

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO, GAS NATURAL Y
PETROQUIMICA



**“TECNICAS DESARROLLADAS DE LOS SISTEMAS
DE CONTROL DE SÓLIDOS DE LOS FLUIDOS DE
PERFORACION”**

TITULACIÓN POR TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE PETRÓLEO

ELABORADO POR:

MIGUEL ANGEL MOLINA MARTINEZ

PROMOCIÓN 2006

LIMA - PERU

2009

“TECNICAS DESARROLLADAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE SÓLIDOS DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION”

1.- INTRODUCCION.....	5
2.- CLASIFICACIÓN DE LOS SOLIDOS.	6
2.1 Clasificación API del Tamaño de los Sólidos:.....	6
2.2 Clasificación de los Sólidos Según su Uso:	6
2.3 Clasificación de los Sólidos Según su Peso:	6
2.4 Clasificación de los Sólidos Según su Reactividad	7
2.5 Tamaños de las Partículas.	7
2.6 Puntos de Corte en los Equipos de Control de Sólidos.	7
3.- BENEFICIOS DEL CONTROL DE SÓLIDOS	8
3.1 Calidad del lodo	8
3.2 Reduce los costos	9
3.3 Velocidad de penetración.	10
3.4 Pegadura por presión diferencial.	13
3.5 Perdida de circulación.	14
3.6 Volúmenes de desechos.	14
3.7 Reducción de los costos del proyecto.	15
4.- TECNICAS DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS	16
4.1 ZARANDAS (Temblorinas).	16
4.1.1 Principio de operación.	16
4.1.2 Recomendaciones de Operación de las Zarandas en el Campo.	26
4.1.3 Situaciones Encontradas en las Operaciones.	29
4.2. MALLAS	30
4.2.1 Designación de las Mallas.	30
4.2.2 Características de las mallas.	32
4.2.3 Tipos de Mallas:	33
4.3 LOS HIDROCICLONES	35
4.3.1 Características de diseño.	36
4.3.2 Parámetros de Flujo.	38
4.4 LOS DESARENADORES Y DESARCILLADORES.	39
4.5 CENTRIFUGAS.	40

4.5.1 Principales componentes de las centrífugas:	41
4.5.2 Principio de Trabajo.	41
4.5.3 Comportamiento para Diferentes Diseños.	42
4.5.4 Operación Dual de Centrífugas – Lodo no Densificado.	43
4.5.5 Operación Dual de Centrífugas – Lodo Densificado.	43
4.5.6 Operación para Deshidratación de lodos.	44
4.6 DESGASIFICADORES Y SEPARADORES DE GAS – LODO	45
4.6.1 Desgasificadores.	45
4.6.2 Partes del Desgasificador Tipo Vacío:	47
4.6.3 Separadores Gas – Lodo.	49
4.6.4 Separación por Diferencia de Densidades.	49
4.6.5 Ley de Stoke y Eficiencia de Separación.	50
4.7 EQUIPO DE LIMPIADOR DE LODOS	51
5.- BOMBAS CENTRIFUGAS	52
5.1 Características Básicas.	52
5.2 Principio de operación.	52
5.3 Energía Hidrostática.	52
5.4 Altura Hidrostática vs Presión.	53
5.5 Altura Hidrostática vs Aceleración.	53
5.6 Altura Hidrostática vs Gravedad.	54
5.7 Presión de Vapor.	54
5.8 Cavitación.	55
5.9. Net Positive Suction Head (NPSH).	56
5.9.1 Factores que Afectan $NPSH_d$	56
5.9.2 Factores que afectan $NPSH_r$	56
5.10 Presión Atmosférica.	57
6.- APLICACIONES DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS	60
6.1 Ejemplos	60
6.2.- Presión de Carga de Funcionamiento de la Bomba Centrífuga	63
6.3. Selección del Tamaño de la Bomba.	67
6.4 Diseño de Succión de la Bomba.	68
6.5. Afinidad para una Bomba Centrífuga.	69

7.- EVALUACION DE COSTOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE SOLIDOS	
8.- CONCLUSIONES.....	75
9.- BIBLIOGRAFIAS.....	76

1.- INTRODUCCION

Se consideran sólidos de perforación a todo lo que se retira del pozo. Existen diferentes tipos de sólidos como arenas, lutitas, limos, rocas, etc. Es muy importante que conozcamos el tipo y tamaño de sólidos que tenemos a fin de poder utilizar el equipo y/o productos químicos adecuados para retirarlos.

Para poder averiguar con qué tipo de sólidos estamos tratando se debe realizar un “análisis de sólidos” a los recortes.

Todos reconocemos la importancia que tiene el lodo en el éxito de la perforación de un pozo. Uno de los usos principales del fluido de perforación consiste en retirar del pozo los recortes no deseados.

Para mantener las propiedades aceptables del fluido de perforación se encuentran disponibles tres opciones.

- No hacer nada y dejar que los sólidos se acumulen. Cuando el lodo ya no cumpla con las especificaciones, eliminarlo y comenzar con lodo nuevo **(Desplazamiento)**.
- Diluir el lodo y preparar de nuevo el sistema para mantener las propiedades dentro de los rangos aceptables, volcando al mismo tiempo el exceso de lodo hacia el tanque de reserva o hacia el vertedero de residuos. **(Dilución)**.
- Disminuir el contenido de sólidos del lodo mediante la remoción de sólidos para minimizar la incorporación/dilución necesaria para mantener las propiedades aceptables. **(Mecánico)**.

Objetivos del Control de Sólidos

- Reconocimiento de la importancia del control de sólidos.
- Comprensión de los beneficios del equipo de control de sólidos.
- Efectos del equipo en la reducción de desechos.
- Estudio de los diferentes sistemas de control de sólidos.
- Instalación y uso adecuado del equipo de control de sólidos.
- Predicción y cálculo de la eficiencia del equipo.
- Diseño del sistema de control de sólidos.

2.- CLASIFICACIÓN DE LOS SÓLIDOS.

El objetivo de diseño de cualquier equipo de control de sólidos es alcanzar, paso a paso, la remoción progresiva de los sólidos perforados. Esto permite que cada equipo optimice el desempeño del equipo siguiente. Además, el sistema debe tener la habilidad para diferenciar entre los sólidos perforados y el valioso material pesante.

2.1 Clasificación API del Tamaño de los Sólidos:

<u>Clasificación</u>	<u>Tamaño en Micrones</u>
Coloidal	menor que 2
Ultra fino	2 - 6 μ
Ffino	6 - 44 μ
Intermedio	44 - 74 μ
Arenas	74 - 250 μ
Grueso	250 - 2000 μ

2.2 Clasificación de los Sólidos Según su Uso:

<u>Deseables</u>	<u>Indeseables</u>
Para dar peso y reología:	Provenientes del pozo:
-Barita	-Sólidos de perforación.
-Bentonita	-Arcillas
-Hematita	-Arenas
-Otros aditivos	

2.3 Clasificación de los Sólidos Según su Peso:

<u>Alta</u>	<u>Baja</u>
Barita	Bentonita
Hematita	Arcillas
	Carbonato de calcio
	Sólidos de perforación
	Arenas

etc.

2.4 Clasificación de los Sólidos Según su Reactividad

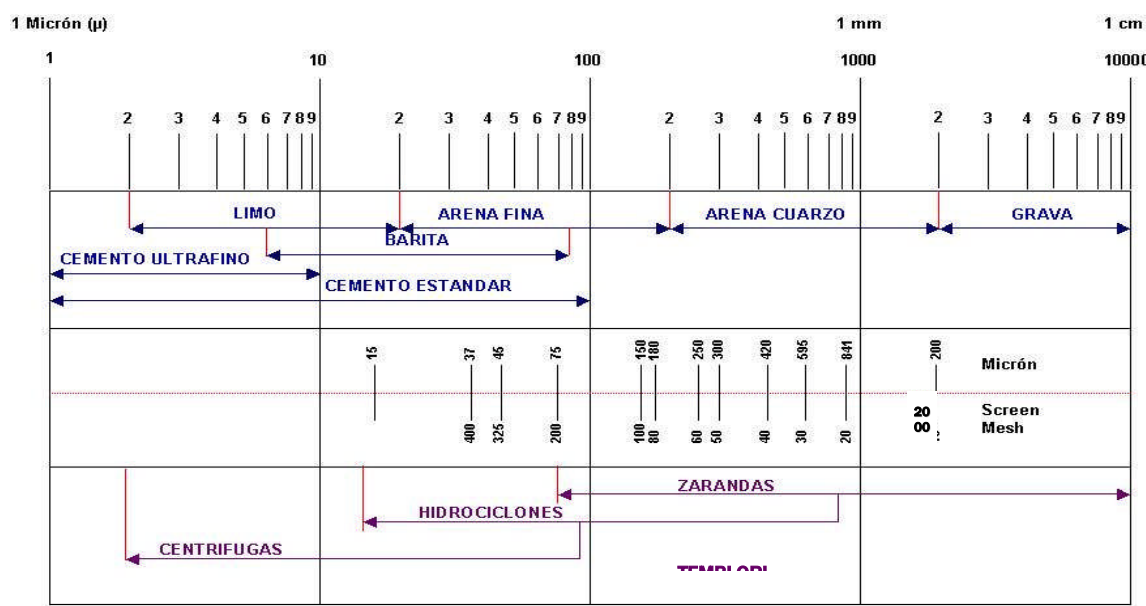
Activos

bentonita
arcillas
cal viva

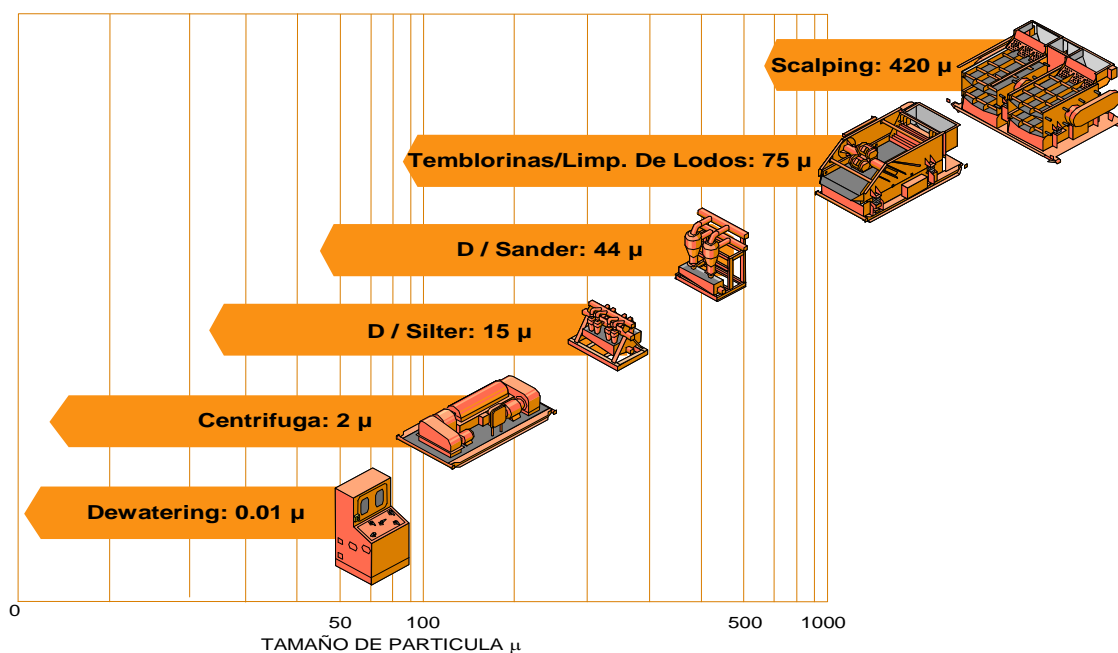
Inertes

barita
hematita
arenas
carbonato de calcio
cal hidratada

2.5 Tamaños de las Partículas



2.6 Puntos de Corte en los Equipos de Control de Sólidos



3.- BENEFICIOS DEL CONTROL DE SÓLIDOS

- Mejora la calidad del lodo.
- Reduce los costos del lodo.
- Mejora la velocidad de penetración.
- Reduce la pega de tubería.
- Reduce la pérdida de circulación.
- Reduce los desechos y su eliminación.
- Reduce los costos de la locación.
- Mejora la adherencia del cemento.

3.1 Calidad del lodo

La calidad del lodo es la característica que permite que los contaminantes de la formación sean tratados a un costo e impacto mínimo hacia la operación de perforación.

Cuando la calidad del lodo es nula, los encuentros con contaminantes de la formación y una presión anormal traen como resultado costosos riesgos en el pozo.

Un control de sólidos deficiente es la causa más común de una mala calidad de lodo.

La calidad del lodo y el costo elevado del mismo generalmente van de la mano.

Los costos del lodo se elevan cuando los esfuerzos de tratamiento químico no dan resultado y se debe proceder a la dilución.

Este proceso trae como resultado que los costos del lodo se eliminen como desecho.

Mantener una calidad alta en el lodo minimiza la probabilidad de:

- Pérdida de retornos.
- Pega de tubería.
- Problemas de toma de registros.
- Adherencia deficiente del cemento.

El equipo de control de sólidos reduce los costos del lodo.

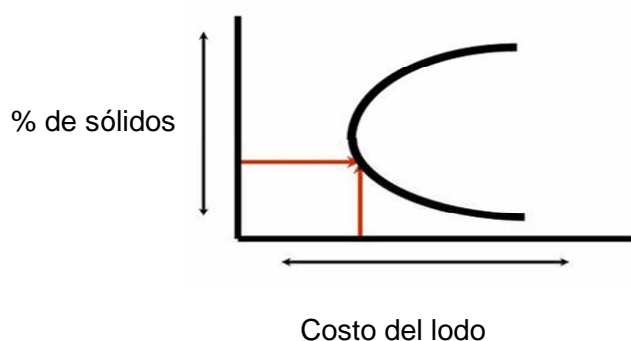
Se requieren menos productos químicos para mantener la VP (viscosidad plástica, la ECD (densidad equivalente) y otras propiedades.

Se requiere menos dilución para mantener el % deseado de volumen de sólidos en el lodo

3.2 Reduce los costos.

En el grafico siguiente veremos la explicación del contenido de sólidos versus el costo del lodo de perforación.

Contenido de sólidos vs. Costo del lodo



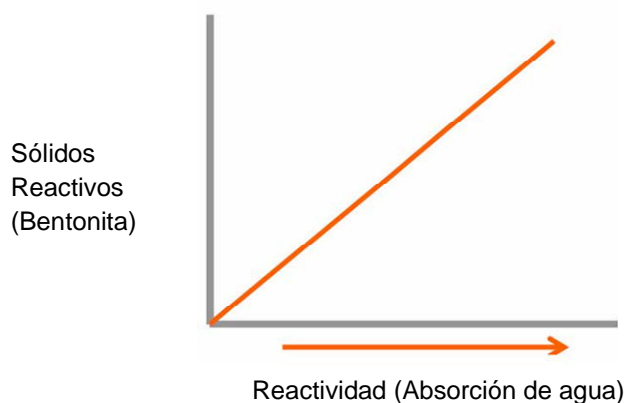
Los requerimientos químicos varían directamente con:

- El volumen de los sólidos.
- El tipo de sólidos – Reactivos o inertes.
- El tamaño de las partículas – Área superficial.

Se requieren mayores concentraciones de productos químicos cuando:

- El volumen de sólidos aumenta.
- El tamaño de las partículas disminuye.
- La reactividad de los sólidos aumenta.

Esto trae como resultado menos agua libre y aumento de la fuerza de atracción entre las partículas.



3.3 Velocidad de penetración

Los sólidos que contribuyen con aumentos innecesarios de la densidad o viscosidad traen como resultado una menor velocidad de perforación.

La velocidad de perforación se ve afectada adversamente por:

La densidad del lodo – Real y de circulación.

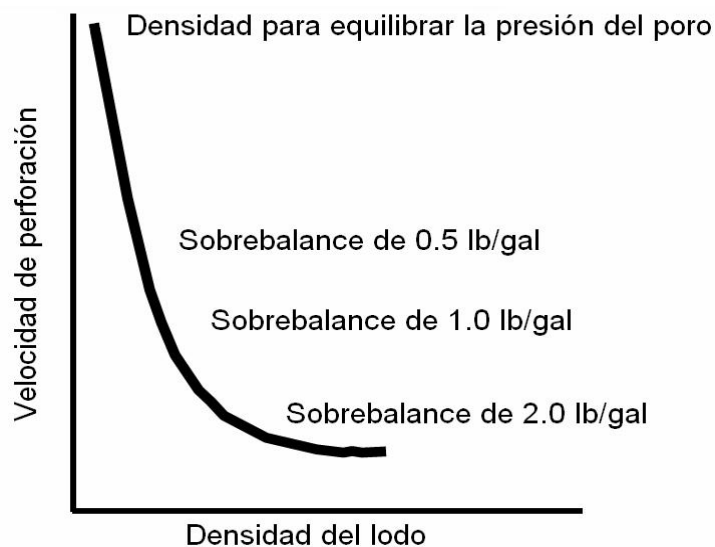
(ECD)

La viscosidad del lodo – Alta velocidad de corte

(VP)

La densidad del lodo por encima de la requerida para compensar la presión del poro de la formación trae como resultado:

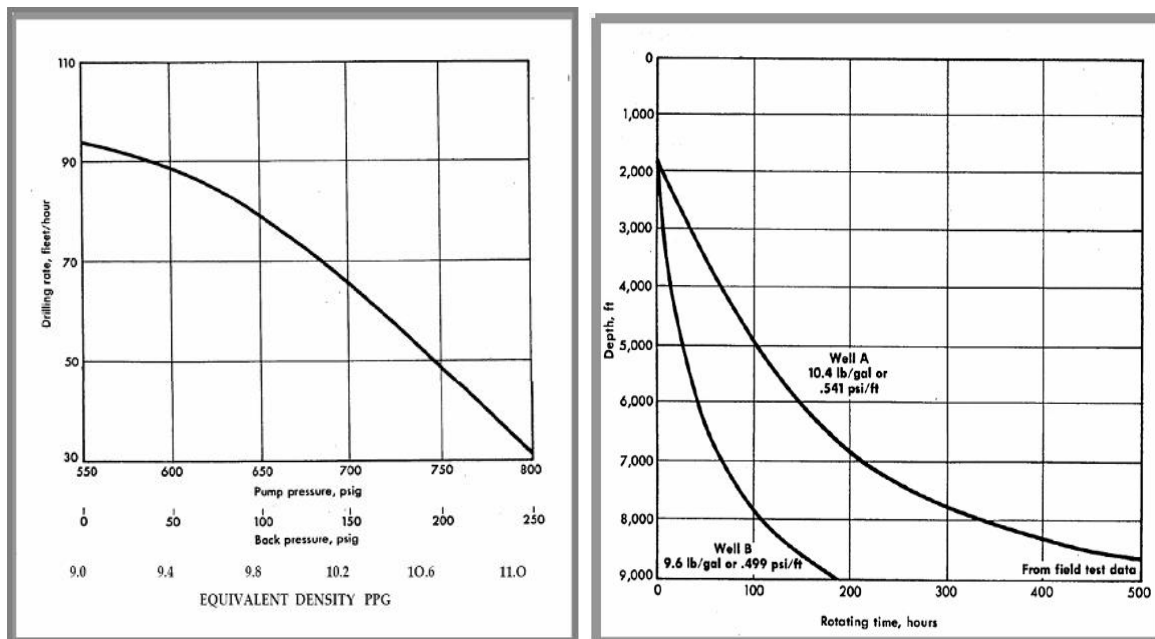
- Una reducción de la velocidad de penetración
- Los aumentos iniciales de densidad traen como resultado la mayor reducción de la velocidad de penetración.



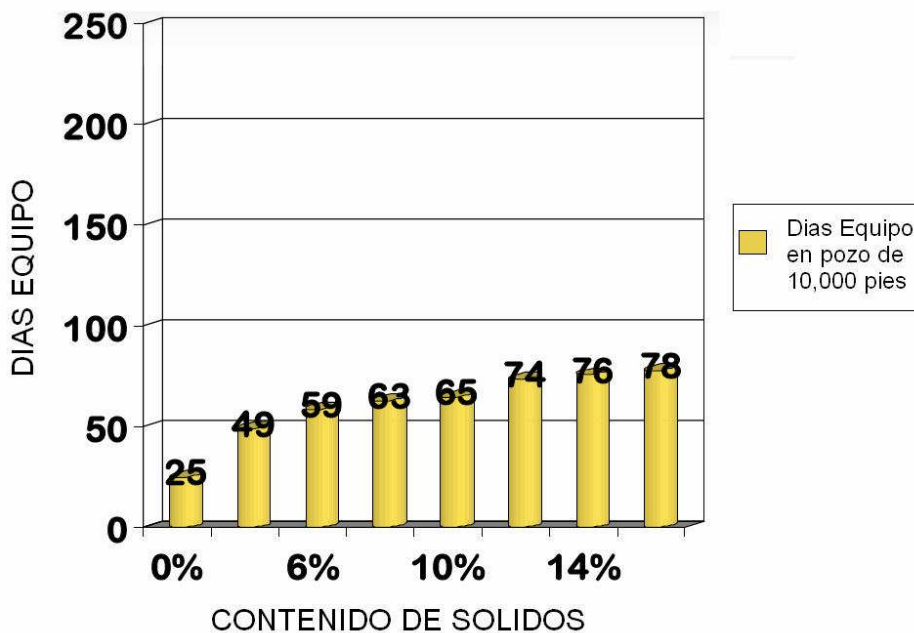
Contrapresión aplicada utilizando un estrangulador en la superficie

Profundidad: 2500 pies

Densidad: 9.0 lb/gal



Contenido de sólidos vs. ROP



La viscosidad del lodo depende de la velocidad de corte y afecta la velocidad de perforación en 2 maneras:

a) Viscosidad Plástica (Alta velocidad de Corte- Flujo Turbulento).

