

2005  
DOMINGUEZ MENDOZA, JOSE ARTURO

011 53



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

DIVISIÓN DE INGENIERIA EN  
CIENCIAS DE LA TIERRA

**PROYECTO TERMINAL**

OPTIMIZACIÓN DEL EQUIPO DE CONTROL DE SÓLIDOS  
DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DE PERFORACIÓN

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :

**ESPECIALISTA EN INGENIERIA**

(PETROLERA /PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS)

**PRESENTA**

NOMBRE: JOSE ARTURO DOMÍNGUEZ MENDOZA  
DIRECTOR: ING. HECTOR A. MANDUJANO SANTIAGO



m346037

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cd. Universitaria, México, D.F.  
Noviembre del 2005



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## RESUMEN

El avance tecnológico mundial, ha hecho que la industria petrolera, busque nuevos métodos y equipos que le proporcionen un ahorro de tiempo, costos de operación y eviten el daño ecológico al entorno de los pozos.

El presente trabajo, en primer lugar nos menciona los diferentes arreglos que la Región Sur de Petróleos Mexicanos, ha utilizado durante la perforación de pozos respecto al control de sólidos, los avances que con el tiempo han ido ocurriendo y su implementación en el campo, se hace mención de las diferentes formaciones que son perforadas así como los diferentes problemas que se presentan durante las operaciones.

Se efectúa un análisis de los equipos utilizados últimamente en los cuales se han integrado sistemas para la protección al entorno del pozo, evitando posibles daños a la ecología del lugar.

Se proponen los arreglos del equipo de control de sólidos en función al campo y la profundidad del objetivo ya que en la actualidad hay campos que se desarrollan con pozos llamados esbeltos, por los diámetros que se utilizan durante su perforación

Son proporcionados algunos costos de los diferentes elementos que componen un sistema ó equipo de control de sólidos, con la finalidad de dar una idea de lo elevado que pueden ser las operaciones si no se optimizan las mismas y como consecuencia el alto costo de un pozo.

## ÍNDICE

Resumen

Introducción

CAPITULO I.- Evolución de los sistemas de control de sólidos.

CAPITULO II.- Análisis de sistemas de control de sólidos actuales y su aplicación en pozos de la región sur.

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## INTRODUCCIÓN

El volumen de formación removido durante la perforación de un pozo es suficiente para hacer titubear la imaginación. A menudo deben ser transportadas por el lodo grandes cantidades de recorte; en la perforación de un pozo, por ejemplo, para perforar un pozo a 3048 m. y un diámetro de 9 1/2", deben removerse 500,000 Kg. de recorte y acarrearlos a la superficie, por lo tanto, en esta discusión es de importancia primordial la remoción de dichos recortes a la superficie por el lodo. Cualquier recorte que no sea eliminado, consume potencia al ser recirculado, siendo dispersado dentro de la fase líquida del lodo, ocasionando una pobre reología, limpieza inadecuada del agujero y reducción en los avances de perforación. En la mayoría de las veces se emplean esfuerzo y dinero en el mantenimiento del lodo para eliminar los efectos que los sólidos perforados tienen sobre las propiedades del lodo.

Uno de los medios más comúnmente usados y en muchos casos el más costoso, es la dilución para corregir la acumulación de sólidos perforados; por ejemplo, en un lodo pesado con 35% de sólidos en volumen, de los cuales el 25% es barita y el 10% de sólidos baja gravedad específica, la dilución requiere un volumen igual al volumen del lodo que va a ser tratado para reducir los sólidos perforados a un 5%. La restauración de las propiedades del lodo después de la dilución es un procedimiento caro. Las ventajas de usar un lodo con el contenido de sólidos más bajo posible son bien conocidas siendo la ventaja más importante la de mantener mayores avances de perforación, especialmente cuando la columna hidrostática del lodo se mantiene cercana al equilibrio con la presión de los fluidos de la formación ( perforación balanceada). De esta manera no sólo se logran mejores avances, sino que se obtiene mayor eficiencia de bombeo y se necesita menor refaccionamiento en las bombas. Estas pueden circular el lodo a un gasto mayor con una presión menor, reduciéndola en el espacio anular, ayudando a minimizar las pérdidas de circulación. El suministro de potencia hidráulica será empleado en

las toberas de la barrena en forma de mayor velocidad del lodo. El incremento de sólidos afecta todas las fases de operación de perforación, y si puede seguirse un programa efectivo de eliminación de sólidos se obtendrán ahorros en barrenas, horas de rotación, costos por: tratamientos químicos, mantenimiento en el sistema hidráulico y barita.

El problema de control de sólidos es tan complejo y tan importante económicamente que debe utilizarse cualquier medio disponible para su solución. Esta necesidad ha originado una diversidad de equipos y reactivos, cuya sola función es ayudar a eliminar los sólidos del lodo.

Ahora bien, el problema del control de sólidos puede controlarse por tres métodos, siendo estos:

- A) Dilución,
- B) Tratamiento químico,
- C) Tratamiento mecánico.

Debido a que los dos primeros resultan muy costosos y no muy funcionales, durante las operaciones de perforación se aplica el tratamiento mecánico para la eliminación de sólidos indeseables.

Así mismo, los pozos de la Región Sur son perforados en cuatro etapas importantes, donde se generan diferentes tamaños y tipos de recortes, lo que hace necesario el empleo de diferentes diseños de equipo de tratamiento mecánico para mantener el fluido de perforación en las mejores condiciones posibles.

## **O B J E T I V O**

Seleccionar el sistema optimo para el control de sólidos adecuado en las diferentes etapas de perforación de un pozo y apoyar la descripción de las bases de licitación.

## I.- EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE SÓLIDOS.

Los equipos de control de sólidos desempeñan un papel importante durante las operaciones de perforación. De su funcionamiento y eficiencia depende gran parte del éxito de los trabajos realizados durante la perforación de un pozo. Su optimización ha mejorado las condiciones de perforabilidad en los diferentes campos de la Región Sur.

