerdo a las hojas de datos y seguridad del Ácido Fosfórico particular utilizado en el proceso, describimos a continuación las características de primordial importancia que pudiesen ser consideradas tanto en la operación cotidiana del mismo, como en la selección de nuestro equipo de bombeo.

<b>PRODUCTO: ÁCIDO FOSFÓRICO</b>	
NOMBRE QUÍMICO	Ácido Fosfórico
FAMILIA QUÍMICA	Ácido Orgánico
FÓRMULA	$H_3PO_4$

<b>INFORMACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA</b>	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	Líquido Siruposo claro
OLOR	Inodoro
GRAVEDAD ESPECÍFICA (15°C)	1.69
PH	1
PRESIÓN DE VAPOR	Ácido no volátil
DENSIDAD DEL VAPOR	1.69 g/cm <sup>3</sup>
SOLUBILIDAD EN AGUA (20°C)	Completa 100%
PROPIEDADES OXIDANTES	Solo a altas temperaturas
VISCOSIDAD (30°C)	32 cP (a partir de la gráfica mostrada en la Pag. 53 del Anexo)
PUNTO DE EBULLICIÓN	158° C
PUNTO DE CRISTALIZACIÓN	23° C
PUNTO DE INFLAMACIÓN	No inflamable
LIMITES DE INFLAMABILIDAD	No inflamable
TEMPERATURA DE AUTOIGNICION	No inflamable

<b>COMPOSICIÓN</b>	
Ácido Fosfórico	85 % (P/P)
Agua	15 % (P/P)

<b>INFORME Y RIESGOS DE EXPLOSIÓN</b>	
Peligro General	El ácido fosfórico no es inflamable ni explosivo en condiciones normales de uso, pero si corrosivo y reacciona con la mayoría de los metales generando Hidrógeno, el cuál es altamente inflamable y/o explosivo.

<b>INFORMACIÓN SOBRE RESGOS EN LA SALUD</b>	
Contacto con los ojos	El producto es moderadamente irritante a los ojos. Si el ácido no se mueve rápidamente con abundantemente con agua, puede producir quemaduras en los ojos.
Contacto con la piel	Es moderadamente irritante y corrosivo sobre la piel, puede causar quemaduras severas si no se lava a tiempo.
Inhalación	La inhalación produce irritación del sistema respiratorio
Ingestión	La ingestión produce quemaduras de boca, garganta y estómago. Además produce náuseas, dificultad en la respiración shock, acidosis, convulsiones y colapso dependiendo de la concentración de la solución.

<b>INFORMACIÓN SOBRE ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	
Estabilidad	Estable en condiciones normales
Condiciones para la inestabilidad	Altas temperaturas, contacto con metales
Materiales y condiciones para evitar incompatibilidad	Con cáusticos fuertes libera mucho calor y ocasiona salpicaduras. Con metales produce Hidrógeno, el cuál forma mezclas explosivas e inflamables con el aire. Con sulfuros, cianuros, fosfuros y carburos reacciona liberando gases venenosos.

De acuerdo a las características citadas en el cuadro anterior, los principales puntos que influirán en el proceso de selección, serán las siguientes:

- Las condiciones de trabajo presentadas en la tabla de datos y seguridad difieren de las brindadas por el personal del mantenimiento, por lo que será necesario recurrir a la curva característica del Ácido Fosfórico (*Ver Página 53 del Anexo*) para determinar las condiciones que deberemos cubrir.
  - Debemos de tener en cuenta el punto de cristalización del fluido (23°C), siendo la temperatura de operación máxima en el proceso de 26.7°C.
6. Elegir la clase y el tipo/características principales: De acuerdo a las características anteriormente descritas podremos descartar varias opciones de equipos de bombeo, de tal forma que identificaremos las más adecuadas para el proceso seleccionado.
- Debido a que la finalidad del presente proyecto es reemplazar los equipos existentes, tendremos que limitarnos al diagrama de tuberías ya instalado y calculado, así como también al espacio disponible para el equipo antiguo.
  - El equipo requerido por el cliente es el centrífugo tipo “seal-less”, el cuál, gracias a los cálculos realizados no es la mejor opción, ya que jamás se logrará una eficiencia arriba del 30%, dicho requerimiento se debe a que toda su instalación está basada en un equipo con estas características de funcionamiento y construcción, de tal forma que el equipo próximo a proponer será del tipo centrífugo horizontal tipo radial con impulsor de una sola etapa.
  - Con la finalidad de realizar una comparación adecuada, se analizará también en el aspecto comercial la opción de una bomba de desplazamiento positivo del tipo doble diafragma.
  - De acuerdo a los valores de gasto y carga, podemos ubicar un equipo de tamaño pequeño, el cuál de acuerdo a estándares de construcción de equipos de bombeo, seguramente será de dimensiones similares al ya instalado anteriormente.
  - De acuerdo a la tabla de comportamiento del material hemos obtenido que:
    - El fluido es No inflamable, por lo que no será necesario utilizar un motor a prueba de explosión, ni otros accesorios útiles en ese caso. Aclarando que debemos de analizar la reacción química que el fluido tiene con los principales materiales metálicos utilizados en la construcción del equipo de bombeo, para evitar la selección errónea y peligrosa.
    - El producto presenta riesgos considerables de salud al contacto con los seres humanos, por lo que un equipo sin sello mecánico tipo “seal-less”, será idóneo ya que no tendremos fugas, y con ello, se reducirá al cien por ciento cualquier tipo de riesgo para los operadores del equipo. Reduciendo considerablemente los gastos médicos por riesgo de trabajo, y dando una mejor calidad de vida a los trabajadores.
7. Determinar la demanda de potencia: Mediante la fórmula mostrada a continuación, encontraremos la potencia necesaria, la cuál será inversamente proporcional a la eficiencia arrojada por cada equipo.

$$P = \frac{QH_s}{3960} ; \text{ BHP} = \frac{(20.37)(180.3)(1.06)}{3960(0.25)} ; \text{ BHP} = 3.93\text{HP}$$

Donde:

BHP=Demanda de potencia [hp]

Q=Gasto [GPM]

H=Columna total de la bomba [ft de líquido]

s= Gravedad específica [1]

η=Eficiencia de la bomba.

*c. Condiciones de diseño del equipo de bombeo.*

- A partir de la curva característica del Ácido Fosfórico al 85% mostrada en la Página 52 del Anexo, podemos determinar que a 25°C el fluido tendrá una viscosidad de 25 cP (26.5 cSt), valor máximo con el cuál será seleccionado el equipo de bombeo.
- Las condiciones de operación después de haber sido corregidas con los factores correspondientes:
  - Gasto:  $4.62 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$  [20.37 GPM]
  - CDT: 55.9 m [180.3 ft]
- Debido a que el Ácido Fosfórico es corrosivo y reacciona con la mayoría de los metales generando Hidrógeno, el cuál es altamente inflamable y/o explosivo, los materiales recomendados de fabricación del equipo de bombeo serían los siguientes:
  - Para los materiales metálicos internos de fabricación sería recomendable utilizar Acero Inoxidable del grado 316SS y como alternativa el PP.
  - En esta aplicación será altamente eficaz la utilización de una bomba magnética debido a que no será necesaria la utilización de sello mecánico, el cuál, por la naturaleza del fluido de trabajo tendría que ser especial para materiales corrosivos.
  - Debido a que son escasos los riesgos de explosión y flamabilidad, no será necesaria la utilización de equipos a prueba de explosión ni apegados a alguna norma con indicaciones al respecto.

*d. Cotización de una bomba centrífuga convencional.*

Con la finalidad de colocar la propuesta de la bomba magnética tipo “seal-less” es necesaria la evaluación de los costos de un equipo convencional con sello mecánico, de tal forma que sea posible una comparación equitativa tanto de condiciones técnicas como económicas; de tal forma recurrimos a evaluar la selección de un equipo de bombeo con sello mecánico con la marca Italiana ARGAL, la cuál, es una de nuestras marcas representadas.

La bomba centrífuga con sello mecánico ARGAL modelo ZMF25/160 WWRVBF3160A (*Ver Imagen 11*) es construida en material plástico, y sus principales características expresadas con símbolos dentro del modelo, se describen a continuación:

- El modelo es el Frontiera con sello y su tamaño se denota como 25/160, el cuál se basa en el tamaño y capacidad del equipo. La gráfica 5 de la página 33 corresponde a la curva característica de operación del equipo.
- Los materiales de fabricación de las partes en contacto con el fluido son los siguientes:
  - Carcasa: Polipropileno.
  - Impulsor: Polipropileno, tamaño A.
  - Manga de la flecha: Polipropileno.
  - Soporte de rodamientos: Hierro fundido
  - Anillo de desgaste: PTFE
  - O-Rings: FPM
  - Conexiones de succión y descarga bridadas tipo ANSI construidas en Acero Inoxidable.
  - Sello mecánico interno simple (BF3) para condiciones extremas. Parte rotatoria fabricada en SiC y parte fija en FKM. (*Ver Imagen 12*)
- Peso aproximado del equipo de bombeo: 32 [kg]
- Eficiencia para agua 13.40% (*Ver Gráfica 5*)
- Eficiencia con el factor de corrección: 11.8%
- Potencia calculada aplicando los factores de corrección respectivos para la viscosidad:
$$\text{BHP} = \frac{(20.37)(180.3)(1.06)}{3960(0.118)} ; \text{BHP} = 8.33\text{HP}$$
- Potencia requerida para cubrir el punto de operación solicitado: 6.21 [kW] (8.33 [HP]) 3500rpm, 60 Hz
- NPSH req: 2.4[m]
- Precio de Venta Final al Cliente puesto en sus oficinas: \$3,221.00 USD + IVA

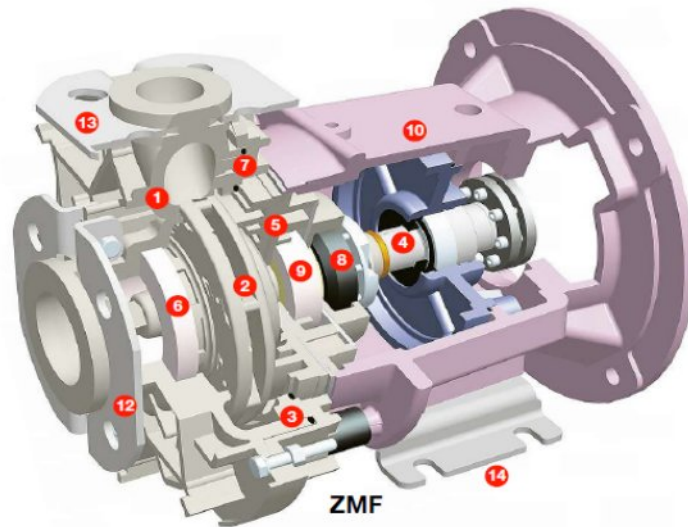


Imagen 11. Partes de una bomba centrífuga convencional Argal ZMF

# Parte	Nombre	Material
1	Carcasa tipo voluta	Polipropileno
2	Impulsor	Polipropileno
3	Carcasa intermedia	Polipropileno
4	Manga	Polipropileno
5	Disco trasero	Polipropileno
6	Anillo de desgaste	PTFE
7	"O" Rings	FKM
8	Sello mecánico	BF3
9	Anillo de sellado	SiC-FKM
10	Soporte de rodamientos	Acero al Carbón
11	Armadura	316 SS
12	Brida de succión	316 SS
13	Brida de descarga	316 SS
14	Pies	316 SS

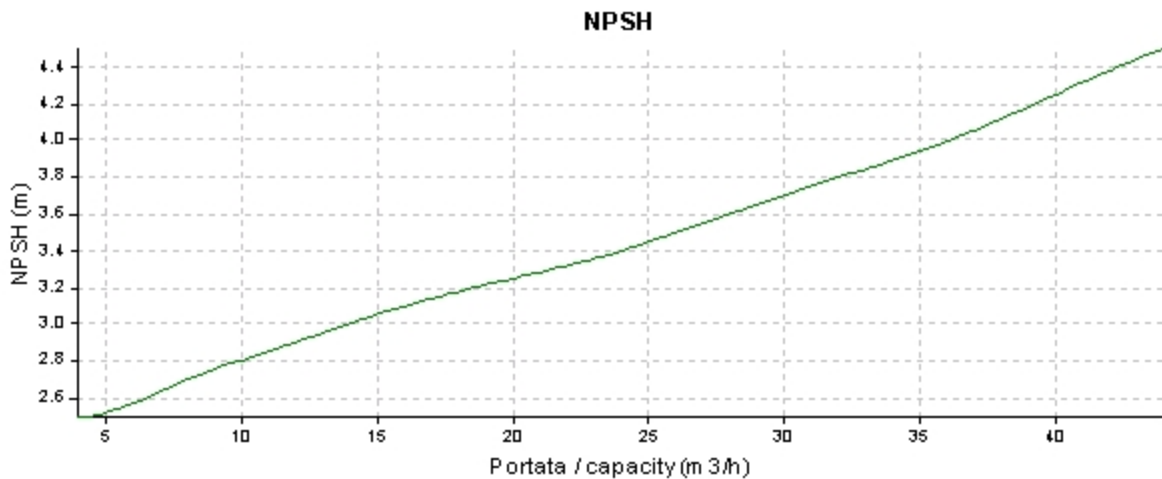
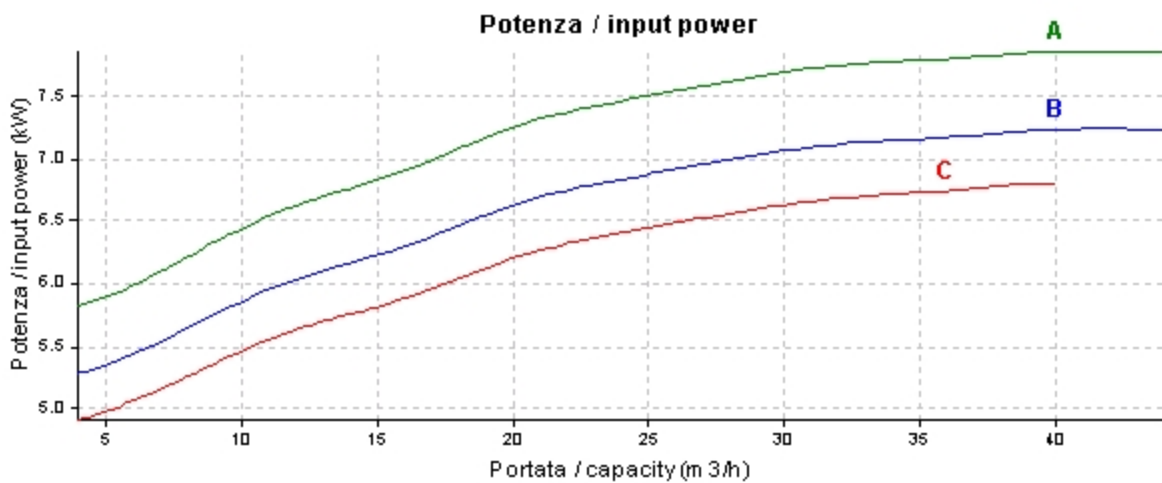
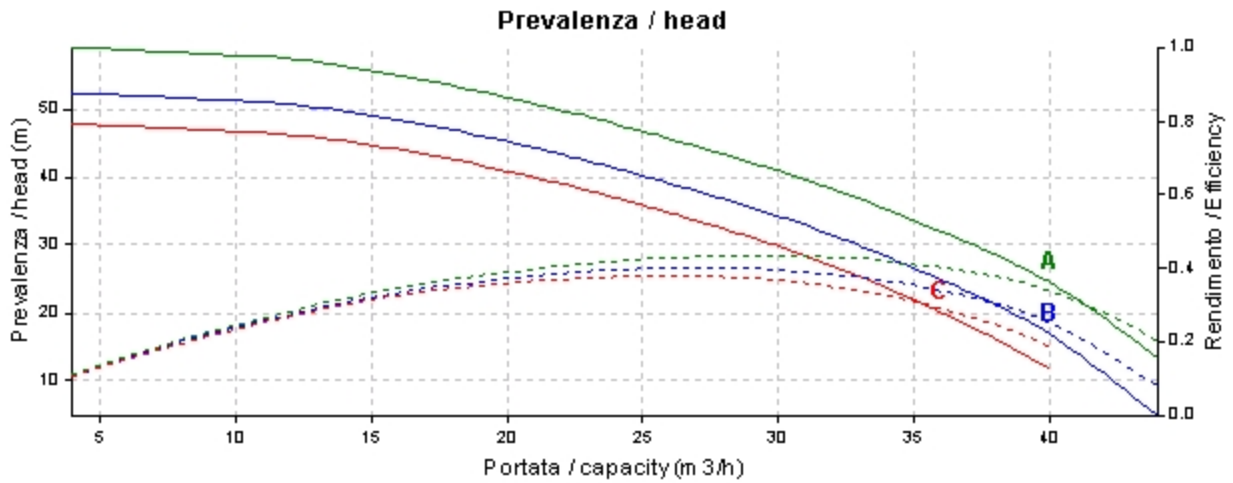
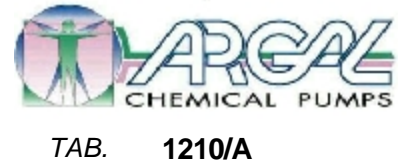


Imagen 12. Sello mecánico tipo BF3

**CURVA CARATTERISTICA**  
**PERFORMANCE CURVE**

**Freq. 60 Hz**  
**3500 rpm**

Serie **ZMF**  
Range  
Modello **25/160**  
Model



Curve riferite ad acqua a 20°C / 68°F

Curve referred to water at 20°C / 68°F

Gráfica 5. Curva característica de una bomba centrífuga convencional marca Argal, modelo ZMF

e. *Cotización de una bomba centrífuga tipo “seal-less”.*

Con la finalidad de encontrar el equipo que mejor se adapte a las necesidades del usuario final, se analizará la posibilidad de ofrecer tanto la construcción plástica como la metálica para la bomba magnética tipo “seal-less”.