Típico de la viscosidad en las toberas de la barrena y ejerce un impacto en el caballaje hidráulico.

b) Punto Cedente (Baja velocidad de corte- Flujo laminar)-

Típico de la viscosidad en el espacio anular y ejerce un impacto en la densidad equivalente de circulación del lodo.

Viscosidad Plástica

Es la Resistencia a fluir debido a la fricción mecánica. Es afectada por:

- Concentración de sólidos .
- Tamaño y forma de los sólidos .
- Viscosidad de la fase de fluido.

También la Viscosidad Plástica aumenta por:

- El material densificante empleado para aumentar la densidad.
- Las partículas que se disuelven, aumentando así el área superficial y generando una fricción mayor.

La Viscosidad Plástica disminuye por la remoción de sólidos, que son:

- La zaranda.
- Los desarenadores.
- La disminución de los esfuerzos de gel que permite que las partículas más grandes se asienten.
- La dilución de sólidos con fluido base.

Punto Cedente

Es la Resistencia a fluir debido a la atracción electroquímica de los sólidos,

Es afectada por:

- * Tipo de sólidos y cargas asociadas.
- * Concentración de estos sólidos.
- * Sales disueltas.

El Punto Cedente aumenta por:

- Un mayor contenido de sólidos reactivos causado por la arcilla de perforación hidratable y la lutita.
- La concentración insuficiente de desfloculantes

Punto Cedente disminuye por:

- La incorporación de desfloculantes.

- La remoción del ión contaminante
- La floculación es un problema de índole químico y debe tratarse con un producto químico.
- La incorporación de agua minimiza la floculación, pero no es la solución.
- Las grandes incorporaciones de agua reducen también la densidad del lodo. Esto puede ameritar grandes incorporaciones de material densificante, lo cuál podría resultar muy costoso.

Prueba con micro barrena de Amoco

Tipo de Lodo	% Volumen de sólidos			ROP pie/hora
	Total	<1 Micrón	> 1 Micrón	
Agua	0.0	0.0	0.0	23.0
Polímero 7.1	0.0	7.1	21.5	
Polímero 2.8	0.0	2.8	22.4	
Dispersante	11.6	5.7*	5.9	6.0
Dispersante	6.2	5.2*	1.0	8.5

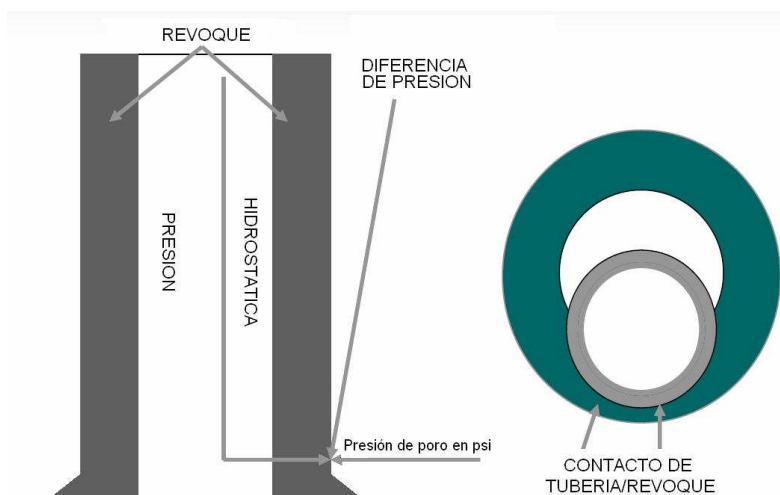
* Los sólidos que más contribuyen a la viscosidad plástica (los más finos), ejercen un mayor efecto en la velocidad de penetración (ROP).

3.4 Pegadura por presión diferencial

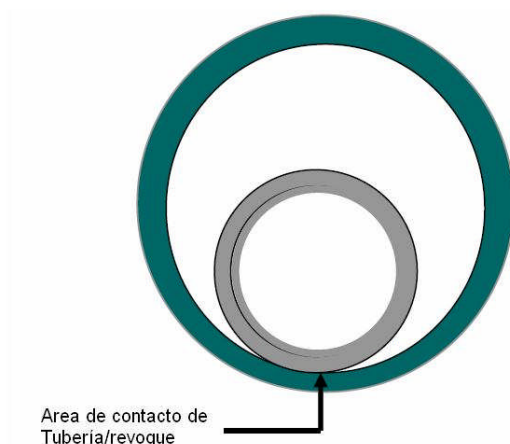
La pega de tubería constituye una función de:

- La diferencia de presión entre el pozo y la formación.
- El espesor del revoque (enjarre).

Ambos se incrementan con el aumento de los sólidos del lodo



Un revoque delgado reduce la pega de tubería debido a que el área de contacto menor.



3.5 Pérdida de circulación

La pérdida de circulación constituye una función de:

- La presión que la columna de lodo ejerce contra la formación.
- La presión de poro de la formación, la porosidad y/o gradiente de fractura.

La presión que el lodo ejerce contra la formación constituye una función de:

- La densidad del lodo – Condición estática.
- La densidad del lodo y la pérdida de presión anular- Circulación.

La disminución de los sólidos del lodo minimiza la densidad del lodo y la pérdida de presión anular.

3.6 Volúmenes de desechos

Los sólidos que el equipo no elimine en concentraciones mayores que las existentes en el lodo se deben eliminar como lodo entero.

La remoción de 1 bbl de sólidos como lodo, con un contenido de 5% de sólidos por volumen = 19 bbls de líquido perdido.

La remoción de 1 bbl de sólidos como desecho del equipo, con un contenido de 50% de sólidos por volumen = 1 bbl de líquido perdido.

El uso del equipo de control de sólidos para minimizar los volúmenes de desechos trae como resultado:

- Menores costos de eliminación y transporte

- Menor costo de la locación
- Menos daños a la superficie
- Menos responsabilidad en Materia Ambiental
- Mejoramiento de la salud y la seguridad

3.7 Reducción de los costos del proyecto

Los costos de reducción de los equipos de control de sólidos, son de la siguiente manera:

A. Los costos del lodo disminuyen al:

1.- Reducir los volúmenes de dilución para controlar el % del volumen de sólidos de perforación en el sistema de lodos.

(Volumen de sólidos/Fracción de sólidos deseados- Volumen de sólidos = Dilución necesaria)

2.- Reducir los productos químicos utilizados para tratar la dilución.

3.- Reducir los productos químicos necesarios para mantener las propiedades del lodo. (PV, Esfuerzos de Gel, ECD, Viscosidades).

B. Menores requerimientos de tamaño de la localización.

1.- Tanques de reserva más chicos.

C. Menos días de perforación.

1.- Menor probabilidad de pega de tubería.

2.- Mayor velocidad de penetración.

3.- Menos tiempo dedicado a las cementaciones.

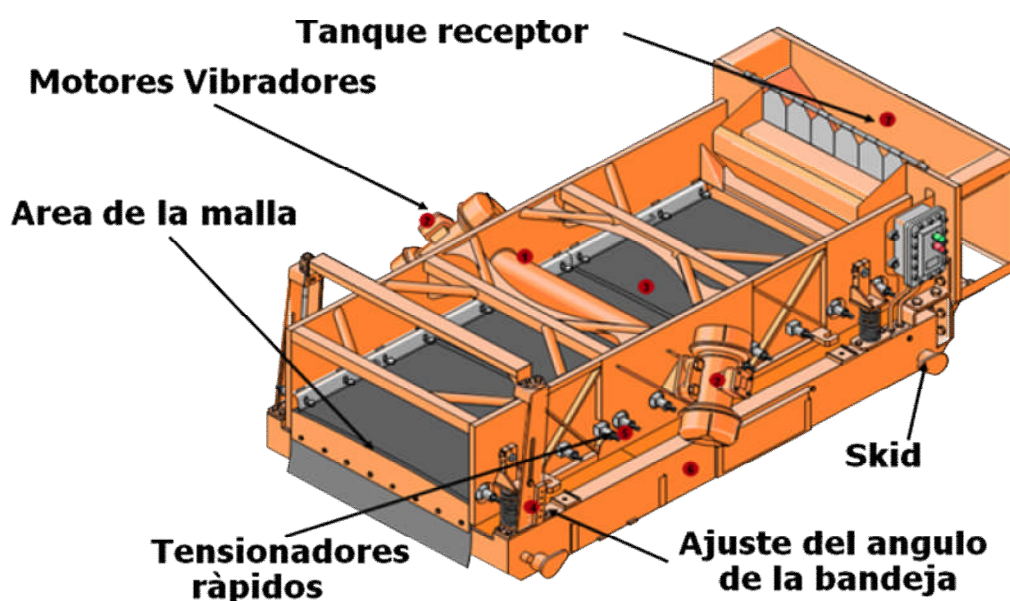
4.- TECNICAS DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS

En el sistema de control de sólidos mencionaremos las técnicas a utilizar de los equipos de control de sólidos.

4.1 ZARANDAS (Temblorinas)

El desempeño de las zarandas ó temblorinas determina la eficiencia total del equipo de control de sólidos.

Las zarandas son los únicos equipos mecánicos que remueven los sólidos haciendo una separación basado en el tamaño físico de las partículas.



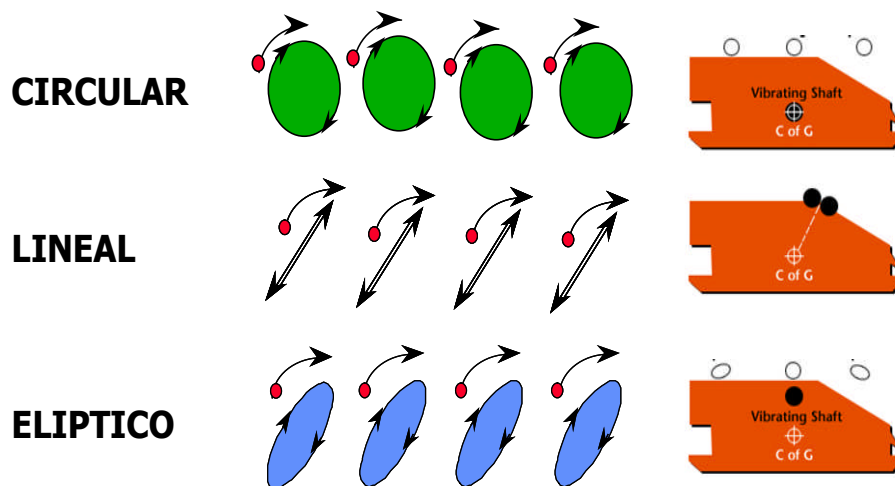
4.1.1 Principio de operación.

La operación de la zaranda es función de:

- Norma de la vibración.
- Dinámica de la Vibración.
- Tamaño de la cubierta y su configuración.
- Características de las mallas (Mesh & Condición superficie).
- Reología del lodo (Especialmente Densidad y Viscosidad).
- Ritmo de carga de Sólidos (ROP,GPM y Diámetro del hueco).

* Normas de Vibración

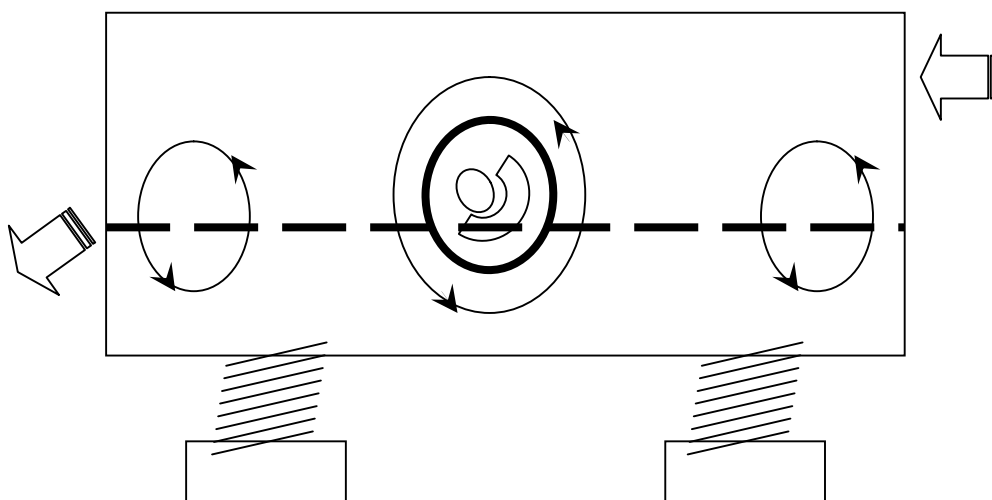
Tipos Comunes de Movimiento



a) Movimiento Circular

Su canasta se mueve en un **Movimiento circular uniforme**, que tiene las siguientes características

- Patrón de Vibración Balanceado
- Diseño Horizontal (Capacidad limitada)
- Transporte rápido y mayores fuerzas G's.
- Vibradores colocados a cada lado de la canasta en su centro de gravedad con el eje rotacional perpendicular a su canasta.
- Recomendados en zarandas primarias para remover sólidos gruesos o para Arcillas tipo gumbo.



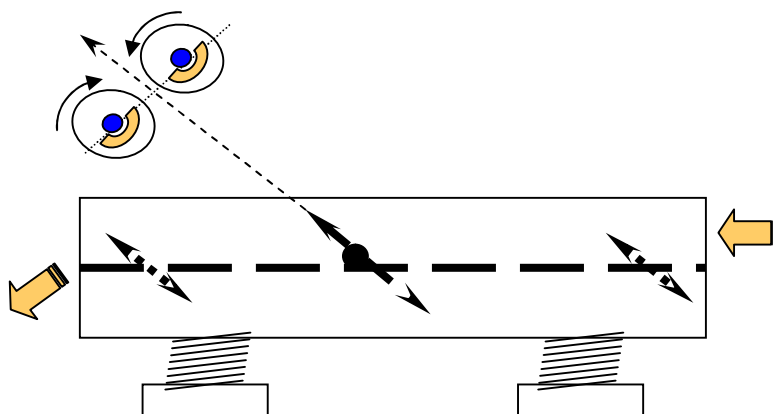


Zaranda de Movimiento Circular

b) Movimiento Lineal

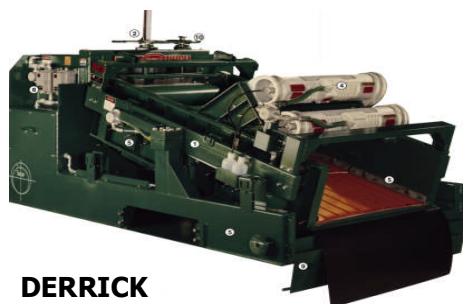
Tiene las siguientes características:

- Usa dos vibradores contra-rotativos
- Patrón de Vibración Balanceado dinámicamente. La fuerza neta en la canasta es cero excepto a lo largo de la línea que pasa por el centro de gravedad.
- Angulo de esta línea de movimiento es normalmente a 45-50 grados en relación a la superficie de la temblorina para obtener un transporte máximo de sólidos.
- Buen transporte y gran capacidad de manejo de fluidos.





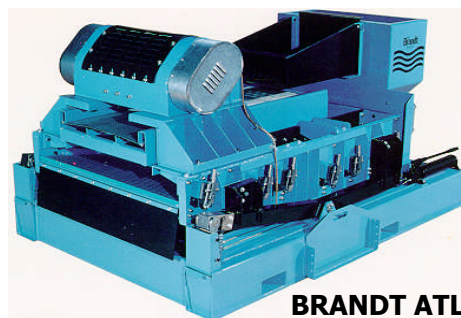
SWACO



DERRICK



SWECO



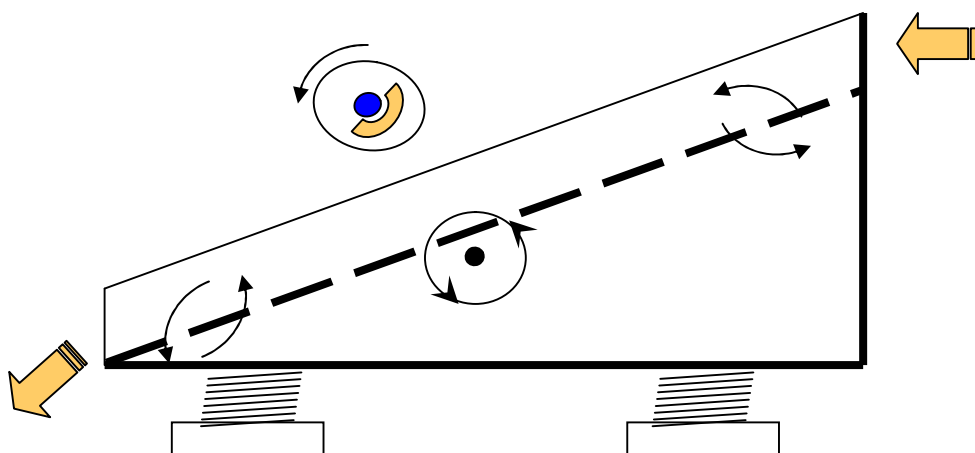
BRANDT ATL

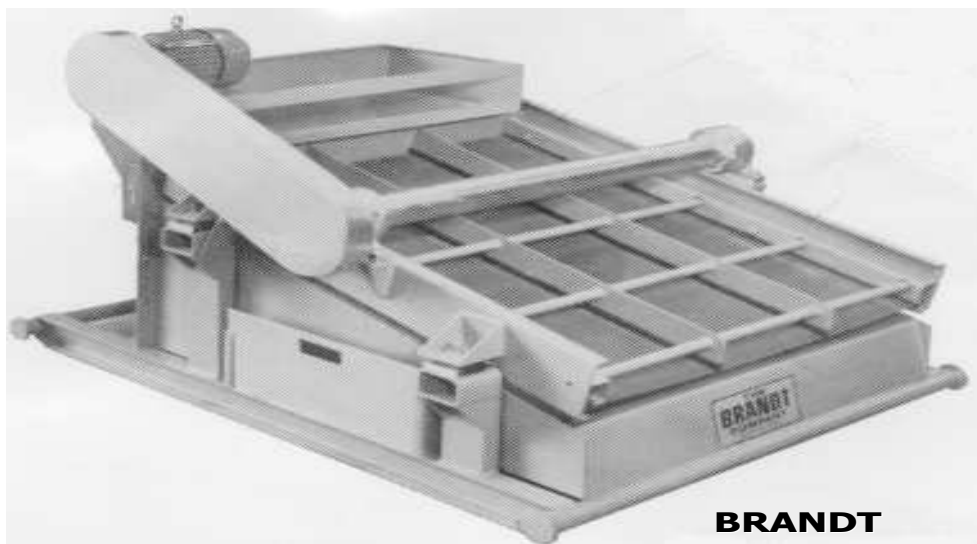
Zarandas de Movimiento Lineal

c) Movimiento Eliptico Desequilibrado

Tiene las siguientes características:

- Vibradores no rotan en el centro de gravedad de la zaranda aplicándose el torque sobre esta.
- Operada con inclinación hacia la descarga de sólidos disminuyendo la capacidad de procesamiento.
- Recomendados para remover sólidos gruesos o pegajosos (Arcillas)



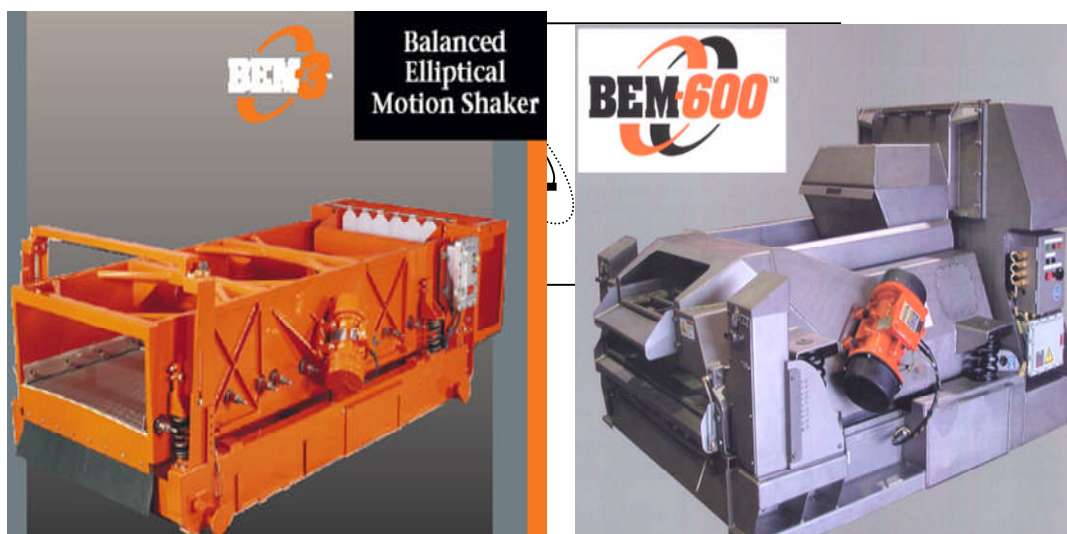


Zaranda de Movimiento elíptico Desequilibrado

d) Movimiento Eliptico Balanceado

Tiene las siguientes características:

- Su canasta se mueve en un movimiento Elíptico uniforme, haciendo mas suave el desplazamiento del recorte.
- Mejor transporte de los recortes que el movimiento lineal.
- Las mallas duran de 3 a 5 veces mas que el movimiento lineal, debido a que el movimiento provee un patrón de aceleramiento mas suave.
- Recortes un 22% mas Secos que el movimiento lineal (promedio)
- Recomendado para ser usado en cualquier tipo de operación, especialmente con lodos base aceite.