En los últimos 25 años, una gran variedad de equipo, con tecnología avanzada ha sido utilizada para la remoción de sólidos, proporcionando mayor eficiencia y mejorando el control de las propiedades fisicoquímicas de los fluidos de perforación.

En este capítulo se describe la evolución tecnológica, capacidad y mecanismo de los equipos, variabilidad de mallas y beneficios obtenidos durante su uso en las operaciones de perforación.

Cuando a un fluido se le adicionan sólidos, disminuye la cantidad de líquido libre, modificando sus propiedades fisicoquímicas. Los fluidos de perforación, tienen la característica de contener sólidos propios y material densificado, además están expuestos a la incorporación de sólidos de la formación perforada, siendo necesario eliminar los que alteran las condiciones operativas.

Tres opciones pueden ser utilizadas para mantener las propiedades del fluido de perforación:

1.- No hacer nada y dejar que los sólidos aumenten. Cuando el lodo ya no tenga las especificaciones requeridas, eliminarlo e iniciar con lodo nuevo.

2.- Diluir durante las operación y dar tratamiento al sistema para mantener las propiedades dentro de los parámetros adecuados.

3.-Bajar el contenido de sólidos por medio de su extracción, para minimizar los gastos de dilución y mantenimiento del fluido.



En la mayoría de los casos, las primeras dos opciones han incrementado su costo y son inaceptables. Esto ha servido para acentuar la importancia de la tercer opción, la cual tiene un control eficiente de sólidos. La extracción de sólidos para minimizar volúmenes de dilución es normalmente más efectiva y nos proporciona los siguientes beneficios:

- 1.- Aumenta los ritmos de penetración.
- 2.- Reduce el costo de lodo.
- 3.- Reduce el requerimiento de material químico.
- 4.- Reduce el torque y las resistencias.
- 5.- Menor presión de trabajo.
- 6.- Operaciones de cementación con mayor eficiencia.
- 7.- Reducción de posibles pérdidas de circulación.
- 8.- Reduce el posible daño a la formación.
- 9.- Menor posibilidad de pegadura por presión diferencial.
- 10.- Reducción al impacto ambiental.
- 11.-Aumento de la vida de barrena.
- 12.- Reducción en la densidad equivalente de circulación.
- 13.- Eficiencia en la limpieza del pozo.

#### 14.- Menor costo del pozo.

La TABLA 1.1 muestra el tamaño de las partículas generadas al estar perforando, comparándolo con los productos agregados para dar las condiciones óptimas de lodo que nos dan su buen funcionamiento o en su caso mantenerlas; en la misma gráfica presenta los tamaños de malla necesarios para eliminar los sólidos producidos durante la perforación del pozo.

Los equipos de eliminación de sólidos durante diferentes épocas han evolucionado en relación al diseño del equipo; a continuación se mencionan sus componentes y algunas de las problemáticas enfrentada por el uso de éstos.