1. Primeramente se analizará la propuesta del fabricante ARGAL, ofreciendo un modelo bastante parecido al mencionado en la cotización de bomba centrífuga con sello mecánico, el cuál se detalla a continuación:

La bomba centrífuga magnética tipo “seal-less” ARGAL modelo TMF25/160 VWRVT132A (*Ver Imagen 13*) es construida en material plástico, y sus principales características expresadas con símbolos dentro del modelo, se describen a continuación:

- El modelo es el Frontiera Magnética y su tamaño se denota como 25/160, el cuál se basa en el tamaño y capacidad del equipo. La gráfica 6 de la página 36 corresponde a la curva característica de operación del equipo.
- Los materiales de fabricación de las partes en contacto con el fluido son los siguientes:
  - Carcasa: Polipropileno.
  - Impulsor: Polipropileno tamaño A.
  - Stif Shell: GFR/Poliamida
  - O-Rings: FKM
  - Soporte: Hierro fundido
  - Conexiones de succión y descarga bridas tipo ANSI construidas en Acero Inoxidable.
  - Resorte de ensamble: Acero Inoxidable
  - Estructura interna estándar con partes rotatorias en Carbón y estáticas en Cerámica (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).
- Peso aproximado del equipo de bombeo: 37 [kg]
- Eficiencia aproximada 17% (*Ver Gráfica 6*)
- Eficiencia corregida: 15%
- Potencia calculada aplicando los factores de corrección respectivos para la viscosidad:
$$\text{BHP} = \frac{(20.37)(180.3)(1.06)}{3960(0.15)} ; \text{BHP} = 6.55\text{HP}$$
- Potencia requerida para cubrir el punto de operación solicitado: 4.89 [kW] (6.55 [HP]) 3500rpm, 60 Hz
- NPSH req: 2.5 [m]
- Precio de Venta Final al Cliente puesto en sus oficinas: \$4,097.00 USD + IVA

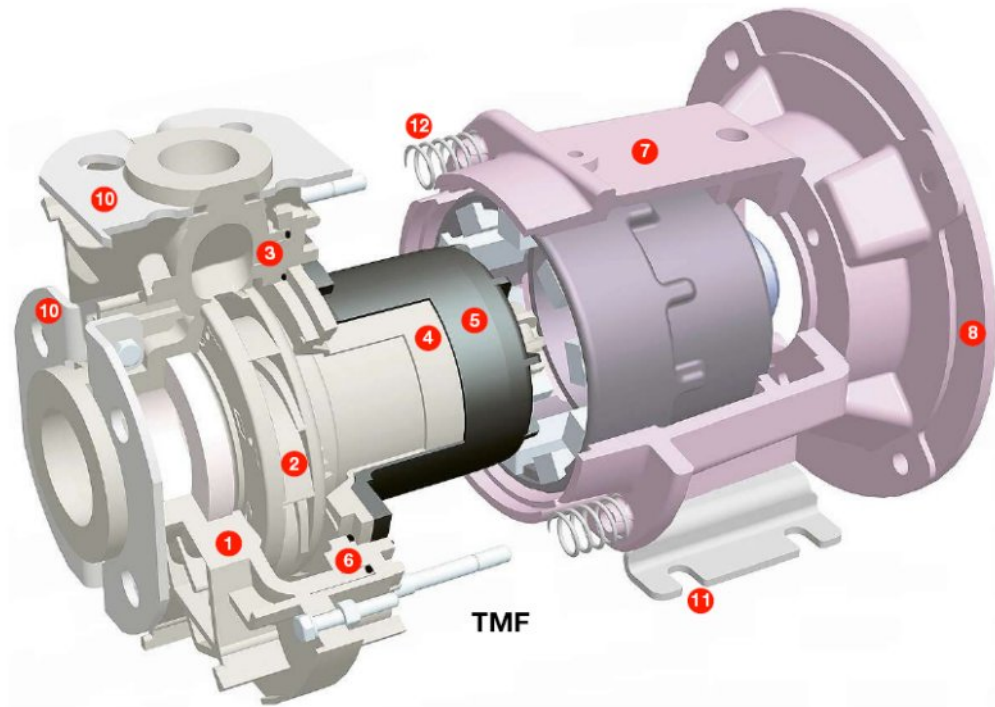
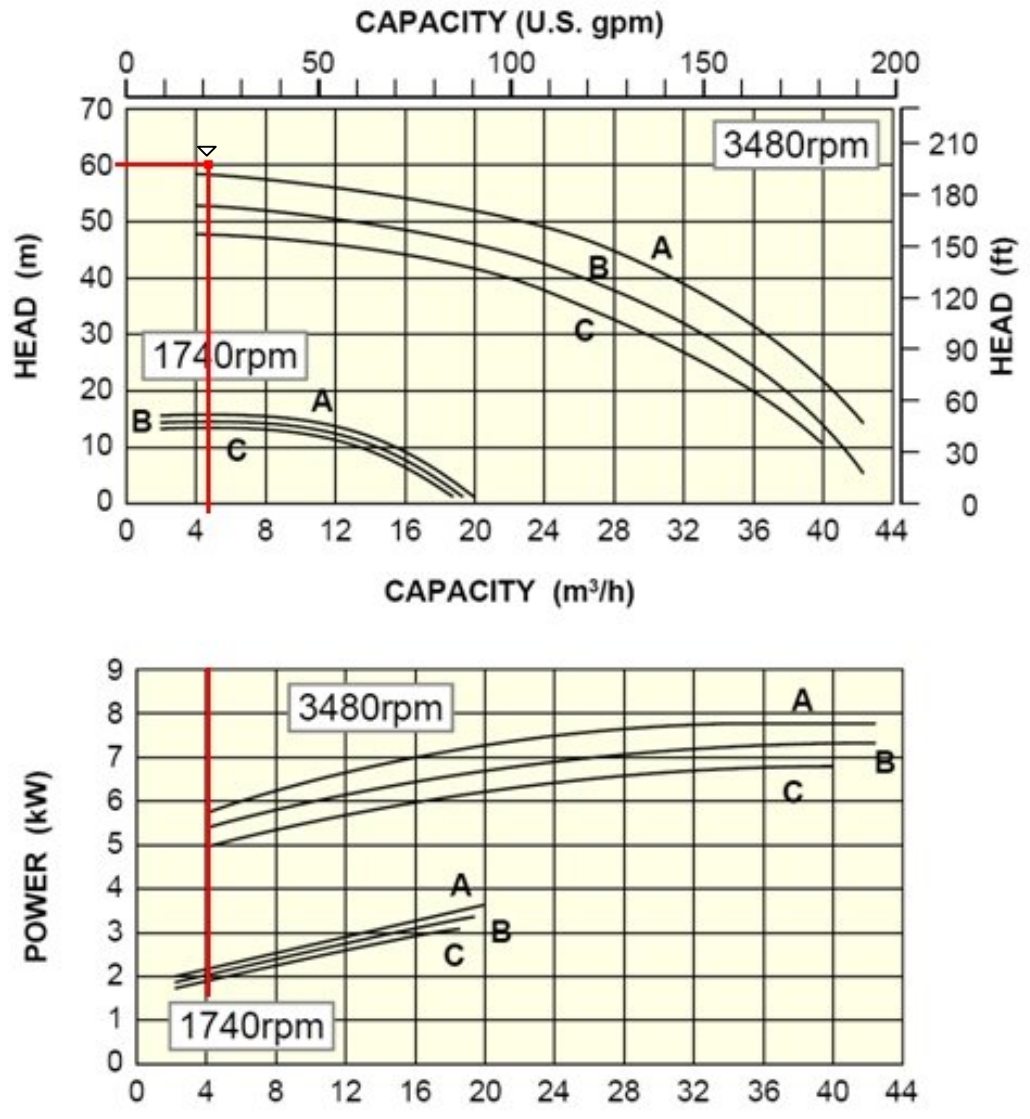


Imagen 13. Partes de una bomba centrífuga "seal-less" Argal TMF

# Parte	Nombre	Material
1	Carcasa tipo voluta	Polipropileno
2	Impulsor	Polipropileno
3	Carcasa intermedia	Polipropileno
4	Carcasa trasera	Polipropileno
5	Contenedor	GFR/Poliamida
6	"O" Rings	FKM
7	Soporte	Acero al Carbón
8	Brida para acoplamiento del motor	Acero al Carbón
9	Armadura	316 SS
10	Bridas de succión y descarga	316 SS
11	Pies	316 SS
12	Resorte para ensamble	316 SS





Gráfica 6. Curva característica de una bomba centrífuga "seal-less" Argal TMF

2. Como segunda opción de equipos tipo “seal-less” se analizará la propuesta del fabricante estadounidense HMD Kontro, el cuál es uno de los pioneros en el desarrollo de bombas magnéticas en el mundo, ya que, aproximadamente desde hace 50 años han manejado este tipo de equipos con un gran número de unidades instaladas alrededor del mundo.
- La bomba centrífuga magnética tipo “seal-less” marca HMD KONTRO modelo GTA 1x1x6 CA1 (*Ver Imagen 14*) es construida en material metálica. La gráfica 7 de la página 39 corresponde a la curva característica de operación del equipo y sus principales características se describen a continuación:
  - El modelo GTA es de aplicación general, con un tamaño 1x1x6, la cuál tiene un diseño compacto y mínimos costos de mantenimiento.
  - Los materiales de fabricación de las partes en contacto con el fluido son los siguientes:
    - Carcasa: Acero Inoxidable 316.
    - Impulsor: Acero Inoxidable 316.
    - Anillos de desgaste: Acero Inoxidable 316
    - Flecha: Acero Inoxidable 316
    - Conexiones de succión y descarga bridadas tipo ANSI construidas en Acero Inoxidable 316.
    - “O” Rings fabricados en CSF/Viton
    - Rodamientos internos: Carburo de Silicio
    - Manga: Carburo de Silicio
    - Magnetos fabricados en “Samarium Cobalt”
  - Peso aproximado del equipo de bombeo: 38 [kg]
  - Eficiencia 21.7% (*Ver Gráfica 7*)
  - Eficiencia con el factor de corrección: 19.1%
  - Potencia calculada aplicando los factores de corrección respectivos para la viscosidad:
 
$$\text{BHP} = \frac{(20.37)(180.3)(1.06)}{3960(0.191)} ; \text{BHP} = 5.14\text{HP}$$
  - Potencia requerida para cubrir el punto de operación solicitado: 3.83 [kW] (5.14 [HP]) @ 3500rpm, 60 Hz
  - NPSH req: 9.81 [ft], 3.0 [m]
  - Precio de Venta Final al Cliente puesto en sus oficinas: \$5,025.00 USD + IVA

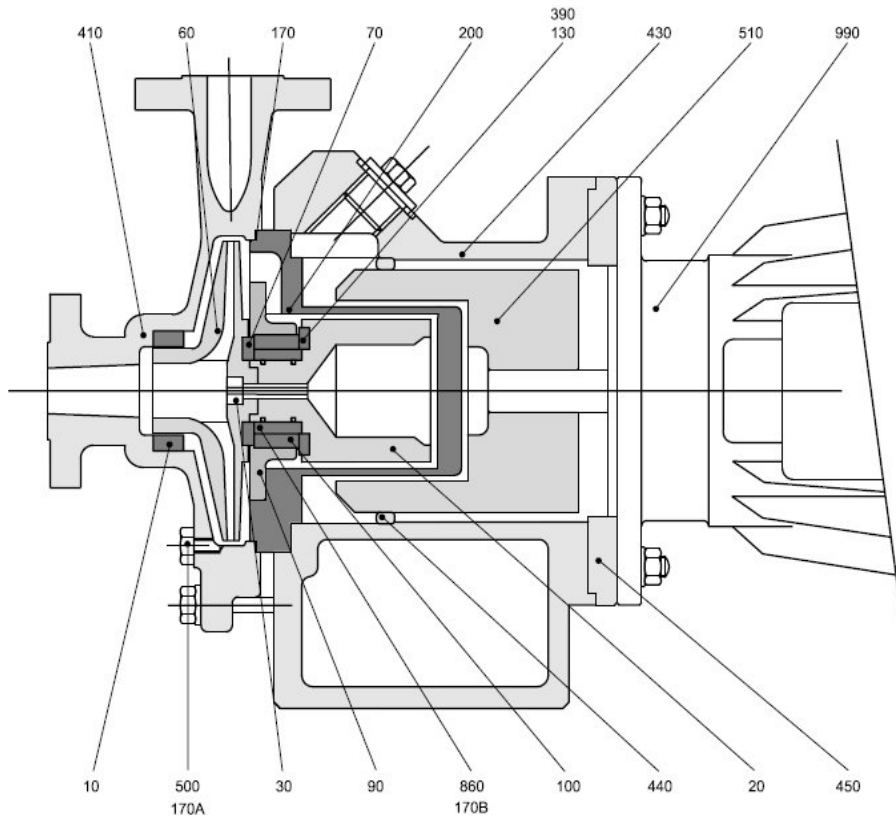
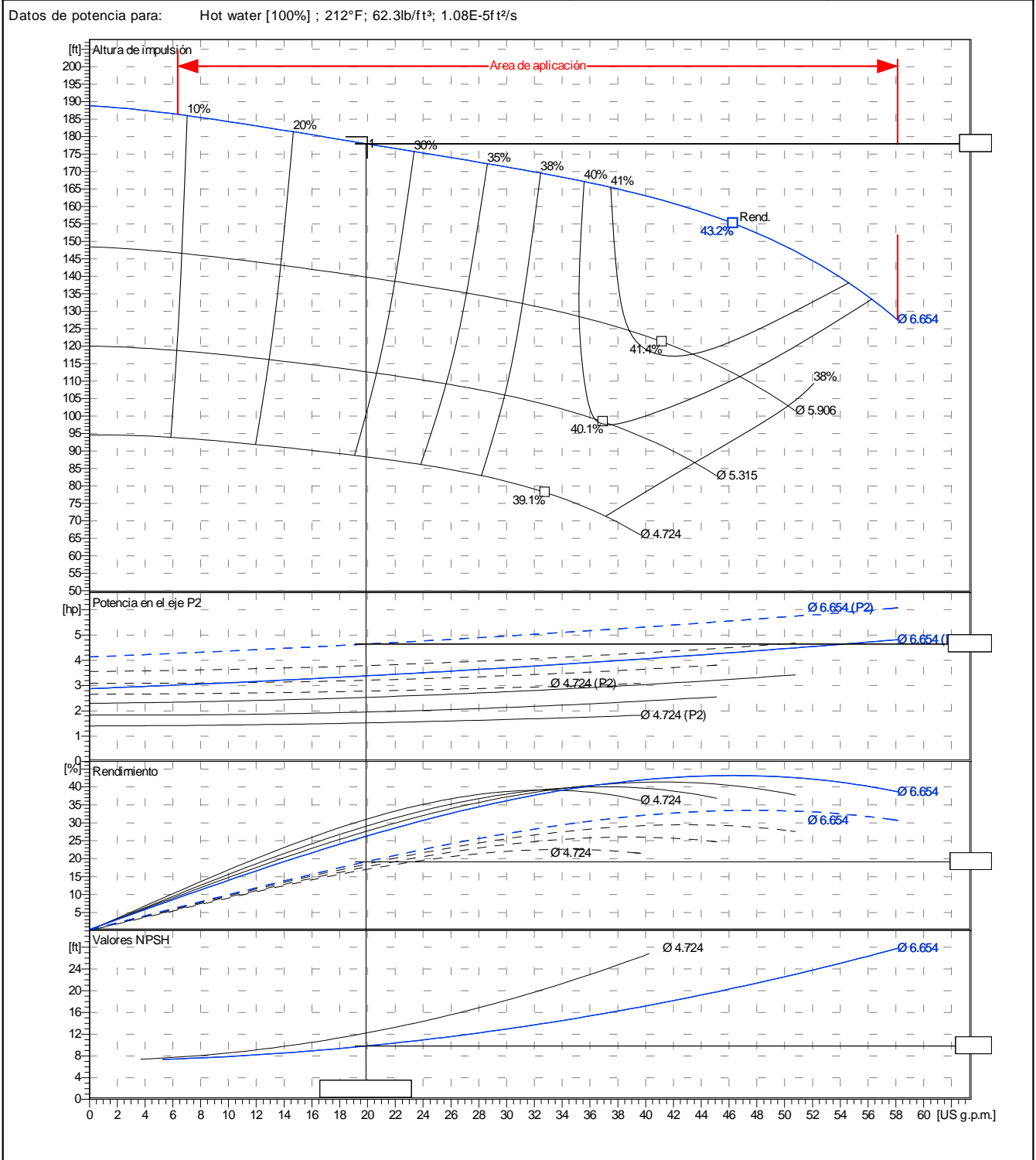


Imagen 14. Partes de una bomba centrífuga "seal-less" marca HMD Kontro

# Parte	Nombre	Material
10	Anillo tipo cuello	316 SS
20	Flecha/Anillo magnético interno	316 SS
30	Soporte del impulsor	316 SS
60	Impulsor	316 SS
70	Soporte frontal	SiC
90	Sujetador del buje	316 SS
100	Buje	SiC
130	Anillo	SiC
170	Caja de rodamientos	CSF
170A	Drenaje de rodamientos	CSF
170B	"O" Ring	Viton A
200	Contenedor	316 SS
390	Soporte de rodamientos	Grafito
410	Carcasa frontal	316 SS
430	Carcasa	Acero
440	Anillo de soporte	Bronce
450	Adaptador para el motor	Acero al Carbón
500	Drenaje de la bomba	316 SS
510	Anillo magnético externo	Acero al Carbón
860	Manga de rodamientos	SiC
990	Conexión para el motor	Acero

<b>Tag No:</b>	<b>Destinatario</b>	<b>Remitente</b>
Empresa Departamento Elaborado por Número de teléfono Nº Fax Dirección de correo electrónico	Liquid Systems de México	Fluidos Tecnicos, SA de CV - Julio César de Regil González 01-55-56619974 01-55-56624266 jcregil@fluidostecnicos.com.mx

<b>Rodete</b>													
Ø	Caudal US g.p.m.			Altura de impulsión ft			Potencia en el eje P2 hp			Curvas		GT18/50-2	
inch	Operation Min.	Range	Max.	h Máx.	H(Q=0)	h Máx.	P2(Q=0)	Máx.	h Máx.	Tipo de rodete	Francis Vane		
Actual	6.65	6.34	58.1	46.3	189	155	4.13	6.07	5.56	Sentido de giro	en el sentido del reloj		
Mín.	4.72	/	/	32.8	94.6	78.2	2.66	3.08	3.23	Construcción de rodete	Cerrado		
Máx.	6.65	/	/	46.3	189	155	4.13	6.07	5.56	Impeller Eye Area	707 mm²	NSS (US unit)	2465
										Frecuencia	60 Hz	Velocidad	3480 rpm



ID proyecto	Proyecto	Creado por	Creado el	Ultima actualización
			05.06.2009	

Gráfica 7. Curva característica de una bomba centrífuga "seal-less" HMD Kontro

f. *Comparación Técnica de los equipos de bombeo.*

Una vez presentada la información de los equipos seleccionados para la aplicación en cuestión y representados por la empresa Fluidos Técnicos, será posible compararlos con otros equipos existentes en el mercado, sin ser un impedimento que hayan entrado o no al concurso de la empresa "Liquid Systems de México" por el cuál estamos compitiendo. La presente comparación será realizada con la finalidad de dar a conocer la variedad de equipos que pueden ser seleccionados para la presente aplicación, buscando resaltar que los equipos representados y ofertados al cliente final por Fluidos Técnicos cuentan con un buen desempeño tanto técnico como comercial con respecto a los que a continuación se mostrarán.