Zaranda de movimiento Eliptico balanceado (Modelo BEM3 y BEM600)

Resultados de Pruebas de las Zarandas BEM3 y BEM600

- Recortes descargados presentaron menor contenido liquido (15-25%)
- Mayor vida útil de las mallas (30 –50%)
- Menor degradación de los recortes
- % LGS mantenido con menor dilución

ara
cte
ríst
ica
s
de
la
Zar
anda
BE
M6
00
TM



Totalmente en acero Inoxidable
Movimiento Elíptico Balanceado
Cubierta Integral - Separación de Sólidos de Mayor Tamaño
Sistema Neumático de Rápida Fijación de mallas (Superior e inferior)
Tecnología de Mallas Magnum (Mallas Pre-tensionadas)
Mallas livianas - cambio rápido
Cambio de mallas en el frente del equipo
Indicador automático de falla de mallas
Cubierta inferior de doble ángulo
Indicador de Ángulo
Ajuste Neumático de ángulo
Caja de distribución desmontable & distribuidor de flujo
Recipiente de contraflujo entre la cubierta superior e inferior
Diseño de sumidero con pendiente



Las características de la zaranda BEM600TM más importantes son:

- ✓ SWACO tiene la tecnología más novedosa en términos de temblorinas en el mercado
- ✓ Acero Inoxidable significa larga vida útil

- ✓ El diseño de mallas pre-tensionadas provee rápida instalación y significa “cero fallas” debido a inapropiada tensión en la malla.
- ✓ Adquiridos todos los certificados necesarios para trabajos Offshore
- ✓ El panel de control puede ser instalado y operado a larga distancia
- ✓ El diseño de la BEM600 minimiza riesgos ambientales y de seguridad

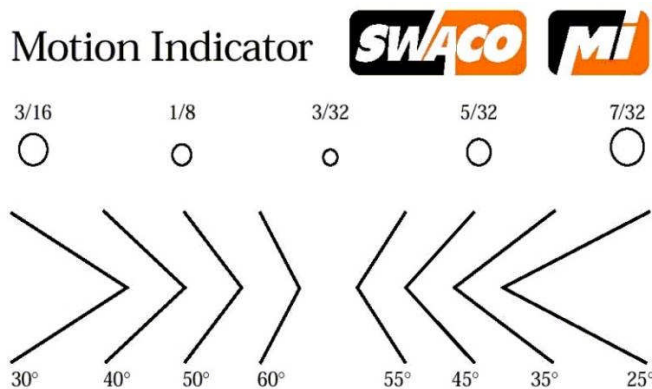
- **Dinámica de Vibración.**

La operación de la zaranda es también función de la dinámica de la Vibración, que consiste en:

- La masa de los contrapesos y la frecuencia.
- Aceleración de los sólidos = Fuerza G

$$G's = [\text{Longitud del Stroke (Pulg.)} \times \text{RPM}^2] / 70400$$

- La mayoría de las zarandas operan con fuerzas G's entre 2.5 a 5.0
- La capacidad de flujo y secado de cortes es directamente proporcional a la aceleración
- Las zarandas con contrapesos ajustables pueden variar la fuerza G aplicada, pero, la vida del equipo y de la malla es inversamente proporcional a la aceleración.

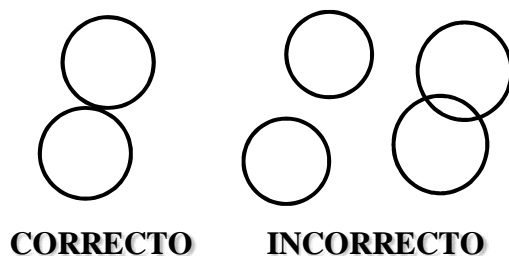


Indicador de Movimiento

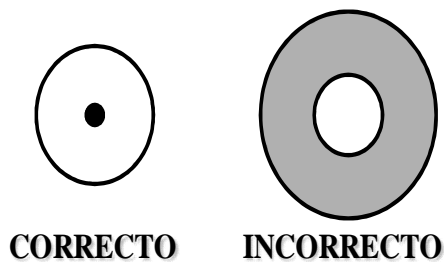
- **Indicador de Movimiento - Longitud de la carrera**



Movimiento Lineal: Busque una forma de ocho. Los dos círculos deberían apenas tocarse en un punto. Se trata del diámetro que más se aproxima a la longitud de la carrera.



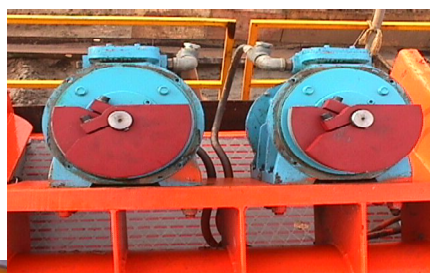
Movimiento Circular: Busque un círculo con un pequeño punto en el centro. El círculo en el indicador debería girar alrededor de su diámetro. Se trata del diámetro que más se aproxima a la longitud de la carrera.



Contrapesas:



swaco



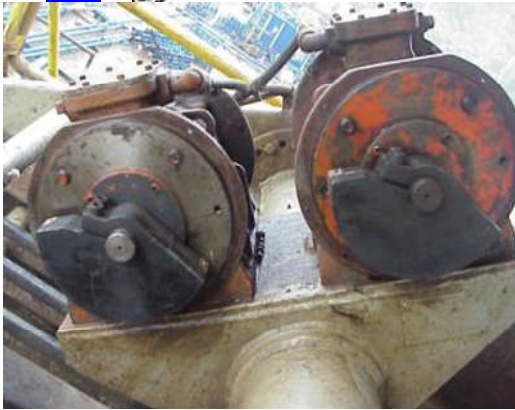
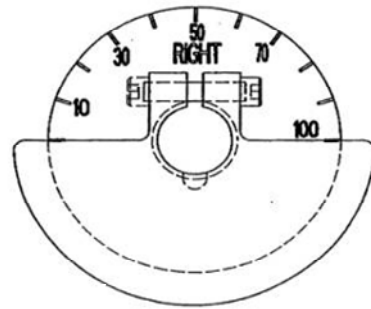
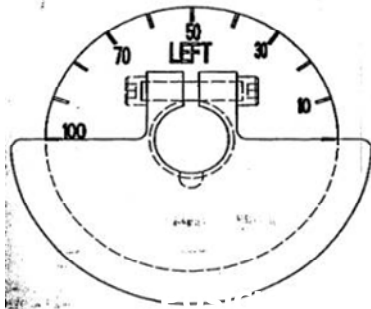
Triton

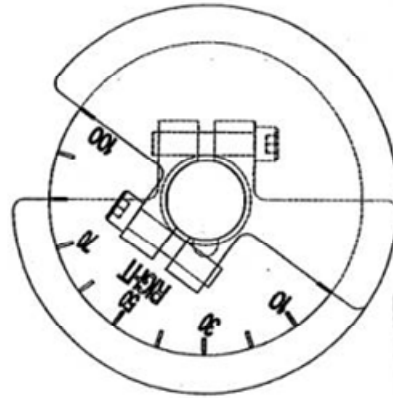
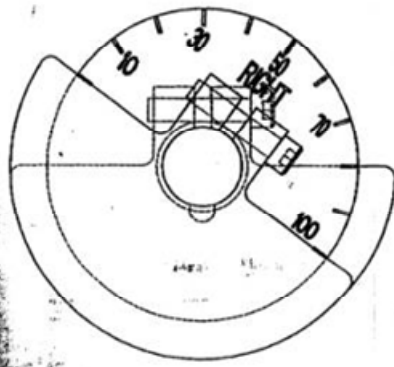


Brandt LM3

Posicionadas a 0 %

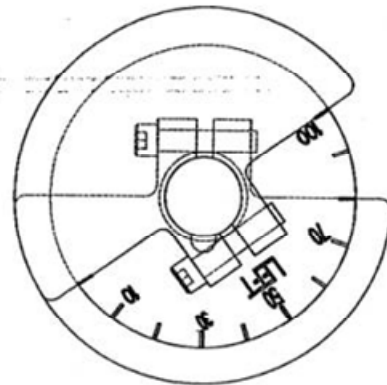
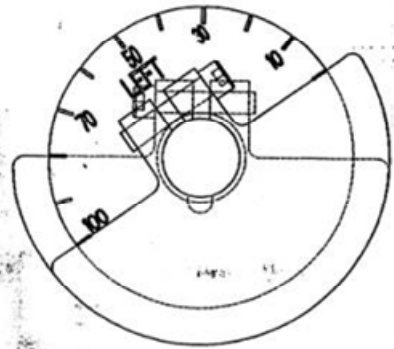






Forma Correcta a 80 %

Forma Incorrecta a 80 %



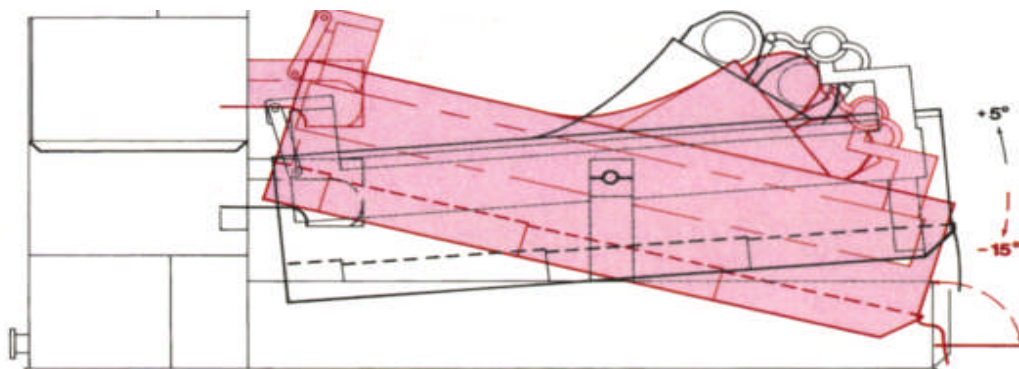
Forma Correcta a 30 %

Forma Incorrecta a 30 %

- **Tamaño de la cubierta y su configuración.**

La cubierta de ángulo ajustable se creó para optimizar el procesamiento de fluido y variar la acción de transporte y secado de los cortes.

Al usar ángulos $> 3^\circ$, hay que tener cuidado con los recortes acumulados en la región líquida... La acción vibratoria y la residencia extendida generará más finos.



4.1.2 Recomendaciones de Operación de las Zarandas en el Campo

Las siguientes son recomendaciones de operación de las zarandas en el campo:

A) Condición de la Zarandas.

- La zaranda regularmente debe realizársele mantenimiento de acuerdo al programa de mantenimiento del fabricante.
- Los cauchos, baquelitas, ensamblaje de los tornillos de tensión, compresor neumático, líneas hidráulicas, etc. deben regularmente ser inspeccionadas y reemplazadas cuando haya desgaste o daño.
- Una falla en el mantenimiento, impedirá la eficiencia del equipo y probablemente resultara en la necesidad del uso de mallas de mayor tamizaje para mantener el gasto y la velocidad de perforación.

B) Tensión y Condición de las Mallas.

- Las mallas deberán ser correctamente almacenadas y manejadas y deberán ser siempre tensionadas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- Una tensión incorrecta de las mallas produce una impropia eficiencia de separación y reduce considerablemente la vida útil de la malla.

C) Selección del Tamaño de la Malla

- Deberá usarse las mallas mas finas disponibles, de tal forma que pueda hacer la máxima separación de sólidos con la mínima descarga de lodo por el frente de la zaranda.
- Como una regla general, las dos terceras a las tres cuartas partes de la malla deben ser siempre cubiertas de lodo. Esto aumenta la vida de la malla, por tener mas área lubricada y aumenta la eficiencia de separación al utilizar mayor área de separación.

D) Taponamiento de la Malla

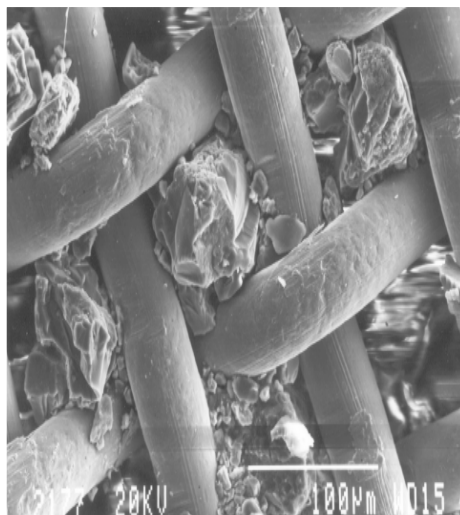
El taponamiento de las mallas es causado por una reducción en la capacidad de transmisión del fluido. Hay dos razones principales:

- a)** La malla se cubre de sólidos secos o pegajosos. Esto reduce el tamaño de la apertura de la malla.
 - La malla no debe ser lavada con chorro perpendicular, sino con un chorro en un ángulo aproximado de 30 grados.
 - Es necesario tener una pistola de presión siempre disponible en el área de las temblorinas, mientras se esta perforando.
 - Si el problema es muy severo, es necesario cambiar a malla mas gruesa, hasta que la formación problema haya sido perforada.
 - Mallas rectangulares (XR) pueden disminuir este tipo de problemas.

E) Taponamiento de las aperturas producida por partículas del mismo tamaño.

Este problema más comúnmente ocurre con mallas cuadradas en formaciones de arenas no consolidadas.

Las mallas rectangulares y triple layer no sufren este tipo de problemas, por razones de diseño.



Cuando la malla se tapona, mucha gente tiene la tendencia de cambiar a tamizado más grueso.

Esto alivia el problema, pero es una mala práctica para controlar los sólidos, ya que permite que las arenas atraviesen la malla.

La mejor solución es reducir el gasto y si es posible utilizar mallas de tamizado mas fino que el tamaño de los sólidos de perforación.

F) Bypassing

La mayoría de las zarandas tienen un bypass en el tanque receptor (possum bellies), esto permite circular el lodo sin que pase por la zaranda.

Las zarandas nunca deben ser bypassed cuando se perfora, debido a que la presa de asentamiento se puede llenar rápidamente y tener una sobrecarga de sólidos o taponamiento en los hidrociclones.

La instalación de jets en el tanque receptor, para agitar y circular los sólidos sobre las mallas, evita el procedimiento de bypassed el lodo en la zaranda.

G) Operador de Control de Sólidos

Un operador de control de sólidos, deberá siempre estar al frente de los equipos cuando se esta perforando para atender algún malfuncionamiento del equipo o daño de mallas.

En los equipos donde no haya una persona encargada de este trabajo, se recomienda que un miembro de la cuadrilla del equipo sea asignado a la labor de operador de control de sólidos y deberá previamente ser

entrenado en todas las acciones que deberá tomar, cuando algún problema ocurra.

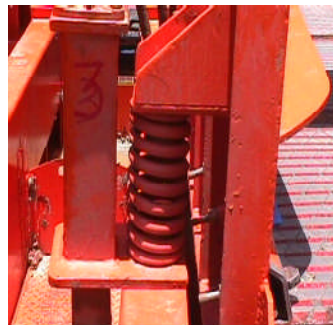
4.1.3 Situaciones Encontradas en las Operaciones.

Una vez que se hace trabajo de campo vemos la condición en la cual se encuentra las contrapesas y los motores del equipo.

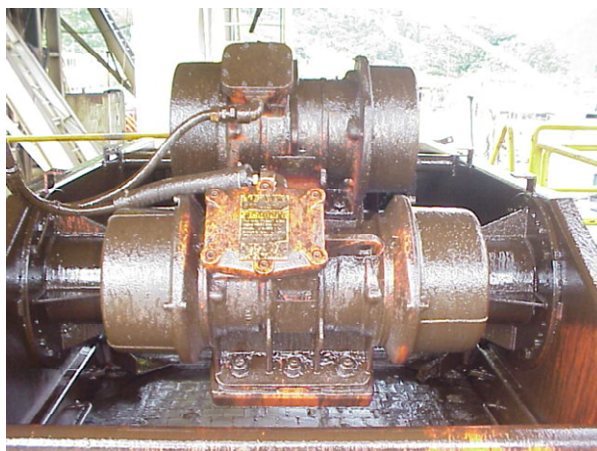
Condición de operación de las contrapesas de una zaranda



Resorte torcido



Resorte en buen estado



Motores desiguales

Motores desiguales

4.2. MALLAS

4.2.1 Designación de las Mallas

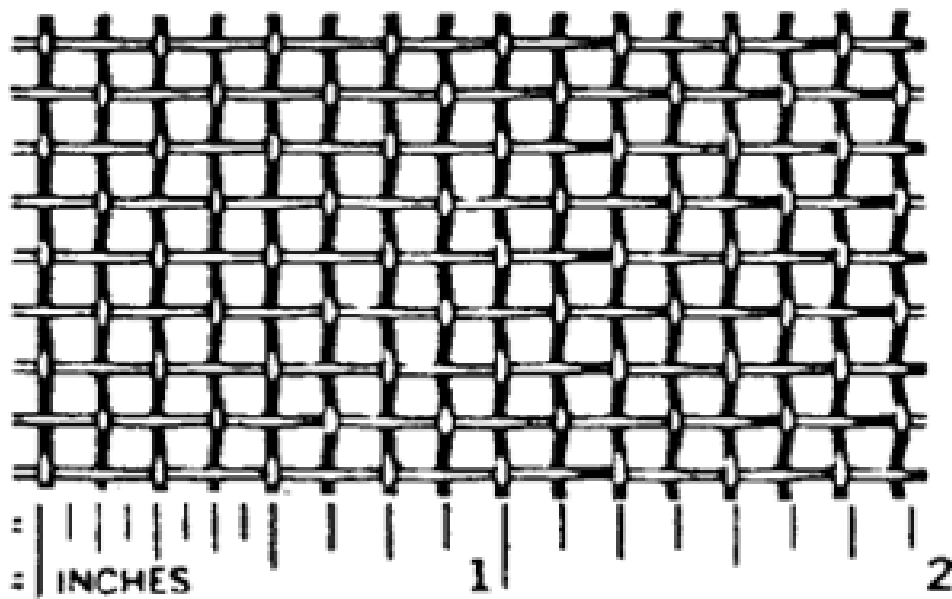
- Mesh
- Abertura de la malla
- Área abierta
- Eficiencia de separación
- Tipo de tensión
- Conductancia
- Área superficial de la malla

Según el API RP 13E, todas las mallas deben tener al menos la siguiente información:

- Diseño de fabricación (DX, XR, XL, etc)
- Potencial de separación (d50, d16, d84 'Cut point')
- Capacidad de flujo (conductancia y non-blanked área)

• Mesh o Tamizado

Es un término genérico que indica el número de aberturas en un tejido de malla. Por ejemplo, una malla 8 mesh, tendrá 8 aberturas en una pulgada de longitud, (8 aberturas por pulgada u 8 API)