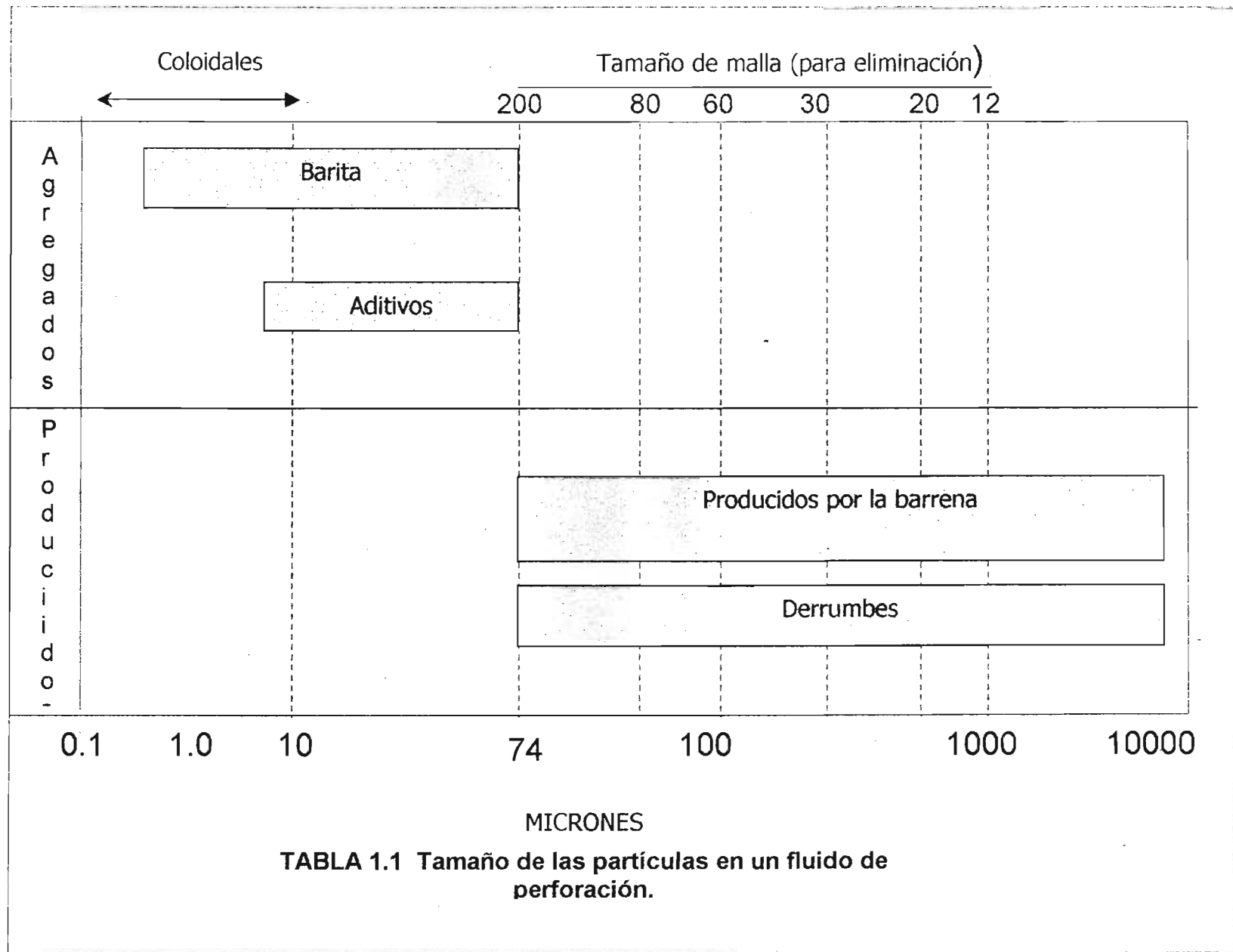
#### **Período 1960 a 1975.**

Este período se caracteriza por la utilización de sistemas compuestos por vibrador dúplex, desarenador, desarcillador y presas de terracería.

Los fluidos tratados con estos equipos, ocasionaban daño a las bombas de lodos, desgaste de las barrenas e incremento en los tiempos de perforación, por alta abrasividad. Se genera una alta dilución y por lo tanto los gastos de operación se incrementan en gran medida

**Vibrador Dúplex.**- Es un equipo de eliminación primaria de sólidos, con limitada capacidad de procesamiento de fluido, utiliza como máximo mallas de 80 mesh; su área de proceso es insuficiente para eliminar todos los sólidos gruesos en forma adecuada, principalmente al utilizar densidades altas, por lo que los sólidos son recirculados y triturados, hasta convertirse en tamaños coloidales que no es posible eliminarse mecánicamente.

**Desarenador.**- Elimina los sólidos por medio de fuerza centrífuga a través de hidrociclones de 8 a 12 pulgadas de diámetro, desechando sólidos y arenas con grandes volúmenes de lodo.



**TABLA 1.1** Tamaño de las partículas en un fluido de perforación.

**Desarcillador.-** Utiliza una combinación de hidrociclones y una canasta vibratoria de moción lineal diseñado para utilizar mallas hasta 200 mesh, estos equipos utilizan hidrociclones de 3 a 6 pulgadas de diámetro.

**Hidrociclones.-** Son dispositivos físicos que consisten de un recipiente en forma de cono, con una entrada lateral y dos salidas opuestas. Las salidas de los hidrociclones están una en la parte superior y otra en la parte inferior del cono. El mecanismo de separación en los hidrociclones se conoce como centrifugado. Dicho mecanismo se describe a continuación.

El hidrociclón remueve los sólidos del lodo de perforación mediante una fuerza centrífuga. El lodo entra al hidrociclón por la parte lateral, arrastrando a los sólidos, cerca del extremo superior. Luego baja en forma de espiral por el interior, creando una fuerza centrífuga y desarrollando altas velocidades, esta fuerza centrífuga es la que separa los sólidos de la corriente del lodo, los sólidos viajan alrededor del radio del cono sujetas a fuerzas de aceleración radial de varios cientos de  $m/seg^2$ , dependiendo de:

- a).- Tamaño del cono,
- b).- Velocidad de los sólidos y
- c).-De su posición relativa en el interior.

Finalmente los sólidos se eliminan por el fondo en forma de "spray" formando un vacío en el vórtice, mientras que el lodo sale por la parte superior del cono.

Por el principio de funcionamiento de los hidrociclones, estos se utilizan como desarenadores, desarcilladores y en los limpialodos, siendo la diferencia principal la dimensión y el número de conos. Los desarenadores son de diámetro mayor que los desarcilladores, debido al tamaño de partículas a manejarse. Además se pueden conectar en serie o en paralelo.

La FIGURA 1.1 muestra la disposición del equipo de control de sólidos en los pozos, indicando en cada paso el tipo de deficiencia encontrada, misma que dio la pauta para las mejoras en equipos posteriores.

### **Período de 1975 a 1991.**

Con la finalidad de mejorar la eliminación de sólidos indeseables en los fluidos de perforación, se incorpora a los equipos de control de sólidos el Limpialodos. Con el empleo de estos equipos se reduce la cantidad de sólidos abrasivos.

**Limpialodos.-** Es banco de hidrociclones acumulado sobre una malla vibrante. Los líquidos y las partículas más pequeñas que la malla son regresadas al sistema circulante; los sólidos removidos por la malla son desechados. Los tamaños de malla de 100 a 325 mesh son muy comunes. Los limpiadores de lodo fueron desarrollados originalmente para utilizarse en lodos pesados, para remover sólidos perforados hasta el tamaño de la barita ( 74 micrones ).

La FIGURA 1.2 muestra la disposición del equipo de control de sólidos en los pozos, indicando la adición del **Limpialodos** en el sistema así como algunas ventajas y desventajas.

**Período 1992 a 2000.** Se utilizan paquetes de control de sólidos, de tecnología avanzada, con innovadores arreglos en la distribución de los equipos y adecuaciones para manipular mayor cantidad de sólidos que son desechados.

Se implementa el sistema cascada, utilizando los vibradores dúplex como primer frente, para eliminación de sólidos de mayor tamaño, a partir de 1996, se aumenta la capacidad de proceso de cascada, por la integración de vibradores de triple canasta.

En este período se utilizan los sistemas de circuito cerrado, que además de los equipos de alta tecnología para desecho de sólidos, incluye el sistema

Dewatering, que por medio de centrifugación y tratamiento químico deflocula sólidos de fluidos residuales, incluyendo fluidos de perforación.