De tal manera se procederá a tabular los datos correspondientes de los equipos, haciendo una comparación homogénea entre sus características. Posteriormente se hará un cuadro-resumen donde se pueda determinar la aceptabilidad de los equipos.

Tabla 2. *Comparación técnica de las características de algunos equipos de bombeo.*

Marca	Argal	Argal	HMD Kontro	Fybroc	MagDrive	Yamada	Warren Rupp	Grundfos	Watson-Marlow
<b>Tipo de sellado</b>	Centrifuga con sello	Centrifuga seal-less	Centrifuga seal-less	Centrifuga seal-less	Centrifuga seal-less	Doble diafragma	Doble diafragma	Centrifuga multietapas	Peristáltica
<b>Modelo</b>	ZMF 25/160	TMF 25/160	GTA 1x1x6	2530	Tb Mag	NDP 40 SE	S15B	CRN 10-7	SPX40-3AC-57
<b>Temperatura mínima [°C]</b>	-16	-30	-40	-36	-25	-10	-23	-4	-10
<b>Máxima presión de trabajo [bar]</b>	12	12	18.9	10.4	17	6.9	5.44	25	16
<b>Acoplamiento</b>	Corto	Corto	Corto	Corto	Corto	Corto	Corto	Largo	Corto
<b>Tipo de conexiones</b>	ANSI	ANSI	ANSI	ANSI	ANSI	ANSI	ANSI	ANSI	ANSI
<b>Tamaño de conexiones [in]</b>	2" x 1.25"	2" x 1.25"	1" x 1"	1" x 1.5"	1.5" x 1	1.5" x 1.5"	1.5" x 1.5"	1.5" x 1.5"	1.5" x 1.5"
<b>Materiales de fabricación</b>	Plástico	Plástico	Metal	Metal-Plástico	Metal	Metal-Plástico	Plástico	Metal	Metal-Plástico
<b>Pot. requerida para el P.O. [HP]</b>	8.3	6.55	5.15	4.15	4.87	2.9	3.07	1.95	2.06
<b>Pot. requerida para toda la curva [HP]</b>	15.00	15.00	15.00	12.00	10.00	7.50	10.00	7.50	4.00
<b>Velocidad</b>	3,500 rpm	3,500 rpm	3,500 rpm	3,500 rpm	3,500 rpm	0.73 galones x golpe	0.36 galones x golpe	3,500 rpm	3,500 rpm
<b>Eficiencia [%]</b>	11.80	15.00	19.10	23.70	20.02	33.90	32.00	50.50	n/a
<b>NPSHr [m]</b>	2.40	2.50	3.00	1.30	2.80	2.00	5.00	1.55	3.00
<b>Peso del equipo [kg]</b>	32	37	38	34	35	26	24	85	78
<b>Tiempo de entrega [semanas]</b>	8	8	10	8	8	4	6	8	6

- Al realizar la comparación de las características del fluido de trabajo con las características ofertadas por los diversos fabricantes obtenemos que todos los equipos cumplen con las siguientes:
  - Temperatura mínima: 4.4°C
  - Presión diferencial de trabajo: 7 [bar]
  - Viscosidad: 25 [cP]
  
- La carga de succión neta positiva (NPSH) requerida por los equipos de bombeo es aceptable para la mayoría de los equipos, siendo Warren Rupp el único fabricante que no cumple con los requerimientos del usuario final, ya que requiere un valor de NPSH mayor al disponible, por lo que dicho equipo deberá de ser descartado en la decisión final.
  
- Los materiales de fabricación serán de suma importancia para la selección, y debido al estudio de las características del Ácido Fosfórico, tanto el acero inoxidable como el Polipropileno, materiales presentes en los extremos líquidos de todos los equipos de bombeo presentados en la comparación, tendrán un comportamiento adecuado y por lo tanto una menor probabilidad de falla.
  
- La ubicación del punto de operación es un aspecto esencial para el análisis, ya que será el principal responsable de la duración y resultados durante la vida útil del equipo.  
 Como lo habíamos mencionado anteriormente, debido a que la velocidad específica presenta un valor muy pequeño, sería recomendable utilizar un equipo de desplazamiento positivo, ya que con ninguna de las bombas centrífugas de una etapa lograremos obtener una eficiencia mayor al 25%, por lo que a continuación se presentan las eficiencias presentadas para los diferentes equipos de bombeo presentados en la comparación:

*Tabla 3. Eficiencias de los diferentes equipos de bombeo.*

<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>% Eficiencia</b>
Grundfos	Centrífuga multietapa	50.50
Yamada	Doble diafragma	33.90
Warren Rupp	Doble diafragma	32.00
Fybroc	Centrífuga seal-less	23.7
MagDrive	Centrífuga seal-less	20.2
HMD Kontro	Centrífuga seal-less	19.1
Argal TMF	Centrífuga seal-less	15.0
Argal ZMF	Centrífuga con sello	11.8

De acuerdo a la tabla mostrada (*Tabla 3*) podemos observar que el mejor valor de eficiencia lo tiene la bomba centrífuga multietapas marca Grundfos, seguida por las de doble diafragma, los equipos centrífugos magnéticos tipo “seal-less” y finalizando con los equipos centrífugos con sello mecánico. Dichos valores de eficiencia pueden ser analizados en las curvas de operación correspondientes a cada equipo de bombeo, las cuáles se encuentran en la sección *Anexo* del presente trabajo.

*g. Comparación comercial de los equipos de bombeo.*

Los precios de los equipos de bombeo son directamente proporcionales tanto a los costos de los materiales de fabricación, al lugar de fabricación, como también del tipo de funcionamiento de cada equipo de bombeo.

En la tabla siguiente se encuentran plasmados los costos de los equipos de bombeo presentes en la comparación técnica (Tabla 3). Cabe destacar que los costos para las bombas marca Argal y HMD Kontro han sido presentados con el precio especial que otorga el fabricante a la representada, que en este caso es Fluidos Técnicos. Los costos de los demás equipos fueron solicitados mediante internet a los representantes locales.

*Tabla 4. Comparación comercial de los equipos de bombeo concursantes.*

Marca	Argal ZMF	Argal TMF	HMD Kontro	Fybroc	MagDrive	Yamada	Warren Rupp	Grundfos	Watson-Marlow
Procedencia	Italia	Italia	E.U.A	E.U.A	E.U.A	E.U.A	E.U.A	E.U.A	E.U.A
Tipo	Centrifuga con sello	Centrifuga seal-less	Centrifuga seal-less	Centrifuga seal-less	Centrifuga Seal-less	Doble diafragma	Doble diafragma	Centrifuga multietapa	Peristáltica
Modelo	ZMF 25/160	TMF 25/160	GTA 1x1x6	2530	Tb Mag	NDP 40 SE	S15B	CRN 10-7	SPX40-3AC-57
Costo Unitario [USD]	\$3,221.00	\$4,097.00	\$5,025.00	\$10,410.00	\$5,668.00	\$2,524.00	\$3,405.00	\$2,900.00	\$9,583.00
Equipo extra [USD]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,270.00	1,270.00	n/a	\$1,000.00
Costo [MXN]	\$41,357.64	\$52,605.48	\$64,521.00	\$133,664.40	\$72,777.12	\$48,714.96	\$60,027.00	\$37,236.00	\$135,885.72
Fracción del costo máximo	0.30	0.39	0.47	0.98	0.54	0.36	0.44	0.27	1.00



*Imagen 15. Equipo de bombeo centrífugo magnético tipo seal-less marca HMD Kontro GTA*

Cabe destacar que si el fabricante de bombas centrífugas magnéticas tipo “seal-less” marca HMD Kontro fabricara algún equipo de bombeo de capacidades menores a la presentada en la comparación, hubiese sido posible presentar como alternativa la instalación de varios equipos en serie con la finalidad de obtener la carga dinámica total solicitada por la aplicación. De tal forma tendríamos operando simultáneamente varios equipos de bombeo con eficiencias altas y por lo tanto un costo energético bajo, existiendo la posibilidad de que dicha alternativa fuese viable económicamente.

Con la finalidad de lograr la decisión final, la cuál será basada en aspectos técnicos y comerciales a continuación se plasmará en una tabla, una comparación de gasto energético, el cuál será directamente proporcional a la eficiencia arrojada por los diferentes equipos; tanto de los representados por Fluidos Técnicos como por algunos otros que podrían llegar a ser competitivos para la presente aplicación.

*Tabla 5. Comparación comercial energética de los equipos de bombeo concursantes. Los cálculos han sido realizados con los factores siguientes:*

*Cargos fijos \$/Kw/h : 1.1517 [MXN]*

*NPSH disp. [m]: 4.4*

*Tiempo de operación: 500 horas x mes*

*Tipo de cambio USD a MXN: 12.84*

Marca	Argal ZMF	Argal TMF	HMD Kontro	Fybroc	MagDrive	Yamada	Warren Rupp	Grundfos	Watson-Marlow
Tipo	Centrifuga con sello	Centrifuga seal-less	Centrifuga seal-less	Centrifuga seal-less	Centrifuga seal-less	Diafragma	Diafragma	Centrifuga multietapa	Peristáltica
# Etapas	1	1	1	1	1	2	2	7	n/a
# equipos	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Materiales	Plástico	Plástico	Metal	Plástico	Plástico	Plástico/Metal	Plástico	Plástico/Metal	Plástico/Metal
eficiencia [%]	11.8	15	19.1	23.7	20.2	33.90	32.00	50.50	n/a
NPSHr [m]	2.4	2.5	3	1.3	2.8	2	5	1.55	3
ΔNPSH (disp-req)	2	1.9	1.4	3.1	1.6	2.4	-0.6	2.85	1.4
Costo [MXN]	\$41,357.64	\$52,605.48	\$64,521.00	\$133,664.40	\$72,777.12	\$48,714.96	\$60,027.00	\$37,236.00	\$135,885.72
BHP	8.33	6.55	5.15	4.15	4.87	2.90	3.07	1.95	2.06
KW	6.22	4.89	3.84	3.09	3.63	2.16	2.29	1.45	1.54
\$ /Kw/bimestre	\$7,158.03	\$5,630.98	\$4,422.24	\$3,563.91	\$4,181.42	\$2,491.59	\$2,639.52	\$1,672.57	\$1,769.89
\$ /Kw/año	\$42,948.19	\$33,785.91	\$26,533.44	\$21,383.49	\$25,088.55	\$14,949.52	\$15,837.15	\$10,035.42	\$10,619.32
\$ /Kw/3 años	\$128,844.57	\$101,357.73	\$79,600.31	\$64,150.46	\$75,265.64	\$44,848.55	\$47,511.44	\$30,106.26	\$31,857.96
\$ /mant./bimestre	\$2,500.00	\$1,500.00	\$500.00	\$500.00	\$500.00	\$1,000.00	\$1,000.00	\$2,500.00	\$1,000.00
\$ /mant./año	\$15,000.00	\$9,000.00	\$3,000.00	\$3,000.00	\$3,000.00	\$6,000.00	\$6,000.00	\$15,000.00	\$6,000.00
\$ /mant./3 años	\$45,000.00	\$27,000.00	\$9,000.00	\$9,000.00	\$9,000.00	\$18,000.00	\$18,000.00	\$45,000.00	\$18,000.00
\$ /ref./bimestre	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$2,500.00	\$1,000.00
\$ /ref./año	\$18,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$7,200.00	\$7,200.00	\$15,000.00	\$6,000.00
\$ /ref./3 años	\$54,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$21,600.00	\$21,600.00	\$45,000.00	\$18,000.00
Costo total/bimestre	\$12,658.03	\$7,130.98	\$4,922.24	\$4,063.91	\$4,681.42	\$4,691.59	\$4,839.52	\$6,672.57	\$3,769.89
Costo total/año	\$75,948.19	\$42,785.91	\$29,533.44	\$24,383.49	\$28,088.55	\$28,149.52	\$29,037.15	\$40,035.42	\$22,619.32
Costo total/3años	\$227,844.57	\$128,357.73	\$88,600.31	\$73,150.46	\$84,265.64	\$84,448.55	\$87,111.44	\$120,106.26	\$67,857.96
Costo inicial del equipo [MXN]	\$41,357.64	\$52,605.48	\$64,521.00	\$133,664.40	\$72,777.12	\$48,714.96	\$60,027.00	\$37,236.00	\$135,885.72
Costo total en 3 años [MXN]	\$269,202.21	\$180,963.21	\$153,121.31	\$206,814.86	\$157,042.76	\$133,163.51	\$147,138.44	\$157,342.26	\$203,743.68



Como podemos observar de la tabla anterior (*Tabla 5*), realmente es necesario realizar la evaluación de costo inicial del equipo contra la inversión correspondiente a lo largo de un cierto tiempo (energía, mantenimiento, refacciones, etc.), la cuál en esta ocasión fue 500 horas al mes durante 3 años de operación.

Dicha comparación ha sido de gran ayuda para darnos cuenta de que las diferencias entre los costos iniciales de los equipos de bombeo pueden llegar ser a amortizadas mediante los ahorros energéticos a partir de la eficiencia de los equipos de bombeo. De tal forma hemos logrado obtener cifras aproximadas de inversión total a lo largo de 3 años de operación, tal cuál se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 6. Inversión total a lo largo de 3 años de los equipos de bombeo comparados.*

<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Inversión total en 3 años</b>	<b>Porcentaje del costo máximo %</b>
Yamada	Doble diafragma	\$133,163.51	49
Warren Rupp	Doble diafragma	\$147,138.44	55
HMD Kontro	Centrífuga seal-less	\$153,121.31	57
MagDrive	Centrífuga seal-less	\$157,042.76	58
Grundfos	Centrífuga multietapa	\$157,342.26	58
Argal TMF	Centrífuga seal-less	\$180,963.21	67
Watson-Marlow	Peristáltica	\$203,743.68	76
Fybroc	Centrífuga seal-less	\$206,814.86	77
Argal ZMF	Centrífuga con sello	\$269,202.21	100

De acuerdo a la inversión total a lo largo de 3 años de operación (*Tabla 6*), podemos observar que los equipos con mejores resultados son los de desplazamiento positivo del tipo doble diafragma, reafirmando lo que se había comentado en un principio debido a la baja velocidad específica presentada para las condiciones de operación. Después de los equipos marca Yamada y Warren Rupp, se encuentra el equipo HMD Kontro seguido por los demás equipos centrífugos magnéticos tipo "seal-less", los cuáles, demuestran ser una mejor inversión a largo plazo que los equipos con sello mecánico convencional. Pese a que el equipo de bombeo centrífugo multietapa marca Grundfos cuenta con la eficiencia más alta y el costo inicial más bajo en relación a los demás, se encuentra ubicado a la mitad de la tabla comparativa a lo largo de 3 años de operación debido a los altos costos en refacciones y mantenimiento para una bomba con sello mecánico y con múltiples impulsores.

#### *h. Evaluación final.*

Gracias al proceso de selección detallado en los puntos anteriores ha sido posible determinar la mejor opción entre los equipos de bombeo planteados, reafirmando de tal forma, que la mejor opción para la aplicación de bombeo de Ácido Fosfórico es un equipo sin sello mecánico ya que el fluido de trabajo es altamente corrosivo, costoso, peligroso para la salud, no reutilizable, así como también agresivo contra el medio ambiente y contra gran parte de los materiales de fabricación utilizados comúnmente en los extremos líquidos y sellos mecánicos convencionales.