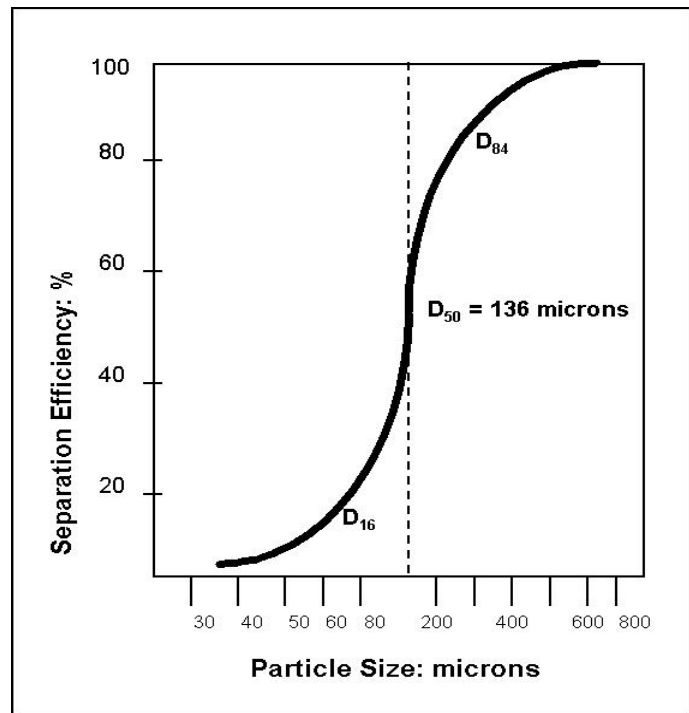


- **Punto de Corte**

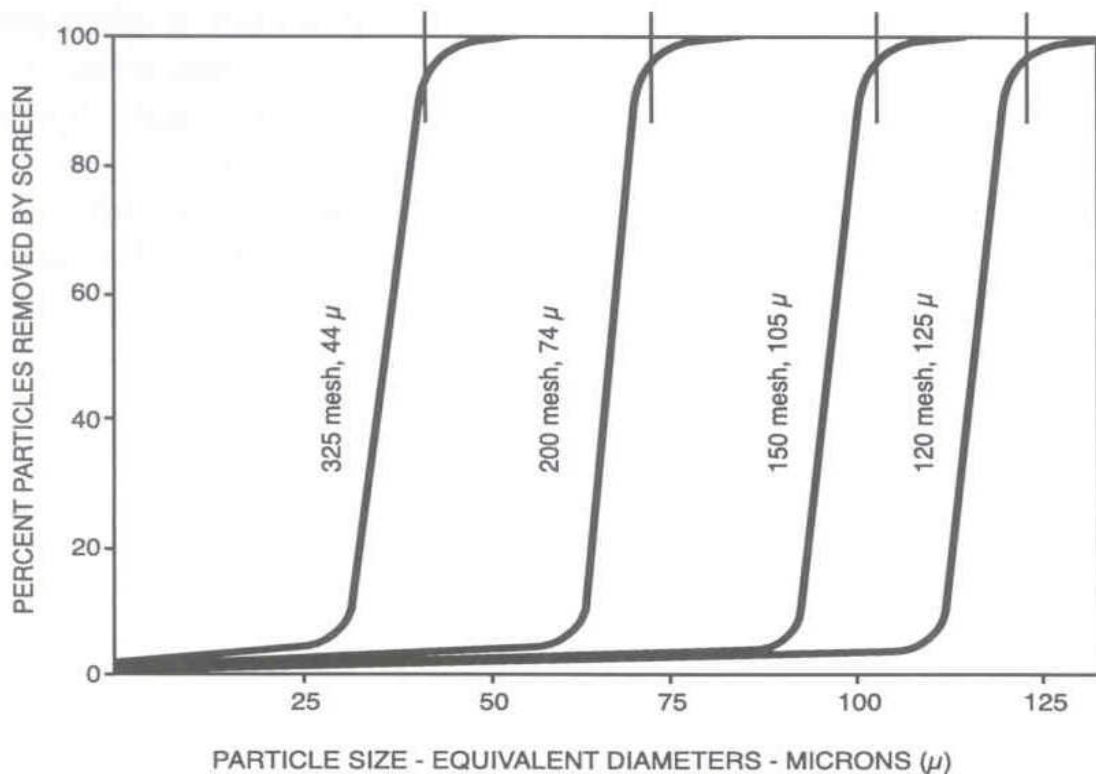
Las partículas a la izquierda de la curva representan los sólidos de menor tamaño retornados con el lodo.

Las partículas a la derecha de la curva representan los sólidos removidos.

El D50 o punto de corte medio es definido como el punto donde el 50% de cierto tamaño de sólidos son retornados y el otro 50% son removidos.



- **Curva de Eficiencia de Separación**



4.2.2 Características de las mallas

- **Conductancia**

Medida de la permeabilidad de la malla

$$C = 0.014375 \times Q \times \mu / (A / p)$$

- Unidades en kD/mm (mil darcys / mm)
- Variables : Volumen de circulación, viscosidad del fluido, Área de la malla (diámetro del alambre, numero de aperturas y numero de capas) y la presión.

Cada capa de la malla es calculada separadamente.

La conductancia Total es calculada :

$$C_t = 1/(1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_n)$$

- **Área Abierta de la Malla.**

Es el área efectiva o disponible de la malla por donde se hace el crivado (El área adicional es ocupado por los alambres).

Los siguientes son los tamaños de mallas (Tipo Pre-tensionada), punto de corte y área abierta para mallas estándar Thule :

52 mesh	-	338 μ	-	48% Área Abierta
84 mesh	-	212 μ	-	49% Área Abierta
105 mesh	-	162 μ	-	45% Área Abierta
120 mesh	-	149 μ	-	50% Área Abierta
145 mesh	-	112 μ	-	41% Área Abierta
165 mesh	-	104 μ	-	47% Área Abierta
200 mesh	-	87 μ	-	46% Área Abierta
230 mesh	-	74 μ	-	45% Área Abierta

- **Transmitancia**

$$\text{Transmitancia} = \text{Área Neta Disponible} \times \text{Conductancia}$$

Muy importante para comparar mallas de diferentes tipos.

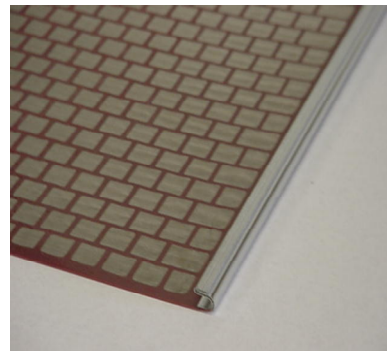
4.2.3 Tipos de Mallas:

Mallas
Tensionadas



Sin Soporte

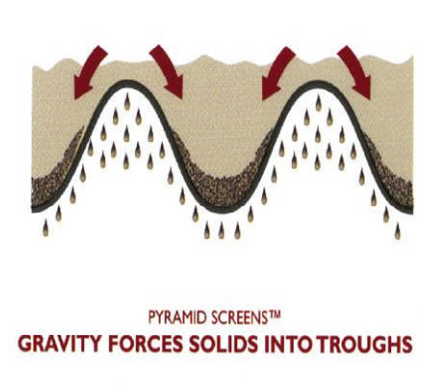
Con Soporte



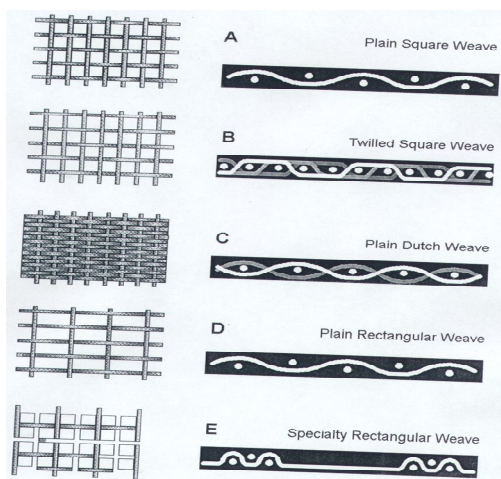
- **Malla Pre-Tensionada: Piramidal**

Nuevos desarrollos de las formas de las mallas han tenido lugar.

El nuevo diseño incluye una forma piramidal de la malla para dar un área superficial más grande para las dimensiones de la malla.



Tejidos Comunes de Mallas



PSW: CUADRADO PLANO

PRW: RECTANGULAR PLANO

MRW: RECTANGULAR PLANO MODIFICADO

TSW: CUADRADO CRUZADO

PDW: HOLANÉS PLANO

- Configuración de la cubierta según el tamaño de malla.

Los diferentes tamaños de malla darán diferentes tamaños en los sólidos separados.

**Mallas para las zarandas scalper
(Para tamaño cuarzo)**



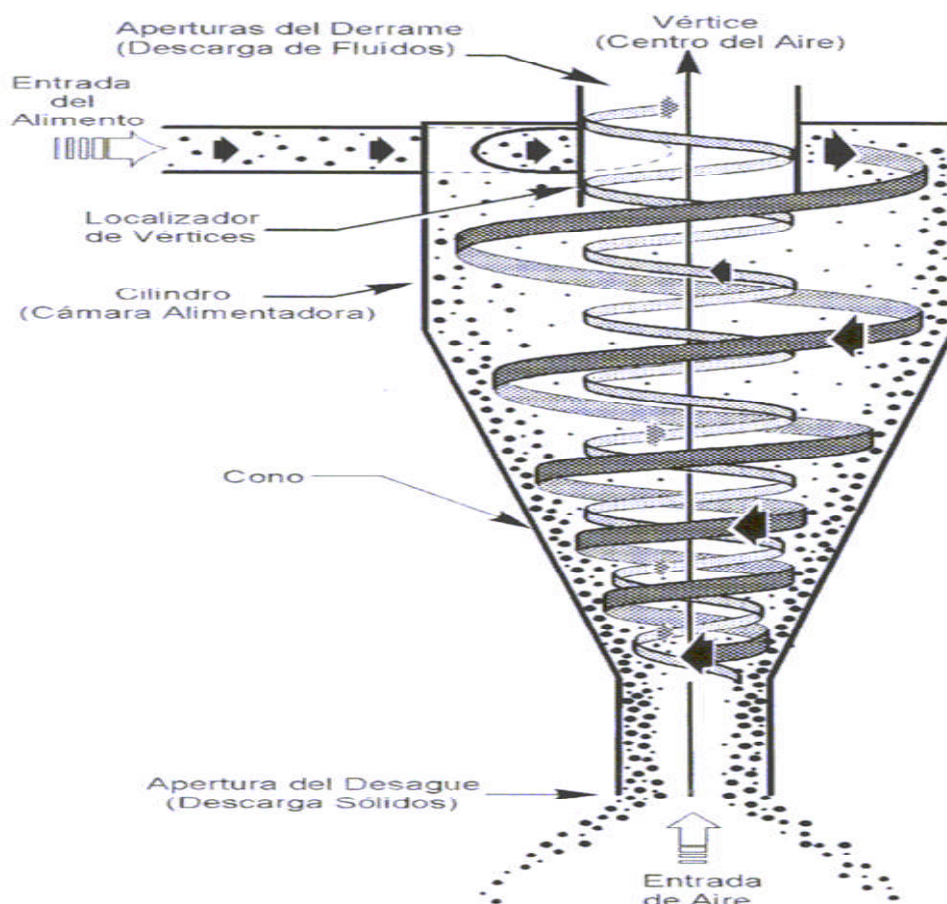
**Mallas para las zarandas primarias
(Finas)**

4.3 LOS HIDROCICLONES

Son recipientes de forma cónica en los cuales la energía de presión es transformada en fuerza centrífuga.

Trabajan de la siguiente manera:

- El Fluido se alimenta por una bomba centrífuga, a través de una entrada que lo envía tangencialmente en la cámara de alimentación.
- Una corta tubería llamada tubería del vortice fuerza a la corriente en forma de remolino a dirigirse hacia abajo en dirección del vértice (Parte delgada del cono).
- La fuerza centrífuga creada por este movimiento del Fluido en el cono forzan las partículas más pesadas hacia fuera contra la pared del cono.
- Las partículas más livianas se dirigen hacia adentro y arriba como un vortice espiralado que las lleva hacia el orificio de la descarga o del efluente.
- La descarga en el extremo inferior es en forma de spray con una ligera succión en el centro



Todos los hidrociclones utilizan **la ley de Stokes** para alcanzar la separación de sólidos del Fluido.

$$V_s = \frac{K \times G \times D_p (\phi_s - \phi_l)}{\varphi}$$

Donde:

V_s	=	velocidad de Separación
K	=	Constante de Stokes
G	=	Fuerza de Aceleración
D_p	=	Diámetro de la Partícula
ϕ_s	=	Densidad de Sólidos
ϕ_l	=	Densidad del Liquido
φ	=	Viscosidad del Liquido

4.3.1 Características de diseño

Las Variables de diseño que controlan el desempeño de un hidrociclón son:

- Diámetro del Cono.
- Angulo del Cono.
- Longitud del Cilindro.
- Diámetro de la entrada de alimentación.
- Diámetro del vertice (underflow).
- Vortice generado.
- Material del Cono.

A) Diámetro del Cono

Los conos con diámetros grandes permiten manejar altos galonajes, sin embargo la eficiencia de separación y rendimiento es baja. La siguiente ecuación nos da una aproximación del punto de corte de un cono:

d_{50} = Punto de corte

Diametro del Cono Pulgadas	Capacidad del cono GPM	d50 micrones
2	30	10 a 20
4	50	20 a 40
6	100	40 a 60
12	500	60 a 80

B) Angulo del Cono

Un pequeño ángulo del cono generara una reducida zona de arrastre. Esto significa que pocas partículas pequeñas serán arrastradas por el vortice generado obteniéndose mejor punto de corte. Sin embargo largos conos tienden a taparse muy fácilmente.

C) Diámetro de entrada.

La eficiencia del cono es inversamente proporcional al diámetro de la entrada de alimentación. Por tanto un pequeño diámetro mejorara el punto de corte. Sin embargo el diámetro debe ser lo suficiente para manejar el flujo al cono.

D) Diámetro del Vertice.

El diámetro del vértice determinara la humedad de los sólidos descargados:

- Demasiado grande: Mucho líquido será descargado.
- Demasiado pequeño: Taponamientos pueden presentarse.

Busque una “descarga en Spray”

E) Vortice Generado.

Este tendrá que tener un diámetro lo suficiente pequeño para facilitar una entrada suave de fluido en el cono. Será lo suficiente grande para manejar la cantidad liquida. Un Vortice demasiado pequeño generara sólidos muy húmedos.

4.3.2 Parámetros de Flujo.

Los parámetros de flujo que afectan la eficiencia del hidrociclón son:

- Galonaje .
- Velocidad tangencial
- Cabeza de alimentación

Estos parámetros son controlados por la bomba centrífuga que alimenta el hidrociclón.

Una óptima cabeza de alimentación es uno de los factores para una óptima descarga del cono

Lo óptimo es una descarga en spray, lo cual implica que hay una buena remoción de sólidos con mínima pérdida de fluido.

Cabeza de alimentación

Se calcula como:

$$P = 0.052 \times Mw \times H$$

P = Presión de alimentación a la entrada del cono (psi).

Mw = Densidad del Fluido (ppg).

H = cabeza de alimentación * (Pies).

*Normalmente 75 ft de cabeza.

Una deficiencia de P cabeza reduce la velocidad del fluido dentro del cono y afecta la eficiencia de separación (descarga de soga).

Un exceso de P cabeza puede causar desgaste prematuro y aumentará los costos de mantenimiento (cortes muy secos-taponamientos)

Manipulando el diámetro del fondo del cono se puede remediar el exceso o deficiencia de cabeza.

4.4 LOS DESARENADORES Y DESARCILLADORES

Los desarenadores son usados en Fluidos con poco peso para separar partículas tamaño arena de 74 micrones o mas grandes.

Los hidrociclones separan sólidos de acuerdo a su densidad.

El punto de corte de estos hidrociclones aproximadamente esta entre 50 a 80 micrones.

En Fluidos pesados no es muy recomendable usar este equipo debido a que la densidad de la barita es sustancialmente más alta que la de los sólidos perforados.



Desarcilladores

Los conos de los desarcilladores son fabricados en una gran variedad de tamaños, en un rango de 2 6 pulgadas. Son usados para separar sólidos perforados en un rango de 12 a 40 micrones.

El desarcillador difiere del desander en el tamaño de los conos y punto de corte pero su funcionamiento es igual.

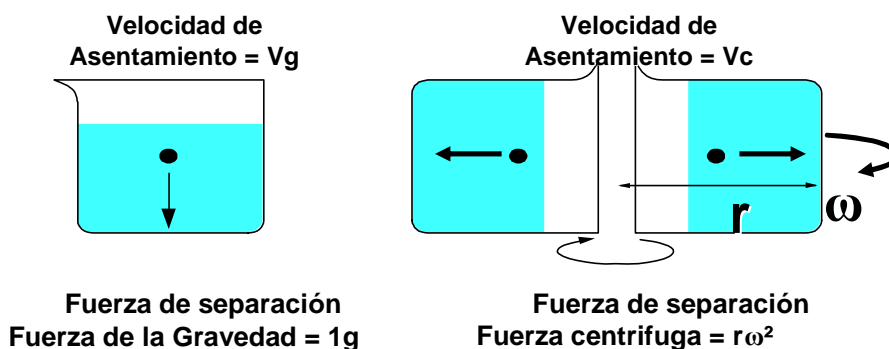
Gran cantidad del tamaño de partícula de la barita se encuentra en el rango de "Limo" es por esta razón que en Fluidos densificados no es muy recomendable el uso de los desarcilladores.



4.5 CENTRIFUGAS

Velocidad de Asentamiento enunciada por la ley de Stoke.

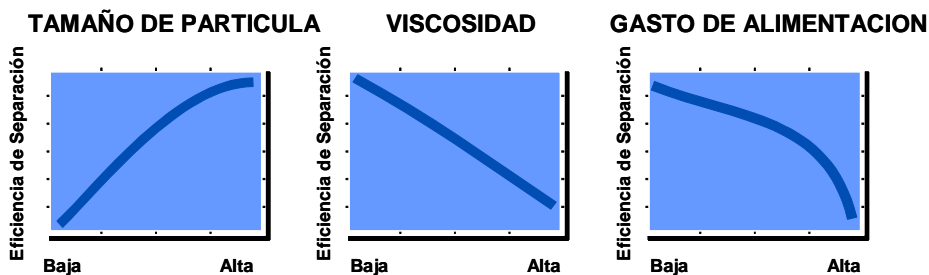
Cuando un objeto se hace girar alrededor de un eje, la gravedad aumenta de un "G" en el eje de rotación a cierta fuerza G máxima de la periferia del objeto. Por tanto, los sólidos que necesitan horas o días para separarse por sedimentación, pueden separarse en segundos con una centrifuga, y el punto de corte en la separación centrifuga depende de la fuerza G y del tiempo.