**Vibradores de alto impacto.-** Vibrador lineal doble canasta de alto impacto, con tres o cuatro mallas escalonadas para procesar 750 GPM, con velocidad del vibrador de 1800 RPM, en un principio se utilizaron mallas tipo planas, pero con la evolución de los sistemas, se desarrollaron otro tipo de mallas, conocidas como piramidales, las cuales tienen un área mayor, que permite el poder manejar un flujo mayor de fluido. Otra característica de estos vibradores es que se puede manejar el ángulo de operación de las canastas, desde los  $-15^\circ$  a  $+5^\circ$ , permitiendo así una mayor flexibilidad del equipo durante la perforación. En algunas ocasiones se han colocado hasta tres canastas, para lograr una mayor limpieza del fluido

Los vibradores de alto impacto pueden trabajar con mallas de 20 a 325 mesh, dependiendo de la etapa que se encuentre perforando.

Los vibradores de alto impacto pueden trabajar con mallas de 20 a 325 mesh, dependiendo de la etapa que se encuentre perforando.

**Centrífuga para separación de sólidos de alta gravedad específica y de baja gravedad específica .-** Es un dispositivo que consiste en un recipiente en forma de cono con una entrada central a lo largo del eje del cono y salidas para sólidos y líquidos, éstas se encuentran en el extremo final del cono para los sólidos y en el extremo inicial del cono para los líquidos, el mecanismo de separación en las centrífugas se conoce como centrifugado y el cual se describe a continuación:

El lodo se introduce a la centrífuga por el centro del embudo de transmisión o transportador (el cual es un tornillo sin fin), el cuerpo exterior de la centrífuga y el transportador se encuentran rotando en la misma dirección, pero a diferente velocidad angular. El transportador tiene unos orificios o puertas de alimentación

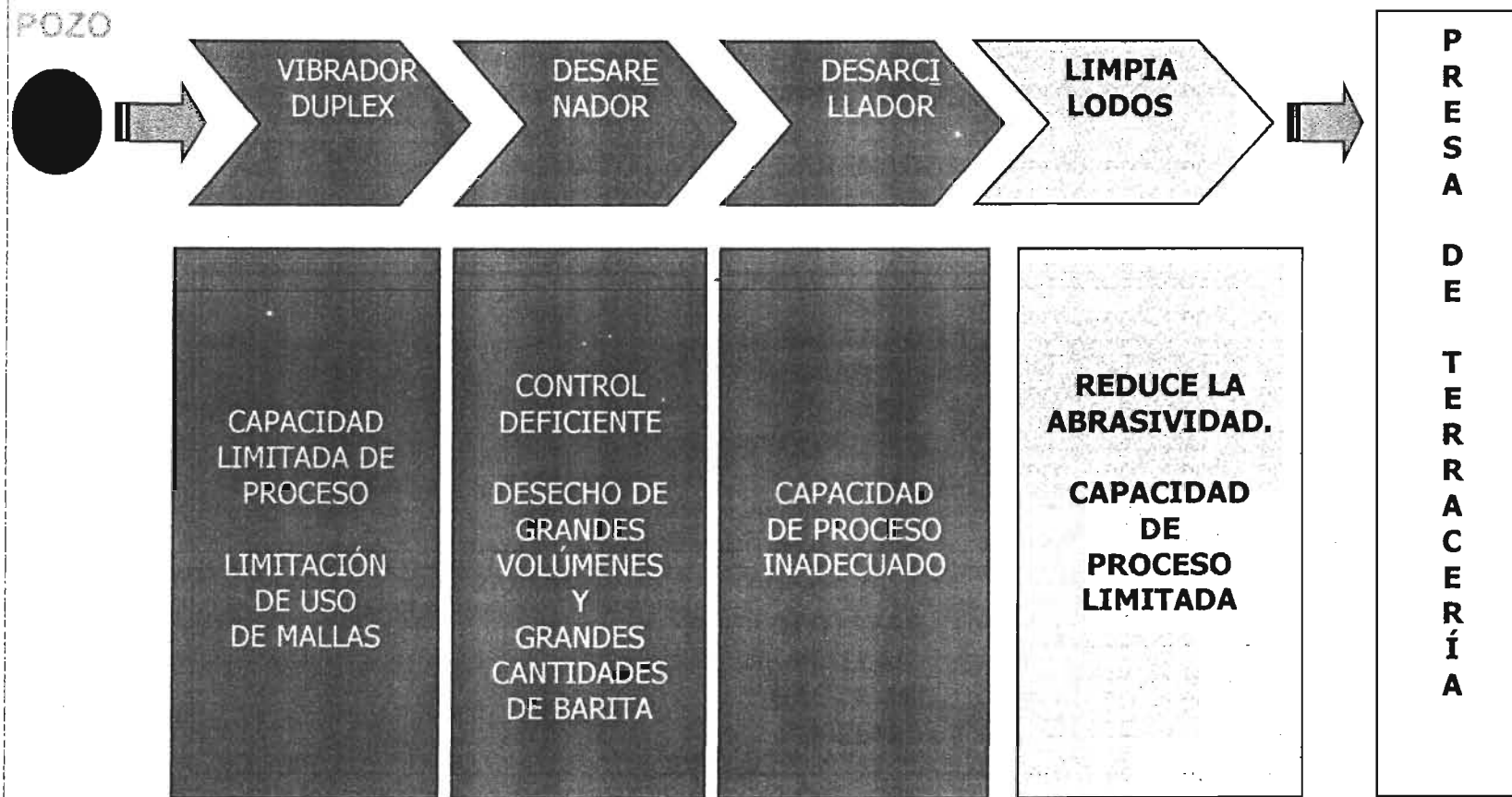


FIGURA 1.2 Equipo básico para el manejo de los sólidos

1975 a 1991.