Después de analizar nuevamente el proceso de selección, así como la comparación técnica y comercial, la mejor opción para la presente aplicación es el equipo de bombeo de desplazamiento positivo del tipo doble diafragma marca Yamada, debido a que presenta el menor costo durante los tres años de operación, y que puede ser instalada sin problema alguno en la planta. El equipo de bombeo marca Warren Rupp que se ubicaría en el segundo puesto de la comparación a lo largo de tres años de operación no puede ser presentado como una opción, ya que el NPSH requerido es mayor al disponible, por lo que dicho equipo operaría con problemas, ocasionando daños en las partes internas y por lo tanto una inversión mayor en refacciones y mantenimiento.

En segundo lugar de la clasificación se encuentran los equipos de bombeo centrífugo del tipo "seal-less", y, aunque la mayoría manejan costos iniciales mucho más elevados a los demás equipos, la inversión a largo plazo resulta bastante atractiva debido a que no es necesaria la sustitución de elementos internos de los equipos, por lo que el tiempo de paro es nulo en comparación con los equipos que manejan sellos mecánicos y otras piezas propensas al desgaste. Tal es el caso de la bomba centrífuga multietapas marca Grundfos, ya que aunque se encuentra colocado como el equipo con menor costo inicial y mayor eficiencia, el costo de las refacciones y mantenimiento a lo largo de tres años de operación la ubican en un lugar medio dentro de la tabla de comparación, indicándonos que, para la presente aplicación es necesaria la adquisición de un equipo de bombeo que no cuente con sellos mecánicos.

De las cuatro opciones de equipos de bombeo centrífugo tipo seal-less presentadas (HMD Kontro, MagDrive, Fybroc y Argal), el equipo que menor costo/inversión representaría a lo largo de su vida útil sería el equipo marca HMD Kontro, el cuál es representado por la compañía Fluidos Técnicos, de la cuál soy parte.

En cuanto al equipo de bombeo del tipo peristáltico marca Watson-Marlow, el costo inicial es el principal factor que lo ubica en los últimos lugares dentro de la comparación final, además de que su consumo energético no ayuda para que se pueda llegar a recuperar la inversión y/o ser un equipo competitivo para la presente aplicación.

La decisión final como Ingeniero Mecánico se inclina hacia el equipo de desplazamiento positivo marca Yamada, ya que a pesar de que será necesaria la capacitación de los empleados de la empresa, de varios accesorios con los cuáles no se cuenta y de que tal vez tendrían que manipular el sistema de aire dentro de la planta, este es el equipo que mejor se adapta a la presente aplicación, lo cuál hemos logrado observar con ayuda de las *tablas 3 y 6*, en las cuáles nos indican que tiene la mejor relación costo inicial vs inversión a largo plazo.

La responsabilidad del puesto que me encuentro desempeñando, Ingeniero de Aplicación, es la de analizar, ofertar y vender los equipos representados por la empresa Fluidos Técnicos, buscando ser competitivos con respecto a las demás empresas que entren al concurso o licitación indicada. En esta ocasión, la empresa "Liquid Systems de México" específicamente solicitó equipos de bombeo centrífugo, sin opción de recibir la oferta de ningún otro tipo equipo, por lo que en el presente concurso, los equipos de bombeo de desplazamiento positivo no tuvieron posibilidad de competir por colocar sus equipos dentro de la planta.

Debido a ello, la empresa Fluidos Técnicos, representada por su equipo de ventas, ha logrado colocar dentro del presente concurso la propuesta económica/comercial de un equipo de bombeo centrífugo del tipo "seal-less" marca HMD Kontro, el cuál, gracias a sus características adecuadas para la presente aplicación se encuentra en el primer lugar en la inversión a lo largo de tres años de operación para los equipos de bombeo del tipo centrífugo. Finalmente la empresa "Liquid Systems de México", decidió adquirir un equipo de bombeo centrífugo marca HMD Kontro para observar y analizar su desempeño, el cuál, en dado caso de ser satisfactorio automáticamente recomendará la adquisición de los seis equipos restantes.

## 5. CONCLUSIONES

En México y el mundo existen aplicaciones dentro de sistemas de bombeo instaladas por tradición, costumbre, bajo costo e ignorancia; las cuáles manejan gastos por mantenimiento y refaccionamiento bastante altos, resultando ser incosteables a lo largo de su tiempo de vida. Tal es el caso de “Liquid Systems de México”, empresa dentro de la cuál, lograron darse cuenta de que es posible obtener el bombeo de ciertas sustancias a un costo mucho más bajo con equipos modernos e instalados en la Industria mundial.

Apoyándome en los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera profesional de Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, me ha sido posible desempeñar el puesto de Ingeniero de Aplicación y a su vez analizar las particularidades de una aplicación utilizada en la industria, de tal forma que fue posible entender y manipular la información para comparar y elegir dentro de una amplia gama de modelos, el equipo de bombeo idóneo para la aplicación, logrando reemplazar al equipo que fue erróneamente calculado e instalado.

La selección del equipo de bombeo realizada por el Ingeniero de Aplicación dentro la empresa Fluidos Técnicos, se encuentra orientada hacia los equipos representados por la misma, ya que, se contará con toda la información necesaria para su descripción, precio preferencial, así como también trato directo con el fabricante. Debido a las razones anteriormente expuestas, el Ingeniero de Aplicación se encarga de buscar el equipo que satisfaga las condiciones de operación del usuario final dentro de la gama de las representadas por la empresa; esto indica que, la mayoría de las ocasiones la selección presentada y ofertada no es la única e idónea para la adquisición. El Ingeniero de compras de la empresa próxima a adquirir del equipo, será el encargado directo, tanto de buscar las alternativas posibles de equipos de bombeo para la aplicación, como de comparar las características técnicas, comerciales y energéticas de cada uno de ellos, con la finalidad de encontrar el tipo de equipo que mejor se adapte a sus necesidades, para después ubicar dentro de un gran número de fabricantes, el idóneo para la aplicación. Muchas veces el proceso de selección que realiza un Ingeniero de compras no es el adecuado, debido a que la decisión final en ocasiones se inclina hacia tiempos de entrega cortos, familiarización con algún tipo de equipo y/o fabricante, o tan simple como la elección del equipo por el precio más bajo, provocando de tal forma, que el equipo de bombeo adquirido no cumpla con los requerimientos y pueda llegar a convertirse en un problema cotidiano, molesto y bastante caro.

El equipo de bombeo centrífugo magnético marca HMD Kontro, modelo GTA 1x1x6, finalmente fue adquirido por el usuario final después de haber sido comparado con las propuestas de otras compañías que representan equipos de bombeo centrífugo con sello y magnéticos del tipo “seal-less”. La decisión final fue tomada a nuestro favor y como observación del Supervisor de mantenimiento de la empresa “Liquid Systems de Mexico”, la principal razón fue, que en el análisis técnico fueron descalificados tanto los equipos de desplazamiento positivo como los reciprocantes, resaltando del equipo HMD Kontro la calidad de los materiales de fabricación, así como también que fue, dentro de los centrífugos, el equipo que mejor inversión presentará a lo largo de tres años de operación.

Mediante la presente venta podemos citar que es posible y factible la sustitución de equipos de bombeo centrífugo convencionales por los mismos pero del tipo magnético tipo “seal-less”, únicamente sería necesario analizar cuidadosamente cada una de las aplicaciones para realizar una selección correcta y ofrecer a los usuarios la información necesaria para convencerlos de que es la mejor opción tanto técnica como comercial a lo largo de la vida útil del equipo.

## 7. ANEXOS

### a) Glosario.

**Carga Neta Positiva de succión (NPSH):** Es la carga total de succión en metros (pies) absolutos de columna de líquido, determinada en la boquilla de succión con respecto a la línea de referencia, menos la presión de vapor del líquido en metros (pies) absolutos. La línea de referencia es la línea de centro en bombas horizontales; la línea de centro de la boquilla de succión en bombas verticales en línea "in-line" y la parte superior de la cimentación para otras bombas verticales.

**Carga neta positiva de succión disponible (NPSHa):** Es la carga neta positiva de succión determinada por el usuario, para el sistema de bombeo con el líquido a gasto máximo y temperatura normal.

**Carga neta positiva de succión requerida (NPSHr):** Es la carga neta positiva de succión determinada por el proveedor de la bomba a partir de pruebas de comportamiento, bombeando agua. Se expresa en metros (pies) absolutos de columna del líquido y es la mínima NPSH requerida al gasto nominal para prevenir desviaciones de comportamiento de la bomba debido a la cavitación.

**Fluido inflamable:** Es el fluido en estado líquido cuya temperatura de inflamación es menor a 38°C (100°F), que tiene una presión de vapor menor o igual a 276 kPa, tal como la gasolina o algunos productos químicos.

**Fluido peligroso:** Es el fluido en estado líquido que presenta peligros adicionales a los relacionados con los puntos de vaporización y ebullición (inflamables). Estos peligros pueden ser, pero no se limitan a: toxicidad, reactividad, inestabilidad o corrosividad.

**Gasto mínimo continuo estable:** Es el gasto más bajo con el cuál la bomba puede operar sin exceder los límites de ruido y vibración.

**Gasto nominal:** Se refiere a la condición a la cuál el proveedor certifica que el comportamiento de la bomba está dentro de las tolerancias establecidas por el usuario final.

**Gasto Normal:** Se refiere a la condición a la cuál el equipo debe de operar regularmente.

**Presión Máxima de descarga:** Es la suma de la presión máxima de succión que pudiera presentarse, más la máxima presión diferencial que la bomba sea capaz de desarrollar con el impulsor suministrado cuando opera a la velocidad nominal con el fluido y gravedad específica máxima especificados.

**Presión Máxima de succión:** Es la presión más alta de succión a la que la bomba está sometida durante la operación.

**Temperatura máxima permisible:** Es la temperatura máxima continua para la cuál el fabricante ha diseñado la bomba (o a cualquier parte a la que este concepto aplique) manejando el líquido especificado a la presión de operación máxima especificada.

b) Símbolos y abreviaturas.

AISI: American Iron and Steel Institute (Instituto Americano de Hierro y Acero)

ANSI: American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares)

API: American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)

ASME: American Society of Mechanical Engineers (Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos)

ASTM: American Society for Testing and Materials (Asociación Americana para Pruebas y Materiales)

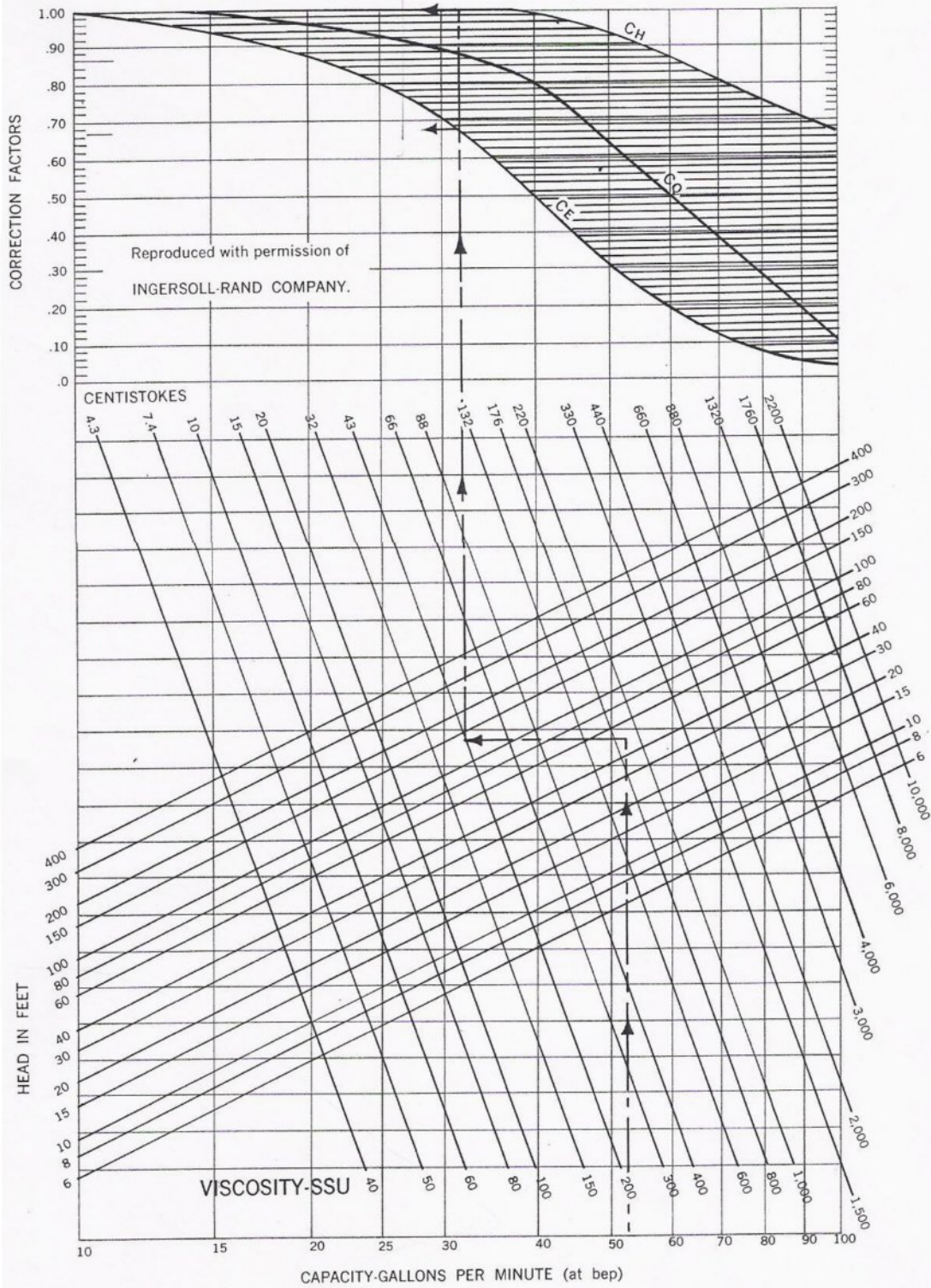
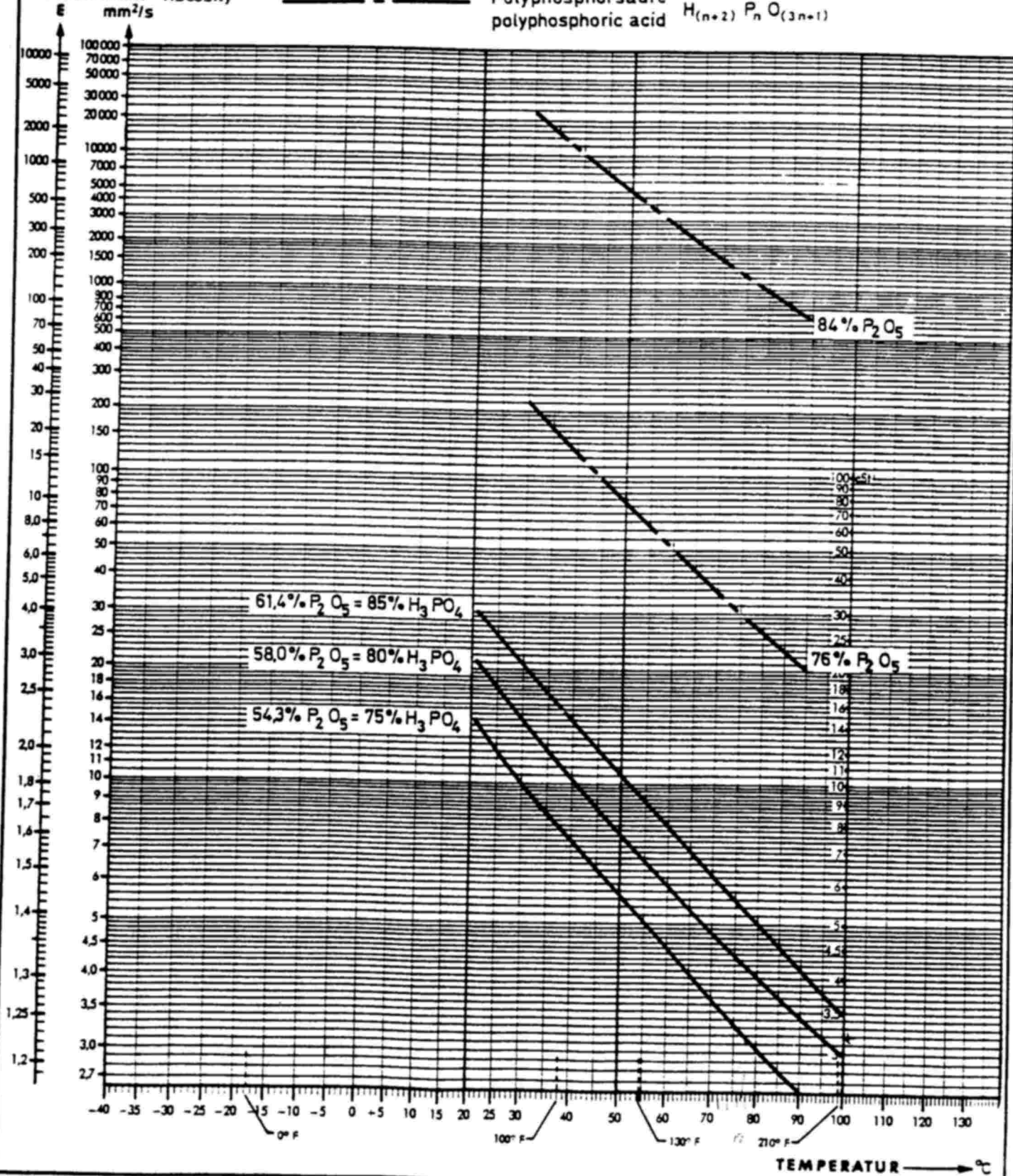