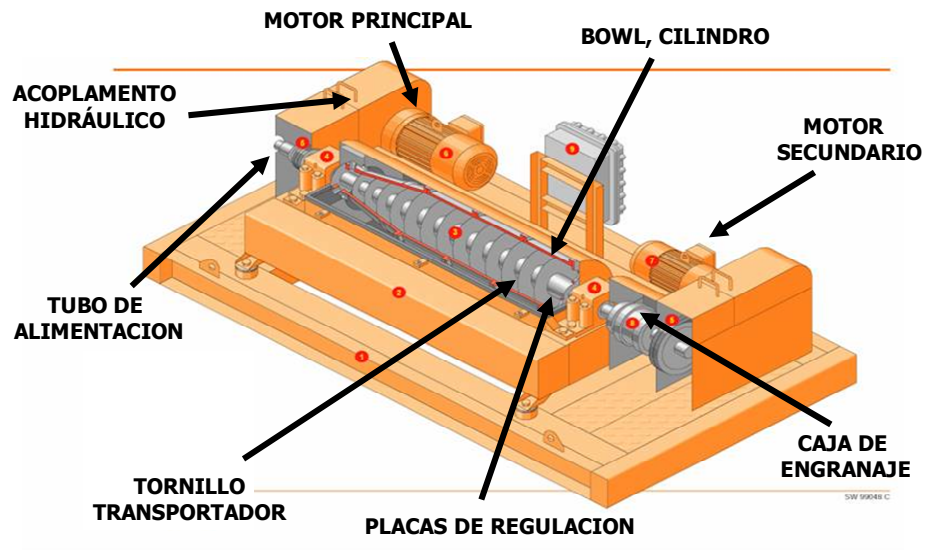
EFECTO

De la Variación de los Parámetros

$$V_g = \frac{d^2 (\rho_p - \rho_l) r \omega^2}{18\mu}$$

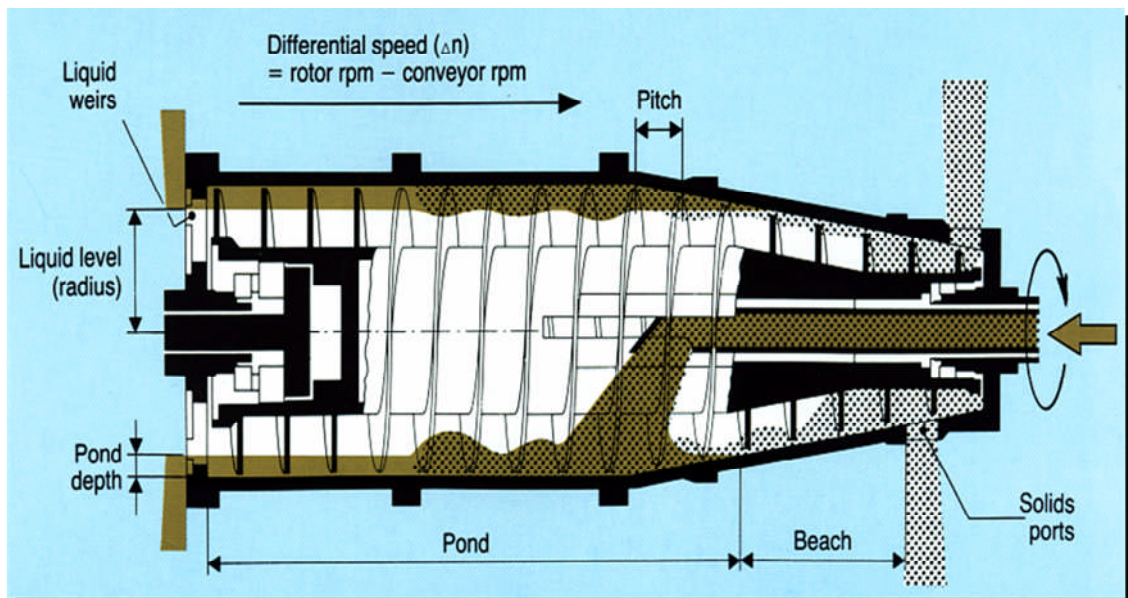


4.5.1 Principales componentes de las centrífugas:



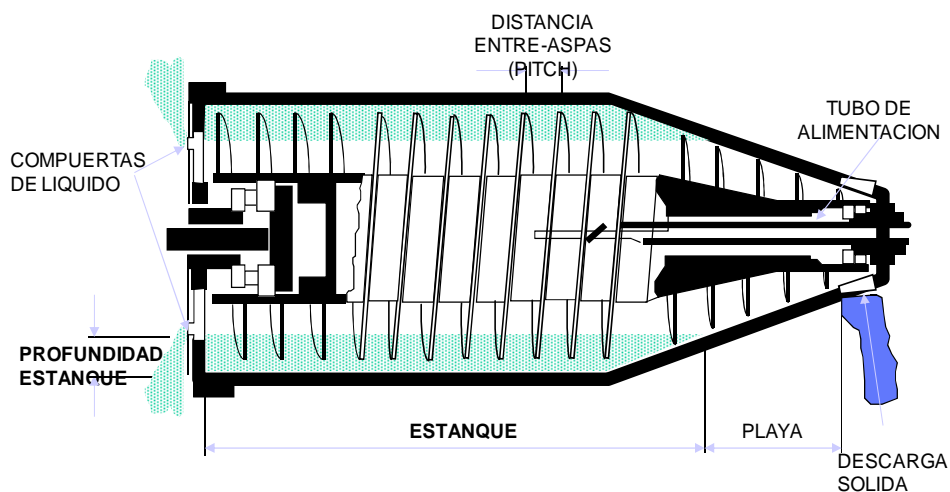
4.5.2 Principio de Trabajo

Separación de los sólidos de la fase líquida, que no han sido removidos ni por las Temblorinas ni los hidrociclones.



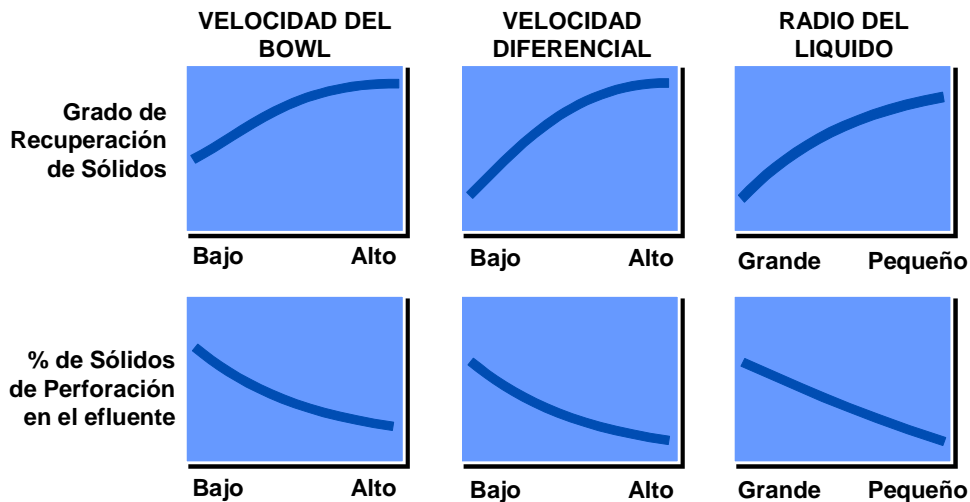
Los siguientes son los parámetros que determinan el desempeño de las centrifugas:

- ✓ La fuerza G, la cual depende del diámetro y la velocidad del bowl.
- ✓ La viscosidad del fluido
- ✓ La rata de procesamiento
- ✓ La profundidad del deposito
- ✓ La velocidad diferencial entre el bowl y el conveyor
- ✓ La posición del tubo de alimentación de la centrifuga



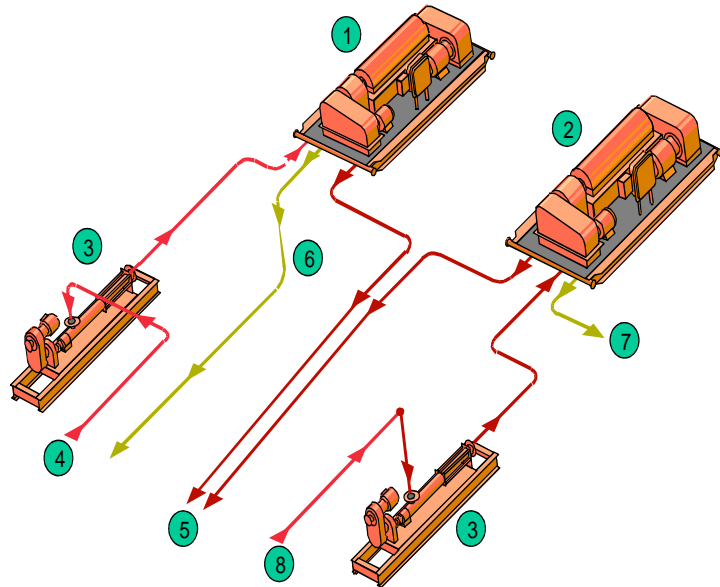
- ✓ Los sólidos son separados por grandes fuerzas centrífugas, las cuales son generadas por la rotación del bowl.
- ✓ El conveyor gira a una velocidad menor creando una velocidad diferencial que permiten la acumulación de los sólidos hacia las paredes del bowl y su descarga por los los extremos del mismo.
- ✓ El fluido libre de sólidos es descargado desde el deposito en el otro extremo del bowl.

4.5.3 Comportamiento para Diferentes Diseños



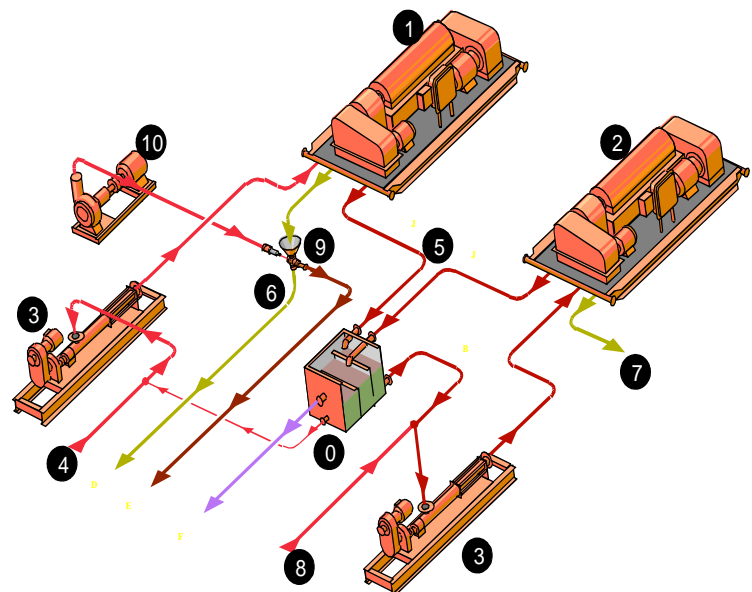
4.5.4 Operación Dual de Centrifugas – Lodo no Densificado

- ❶ CENTRIFUGA 414
- ❷ CENTRIFUGA 518
- ❸ BOMBA DE ALIMENTACION
- ❹ ALIMENTACION BOMBA
- ❺ DESCARTE DE LIQUIDOS
- ❻ DESCARTE DE SOLIDOS
- ❼ DESCARTE DE SOLIDOS
- ❽ ALIMENTACION BOMBA

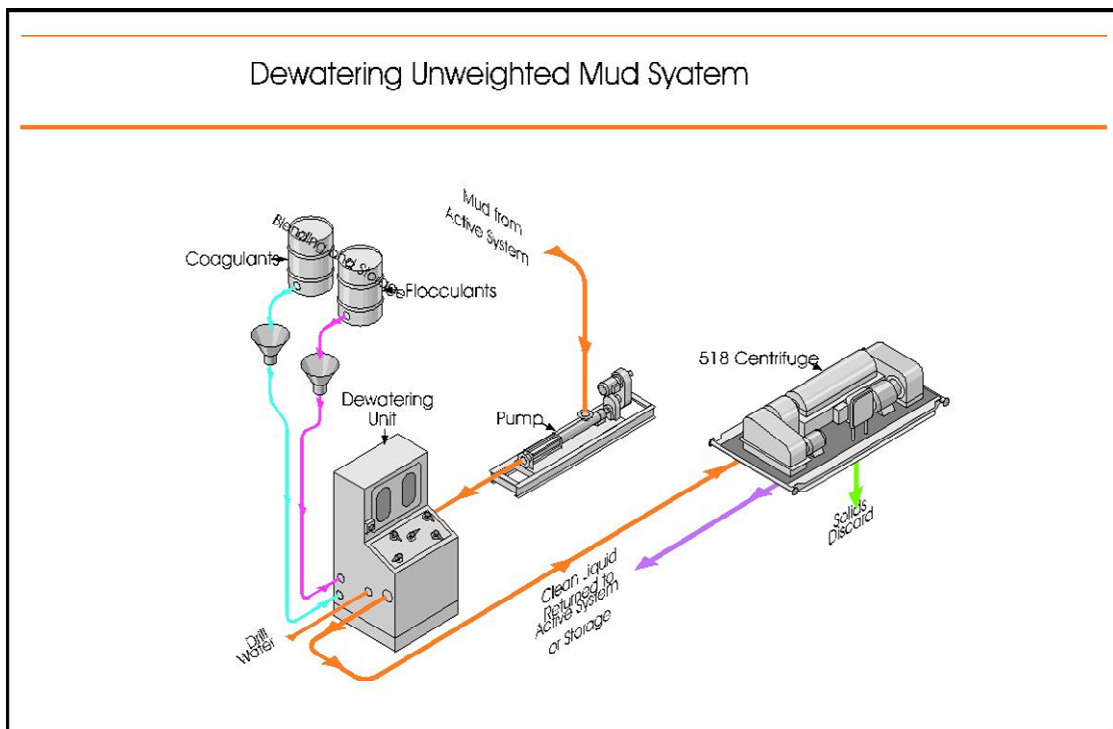


4.5.5 Operación Dual de Centrifugas – Lodo Densificado

- ❶ CENTRIFUGA 414
- ❷ CENTRIFUGA 518
- ❸ BOMBA DE ALIMENTACION
- ❹ ALIMENTACION BOMBA
- ❺ DESCARTE DE LIQUIDOS
- ❻ RECUPERACION DE SOLIDOS
- ❼ DESCARTE DE SOLIDOS
- ❽ ALIMENTACION BOMBA
- ❾ FUNIL DE DESCARGA BARITA
- ❿ BOMBA CENTRIFUGA
- ⓪ CATH TANK



4.5.6 Operación para Deshidratación de lodos



4.6 DESGASIFICADORES Y SEPARADORES DE GAS - LODO

4.6.1 Desgasificadores

La presencia de GAS en el lodo puede ser:

- Dañino para los equipos del equipo de perforación (Corrosivo).
- Un problema potencial de control de pozo.
- Letal si es toxico o inflamable (H_2S , CO_2).

Las bombas centrifugas, hidrociclones y bombas de lodo del equipo de perforación, pierden eficiencia si el lodo tiene corte de gas.

El desgasificador debe ser instalado entre la presa de asentamiento (trampa de arena) y los primeros hidrociclones (Desander).

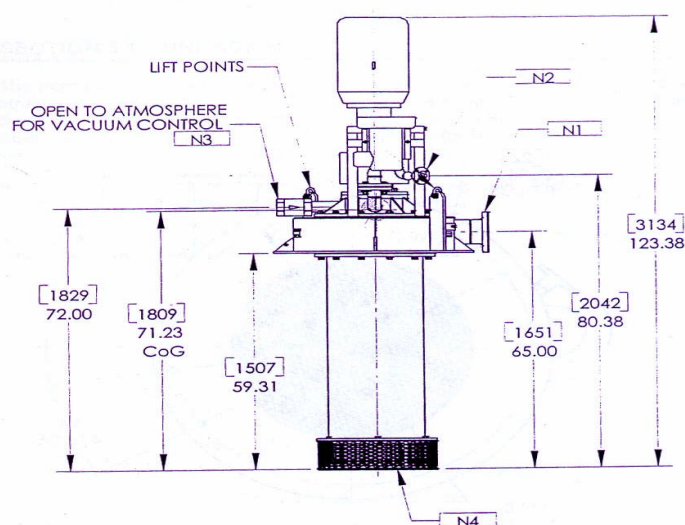
Revisar regularmente el desgasificador, antes de iniciar cualquier operación de perforación.

Siempre probar el desgasificador antes de iniciar cualquier operación de perforación.

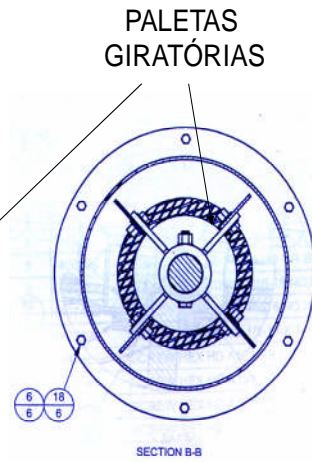
Existen dos tipos de Desgasificadores:

- a) Desgasificadores Atmosféricos: Aceptable en Fluidos livianos y baja viscosidad.
- b) Desgasificadores de Aspiración (Vacío) : Son superiores a los Atmosféricos y muy usados en Fluidos pesados y de alta viscosidad.