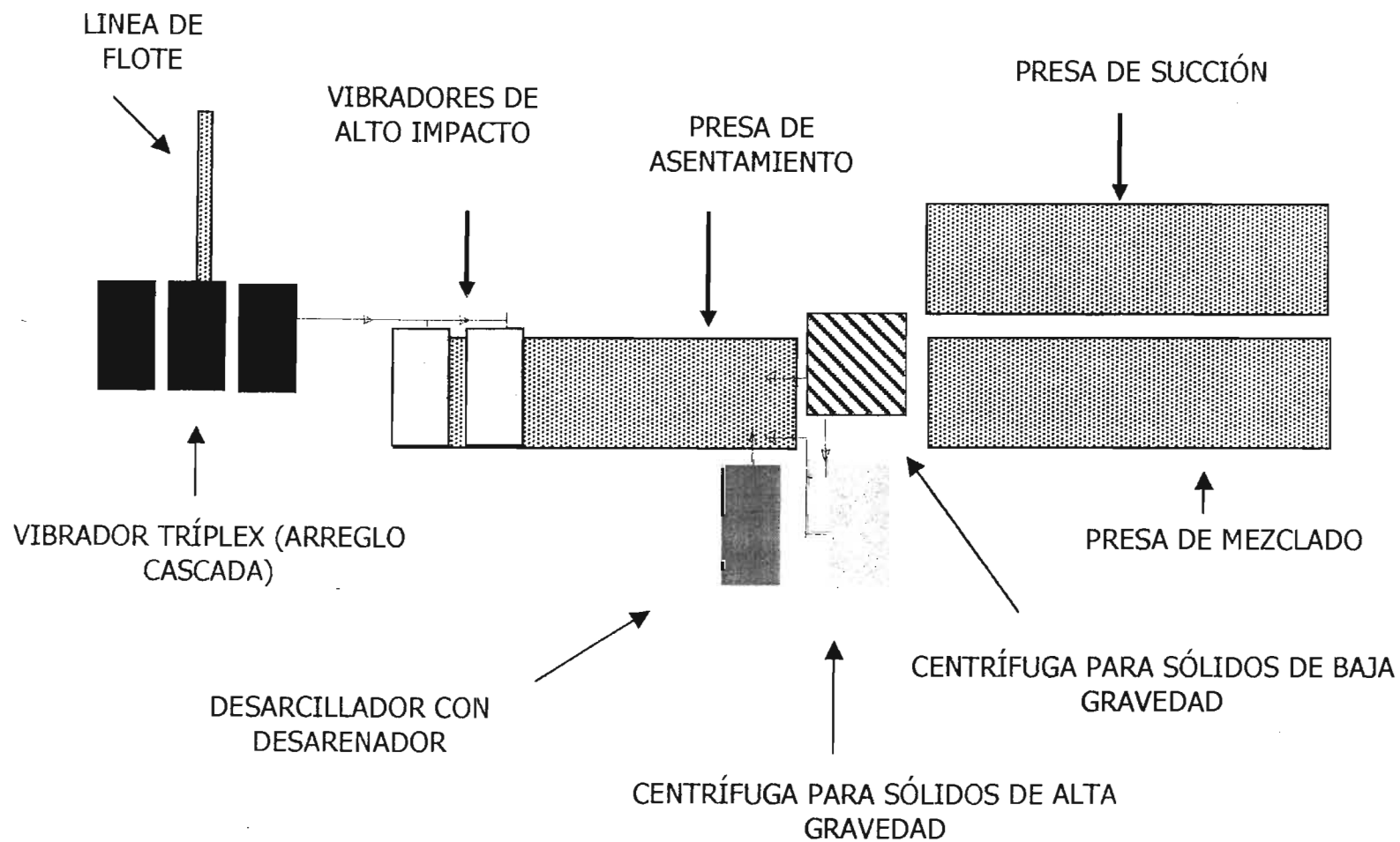


FIGURA 1.4 Distribución del equipo de control de sólidos.