Fig. 62 VISCOSITY CORRECTION CHART

Viskositätseinheit:  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ mm}^2/\text{s} \hat{=} 1 \text{ cSt}$   
Viscosity unit:

———— Phosphorsäure  $\text{H}_3\text{PO}_4$   
phosphoric acid  
- - - - Polyphosphorsäure  $\text{H}_{(n+2)}\text{P}_n\text{O}_{(3n+1)}$   
polyphosphoric acid

VISKOSITÄT - Viscosity  
mm<sup>2</sup>/s





Ref. Mr Franco Razzetti

Direct dial: +39 030 3507023

Via Labirinto, 159  
25125 BRESCIA - ITALY  
Tel. +39 0303507011  
Fax. +39 0303507077



**Item 2** Operating Conditions:

Medium: Phosphoric Acid

Capacity:	20,00 U.S.	Concentration:	1,06 %
Head:	180,0 FT	Specific Gravity:	1,06 kg/dm <sup>3</sup>
Operating temp.:	80,00 °F	Viscosity:	25,00 cP

*Close-coupled mech.-seal pump - FRONTIERA* **ZMF25/160 WW R V BF 3 160 A**

Description		Unit Price	Q.ty	Disc.%	Amount
model	0ZMF0216WV3RHTA				
model	25/160	3.734,00	1	0,00	3.734,00
impeller size	A				
version (casings material)	PP				
external structure	ARMOURED				
O-ring material	FKM				
mechanical seal	SiC/SiC				
motor size	M 160 42 350				
hydraulic connections	ANSI flanges				
torque drive system	Cone clamp-unit				
Overall dimensions (mm):	<b>405 320 320</b>	Weight (Kg):	<b>32</b>		
<b>Dn 32(1in1/4)</b>		<b>Dn 50(2in)</b>			

*Electric Motor*

**Motore IEC B5 11 kW 2900rpm IP 55**

Description		Unit Price	Q.ty	Disc.%	Amount
poles number	080011J025BAVA				
poles number	two poles	882,00	1	40,00	529,20
motor power	11 kW				
voltage - frequency	3ph;50Hz 400-690/ 60Hz 460-790				
protection - insulation	IP 55/ Class F				
enclosure	TEFC				
frame	B5				
explosion proof	not Ex-proof				
model	IEC				
Overall dimensions (mm):	<b>605 300 374</b>	Weight (Kg):	<b>69</b>		

Ref. Mr Franco Razzetti

Direct dial: +39 030 3507023

Via Labirinto, 159  
25125 BRESCIA - ITALY  
Tel. +39 0303507011  
Fax. +39 0303507077



**Item 2** Operating Conditions:

Medium: phosphoric acid


Capacity:	19,99 U.S.	Concentration:	10,00 %
Head:	<del>779,99</del> <sup>GPM</sup> FT	Specific Gravity:	1,06 kg/dm3
Operating temp.:	80,00 °F	Viscosity:	0,00 mPa*s

*Magnetic close-coupled pump - FRONTIERA* **TMF25/160 R WW V T 132 A N**

Description	OTMF0216WVTRGNA	Unit Price	Q.ty	Disc.%	Amount
model	25/160	3.502,00	1	40,00	2.101,20
impeller size	A				
external structure	ARMOURED				
version (casings material)	PP				
O-ring material	FKM				
impeller guide system	Carbon/Al2O3				
motor size	M 132 38 300				
hydraulic connections	ANSI flanges				
motor power rate	Regular				
Overall dimensions (mm):	<b>345 264 292</b>	Weight (Kg):	<b>37</b>		
<b>Dn 32(1in1/4)</b>		<b>Dn 50(2in)</b>			

*Electric Motor* **Motore IEC B3+B5 7,5 kW 2900rpm IP 55**

Description	08007J5028AAVA	Unit Price	Q.ty	Disc.%	Amount
poles number	two poles	651,00	1	40,00	390,60
motor power	7.5 kW				
voltage - frequency	3ph;50Hz 230-400/ 60Hz 265-460				
protection - insulation	IP 55/ Class F				
enclosure	TEFC				
frame	B35				
explosion proof	not Ex-proof				
model	IEC				
Overall dimensions (mm):	<b>440 274 313</b>	Weight (Kg):	<b>50</b>		

		<b>Datos técnicos</b> <b>GTA 1x1x6 CA3</b>			Nº revisión		Pág.: 1			
<b>Tag No:</b>		<b>Destinatario</b>			<b>Remitente</b>					
Empresa Departamento Elaborado por Número de teléfono Nº Fax Dirección de correo electrónico					Fluidos Tecnicos, SA de CV - Mora, Michel 01-55-56619974 01-55-56624266 mmora@fluidostecnicos.com.mx					
<b>Service: Datos de trabajo teóricos</b>										
1	Fluido	Hot water			Caudal		US g.p.m.		20	
2	Sólidos	Sólidos	inch	0	Altura		ft		180	
3		Peso%		0	Altura geodésica		ft		0	
4	Valor pH en t A			7	NPSH disponible		ft			
5	Temperatura de trabajo t A			°F 212	Presión de entrada		psi		1.42	
6	Densidad		lb/ft³	62.322	Altitud		ft		3280.9	
7	Viscosidad cinemática		ft²/s	1.0801E-5						
8	Presión de vapor en t A		psi	0.339						
9										
10	<b>Bomba</b>									
11	Marca		HMD		Tipo de rodete		Francis Vane			
12	Tamaño constructivo		GTA		Construcción de rodete		Cerrado			
13	Diseño		GT		Rodete Ø		Máx.	inch	6.65	
14	Autoaspiración		<input type="checkbox"/> Verdadero				Designed	inch	6.65	
15	Velocidad		rpm	3480			Mín.	inch	4.72	
16	Design Press. at ambient (independent of flange rating)		psi	274	Caudal		Valor nominal	US g.p.m.	19.9	
17	Discharge Pressure		psi	78.5			Max-	US g.p.m.	58.1	
18	Número de fases			1			Min.	US g.p.m.	6.34	
19										
20	Boca de aspiración		Presión nom.		150 lb RF		Altura de impulsión		ft 178	
21			Diámetro nominal		1"		Max-	ft	128	
22			Estándar	ANSI		Altura H(Q=0)		ft		189
23	Boca impulsión		Presión nom.		150 lb RF		NPSH 3%		ft 9.81	
24			Diámetro nominal		1"		Potencia en el eje		hp 4.64	
25			Estándar	ANSI		Max. shaft power sel. Impeller		hp 6.07		
26	Casing Drain		1/8" BSP Plugged Connection		Rendimiento		%		19.1	
27	Orifice plate		inch							
28										
29	<b>Materiales</b>				<b>Notes</b>					
30	<b>Bomba</b>									
31	Casing		316 Stainless Steel							
32	Impeller		316 Stainless Steel							
33	Casing Wear Ring		316L Stainless Steel							
34	Shaft		316L Stainless Steel							
35	Bush Holder		316L Stainless Steel							
37	Containment Shell		316 Stainless Steel							
36	IMR Assy		316L Stainless Steel - Resin Potted							
38	Internal Bearings		Silicon Carbide							
39	Gasket		CSF							
40	'O' Rings		Viton							
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48	<b>Motor</b>				<b>Acoplamiento</b>					
49	Fabricante / Tipo		NEMA Client Supply 213 T 2 - 5.6		Marca					
50	Ejecución		3PH DM STD / 60 Hz / Pares de polos 1		Serie					
51	Potencia hp		7.5	Velocidad rpm	3450	Longitud de desmontaje		inch		
52	Tensión eléctricaV		460 3~	Corriente eléctricaA	0	Tamaño de construcción				
53	Tipo de protección del motor		Nivel de ruido		Tamaño de construcción		213 T			
54	Tipo de protección anti-deflagrante		Protección anti-deflagrante							
Notas:										
ID proyecto			Proyecto			Creado por		Creado el	Ultima actualización	
								05.02.2010		

HMD Seal/less Pumps Ltd., Brampton Road, Hampden Park Ind. Est., Eastbourne, East Sussex, BN22 9AN, UK  
 Tel: +44 (0) 1323 452000, Fax: +44 (0) 1323 503369, email: pumps@hmdpumps.com, web: www.hmdkontro.com



### Sales Order Acknowledgement

**Invoice To:**

FLUIDOS TECNICOS, S.A. DE C.V.  
 AV. MINERVA 25.502  
 COL. CREDITO CONSTRUCTOR

MEXICO D.F., C.P. MEXICO  
 03940

**Ship To:**

FLUIDOS TECNICOS, S.A. DE C.V.  
 CORP UNIV.DE SERV.ADUANALES,SC  
 A'PUERTO INT.DELA CIUDAD-MEXIC  
 AV.MINERVA 25-502, COL CREDITO  
 CONSTRUCTOR  
 CP 03940 MEXICO, DF

**Bill To Customer:** F094

**Ship To Customer:** F094

SALES ORDER NO. 830224	REV 2	QUOTE DATE 10/09/09	PRINTED ON 11/09/09	PAGE 1
METHOD OF SHIPMENT AIRFREIGHT	FREIGHT TERMS CARRIAGE/INS.PAID TO		PAYMENT TERMS NET 30 DAYS	
CUSTOMER PURCHASE ORDER NUMBER PX-1-0189-09E			CONTRACT NUMBER KB	

LINE	PART NUMBER PRODUCT DESCRIPTION	DELIVERY DATE	QTY. INVOICED QTY. BACKORDERED	UOM	NET UNIT PRICE	NET EXTENSION	TAX
1	GT316 MAGNETIC DRIVE PUMP-GTA/ ***** PUMP MODEL : GTA 1X1X6 CA1 >WITHOUT MOTOR FLANGES : ANSI 150LB RF ***** MARK : PO NO PX-1-0189/09R ***** SHIPPING : PLEASE SEE ANNEX 1 PURCHASE ORDER FOR INSTRUCTION PLEASE SHIP WH SPARES ORDER 48752 *****	23/09/09	1.00	EA	3653.3000	3653.30	0.00
2	PACKING	NO SHIP	1.00	EA	171.0000	171.00	0.00
3	PACKING						
	FREIGHT	NO SHIP	1.00	EA	246.0000	246.00	0.00
	FREIGHT						
					<b>SUBTOTAL:</b>	<b>4070.30</b>	
	<b>VALUE ADDED TAX:</b>						
	<b>ZERO RATE VAT</b>		<b>4070.30</b>	<b>@</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00</b>	
					<b>TOTAL: (USD)</b>	<b>4070.30</b>	

**Variantes de instalación**  
**GTA 1x1x6 CA3**

Close Coupled

Empresa  
Elaborado por  
Número de teléfono  
Nº Fax  
Dirección de correo electrónico

Destinatario

Remitente

Fluidos Tecnicos, SA de CV  
Mora, Michel  
01-55-56619974  
01-55-56624266  
mmora@fluidostecnicos.com.mx

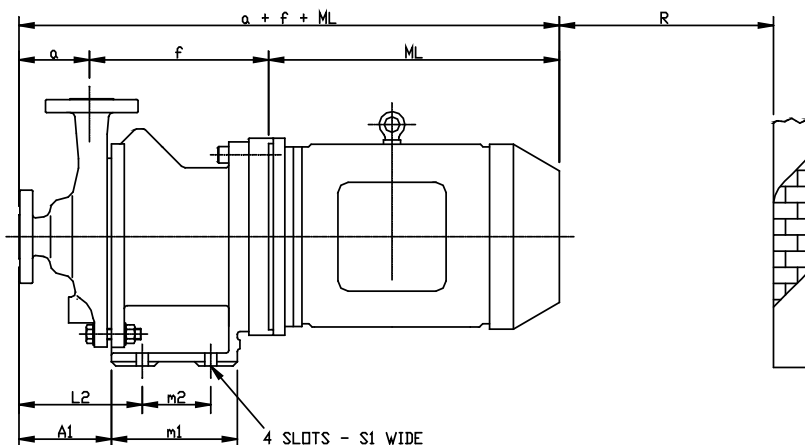
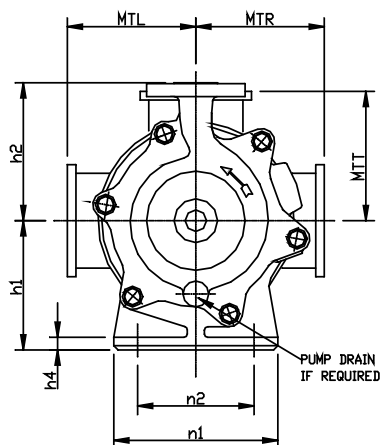
Tag No:

**Conexiones**

Boca de aspiración      Boca impulsión  
1"                                      1"  
150 lb RF                              150 lb RF

**Dimensiones inch**

a	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
A1	5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
f	8 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
h1	5 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
h2	6 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>
h4	9 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
L2	6 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>
m1	5 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>
m2	3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
ML	13 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
MTL	6 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>
MTR	6 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>
MTT	6 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>
n1	7 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>
n2	5 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
R	9 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>
S1	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>



PUMP WEIGHTS	
Pump	101.41 lb
Motor	95.238 lb
Baseplate	0 lb
Total Weight	196.65 lb

PLEASE NOTE: DIMENSIONS ON THIS DRAWING ARE FOR GUIDANCE ONLY AND SHOULD NOT BE USED FOR INSTALLATION PURPOSES

ELECTRIC MOTOR DETAILS	
Manufacturer	NEMA Client Supply
Rating / Frame	7.5 hp / 213 T
Enclosure	--
Supply / Speed	460 V 3~ 60 Hz / 3480 rpm

Proyecto	ID proyecto	Nº revisión	Creado por	Creado el <b>05.02.2010</b>	Ultima actualización
----------	-------------	-------------	------------	--------------------------------	----------------------

**GTA 1x1x6 CA3**

Close Coupled

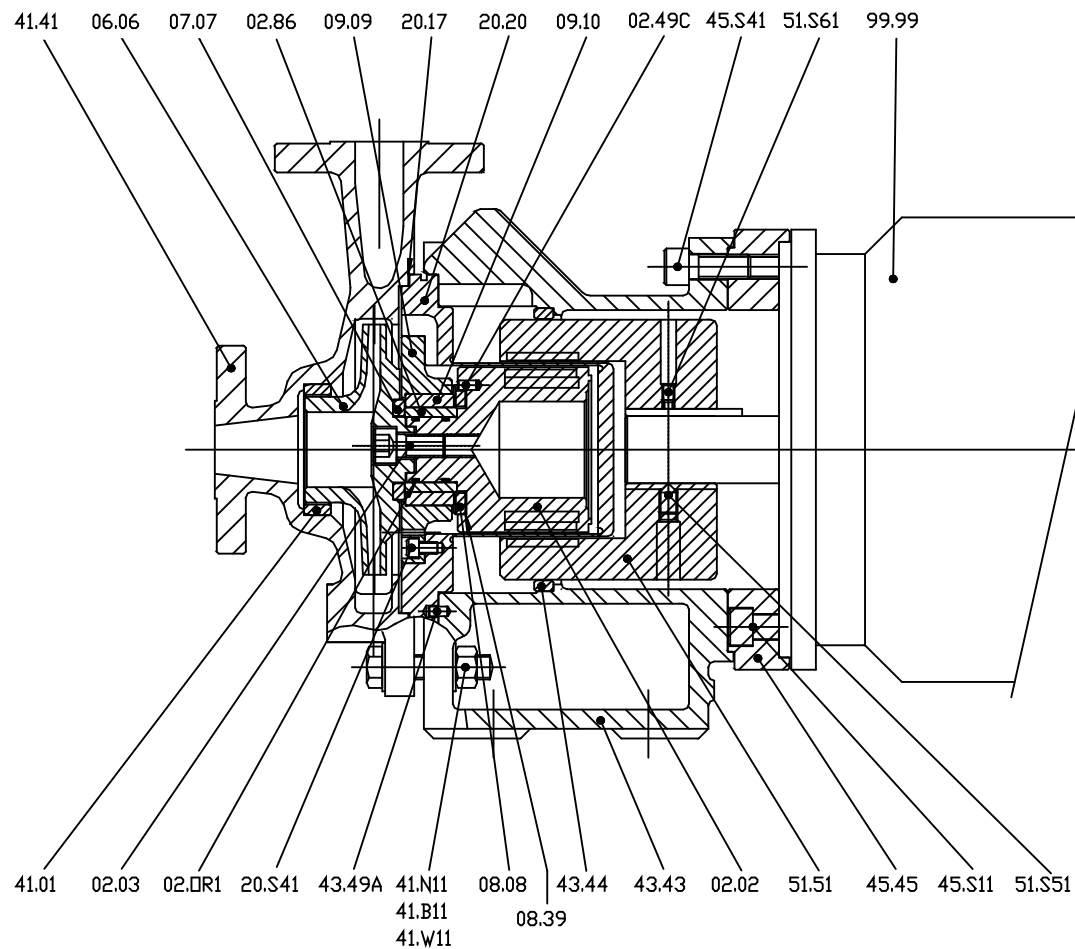
Empresa  
Elaborado por  
Número de teléfono  
Nº Fax  
Dirección de correo electrónico

Destinatario

Remitente

Fluidos Tecnicos, SA de CV  
Mora, Michel  
01-55-56619974  
01-55-56624266  
mmora@fluidostecnicos.com.mx