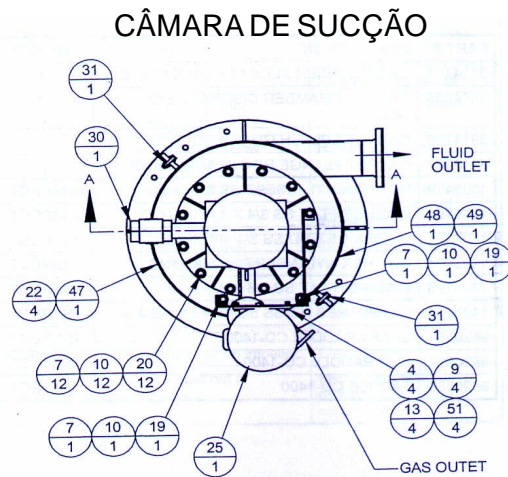
SWACO CD 1400 HURRICANE



Desgasificador Atmosférico



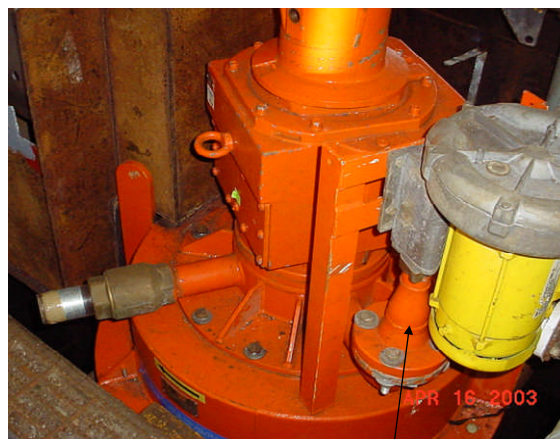
Paletas Giratorias



Cámara de Succión



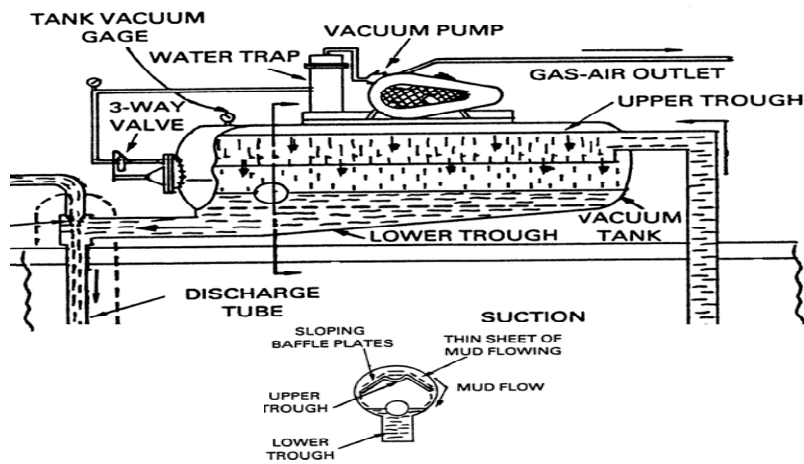
SUCCION DE GÁS



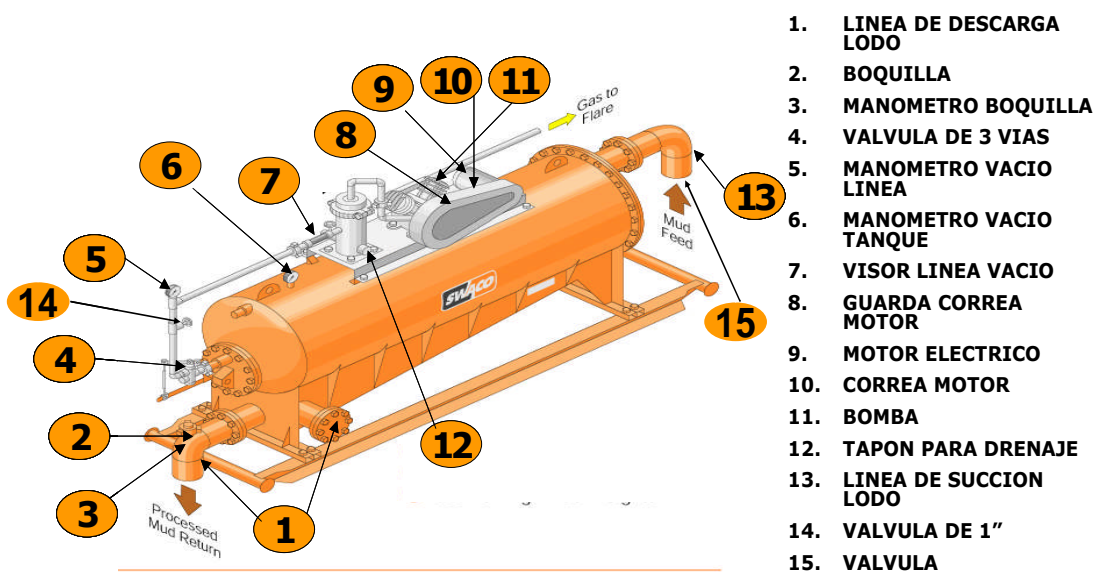
SUCCION DE GÁS



Desgasificador Tipo vacío

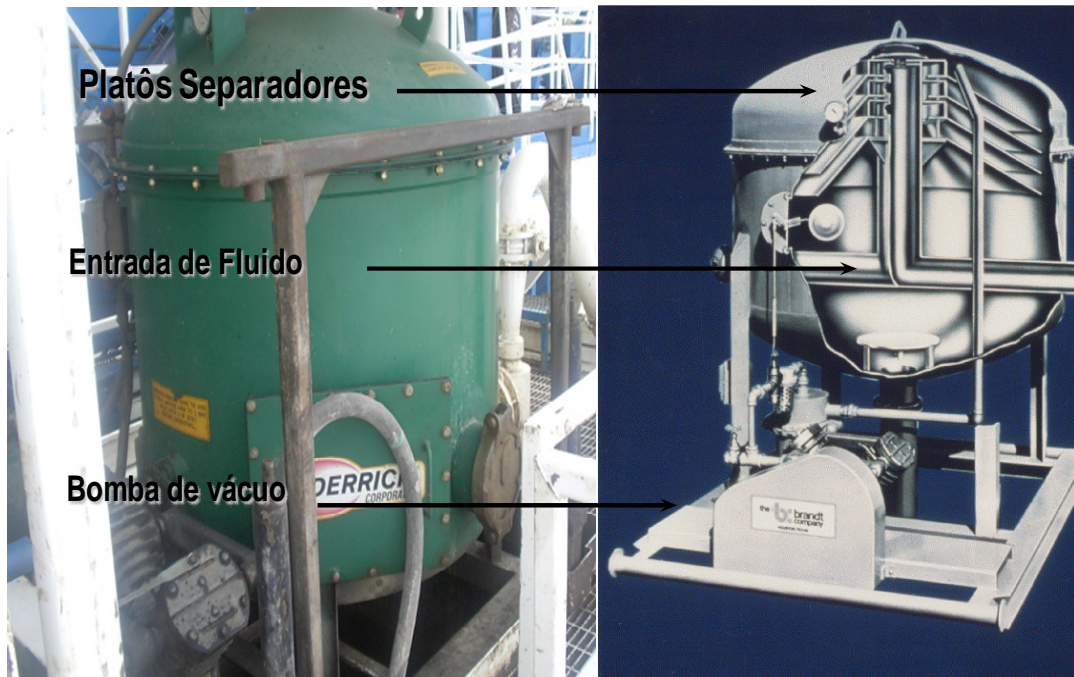


4.6.2 Partes del Desgasificador Tipo Vacío:

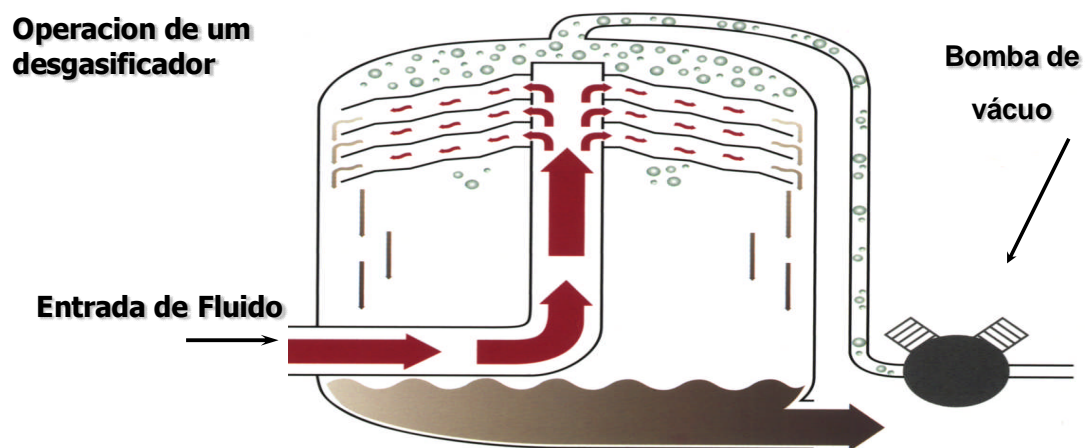


1. LINEA DE DESCARGA LODO
2. BOQUILLA
3. MANOMETRO BOQUILLA
4. VALVULA DE 3 VIAS
5. MANOMETRO VACIO LINEA
6. MANOMETRO VACIO TANQUE
7. VISOR LINEA VACIO
8. GUARDA CORREA MOTOR
9. MOTOR ELECTRICO
10. CORREA MOTOR
11. BOMBA
12. TAPON PARA DRENAJE
13. LINEA DE SUCCION LODO
14. VALVULA DE 1"
15. VALVULA

Interior de un desgasificador

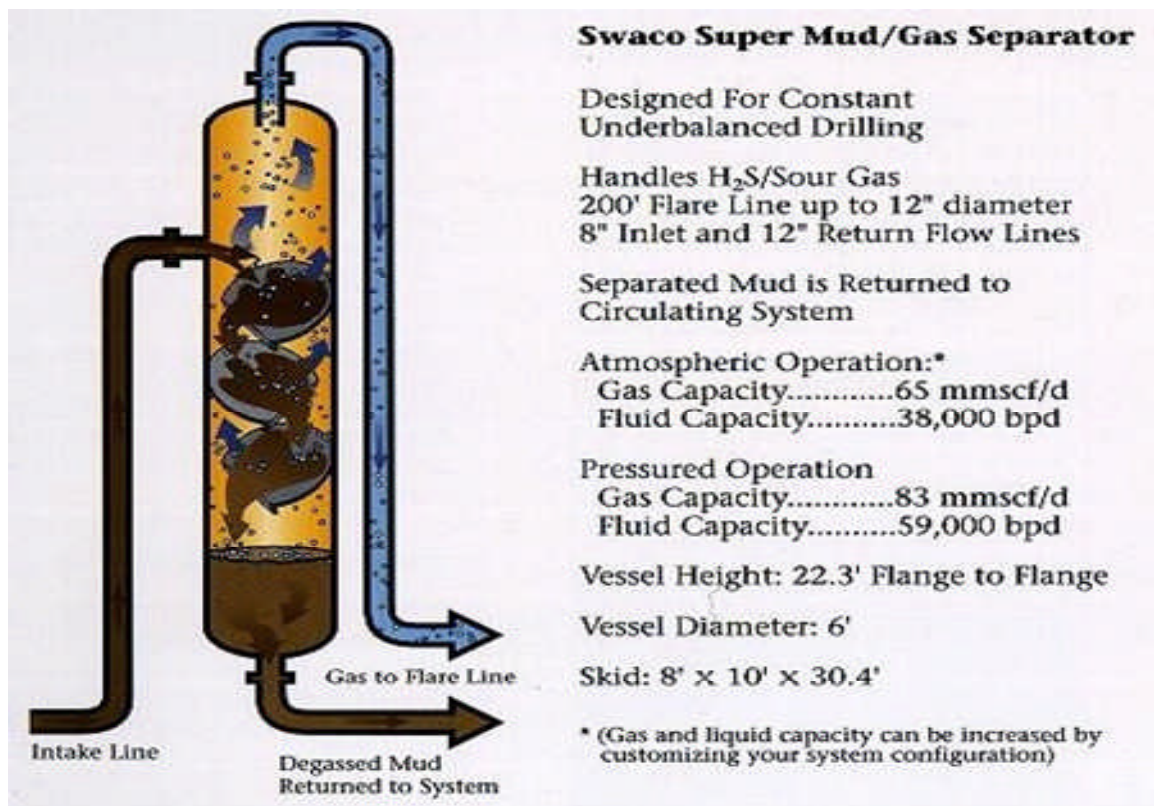


Operación de un Desgasificador

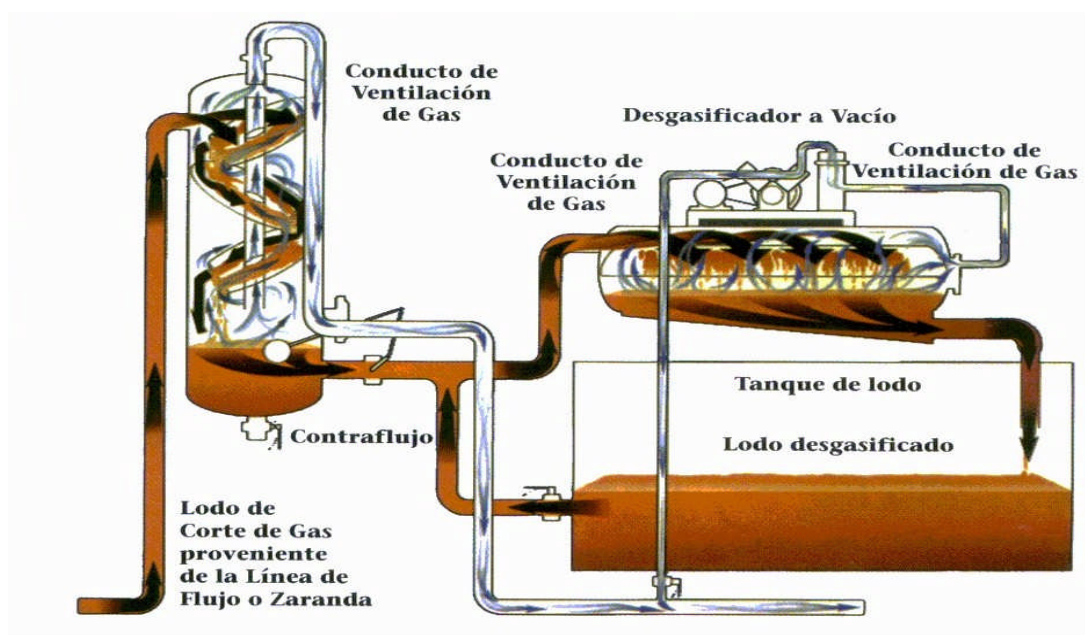


Stacked Leaf Arrangement allows superior gas/liquid separation. Vacuum pump eliminates remixing and inefficient cyclonic re-separations.

4.6.3 Separadores Gas – Lodo.



4.6.4 Separación por Diferencia de Densidades



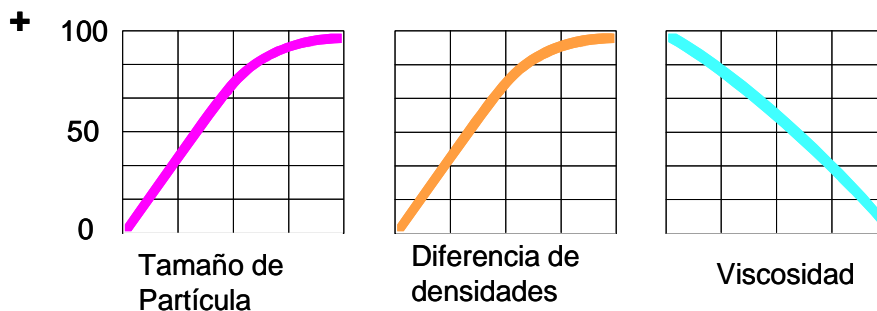
4.6.5 Ley de Stoke y Eficiencia de Separación

$$V_g = \frac{d^2 (\rho_p - \rho_l)g}{18\mu}$$

- V_g = Velocidad de asentamiento (m/s)
 d = Diámetro de la partícula (m)
 ρ_p = Densidad de la partícula (kg/m³)
 ρ_l = Densidad de la fase líquida (kg/m³)
 μ = Viscosidad de la fase líquida (kg/ms)
 g = Aceleración de la gravedad (m/s²)



Eficiencia de Separación

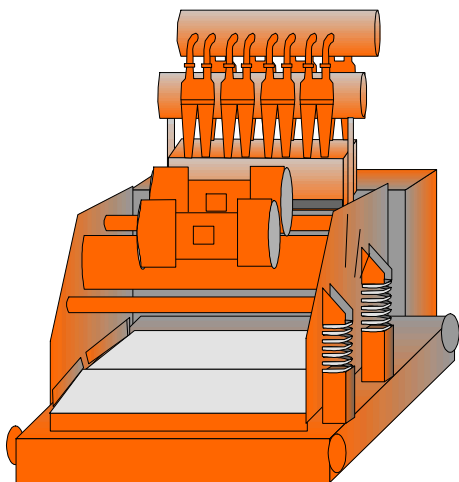


$$V_g = \frac{d^2 (\rho_p - \rho_l)g}{18\mu}$$

4.7. EQUIPO DE LIMPIADOR DE LODOS

Mudcleaner o Limpiador de Fluido es básicamente una combinación de un desilter colocado encima de un tamiz de malla fina y alta vibración .

El proceso remueve los sólidos perforados tamaño arena aplicando primero el hidrociclón al Fluido y posteriormente procesando el desagüe de los conos en una zaranda de malla fina.



Según especificaciones API el 97 % del tamaño de la barita es inferior a 74 micrones y gran parte de esta es descargada por los Hidrociclones (Desilter /Desander). El recuperar la barita y desarenar un Fluido densificado es la principal función de un limpiador de Fluidos o Limpia Fluidos.

Equipo de Tres en Uno

Es una adaptación de tres equipos en uno (Temblorina, D-silter y D-sander).

Se usa cuando hay poca disponibilidad de espacio.



5.- BOMBAS CENTRIFUGAS

Las bombas centrífugas se utilizan en la operación de varios componentes del equipo de control de sólidos (hidrociclones) y en otras funciones de procesamiento de lodo.

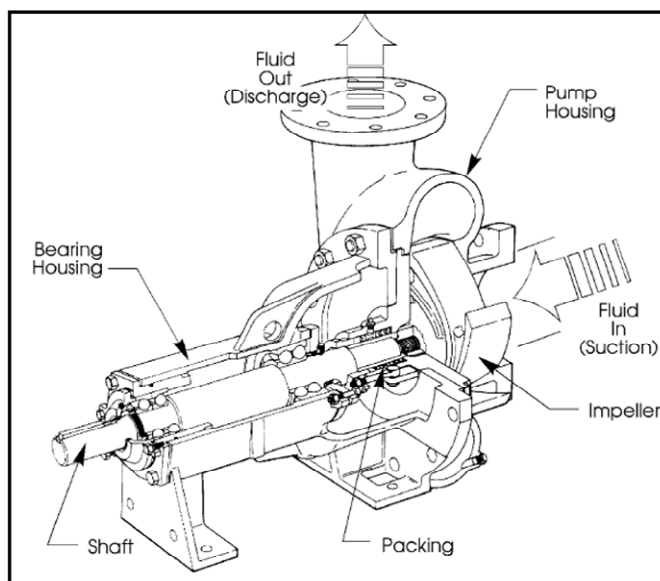
La comprensión del tamaño destinado a las bombas para producir la energía correcta es de suma importancia para lograr una operación eficiente del equipo de control de sólidos u otro equipo

5.1 Características Básicas

- Generalmente ofrecen presiones bajas y constantes.
- Altas tasas de flujo de fluido.
- Aplicación especial en hidrociclones y sistemas de mezclados.
- Deben instalarse según diseño para proveer la presión y caudal requerida.

5.2 Principio de operación

- Impulsor o impeller
- Cubierta o carcasa
- Eje o flecha
- Rodamientos o valeros
- Sellos mecánicos.
- Acople flexible.



5.3 Energía Hidrostática

- La energía mecánica de una bomba centrífuga es transformada en energía hidrostática.
- La energía hidrostática se define como la altura vertical que puede desarrollar o producir una bomba.
- Esta altura hidrostática producida se mide ya sea en pies o metros de agua o líquido.

- La altura hidrostática dependiendo de la densidad puede convertirse en presión.

5.4 Altura Hidrostática vs Presión

- La presión en forma de energía se consume de dos manera:
 - Altura
 - Fricción
- La relación entre la presión y la altura hidrostática:

$$\text{Presión (psi)} = 0.052 * \text{Altura Hidrostática (pie)} * \text{Densidad}$$

Altura Hidrostática = Altura de columna de fluido (pie)

Densidad = Peso del fluido (lb/gal)

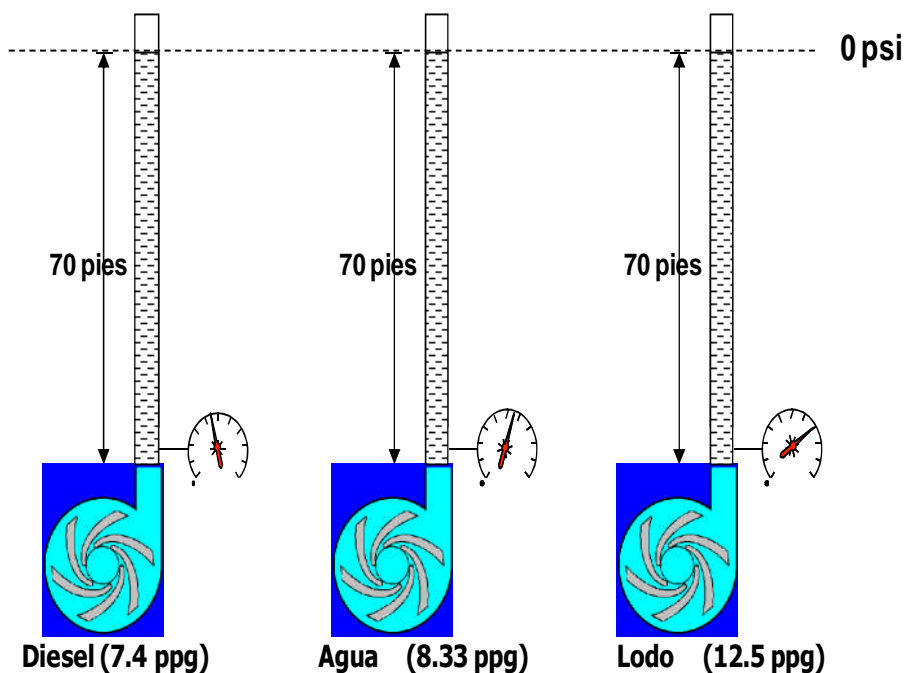
0.52 Conversión de unidades (gal/(plg²*pie))

- La presión máxima se observará en la descarga de la bomba y será cero a una altura hidrostática máxima.

Diesel (psi) = 70 x 7.40 x 0.052 = 26.9 psi

Agua (psi) = 70 x 8.33 x 0.052 = 30.3 psi

Lodo (psi) = 70 x 12.5 x 0.052 = 45.5 psi



5.5 Altura Hidrostática vs Aceleración

- La altura hidrostática es el resultado de la aceleración centrífuga.

- La altura hidrostática es función solo de la velocidad del impeller o impulsor y del diámetro del mismo.

$$\text{Altura hidrostática (pies)} = V^2 / 2g$$

V = velocidad del impulsor o impeller (pie/seg)

g = aceleración de la gravedad (32 pie/seg²)

5.6 Altura Hidrostática vs Gravedad

- Que la altura hidrostática producirá una bomba con un impulsor de 12" que gira a 1750 rpm?

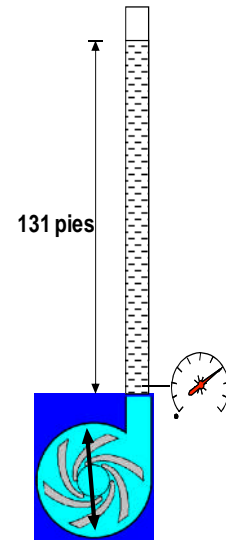
$$V = \omega \times D \times \pi$$

$$V = \left[\frac{1750 \text{ rev}}{60 \text{ seg}} \right] \times \left[\frac{12 \text{ pie}}{12} \right] \times 3.14$$

$$V = 91.6 \text{ pie/seg}$$

$$H = V^2 / (2 \times g) \text{ pies}$$

$$H = 91.6^2 / (2 \times 32) = 131 \text{ pies}$$



La altura hidrostática será mayor si mayor es el diámetro y los RPM de la bomba.

5.7 Presión de Vapor

Es La presión a la cual un líquido pasa de la fase líquida a la fase vapor.

La presión de vapor del agua a 100°C es 14.7 psi y a 25°C es de 0.44 psi.

Temperatura		Presión de vapor de Agua	
°F	°C	PSI	PIE
70	21	0.36	0.8
80	27	0.51	1.2
90	32	0.70	1.6
100	38	0.95	2.2
110	43	1.27	2.9
120	49	1.69	3.9
130	54	2.22	5.1
140	60	2.89	6.7
150	66	3.72	8.6
160	71	4.74	11.0
170	77	5.99	13.8
180	82	7.51	17.0

5.8 Cavitación

- Una vez encendidas las bombas estas irán incrementando el caudal hasta alcanzar la altura hidrostática máxima, si esto no ocurre se estará produciendo cavitación.
- Es el fenómeno por el cual la presión total del fluido en la entrada de la bomba alcanza la presión de vapor del líquido bombeado.
- Las burbujas formadas son impulsadas por el impeller hacia afuera donde la presión es mayor, estas burbujas colapsan e implotan originando daño en el material de la bomba.
- Un impeller que este trabajando para condiciones de cavitación puede remover grandes cantidades de material de su superficie.