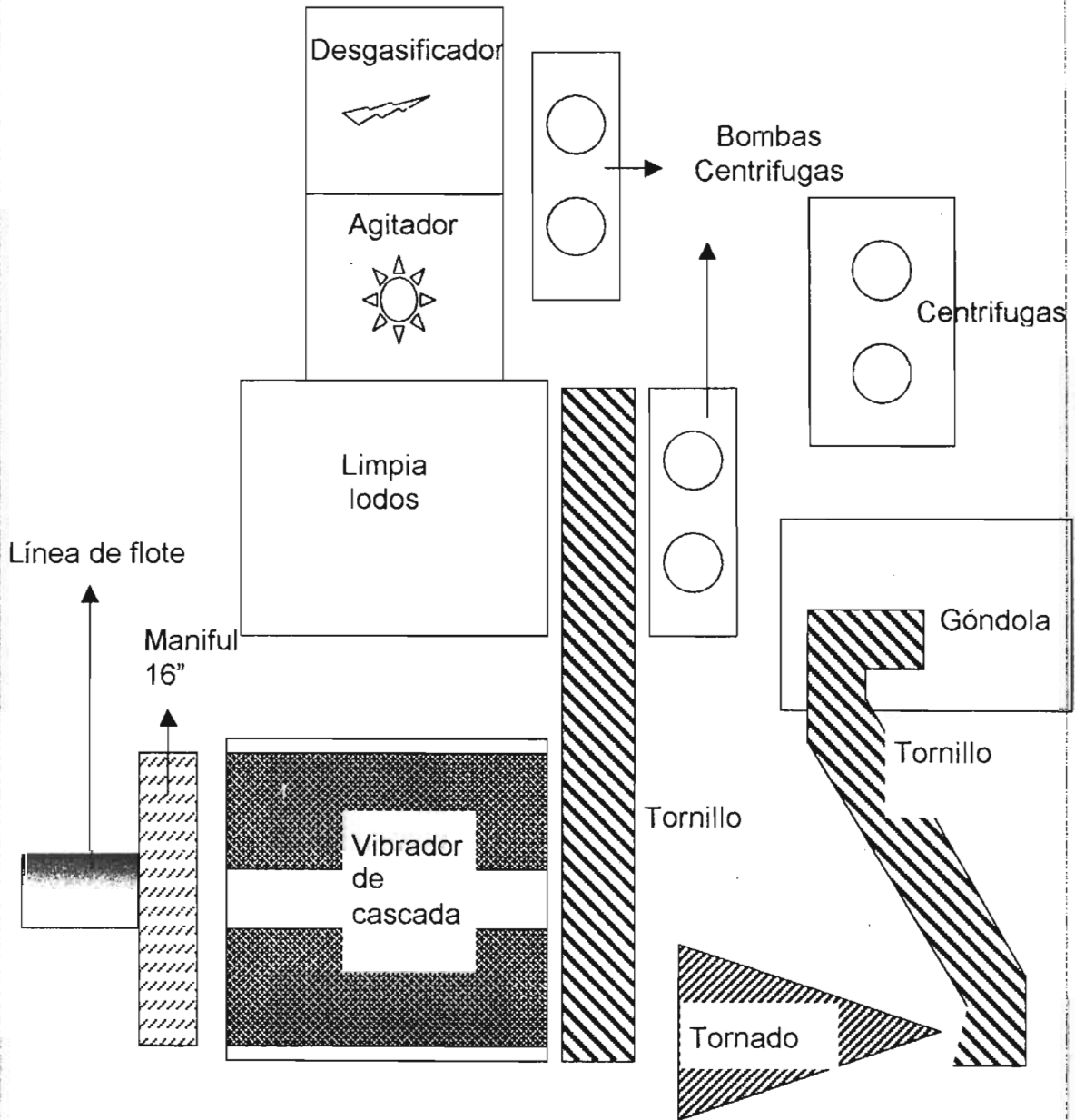


FIGURA 1.5 Equipo de control de sólidos para pozos esbeltos.

## **II.- ANÁLISIS DE SISTEMAS DE CONTROL DE SÓLIDOS ACTUALES Y SU APLICACIÓN EN POZOS DE LA REGIÓN SUR.**

El análisis del proceso de control de sólidos, permite determinar la eficiencia óptima en cada elemento que compone la unidad de control de sólidos y con esto lograr minimizar la inestabilidad de los fluidos.

Una gran cantidad de sólidos de formación son generados durante la operación de perforación, los cuales son procesados a través de los sistemas ya conocidos de control de sólidos. Los estudios de balance de sólidos efectuados a los fluidos con que se perforaron varios pozos en la Región Sur, han mostrado en su mayoría, incorporación de sólidos finos al sistema de lodos ocasionando inestabilidad al fluido, con el consecuente incremento en los costos de las operaciones de perforación, debido a:

- Dilución excesiva.
- Alto porcentaje de impregnación en los recortes.
- Altos volúmenes de descarga a presa de terracería.
- Alto volumen de recortes impregnados con lodos de Emulsión

La TABLA 2.1 nos muestra algunos problemas operativos que se presentan durante el control de sólidos, sus efectos y las acciones correctivas que deben ser tomadas.

<p style="text-align: center;"><b>DIAGNÓSTICO DE CAUSA</b></p> <p style="text-align: center;">Deficiencias en :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasto de circulación</li> <li>• Equipo ( insuficiente)</li> <li>• Arreglos de mallas</li> <li>• Programación</li> <li>• Metodología de evaluación de eficiencia del equipo de control de sólidos</li> <li>• Control de parámetros</li> <li>• Equipo de análisis de sólidos</li> <li>• Estabilidad del pozo</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>EFECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inestabilidad del fluido</li> <li>• Inestabilidad del agujero</li> <li>• Dilución excesiva</li> <li>• Impregnación descontrolada</li> <li>• Convenios de ampliación en los contratos por : <ul style="list-style-type: none"> <li>Barita</li> <li>Volúmenes de fluido</li> <li>Saneamiento</li> </ul> </li> <li>• Impacto ambiental por manejo de recortes impregnados</li> <li>• Incremento en los costos de perforación</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>ACCIONES A TOMAR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización de la hidráulica</li> <li>• Optimización del equipo de control de sólidos</li> <li>• Planeación de los arreglos de mallas</li> <li>• Mejor programación por pozo</li> <li>• Implantación de la metodología adecuada para la evaluación del equipo de control de sólidos.</li> <li>• Optimización del fluido de perforación</li> </ul>
--	--	--

**TABLA 2.1 Problemática del control de sólidos.**

## **Se describe a continuación los diagnósticos de causa de la problemática del control de sólidos**

**Manejo de gasto de circulación:** Es el gasto requerido por la hidráulica de la barrena, para obtener las condiciones de acarreo y limpieza del recorte, al ser bajo, los recortes se remuelen, produciendo finos que no pueden ser eliminados, en caso contrario puede darse el caso de que el equipo de control no pueda manejar esos volúmenes.

**Equipo (insuficiente):** Los paquetes para eliminación de sólidos deben contemplar los gastos y los volúmenes de sólidos a manejar en su diseño, para este caso se debe manejar un excedente el cual puede ser rebasado por la inestabilidad del agujero.

**Arreglos de mallas:** Una malla muy abierta puede ocasionar incorporación de sólidos al fluido de perforación, o al encontrarse muy cerrada no permitir el paso del fluido por taponamiento de la misma por sólidos.

**Planeación:** Este punto es básico para las selección del equipo de control de sólidos en el se analizan las diferentes variables del proceso de separación de sólidos, incluyendo el ritmo de penetración y el tipo de formación a perforar; estos puntos son los que van a determinar que volumen de sólidos van a ser tratados.

**Metodología de evaluación de eficiencia del equipo de control de sólidos:** Es el método con el cual podremos evaluar la eficiencia del equipo de control de sólidos en cada uno de sus componentes.

**Control de parámetros:** Durante las diferentes etapas de perforación se debe tener un control muy preciso sobre los parámetros ya que de lo contrario causaran problemas y con esto un incremento en los costos de operación.