Tag No:



Proyecto

ID proyecto

Nº revisión

Creado por

Creado el  
**05.02.2010**

Ultima actualización



Company:  
 Name: Julio César de Regil González  
 Date: 2/4/2010

**Pump:**

Size: 1X1.5X8  
 Type: 2530 Ansi Process  
 Synch speed: 3600 rpm  
 Curve: A60249  
 Specific Speeds:  
 Dimensions:  
 Speed: 3500 rpm  
 Dia: 6.625 in  
 Impeller:  
 Ns: 548  
 Nss: 5567.3  
 Suction: 1.5 in  
 Discharge: 1 in

**Search Criteria:**

Flow: 25 US gpm Head: 180 ft

**Fluid:**

Water  
 SG: 1  
 Viscosity: 1.105 cP  
 NPSHa: ---  
 Temperature: 60 °F  
 Vapor pressure: 0.2563 psi a  
 Atm pressure: 14.7 psi a

**Motor:**

Standard: NEMA  
 Enclosure: TEFC  
 Sizing criteria: Max Power on Design Curve  
 Size: 10 hp  
 Speed: 3600  
 Frame: 215T

**Pump Limits:**

Temperature: 212 °F  
 Pressure: 150 psi g  
 Sphere size: 0.25 in  
 Power: ---  
 Eye area: ---

**---- Data Point ----**

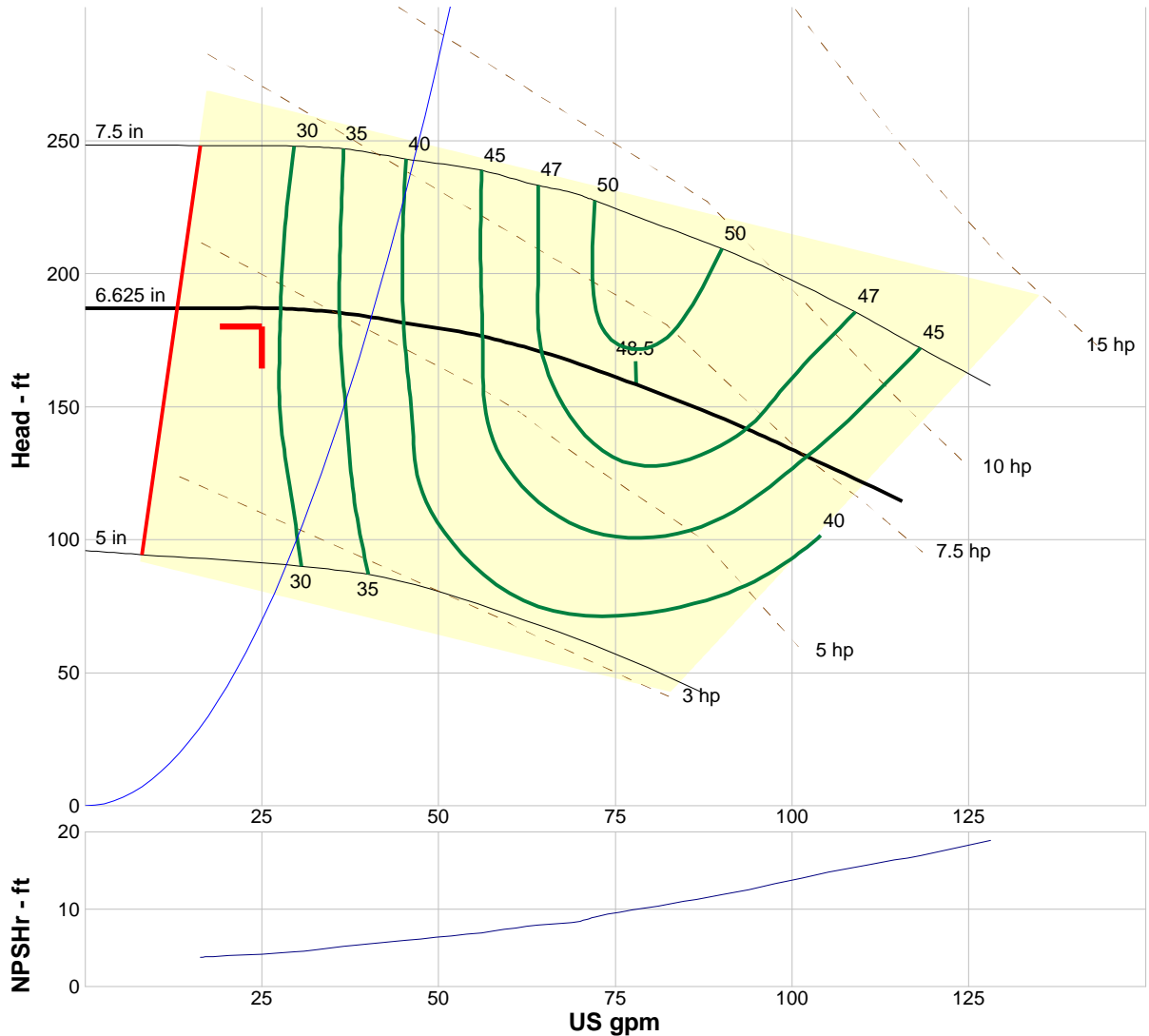
Flow: 25 US gpm  
 Head: 187 ft  
 Eff: 27.2%  
 Power: 4.34 hp  
 NPSHr: 4.27 ft

**---- Design Curve ----**

Shutoff head: 187 ft  
 Shutoff dP: 80.8 psi  
 Min flow: 15.6 US gpm  
 BEP: 48.5% @ 77.9 US gpm  
 NOL power:  
 8.11 hp @ 116 US gpm

**-- Max Curve --**

Max power:  
 11.9 hp @ 128 US gpm



**Performance Evaluation:**

Flow US gpm	Speed rpm	Head ft	Efficiency %	Power hp	NPSHr ft
30	3500	187	31.5	4.48	4.55
25	3500	187	27.2	4.34	4.27
20	3500	187	21.7	4.35	4.02
15	3500	---	---	---	---
10	3500	---	---	---	---

# Alta Tecnología en Bombas y Fluidos, S.A. de C.V.

TEL./FAX (81) 8214-1600 al 05 / San Nicolás de los Garza Nuevo León México

Cotización: 6180 Fecha: 11/02/2010 SCC: 2486

Cliente: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Ciudad: Ciudad de México, Distrito Federal

Teléfono:

e-Mail: julk\_jcrg@hotmail.com

Atención: Ing. Julio de Regil González.



Por este conducto sometemos a su amable consideración nuestra oferta comercial por lo que a continuación se describe

Pda.	Modelo	Descripcion	Cantidad	Precio Unitario	Importe
1	TBMAG 1518LF BL	Bomba centrifuga Magdrive 1518LF de Acoplamiento Magnetico	1.00	5,668.00	5,668.00
2	MOT WEG7.5HP-2P-2	Motor Electrico Trifasico WEG 7.5HP-2P-213TC, 230/460 V@60 Hz	1.00	451.63	451.62
3	01-2520-40	Emotron Shaft Power Monitor, Model 01-2520-40, 3P, 380-500V	1.00	697.60	697.60
4	01-2471-40	Transformador	1.00	70.85	70.85
5	BAS 12X34X3 PP	Base de Acero 12X34X3 con Pintura de Poliuretano	1.00	250.00	250.00
			Moneda:	USD	<b>Total: 7,138.07</b>

Observaciones:

## Condiciones Comerciales

Precios: Precios expresados en USD y no Incluyen el 15% del IVA el cual sera agregado al momento de Facturar

Tiempo Entrega: 6 Semanas

L.A.B. Monterrey Nuevo León

Pago: 50% Anticipo, 50% contra aviso de embarque

Otros:

**ATENTAMENTE**

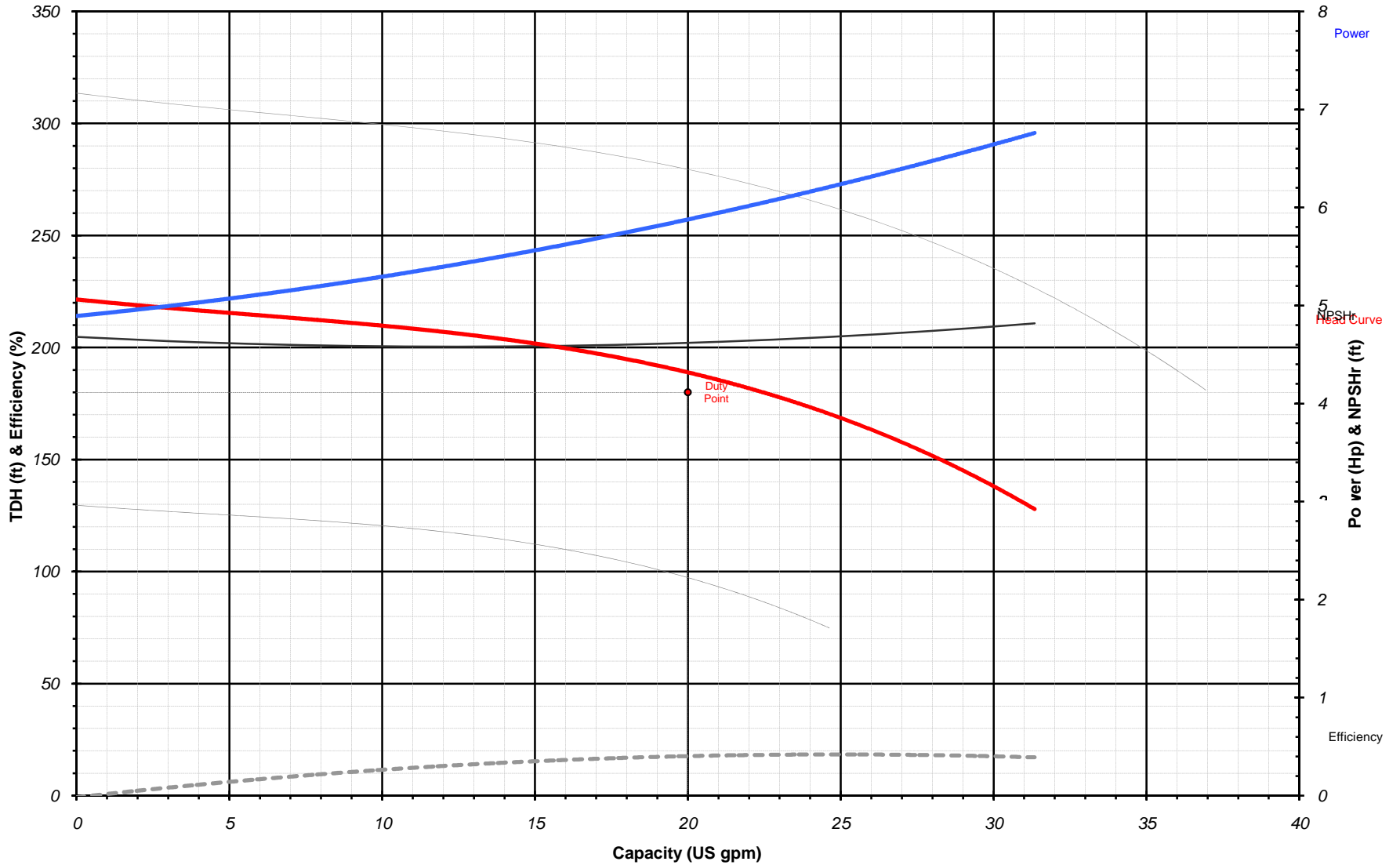
Ing. Eduardo Posada  
eduardo.posada@atb.com.mx



# General Performance Curve, Reference Only!



TB MAG 1.5X1X8 LF LOW FLOW 3500 RPM



# NDP-40 Series Specifications

## Port Dimensions

Intake & discharge connection:

Polypropylene (PPG)	1-1/2" ANSI B16.5 #150
Kynar® (PVDF)	1-1/2" ANSI B16.5 #150
Aluminum (ADC-12)	1-1/2" ANSI B16.5 #150 (with tapped 1-1/2" Female NPT)
Stainless Steel (316)	1-1/2" ANSI B16.5 #150 or 1-1/2" Female NPT
Cast Iron	1-1/2" Female NPT
Air inlet (incl. ball valve):	1/2" Female NPT
Air exhaust (incl. silencer):	1" Female NPT

## Maximum Liquid Temperature\*

Diaphragm Material	Temperature
Neoprene	180°F (82°C)
Buna N	180°F (82°C)
EPDM	212°F (100°C)
Hytrel® (TPEE)	248°F (120°C)
Santoprene® (TPO)	212°F (100°C)
Viton® fluoroelastomer	248°F (120°C)
Teflon® (PTFE)	212°F (100°C)

\*The maximum liquid temperature for metal and Kynar®-fitted pumps is determined by the elastomer (diaphragm material). Polypropylene pumps have a maximum liquid temperature of 180°F (82°C) regardless of diaphragm material.

## Air Supply Pressure (All Models)

20–100 PSI (1.4–7 kgf/cm<sup>2</sup>)

## Discharge Volume Per Cycle

Rubber diaphragm: 0.73 gallons (2.74 liters)

PTFE diaphragm: 0.37 gallons (1.40 liters)

## Maximum Cycles Per Minute

Rubber diaphragm: 148

PTFE diaphragm: 270

## Maximum Size Solid

9/32" (7 mm)

## Maximum Dry Suction Lift

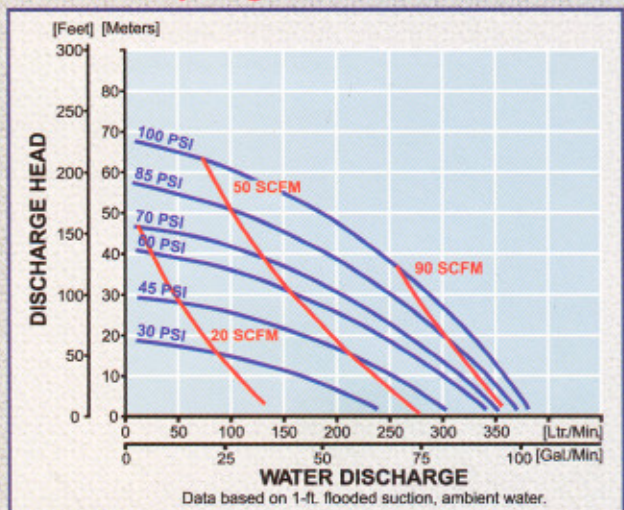
Rubber-fitted pump capability: 18-feet

## Aluminum Air Motor – Standard

Optional: Epoxy-coated, Teflon®-coated, or Electroless Nickel Plate

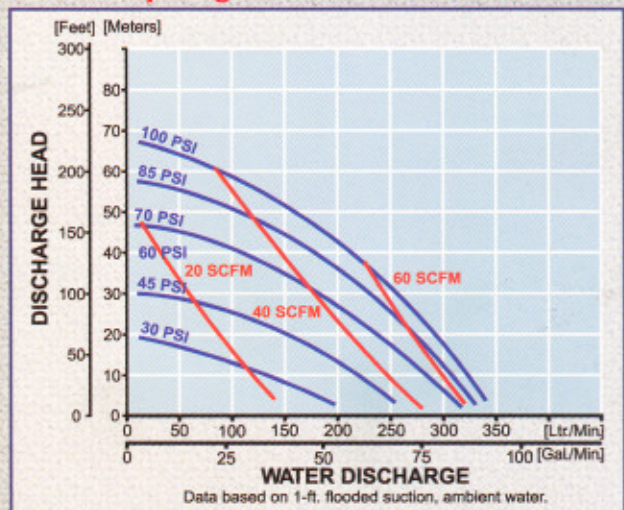
All Polypropylene, Aluminum, Cast Iron, and Stainless Steel Hytrel® fitted pumps include Buna N check balls & o-rings and Santoprene® fitted pumps include EPDM check balls & wetted o-rings. Kynar® (PVDF) pumps fitted with Santoprene®, Hytrel®, or Teflon® include Teflon® check balls & o-rings. Kynar®/EPDM fitted pumps include EPDM check balls & o-rings and Viton® fitted include Viton® balls & o-rings.

## Rubber Diaphragm Performance Curve

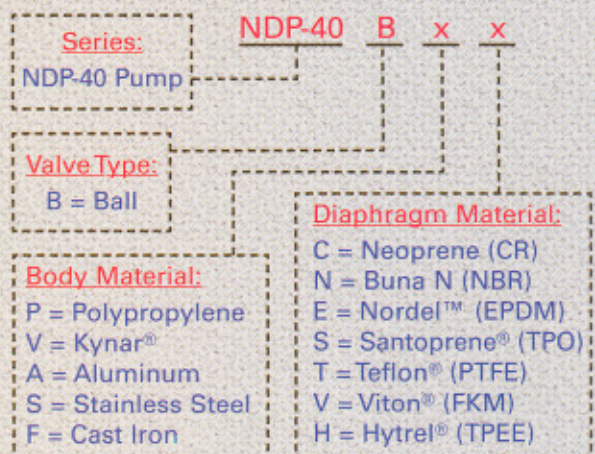


To calculate performance for Santoprene® and Hytrel®-fitted pumps, use Rubber Diaphragm Curve.

## PTFE Diaphragm Performance Curve



## Model Number Nomenclature



Note: For NPT-fitted SS, add "NPT" at end of model number nomenclature. Additional options listed on page 28.