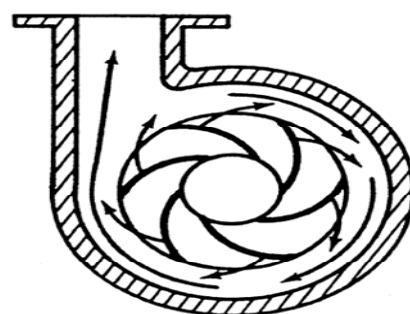
Las burbujas de gas disminuyen el espacio anular entre el impeller y la carcasa perturbando la continuidad del fluido:

- ✓ Disminución del caudal.
- ✓ Disminución de la altura hidrostática.
- ✓ Rendimiento de la bomba
- ✓ Ruido y vibración en la bomba



- Para evitar la Cavitación debe cumplir la condición:
 - ✓ La presión del sistema en la entrada debe ser mayor que la presión de vapor del fluido bombeado.

$$p_{\text{entrada}} > p_{\text{vapor}}$$



5.9. Net Positive Suction Head (NPSH).

En términos de altura hidrostática la condición que permite evitar la cavitación será de :

$$\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$$

Donde:

NPSH_d : Es parte independiente de la bomba definida por las condiciones del

medio donde va a operar la bomba.

NPSH_r : Es parte que depende tan solo de la bomba, este dato es experimental y es proporcionado por el fabricante de la bomba.

$$\text{NPSH}_d = \text{Ha} \pm \text{He} - \text{Hf} - \text{Hvp}$$

Donde:

Ha = Altura hidrostática atmosférica (pies) = 14.7 psi x 2.31 pies/psi

He = Altura hidrostática de elevación (pies)

Hf = Altura hidrostática de fricción (pies)

Hvp = Presión de vapor del lodo a la temperatura de bombeo (pies)

Por tanto la diferencia entre NPSH_d y NPSH_r debe ser positiva.

$$\text{NPSH} = \text{NPSH}_d - \text{NPSH}_r$$

Tendremos fluido entrando a la bomba a la misma velocidad que la cual estaría saliendo.

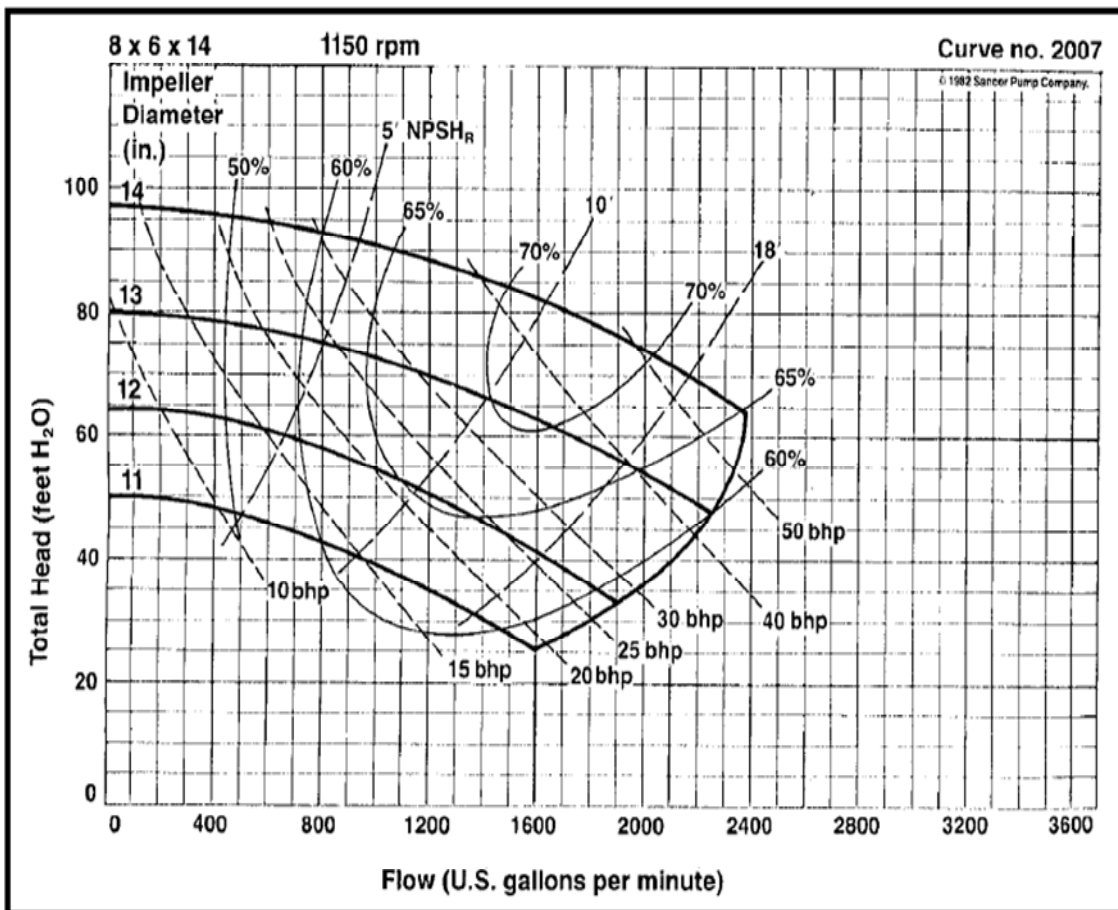
5.9.1 Factores que Afectan NPSH_d

Los factores básicos que afectan el NPSH_d son los siguientes:

- ✓ La presión atmosférica
- ✓ Distancia desde la bomba a la superficie del lodo.
- ✓ Perdida por fricción en la tubería de succión.
- ✓ Presión de vapor del lodo a la temperatura del bombeo.

5.9.2 Factores que afectan NPSH_r

Es una función del impulsor de la bomba y el caudal producido, este valor es determinado experimentalmente y proporcionado por el fabricante.



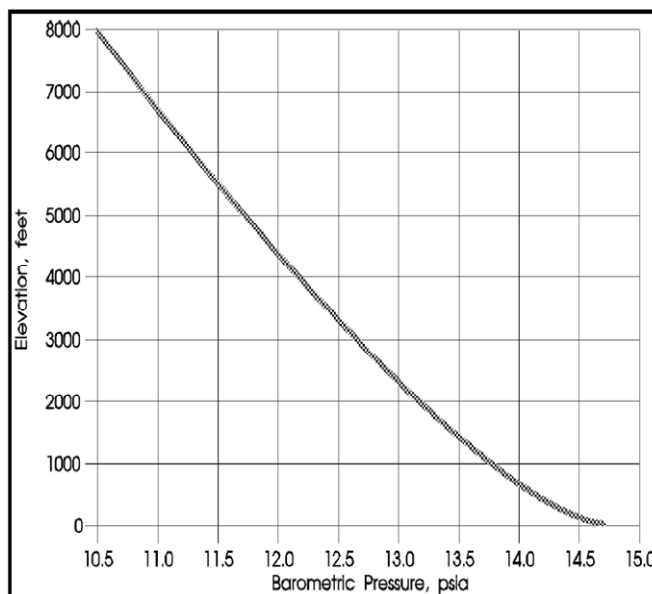
Curva de NPSHr

5.10 Presión Atmosférica

La presión atmosférica al nivel del mar es de 14.7 psi o 34 pies de altura hidrostática. (1 pie = 0.433 psi)

La presión atmosférica disminuye con la altura.

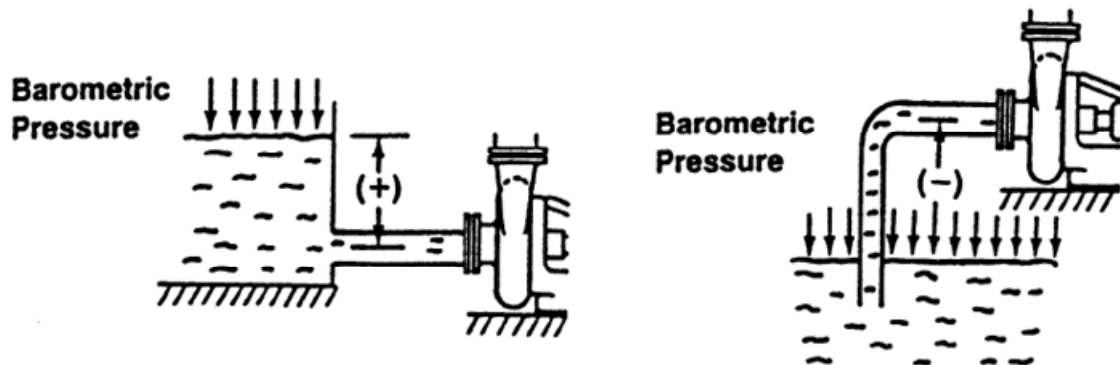
ALTITUDE	PRESSURE
NIVEL DEL MAR	14.7 PSI
1000 FEET	13.8 P SI
2000 FEET	13.2 P SI
3000 FEET	12.7 P SI
4000 FEET	12.2 P SI
5000 FEET	11.7 P SI
6000 FEET	11.3 P SI
7000 FEET	10.8 P SI
8000 FEET	10.5 P SI



Altura Hidrostática de Elevación H_e :

Es la distancia vertical entre la línea central del eje de la bomba y la superficie del lodo que se esta bombeando. Dependiendo de la posición de la bomba este valor puede ser (+) o (-).

También se llama sumersión por succión.



Altura Hidrostática de Fricción:

Es la resistencia al flujo del fluido a través de la tubería y los accesorios en la parte de succión de la bomba.

Esta altura hidrostática debe reducirse al mínimo de las siguientes maneras:

- ✓ Reducir al mínimo la longitud de la tubería de succión y utilizar de mayor diámetro posible.
- ✓ Reducir al mínimo el número de accesorios: codos, uniones T, curvas, etc.
- ✓ El diámetro de la tubería debe ser tal que la velocidad del fluido debe estar entre 4 a 10 pies/seg.

Altura Hidrostática de Fricción H_f :

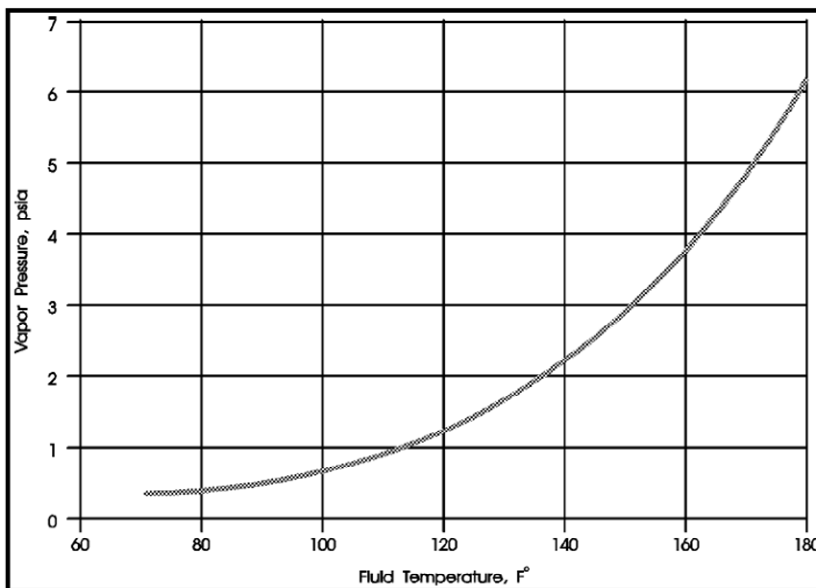
La velocidad del fluido en una tubería puede ser calculada mediante la ecuación:

$$\text{Velocidad (pies/seg)} = \frac{\text{GPM} \times 0.4}{\text{Diámetro Tubería (plg)}}$$

Diámetro de la tubería (plg)	Taza de Flujo Recomendada (gpm)	
	Velocidad min. 4 pies/seg.	Velocidad máx. 10 pies/seg.
2	45	105
4	160	400
5	260	625
6	360	900
8	650	1550

Presión de Vapor del Lodo Hvp:

A medida que disminuye la presión, el agua se evapora a una temperatura mas baja.



Altura Hidrostática Mínima (pie)

La altura hidrostática mínima que debe producir una bomba centrífuga para cualquier aplicación esta dado:

$$H_{min.} = H_h + H_f + H_a$$

H_h = Altura entre el manifold de la aplicación y la superficie del fluido en el tanque (pie).

H_f = Perdidas por fricción a través de la tubería de descarga, línea, codos, unión T, etc. (pie)

H_a = Altura hidrostática de la aplicación (pie)

6.- APLICACIONES DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS

Las principales aplicaciones de las bombas centrifugas son para:

- ✓ Hidrociclones
- ✓ Desgacificadores
- ✓ Agitación de lodo
- ✓ Transferencia de fluidos
- ✓ Mezclado de lodos
- ✓ Bombas triples de supercarga

Hidrociclones:

En la siguiente tabla se da a conocer diferentes marcas de Hidrociclones con sus respectivos diámetros, alturas y capacidades.

Marca	Altura Hidrostática Recomendada y GPM Nominales					
	Desarcillador Cono de 4"		Desarenador Cono de 10"		Desarenador Cono de 12"	
	Altura (pie)	GPM	Altura (pie)	GPM	Altura (pie)	GPM
Brandt	75	60	***	***	75	500
Derrick	75	60	75	500	***	***
Harrisburg	75	50	75	500	***	***
Swaco	90	75	***	***	75	500

6.1 Ejemplos

Como ejemplo N° 1, utilizando dicha tabla .

Cual es la altura hidrostática min. de la bomba, para un desarenador de 12" Swaco, si se instala a 15 pie por encima de la descarga y la perdida por fricción dentro de la tubería es de 6 pies?.

De la tabla: Desarenador 12" = 75 pies de altura hidrostática

$$H_{min} = H_h + H_f + H_a$$

$$H_{min} = 15 + 6 + 75 = 96 \text{ pies}$$

La bomba debe ser capaz de producir 96 pies de altura hidrostática para que el desarenador funcione correctamente.

Ejemplo 2:

Si el indicador instalado en la descarga de la bomba, leería 95 pies de altura hidrostática y el indicador instalado en el desarenador indicaría 75 pies de altura hidrostática. Si el peso del lodo fuese de 9.5 lb/gal. Cuales serian los valores de lectura en psi de los indicadores?

- ✓ En la descarga de la bomba: Presión (psi) = $95 \cdot 0.052 \cdot 9.5 = 46.93$ psi
- ✓ En la entrada al desarenador: Presión (psi) = $75 \cdot 0.052 \cdot 9.5 = 37.05$ psi

Ejemplo 3:

Un hidrocyclon esta procesando lodo de 9.1 lb/gal y el manómetro indica 20 psi. El proveedor recomienda una altura hidrostática de 75 pies y debe procesar 900 gpm. Cual es la altura hidrostática real y cual es el caudal real de procesamiento?

- ✓ La hidrostática real será: Altura (pies) = $20 / (0.052 \cdot 9.1) = 42.3$ pies
- ✓ El caudal real de procesamiento:
$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{GPM_1^2}{GPM_2^2}$$

Donde:

H_1 = Altura hidrostática del proveedor (pies)

GPM_1 = Caudal de procesamiento a H_1 (gpm)

H_2 = Altura hidrostática real (pies)

GPM_2 = caudal de procesamiento real a H_2 (gpm)

$$GPM_2 = GPM_1 \left(\frac{H_2}{H_1} \right)^{1/2} = 900 \times \left(\frac{42.3}{75} \right)^{1/2} = 675.9 \text{ gpm}$$

Estos valores disminuyen el rendimiento de los hidrocyclones.

El cambio en las revoluciones de las bombas centrifugas, dependiendo de la instalación, las RPM pueden ser fijas o variables, de la siguiente manera:

- ✓ Transmisión directa: El eje de la bomba esta conectado directamente al eje del motor (rpm de la bomba = rpm del motor).
- ✓ Transmisión por correa: El eje de la bomba esta conectado al eje del motor mediante poleas y correa (las rpm de la bomba son el producto de las rpm del motor y la relación del diámetro de la polea de la bomba al diámetro de la polea del motor).

Ejemplo 4:

El motor de una bomba centrifuga gira a 1150 rpm con un diámetro de polea de 12", y el lado bomba tiene una polea de 6" de diámetro. Cual será la velocidad de rotación del impeller?

$$RPM_2 = RPM_1 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)$$

RPM_1 = Velocidad de rotación polea lado motor (rpm).

D_1 = Diámetro de la polea lado motor (plg).

RPM_2 = Velocidad de rotación polea lado bomba (rpm)

D_2 = Diámetro de la polea lado bomba (plg)

$$RPM_2 = 1150 \times \left(\frac{12}{6} \right) = 2300 \text{ rpm}$$

6.2.- Presión de Carga de Funcionamiento de la Bomba Centrífuga

Para todas las aplicaciones que requieren una bomba centrífuga para la operación, el proveedor ha recomendado una presión de carga de funcionamiento que resultara en un régimen de tratamiento según caudal (GPM) nominal (rendimiento máximo).

La operación a cualquier otra presión de carga producirá un cambio de régimen de tratamiento, de acuerdo con la siguiente relación:

$$H_1 * GPM_2^2 = H_2 * GPM_1^2$$

Donde:

H1: Presión de carga del proveedor

GPM1: Galonaje de tratamiento a H1

H2: Presión de carga efectiva

GPM2: Galonaje de tratamiento a H2.

Carga de Aspiración Neta.

Debe haber una carga suficiente en el lado de aspiración de la bomba para forzar el fluido a entrar en la bomba al mismo ritmo que el fluido trata de salir por el lado de la descarga.

Si esta carga no es suficiente habrá cavitación.

Tipos de Carga de Aspiración Neta Positiva (CANP) :

- a) **CANP Requerida:** Cuando el caudal (GPM) de la bomba aumenta, se requiere más CANP.
- b) **CANP Disponible:** La presión atmosférica, temperatura del lodo, la altura del lodo encima del eje de la bomba y la carga de fricción de la tubería de aspiración determinan la CANP disponible.

$$CANP = CANP_D - CANP_R$$

Factores que afectan a la Carga de Aspiración Neta:

- a) Presión Atmosférica : La presión atmosférica disminuye con la altura.
- b) Altura del lodo encima del eje de la bomba.
- c) Carga de fricción (pies) en la tubería de aspiración: La carga de fricción en la aspiración debe ser minimizada, sino el fluido tratará de salir por la descarga más rápidamente que por la succión provocando "cavitación".

- d) Presión de vapor del lodo : Cuando la presión aumenta, el agua se vaporiza (se convierte en gas) a una temperatura mas baja.

CANP Disponible (CANP_D) y la CANP Requerida (CANP_R)

La carga de aspiración neta positiva disponible será lo siguiente:

$$\text{CANP}_D = H_a + H_e + H_f + H_{vp}$$

Donde:

H_a : Carga atmosférica.

H_e : Carga de altura (bomba a superficie del lodo).

H_f : Carga de fricción (perdida por fricción en la aspiración)

H_{vp} : Presión de vapor del lodo a la temperatura de bombeo.

CANP_R, indica directamente por las curvas de rendimiento. Es un factor limitado para el caudal volumétrico.

Curva de desempeño de una Bomba Centrifuga

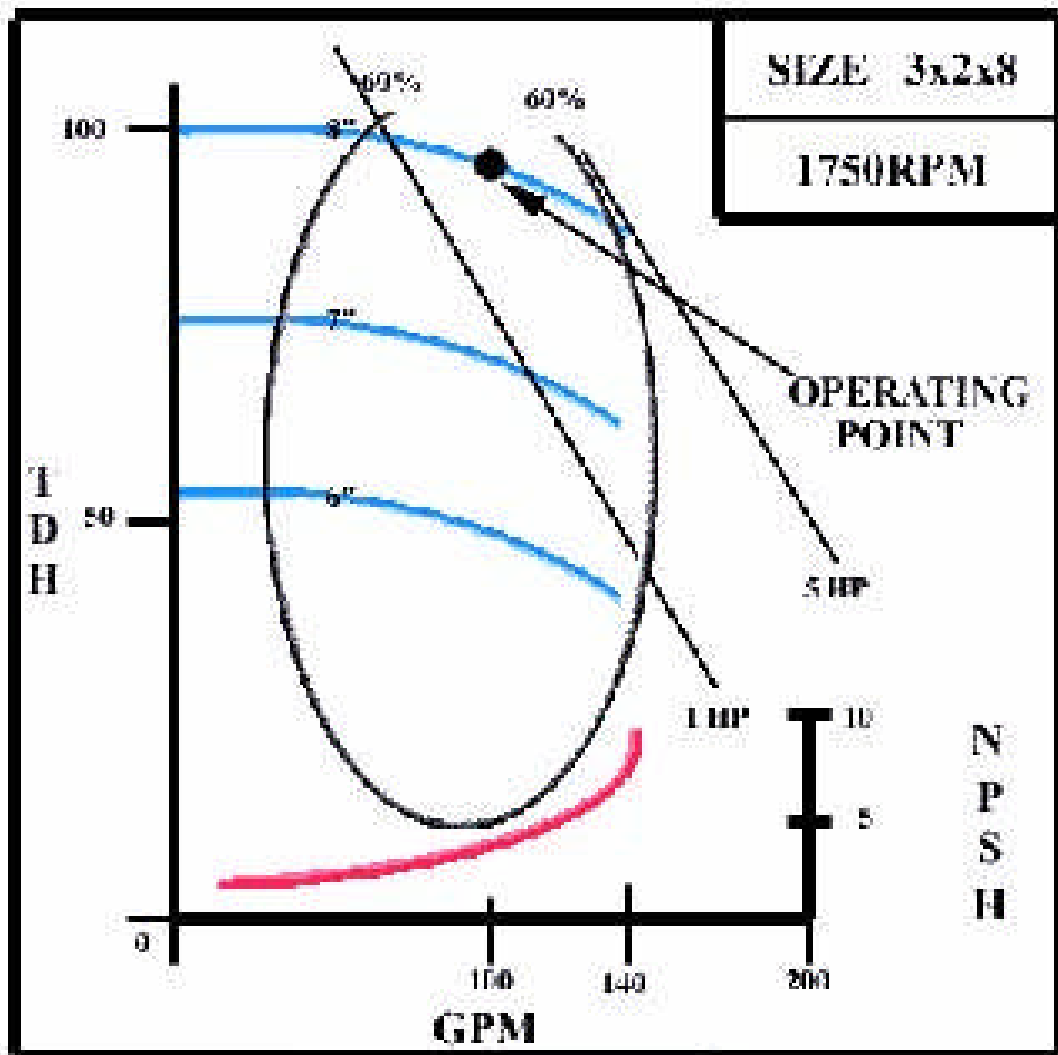
Las curvas de desempeño de una bomba centrifuga es producida por el fabricante de pruebas de desempeño y muestran la relación entre el caudal, la eficiencia, la CANP_R y BHP_R.