**Equipo de análisis de sólidos:** Contar con el equipo necesario para evaluar los diferentes componentes del equipo de control de sólidos y si es requerido efectuar los ajustes necesarios para su buen funcionamiento

En la **Región Sur** se tiene una problemática muy grande al perforar las dos primeras etapas, ya que esto se hace con lodos base agua, y debido a esa problemática se han probado una variedad de lodos pero sin obtener los resultados deseados, en ocasiones se ha recurrido a la utilización de lodos de Emulsión Inversa para poder perforar esta zona, a continuación se mencionan las diferentes formaciones que son perforadas y sus respectivas características.

**Paraje Solo:** Es una alternancia de lutitas suaves a semidura arenosa, calcárea y arenas de grano grueso que varía en ocasiones a gravilla de cuarzo y cuerpos de arena de grano medio a fino.

**Filisola:** Arenas cuarcíferas con intercalaciones de lutitas suaves en ocasiones arenosas, calcáreas.

**Concepción Superior:** Arenas gris claro de grano fino a medio y material arcilloso ligeramente calcáreo.

**Concepción Inferior:** Lutitas arenosas, semiplásticas y bentoníticas, cuerpos de arena de grano fino a medio.

**Encanto:** Lutitas arenosas y esporádicos lentes de areniscas de grano fino poco consolidadas.

**Deposito:** Cuerpos potentes de lutitas suave a plástica, calcárea y en ocasiones lutita bentonítica.

**Oligoceno:** Lutitas suaves, calcáreas y lutitas bentoníticas con intercalaciones de arenisca de grano fino a medio, arcillosas.

**Eoceno:** Lutitas semiduras, arenosas calcáreas con intercalaciones de arena gris claro de grano fino a medio y arenisca de grano fino a medio bien cementada con material calcáreo.

**Paleoceno:** Lutitas semiduras a duras y arenosas, calcáreas con intercalaciones de arenas de grano muy fino, margas.

**Cretácico Superior Méndez:** Rocas carbonatadas del tipo margas suaves a semiduras con intercalaciones de bentonita, mudstone crema arcilloso compacto, fracturadas.

**Cretácico Superior San Felipe:** Rocas carbonatadas del tipo mudstone arcilloso con intercalaciones de mudstone bentonítico y horizontes de bentonita, fracturadas.

**Cretácico Superior Agua Nueva:** Rocas carbonatadas tipo mudstone arcilloso con pedernal y packstone.

**Cretácico Medio:** Calizas del tipo dolomías microcristalino y fracturadas.

**Cretácico Inferior:** Calizas del tipo mudstone arcilloso y ligeramente dolomitizado, dolomía y calizas dolomíticas con fracturas.

**Jurasico Superior Tithoniano:** Calizas arcillosas tipo mudstone fracturado.

**Jurasico Superior Kimmerigiano:** Calizas tipo packstone y dolomías microcristalino, fracturadas.

Estas formaciones no se presentan en todos los campos de la Región Sur y sus espesores también son de diferentes dimensiones, pero en general son las predominantes.

Para la perforación de estas diferentes formaciones, se emplean lodos de diferentes características, generalmente en las etapas 1ra. y 2da. el lodo utilizado es Base Agua Inhibido, la profundidad a la que se emplea es dependiente del campo que se perfora, en las etapas 3ra. y 4ta., se emplea lodo de Emulsión Inversa, para la última etapa dependiendo del campo se emplea lodo Base Agua ó Emulsión inversa.

La perforación de las dos primeras etapas por lo general presentan un problema bastante complejo, ya que la alta actividad de las arcillas hace que éstas se hidraten con el agua del fluido de perforación, por lo que se ha recurrido al empleo de lodos Inhibidos lo que ha ayudado en cierta forma a solucionar este problema; sin embargo los volúmenes de formación generada son tan elevados que se requiere de un equipo de eliminación de sólidos cada vez mas completos, esto aunada a las regulaciones actuales de ecología que nos obligan a tener un sistema cerrado para evitar cualquier daño por derrames.

La FIGURA 2.1 muestra los diferentes tamaños de partículas que se producen durante la perforación así como también los diferentes equipos que se utilizan para la eliminación de las mismas, la FIGURA 2.2, muestra el proceso actual de eliminación de sólidos en forma integral , en la cual ya se encuentra incluido el sistema de TORNADO o deshidratador de sólidos y en el primer frente podemos tener un SCALPER en lugar de los vibradores de cascada que pueden ser eliminados durante las primeras etapas de perforación, en ocasiones en los pozos perforados en la Región Sur, estos vibradores no se eliminan y trabajan como un enlace entre el SCALPER y los VIBRADORES DE ALTO IMPACTO. La FIGURA 2.3, nos indica la distribución en el equipo de perforación del sistema de

eliminación de sólidos integral en donde el recorte finalmente es retirado de la localización por medio de góndolas hacia un confinamiento predeterminado.

Como se mencionó en el capítulo anterior durante la evolución de los sistemas de control de sólidos, uno de los elementos principales que también ha sido mejorado, es la utilización de las mallas que son instaladas en estos equipos. La eficiencia está en función de dos factores que son la finura y el diseño.

La abertura de la malla determina el tamaño de partícula que puede ser removida, las medidas reales de separación las determinan factores tales como la forma de la partícula, viscosidad del fluido, índices de paso y cohesión de las partículas. En algunas ocasiones los lodos pueden formar una película de alta tensión superficial sobre los alambres de la malla y así reducir el tamaño efectivo de la abertura de la misma.

En la actualidad los diferentes tipos de mallas que tenemos disponibles son:

**Dimensionales:** Están construidas de una sola capa y que empleamos en los vibradores de cascada y su abertura máxima puede ser 80 mesh.