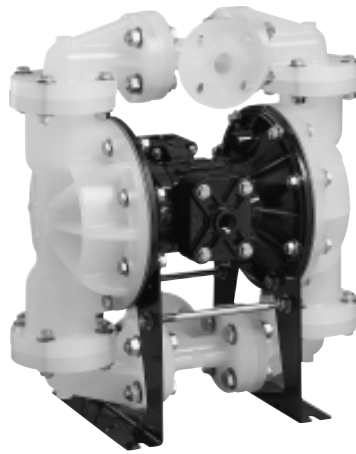
**WARREN  
RUPP®**

Quality System  
ISO9001 Certified

Environmental  
Management System  
ISO14001 Certified

**IDEX**  
IDEX CORPORATION

U.S. Patent #5,996,627 & 6,241,487  
Other U.S. Patents Applied for



# SandPIPER II®

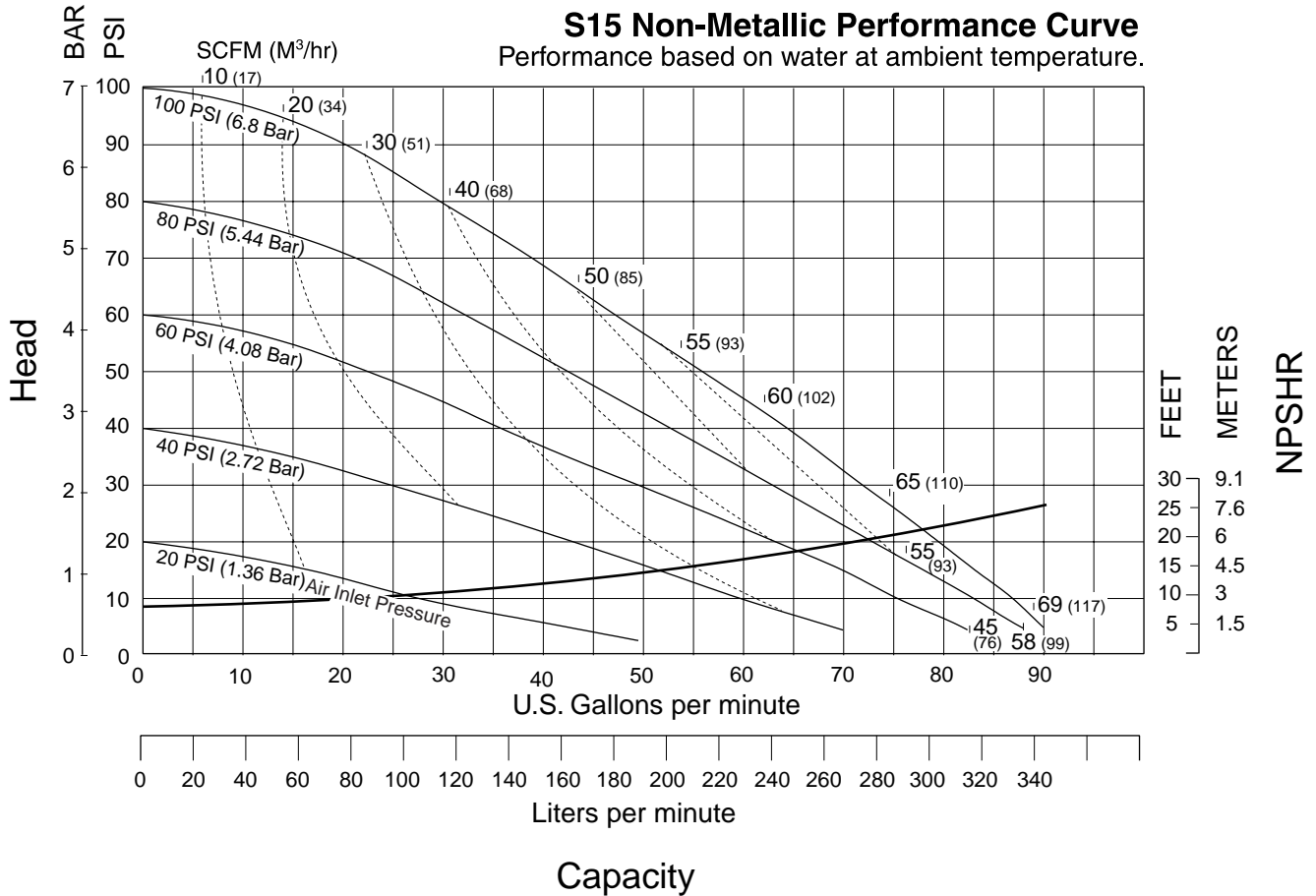
## S15 Non-Metallic Design Level 2 Ball Valve

**Air-Powered  
Double-Diaphragm Pump**

ENGINEERING, PERFORMANCE  
& CONSTRUCTION DATA



INTAKE/DISCHARGE PIPE SIZE	CAPACITY	AIR VALVE	SOLIDS-HANDLING	HEADS UP TO	DISPLACEMENT/STROKE
1½" ANSI Flange or PN10 40mm DIN Flange	0 to 90 gallons per minute (0 to 340 liters per minute)	No-lube, no-stall design	Up to .47 in. (12mm)	100 psi or 231 ft. of water (7 bar or 70 meters)	.36 Gallon / 1.36 liter



SandPIPER II® pumps are designed to be powered only by compressed air.

**Proyecto:** -  
**Código:** -

**Cliente:** Julio César de Regil González  
**Nº Cliente:** -  
**Contacto:** julk\_jcrg@hotmail.com

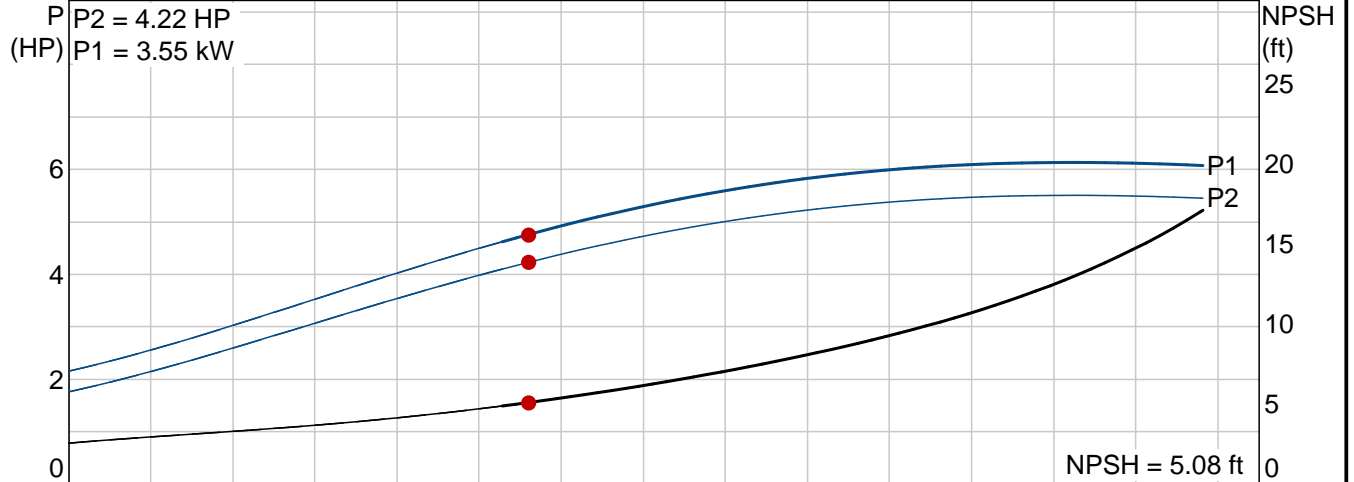
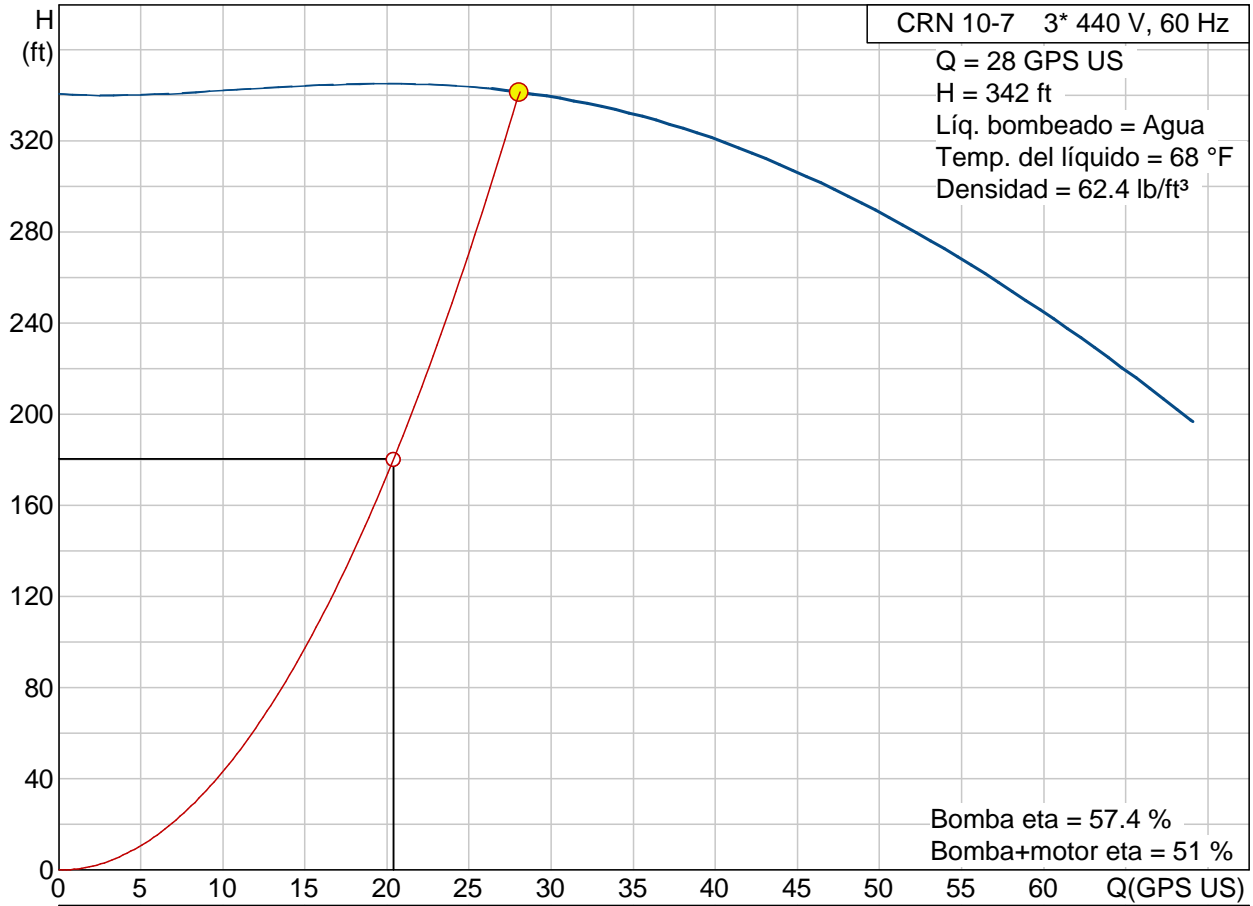
Posición	Contar	Descripción	Precio unit
	1	<p><b>CRN 10-7 A-FGJ-G-V HQQV</b>            Código: 96503364            Bomba centrífuga vertical, no autocebante, multicelular, en línea para instalación en sistemas de tuberías o montaje en una cimentación.</p> <p><b>La bomba tiene las siguientes características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Impulsores, cámaras intermedias y camisa exterior de Acero inoxidable DIN W.-Nr. DIN W.-Nr. 1.4401.</li> <li>- Tapa del cabezal y base de la bomba de Acero inoxidable DIN W.-Nr. DIN W.-Nr. 1.4408.</li> <li>- Longitud de montaje del cierre según DIN 24960.</li> <li>- Transmisión de energía mediante acoplamiento ranurado de fundición.</li> <li>- Conexión de tubería mediante bridas/ acoplamientos DIN.</li> </ul> <p>El motor es un motor CA 3-fásico.</p> <p><b>Líquido:</b>            Rango de temperatura del líquido: -4 .. 194 °F            Temp. líquido: 68 °F            Densidad: 3.887 lb/ft<sup>3</sup></p> <p><b>Técnico:</b>            Velocidad para datos de bomba: 3526 rpm            Caudal real calculado: 28.1 GPS US            Altura resultante de la bomba: 342 ft            Cierre: HQQV            Homologaciones en placa: CE            Tolerancia de curva: ISO 9906 Annex A</p> <p><b>Materiales:</b>            Cuerpo hidráulico: Acero inoxidable            DIN W.-Nr. 1.4408            ASTM A 351 CF 8M            Impulsor: Acero inoxidable            DIN W.-Nr. 1.4401            AISI 316</p> <p><b>Instalación:</b>            Temperatura ambiental máxima: 140 °F            Presión máxima a la temp. declarada: 363 psi / 194 °F            363 psi / -4 °F            Tipo de brida: DIN            Diámetro de conexiones: DN 40            Presión: PN 16</p>	Bajo pedido



Proyecto: -  
 Código: -

Cliente: Julio César de Regil González  
 Nº Cliente: -  
 Contacto: julk\_jcrg@hotmail.com

## 96503364 CRN 10-7 60 Hz



**Proyecto:** -  
**Código:** -

**Cliente:** Julio César de Regil González  
**Nº Cliente:** -  
**Contacto:** julk\_jcrg@hotmail.com

Descripción	Valor
Producto::	CRN 10-7 A-FGJ-G-V HQQV
Código::	96503364
Número EAN::	5700396268736
Técnico:	
Velocidad para datos de bomba:	3526 rpm
Caudal real calculado:	28.1 GPS US
Altura resultante de la bomba:	342 ft
Impulsores:	07
Cierre:	HQQV
Homologaciones en placa:	CE
Tolerancia de curva:	ISO 9906 Annex A
Etapas:	07
Versión de la bomba:	A
Modelo:	A

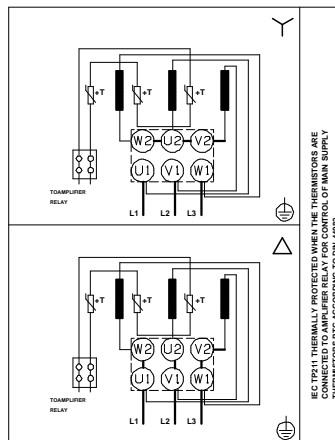
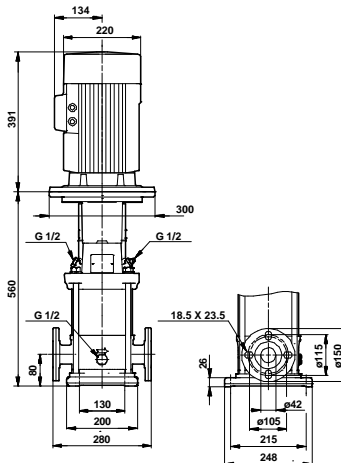
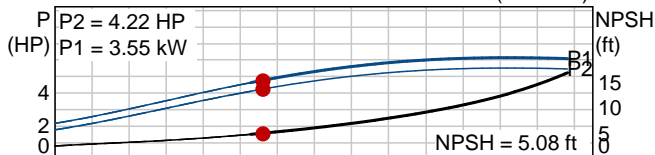
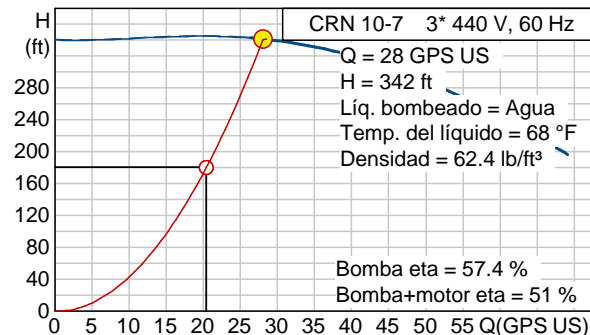
Materiales:	Valor
Cuerpo hidráulico:	Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4408 ASTM A 351 CF 8M
Impulsor:	Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316
Código de material:	G
Código para caucho:	V

Instalación:	Valor
Temperatura ambiental máxima:	140 °F
Presión máxima a la temp. declarada:	363 psi / 194 °F 363 psi / -4 °F
Tipo de brida:	DIN
Código de conexión:	FGJ
Diámetro de conexiones:	DN 40
Presión:	PN 16
Tamaño de la brida del motor:	FF265

Líquido:	Valor
Rango de temperatura del líquido:	-4 .. 194 °F
Temp. líquido:	68 °F
Densidad:	3.887 lb/ft³

Datos eléctricos:	Valor
Tipo de motor:	132SC
Grado de rendimiento:	Efficiency class 1
Número de polos:	2
Potencia nominal - P2:	7.5 HP
Potencia (P2) requerida por la bomba:	7.5 HP

	7.5 HP
Frecuencia de alimentación:	60 Hz
Tensión nominal:	3 x 220-277 D / 380-480 Y V
Corriente nominal:	18,8-16,4 / 10,8-9,45 A
Intensidad de arranque:	1000-1460 %
Cos phi - Factor de potencia:	0,90-0,82
Velocidad nominal:	3510-3540 rpm



**Marzo 03, 2010**


<b>Para:</b>	ING. JULIO CESAR DE REGIL G.	<b>Su referencia:</b>	SPX40
<b>Departamento:</b>	INGENIERIA	<b>Fecha de requisición:</b>	Marzo 01, 2010
<b>Compañía:</b>	TERMOFLUIDOS UNAM		
<b>Teléfono:</b>	044 55 1288 2244		
<b>E-mail:</b>	<a href="mailto:Julk_jcrg@hotmail.com">Julk_jcrg@hotmail.com</a>	<b>Nuestra referencia:</b>	WMMXRN310

Estimado Julio, a continuación se detalla la cotización solicitada por usted.