-A más cabeza menos caudal.

-A más baja cabeza mas caudal.

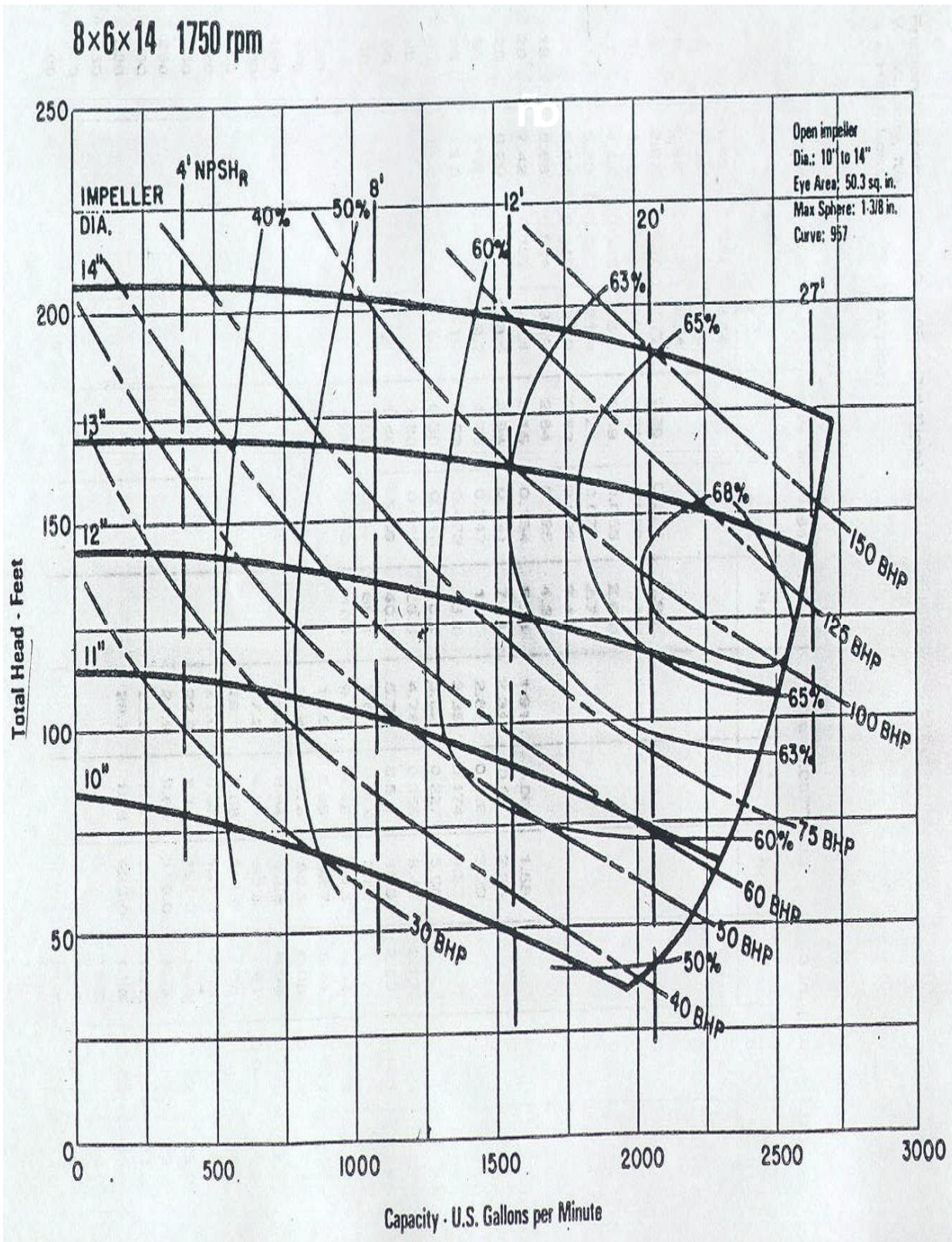
-A mas bajo caudal menos Horsepower

-A mas alto caudal mas Horsepower.



Curva de Desempeño

Curvas de Rendimiento ó de Desempeño



6.3. Selección del Tamaño de la Bomba

Para la selección de la Bomba se debe calcular la potencia (HP).

$$\text{Potencia (HP)} = \frac{\text{GPM} * (\text{pies de carga}) * (\text{Gravedad Especifica})}{3960 * \text{eficiencia}}$$

Donde:

Gravedad Especifica = {densidad en (lb/gl) / 8.33}

La Eficiencia de la bomba si no hay valor considerar = 0.75

Limites de capacidad para varias bombas

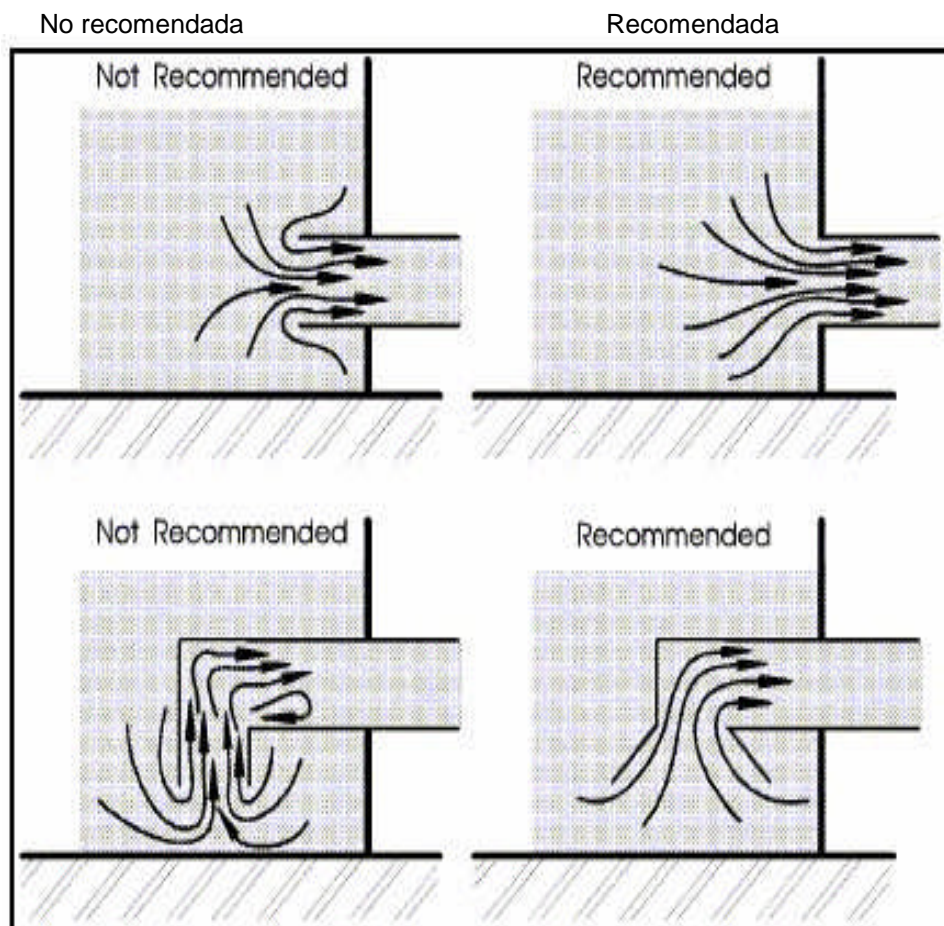
TAMAÑO DE LA BOMBA	CAUDAL MAXIMO (GPM)
2x3	450
3x4	750
4x5	1100
5x6	1600
5x6 Magnum	1800
6x8	1600
6x8 Magnum	2400

Se Lee la potencia requerida (BHP_R) para el agua en la curva de la bomba.

6.4 Diseño de Succión de la Bomba.

En la succión de la bomba hay que realizar lo siguiente:

- Minimizar las pérdidas de fricción.
- Reducir la cantidad de aire.
- Reducir la cantidad de volumen muerto antes de la succión , porque este volumen es perdido.



6.5. Afinidad para una Bomba Centrífuga.

El rendimiento de una bomba centrífuga es afectada por el cambio en velocidad (rpm) ó tamaño del impeller (diámetro).

Definiciones:

Q = Caudal en gpm.

D = Diametro del impeller en pulgadas.

H = Cabeza en pies.

BHP = Caballos de fuerza

N = Velocidad en rpm.

La afinidad para una bomba centrífuga con el diámetro del impeller permanece constante y la velocidad cambia de la siguiente manera:

a) **En el Caudal :** **$Q1 / Q2 = N1 / N2$**

Ejemplo:

@ 1750 rpm y 100 gpm. Cual es el caudal a 3500 rpm?

$$100 / Q2 = 1750 / 3500$$

$$Q2 = 200 \text{ gpm.}$$

b) **En la cabeza:** **$H1 / H2 = (N1)^2 / (N2)^2$**

Ejemplo: @ 100 pies de cabeza y 1750 rpm. Cual es la cabeza a 3500 rpm?

$$100 / H2 = (1750)^2 / (3500)^2$$

$$H2 = 400 \text{ pies.}$$

c) **En la Potencia:** **$BHP1 / BHP2 = (N1)^3 / (N2)^3$**

Ejemplo: @ 5 BHP y 1750 rpm. Cuantos caballos de fuerza son rqueridos a 3500 rpm.

$$5 / BHP 2 = (1750)^3 / (3500)^3$$

$$BHP2 = 40$$

La ley de Afinidad para una bomba centrífuga con la Velocidad Constante y con el cambio del impeller será:

a) **Caudal :** $Q_1 / Q_2 = D_1 / D_2$

Ejemplo : @ 100 gpm. Con un impeller 8". Cual es el caudal con un impeller de 6".

$$100 / Q_2 = 8 / 6$$

$$Q_2 = 75 \text{ gpm.}$$

b) **En la Cabeza:** $H_1 / H_2 = (D_1)^2 / (D_2)^2$

Ejemplo : @ 5 BHP con un impeller 8". Cuantos Caballos son requeridos con un impeller de 6".

$$5 / \text{BHP}_2 = (8)^2 / (6)^2$$

$$\text{BHP}_2 = 2.1$$

7.- EVALUACION DE COSTOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE SOLIDOS

a) Costos Por Servicios de Equipos de Control de Sólidos.

FECHA DE INICIO 15 DE MAYO DEL 2009							
PERIODO : DEL 01 AL 31 DE JULIO 2009				FASE : PERFORACION			
TIPO DE SERVICIO SERVICIO EQUIPOS DE CONTROL DE SOLIDOS Y MANEJO DE DESECHOS							
SOLIDS CONTROL EQUIPMENT							
Equipment Description	QTY	Unit Cost		DIAS FULL	DIAS STAND BY		total Cost (\$)
		Full	Stand-by				
MONGOOSE SHAKER No.1	1			2	18		0,0
MONGOOSE SHAKER No.2	1			2	18		0,0
MONGOOSE SHAKER No.3	1			2	18		0,0
518 CENTRIFUGE 1	1				20		0,0
MOYNO PUMP 1	1				20		0,0
MUD CLEANER MONGOOSE	1				20		0,0
CENTRIFUGAL PUMP 5X6	1				20		0,0
518 CENTRIFUGE 2	1				20		
MOYNO PUMP 2	1				20		
SOLIDS CONTROL EQUIPMENT		1.490,00	700,00	2	20		\$16.980,00
DEWATERING SYSTEM							
DEWATERING UNIT	1				20		0,0
AGITATOR	1				20		0,0
INJECCION PUMPS	1	0,00	-		20		
TRANSFER PUMPS	1				20		0,0
DEWATERING SYSTEM		300,00	150,00		20		\$3.000,00
WATER TREATMENT SYSTEM							
WATER TREATMENT UNIT	4				20		0,0
TRANSFER PUMPS	3				20		0,0
INJECCION PUMPS	2				20		0,0
WATER TREATMENT SYSTEM		305,00	305,00		20		\$6.100,00
HANDLE SOLIDS							
AUGERS	10				20		0,0
AUGERS ADDITIONAL	6	0,00	-		20		
HANDLE SOLIDS		800,00	640,00		20		\$12.800,00
ADDITIONAL EQUIPMENT							
CUTTING TANK	1			20			
PANEL DISTRIBUTION	1			20			
LABORATORY PORTACAMP	1			20			
DRYER SHAKER	1			20			
GENERATOR 450 KW	2			20			
100 HP VACUUM UNIT	1			20			
CILINDRIC TANK 350 BBL	4			20			
CHEMICAL MIXING TANKS	1			20			
ADDITIONAL EQUIPMENT		1.755,00	1.228,00	20			\$35.100,00
PERSONNEL							
SUPERVISOR	1	375,00		31	0		11.625,0
SOLIDS CONTROL_WASTE MA	6	1.305,00		31			40.455,0
ADDITIONAL EQUIPMENT		1.680,00		31			\$52.080,00
ADDITIONAL LIST							
ANALISYS WATER RECEPTOR	1	580,00			0		0,0
ANALISYS WATER TREATED	1	550,00					0,0
ANALISYS CUTTING	1	880,00					0,0
ADDITIONAL LIST							\$0,00
TOTAL COST EQUIPMENT							\$126.060,00

Costos de Productos Quimicos.

FECHA DE INICIO:	15 DE MAYO DEL 2009						
PERIODO:	DEL 01 AL 31 DE JULIO 2009		FASE:		PERFORACION		
TIPO DE SERVICIO:	SERVICIO EQUIPOS DE CONTROL DE SOLIDOS Y MANEJO DE DESECHOS						
SCREEN CONSUMPTION - INVENTORY							
Equipment Description	QTY	Unit Cost		Utilizados Tramo	DIAS Stand By		total Cost (\$)
		Full	Stand-by				
MONGOOSEXR84C	0	360,00					0,0
MONGOOSEXR105C	0	370,00					0,0
MONGOOSEXR120C	0	370,00					0,0
MONGOOSEXR165C	0	380,00					0,0
MONGOOSEXR200C	0	395,00					0,0
MONGOOSEXR230C	0	420,00					0,0
MONGOOSEXL270C	0	430,00					0,0
MONGOOSEXL325C	0	450,00					0,0
MONGOOSEHC325C	0	450,00					0,0
	0	0,00					
TOTAL SCREEN SHAKER							\$0,00
CHEMICAL CONSUMPTION - WASTE TREATMENT							
Equipment Description	QTY	Unit Cost		Utilizados Tramo	DIAS STAND BY	Code	total Cost (\$)
		Full	Stand-by				
Polimer OFXC 1143 (sacos 25 kgs)		250,00					0,0
Polimer OFXC 1146 (sacos 25 kgs)		275,00					0,0
Polimer OFXC 1148 (sacos 25 kgs)		290,00					0,0
Sulfato de Aluminio (sacos de 25 kgs)		46,00					0,0
Cal Hidratada (sacos de 25 kgs)		12,00					0,0
Hipoclorito de Calcio (sacos de 45 kgs)		110,00					0,0
Acido Acetico (drum de 30 kgs)	4	70,00		0			280,0
Soda Caustica (sacos de 25 kg)		24,80					0,0
Polimer OFXC 8296 (sacos 25 kgs)		290,00					0,0
TOTAL CONSUMO QUIMICOS							\$280,00
TOTAL COST CONSUMPTION							\$280,00

Costos de Mallas y Productos Quimicos

FECHA DE INICIO:		27 DE DICIEMBRE 2008					
PERIODO :		DEL 1 al 31 Julio 2009			FASE :		8,50
TIPO DE SERVICIO:		CONSUMIBLES MALLAS Y PRODUCTOS QUIMICOS					
SCREEN CONSUMPTION - INVENTORY							
Equipment Description	QTY	Unit Cost		Utilizados Tramo			total Cost (\$)
		Price					
MONGOOSE XR50 MAGNUM PT		300,00					
MONGOOSE XR84 MAGNUM PT		360,00					
MONGOOSE XR105 MAGNUM PT		370,00					
MONGOOSE XR120 MAGNUM PT		370,00					
MONGOOSE XR165 MAGNUM PT		380,00					
MONGOOSE XR200 MAGNUM PT	4	395,00					1.580,0
MONGOOSE XR230 MAGNUM PT		420,00					
MONGOOSE XR270 MAGNUM PT		430,00					
MONGOOSE XR325 MAGNUM PT		440,00					
TOTAL SCREEN SHAKER							\$1.580,00
CHEMICAL CONSUMPTION - WASTE TREATMENT							
Equipment Description	QTY	Unit Cost		Utilizados Tramo	DIAS STAND BY	Code	total Cost (\$)
		Unit Size	Price				
POLIMERO 1143	4	25KG	200,00				800,0
POLIMERO 1146	25	25KG	235,00				5.875,0
POLIMERO 1148	8	55GA	270,00				2.160,0
POLYFLOC 100		25KG	400,00				
ALUMINIUN SULFATE	165	25KG	46,00				7.590,0
LIME		55GA	12,00				
HYPOCLORITE CALCIUM	4	40KG	110,00				440,0
ACETIC ACID		35KG	70,00				
POLYMER 4020		25KG	400,00				
POLYMER 4010		25KG	400,00				
POLYMER 4000		25KG	400,00				
TOTAL CONSUMO QUIMICOS							\$16.865,00
TOTAL COST CONSUMPTION					\$18.445,00		

8.- CONCLUSIONES

- * Mantener sólidos de calidad que concuerden con las propiedades de fluido de perforación deseadas.
- * Minimizar el porcentaje de sólidos por volumen.
- * Para lograr nuestra meta, utilice sólidos comerciales de alta gravedad específica (barita) para la densidad de lodo requerida.
- * Utilice sólidos comerciales de baja gravedad específica (bentonita y/o polímero) para la viscosidad y pérdida de fluido requerida.
- * Utilice equipo mecánico para eliminar los sólidos no deseados de la formación.
- * Monitorear rutinariamente las cantidades del sistema de lodos.
- * Nuestra meta es controlar el % total de sólidos por volumen a la densidad de lodo deseada.
- * El tamaño de las bombas centrífugas debe ser adecuado para la aplicación específica en que se utilizarán, de lo contrario la energía producida será incorrecta y se obtendrán resultados no deseados.
- * Todas las aplicaciones para las bombas centrífugas tienen requerimientos mínimos de cabeza hidrostática para poder funcionar adecuadamente.
- * El punto de corte de la centrifuga requiere de un periodo de retención mayor o igual que el periodo de asentamiento (periodo de retención constituye una función de la velocidad de procesamiento (GPM)
- * Todas las centrifugas poseen limitantes de eliminación (ton/hora), si estas se sobrepasan la unidad se parará.
- * El exceso de centrifugación para recuperar barita, elimina innecesariamente líquido y costosos aditivos para el lodo.
- * La viscosidad y el control reológico son la razón por la cual operamos una centrifuga para recuperar la barita.
- * La recuperación de Barita es el proceso del componente más costoso de cualquier sistema de lodo densificado.
- * Se debe trabajar con mallas uniformes para las zarandas, ya que trabajar con mallas de diferentes medidas hace reducir la eficiencia de separación de recorte.

9.- BIBLIOGRAFIA

- Equipos de control de Sólidos, MI SWACO (2003-2009).
- A Tuboscope Company BRAND. Control de Sólidos.
- Sistema Cleant Cut. MI SWACO
- A varco Company BRAND. Control de Sólidos (año 2000).