Estamos ofreciendo esta cotización para su debida revisión. Pedimos de favor se asegure que los parámetros de la aplicación o proceso estén correctos, ya que nuestra selección está basada en los mismos; por consiguiente en caso de encontrar algún error, déjenos saber al respecto y una cotización corregida se emitirá en caso de ser necesario.

Esta cotización se ofrece con las condiciones de venta de Watson-Marlow, S. de R. L. de C. V. Si usted desea requerir una copia de estas condiciones por favor déjenos saber y le enviaremos una.

Favor referenciar el número de esta cotización al colocar su pedido.

Item:	Cant.	Descripción	Costo Unitario USD	Costo Total USD
1	1 pza.	Bomba peristáltica Bredel <b>Modelo SPX40-3AC-57</b> , Incluye: cabezal completo, con manguera en EPDM, insertos en Polipropileno, lubricante Bredel, conexiones de succión y descarga Bridadas de 1.5" ANSI, acoplada directamente a motoreductor de velocidad de 3 HP, 230/460VAC, 3 Fases, 60Hz. Con velocidad máxima de 57 rpm.	\$ 9,583.00	\$ 9,583.00
				

### Condiciones Generales de Venta:

#### **Precios:**

En dólares americanos más IVA, el cual será cargado al momento de facturar.

Este material será facturado en dólares y deberá ser pagado en dólares o en moneda nacional al tipo de cambio que rijan al momento del pago, de conformidad con el artículo 8 de la ley monetaria.

#### **Tiempo de entrega:**

**4 a 5 semanas**, desde la recepción del anticipo, y aclarados todos los detalles técnicos y comerciales.

#### **Condiciones de pago:**

1.- **50% de anticipo y 50% contra entrega.**

2.-Al momento de depositar se informaran los números de cuenta.

3.-Agradecemos nos envíen vía fax copia de la ficha de depósito, incluyendo sello del banco.

#### **Condiciones de entrega:**

**LAB Monterrey. Favor de enviar número de cliente de la mensajería que le presta el servicio.**

#### **Cancelación:**

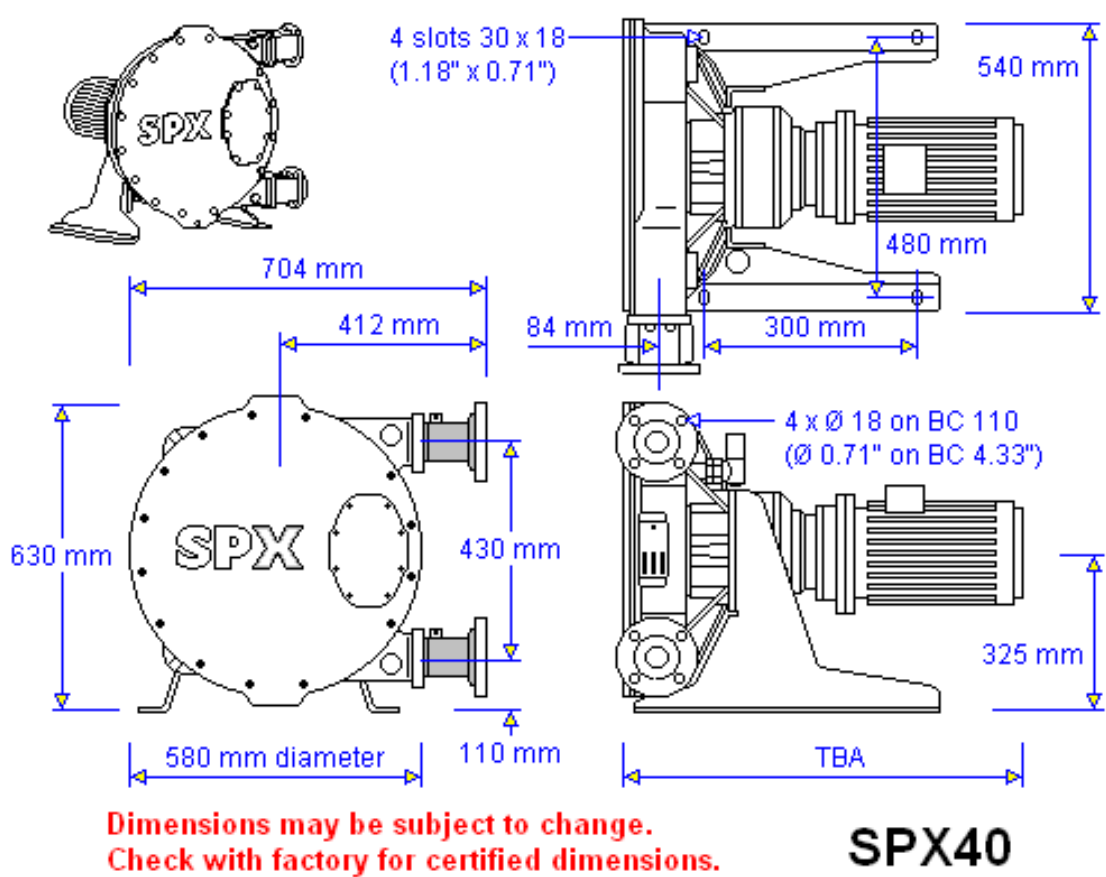
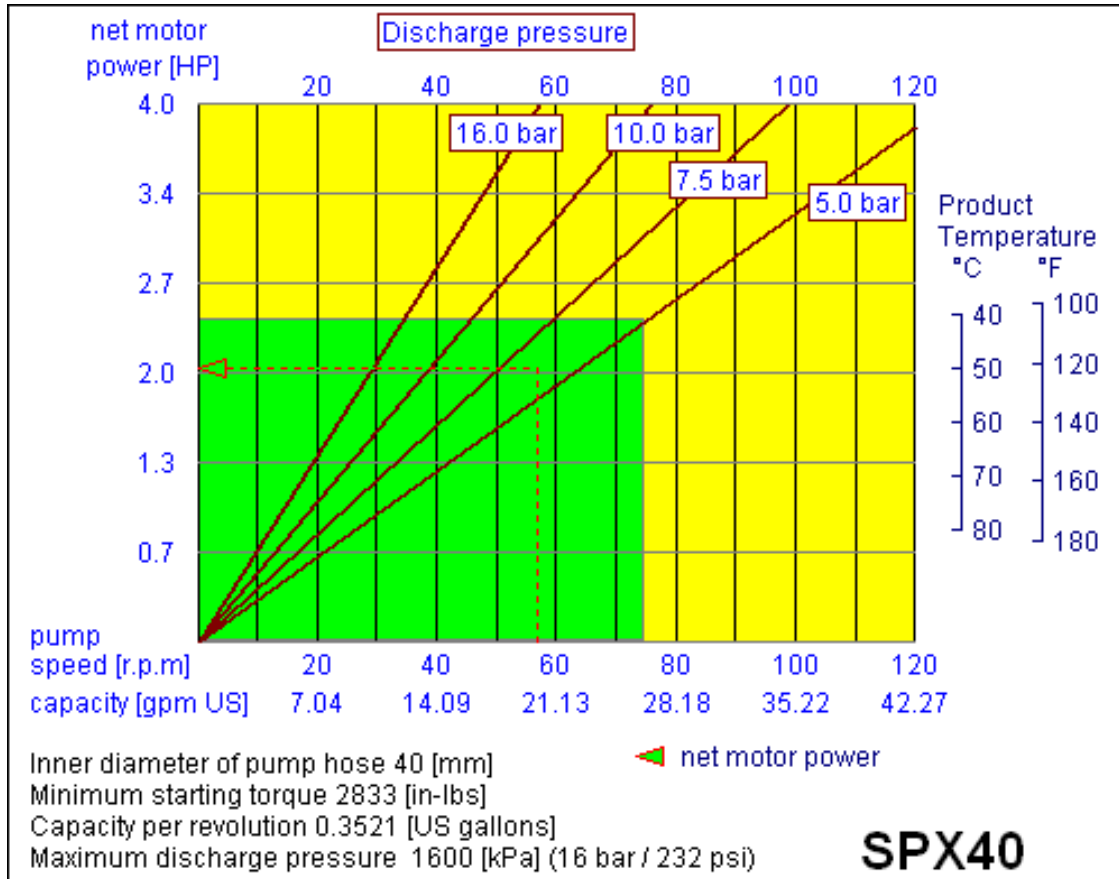
En caso de cancelación se hará un cargo del 25 % equivalente al valor de su orden de compra

#### **Validez de la oferta:**

30 días.

Sin otro particular por el momento y agradeciendo de antemano la oportunidad que nos da de poder servirles nos es grato quedar a sus finas atenciones;





## 6. BIBLIOGRAFÍA:

### Libros:

- Ackoff, Russell & Lincoln  
"Un concepto de planeación de empresas".  
Ed. Limusa-Wiley. México, 1992
- Baca Urbina, Gabriel  
"Evaluación de proyectos: análisis y administración del riesgo".  
Ed. Mc Graw- Hill. Segunda edición. México, 1990
- Frank M. White  
"Fluid Mechanics".  
McGraw-Hill. Sexta edición. 2006
- Hydraulic Institute Standards  
"Hydraulic Institute Standards for centrifugal, rotary & reciprocating pumps".  
Thirteenth edition, 1975
- Jaramillo M., Gabriel A. y Alvarado C., Alfonso A.  
"Electricidad y Magnetismo".  
Trillas, UNAM, Facultad de Ingeniería. Primera Preedición. México, 1997
- Kenneth J., McNaughton  
"Bombas. Selección, uso y mantenimiento".  
McGraw-Hill, 1989
- MSc.Omar Prias Caicedo.  
"Ahorro de energía en sistemas de bombas centrífugas".  
Universidad del Atlántico. Colombia, 2007
- Sapag Chain, Nassier  
"Preparación y evaluación de proyectos".  
Ed. McGraw-Hill. Segunda edición. México, 1989.
- Streeter Victor L.  
"Mecánica de los fluidos".  
Ed. McGraw-Hill. Cuarta edición. Madrid, 1970.
- Viejo Zubicaray, Manuel  
"Bombas: Teoría, diseño y aplicaciones".  
Ed. Limusa. Tercera edición. 2004

**Manuales:**

- ANSI/HI  
American National Standards Institute / Hydraulic Institute 1.1-1.15-1994
  
- ANSIMAG Centrifugal Pumps  
"Sealless-Magnetically driven"  
USA, 2003
  
- KONTRO Sealless Magnet Drive Pumps  
"Technical Sales Manual"  
England, 2006
  
- KRAL Pumps with Magnetic Coupling  
"KRAL USA brochure "  
Austria, 2006
  
- Metrología y Normalización para bombas centrífugas NRF-050-PEMEX-2001  
Ing. Francisco León Sepulveda

**Recursos Digitales:**

- <http://www.argal.it/>
- <http://bombascentrifugas.info-tecnica.org/>
- <http://www.cfe.gob.mx/>
- <http://www.fluidostecnicos.com.mx>
- <http://www.fybroc.com/>
- <http://www.gepumps.com.mx>
- [http://www.ingenieria.unam.mx/~jkuri/Apunt\\_Planeacion\\_internet/TEMAV.2.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/~jkuri/Apunt_Planeacion_internet/TEMAV.2.pdf)
- <http://www.innomag.com/>
- <http://net.grundfos.com/>
- <http://www.pump-zone.com/pumps/centrifugal-pumps/industry-demands-and-trends-for-magnetic-drive-pumps.html>
- <http://www.pump-zone.com/pumps/reciprocating-pumps/magnetic-process-pumps-to-the-extreme.html>
- <http://www.pump-zone.com/pumps/rotary-pumps/mag-drive-rotary-pd-process-pumps.html>
- <http://www.sundyne.com/>
- [http://www.t3quimica.com/acido\\_fosforico](http://www.t3quimica.com/acido_fosforico)
- <http://www.warrender.com/>
- <http://www.warrenrupp.com/>
- <http://www.Watson-marlow.com.mx>
- <http://www.yamadapump.com/>

Al haber logrado el 100% de los créditos totales de la carrera de Ingeniería Mecánica en la UNAM, tuve la oportunidad de laborar como Ingeniero de Aplicación durante un periodo de 9 meses para la compañía comercializadora nacional Fluidos Técnicos S.A. de C.V., desempeñando labores ingenieriles de cálculo y selección de equipos de bombeo para la industria en general, tal como se describe a continuación:

*b. Misión y Visión de la empresa Fluidos Técnicos.*

MISIÓN:

Satisfacer las necesidades técnicas de ingeniería y servicio en el manejo, medición y control de fluidos y energía, dentro de los procesos de los diferentes sectores industriales.

Suministrar a nuestros clientes, equipos, asesoría y soporte técnico con tecnologías de vanguardia y personal altamente calificado.

Aportar, unidos como un gran equipo productivo, el esfuerzo necesario para lograr el crecimiento profesional y socio económico de todos los que conformamos esta empresa.

VISIÓN:

Lograr relaciones y negocios de excelencia con nuestros clientes con la finalidad de obtener el reconocimiento como empresa proveedora de soluciones técnicas de ingeniería, brindando un servicio de acuerdo a sus necesidades que hagan más rentables sus procesos.

Posicionarnos en el mercado nacional como una empresa sólida, confiable y exitosa, generadora de empleos que satisfagan y eleven la calidad de vida de su personal, beneficiando también a nuestros accionistas, clientes, proveedores y sociedad.

*c. Cédula de puesto. Ingeniero de Aplicación.*

Misión del Puesto:

- Apoyar al gerente y ejecutivo de ventas en el control administrativo del proceso de venta, para mantener un seguimiento eficaz y eficiente a los proyectos manejados por la Gerencia.

Funciones:

- Organizar, actualizar y mantener el control de los expedientes de los clientes y los documentos relacionados al proceso comercial.
- Apoyar al gerente y ejecutivo de ventas en la elaboración de la documentación necesaria para el desarrollo de sus actividades.
- Apoyar al gerente y ejecutivo de ventas en la solución y toma de decisiones relacionadas a problemas que pudieran tener nuestros clientes en el proceso de venta.
- Resolver la problemática de los procesos de sus clientes, investigando y proponiendo los productos y servicios más adecuados para brindarles una solución eficiente y eficaz.

Responsabilidades y Actividades:

- Conocer la línea de productos de la empresa, sus especificaciones, propiedades, marco normativo, usos y ventajas sobre los productos de la competencia.

- Apoyar al equipo de trabajo de la Gerencia, elaborando los documentos (requisiciones, cotizaciones, órdenes de compra, etc) que serán utilizados por los Ejecutivos de Ventas durante el proceso de ventas.
- Atender de manera atenta y profesional las llamadas telefónicas de clientes solicitando cualquier tipo de información y/o cotización de nuestros productos.
- Enviar y/o entregar a los clientes, las cotizaciones elaboradas, aclarando con ella cualquier duda o discrepancia entre lo solicitado y lo cotizado.
- Coordinar con el gerente de compras la solicitud de información técnica y cotizaciones a proveedores, necesarios para cumplir con los requerimientos planteados por los clientes.
- Apoyar al equipo de trabajo de la Gerencia en la elaboración de propuestas técnicas y económicas de las licitaciones en las que participe nuestra empresa.
- Dar seguimiento a las cotizaciones entregadas, negociando en todo momento las mejores condiciones para nuestra empresa y el cumplimiento total de los requisitos y necesidades planteadas por los clientes del Ejecutivo de Venta responsable.
- Mantener una estrecha comunicación con el jefe de logística y almacén para conocer el estatus de los pedidos en proceso de entrega e informarlo a los clientes que lo soliciten.
- Apoyar a los ejecutivos de ventas en la verificación de recibo de los productos comprados y coordinar con el jefe de logística y almacén su entrega a los clientes.
- Atender las solicitudes de los clientes de mantenimiento a sus equipos y con la información necesaria, turnarlo al Ingeniero de Servicio.
- Elaborar y entregar reportes escritos de sus actividades al Gerente de ventas y solicitarle asesoría cuando así lo requiera para el desempeño óptimo de su función.
- Asistir a las juntas de trabajo de la Gerencia de Ventas y participar activamente para el mejoramiento continuo de sus actividades y las del equipo de trabajo del sector.
- Asistir a los cursos de capacitación y seminarios, internos y externos, que la empresa le asigne para mejorar el desempeño de su trabajo.
- Buscar la optimización de recursos, financieros y materiales, durante la búsqueda de negocios de su sector y en el desarrollo del proceso de venta.
- Investigar datos e información interna o externa cuando le sea requerido por el Gerente de Ventas.
- Cumplir con las políticas y lineamientos de la Gerencia de Ventas y de la empresa en general y ofrecer siempre una imagen de excelencia, respeto y cordialidad hacia nuestros clientes internos y externos.

**Autoridad:**

- Para solicitar al equipo de trabajo del sector, la documentación e información necesaria conforme el proceso de venta se vaya realizando.
- Para tomar decisiones, en ausencia de los Ejecutivos de Ventas responsables y resolver problemas técnicos y comerciales planteados por los clientes de la Gerencia.
- Para tramitar y ejecutar ante los clientes, la recuperación de la inversión de los negocios efectuados.

## 2. OBJETIVO.

### *a) Objetivo general.*

- Verificar que existe un sector de la industria insatisfecho con el equipo de bombeo tipo centrífugo convencional que se encuentra operando en sus instalaciones.
- Demostrar que tecnológicamente y operacionalmente es posible sustituir un equipo centrífugo común por uno del tipo "seal-less".

### *b) Objetivo particular.*

- Sustituir el equipo existente con el resultante de la selección, demostrando que la sustitución del equipo es económica y tecnológicamente rentable como inversión a largo plazo.