**Bidimensionales:** Estas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Mallas de paneles, con dos o tres capas unidas en cada lado por una tira de pieza en gancho doblada en dos.
- Mallas de chapa perforada, con dos o tres capas unidas a una chapa metálica perforada que proporciona sostén y es fácil de reparar.

**Tridimensionales:** Son mallas de chapa perforada con una superficie corrugada que corre paralelamente al flujo del fluido. Esta configuración proporciona una mayor área de separación que la las configuraciones anteriores. Los diferentes tipos de mallas tridimensionales son:

- Pirámide



- Meseta

La norma API (RP13E) recomienda que todas las mallas sean rotuladas con el nombre de la malla, potencial de separación y capacidad de flujo, en algunas ocasiones se colocan rótulos opcionales como es el tamaño de malla.

Durante las operaciones de perforación es necesario la evaluación de la eficiencia de los equipos de control de sólidos y para este fin existen algunos métodos que pueden ser utilizados, por lo general cada compañía fabricante de los equipos tiene el propio, pero en general se basan en los mismos conceptos y mecanismos para la toma de información y la determinación de la eficiencia, como ejemplo tenemos el método propuesto por el API que nos permite evaluar :

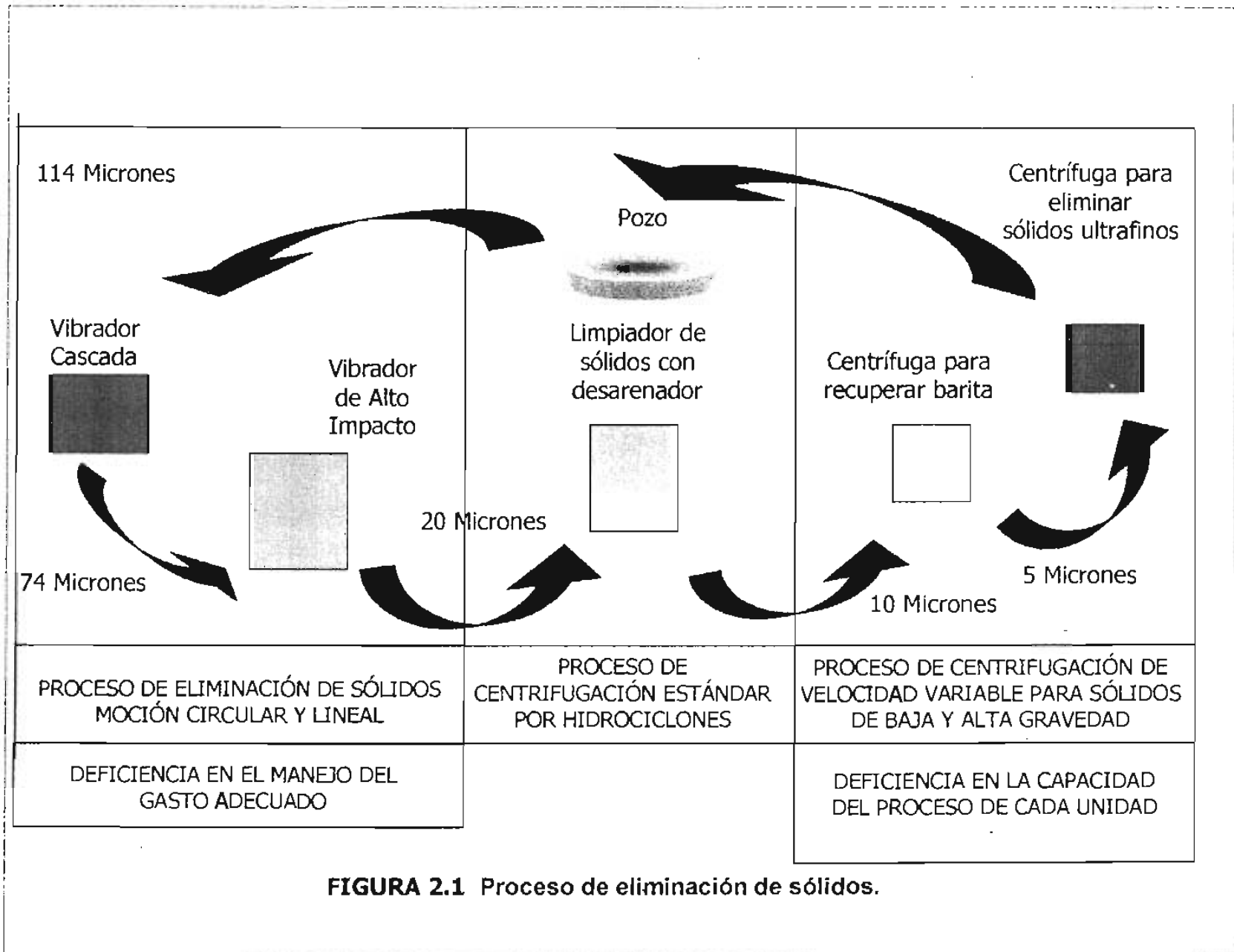
- 1.- Eficiencia de la remoción de sólidos de perforación y
- 2.- Eficiencia de conservación de líquido.

La eficiencia de la remoción de sólidos es el porcentaje de sólidos de perforación removidos del sistema activo de lodo por métodos que no sean dilución o desecho, se supone que la descarga se compone de lodo total y sólidos de perforación. La fracción de lodo total en la descarga indica el grado de conservación de líquido.

Actualmente ya se tienen programas de computo que nos proporcionan esta eficiencia y también sugieren el tipo de mallas en las equipos a utilizar.

La Tabla 2.2, muestra los resultados obtenidos de la eficiencia del equipo por medio de método SHELL MODIFICADO.

Las FIGURAS 2.4,2.5,2.6,2.7,2.8, presentan las condiciones generales que se tienen en cada una de ellas, dando algunas sugerencias para la solución de los problemas que se presentan durante su perforación.



**FIGURA 2.1** Proceso de eliminación de sólidos.

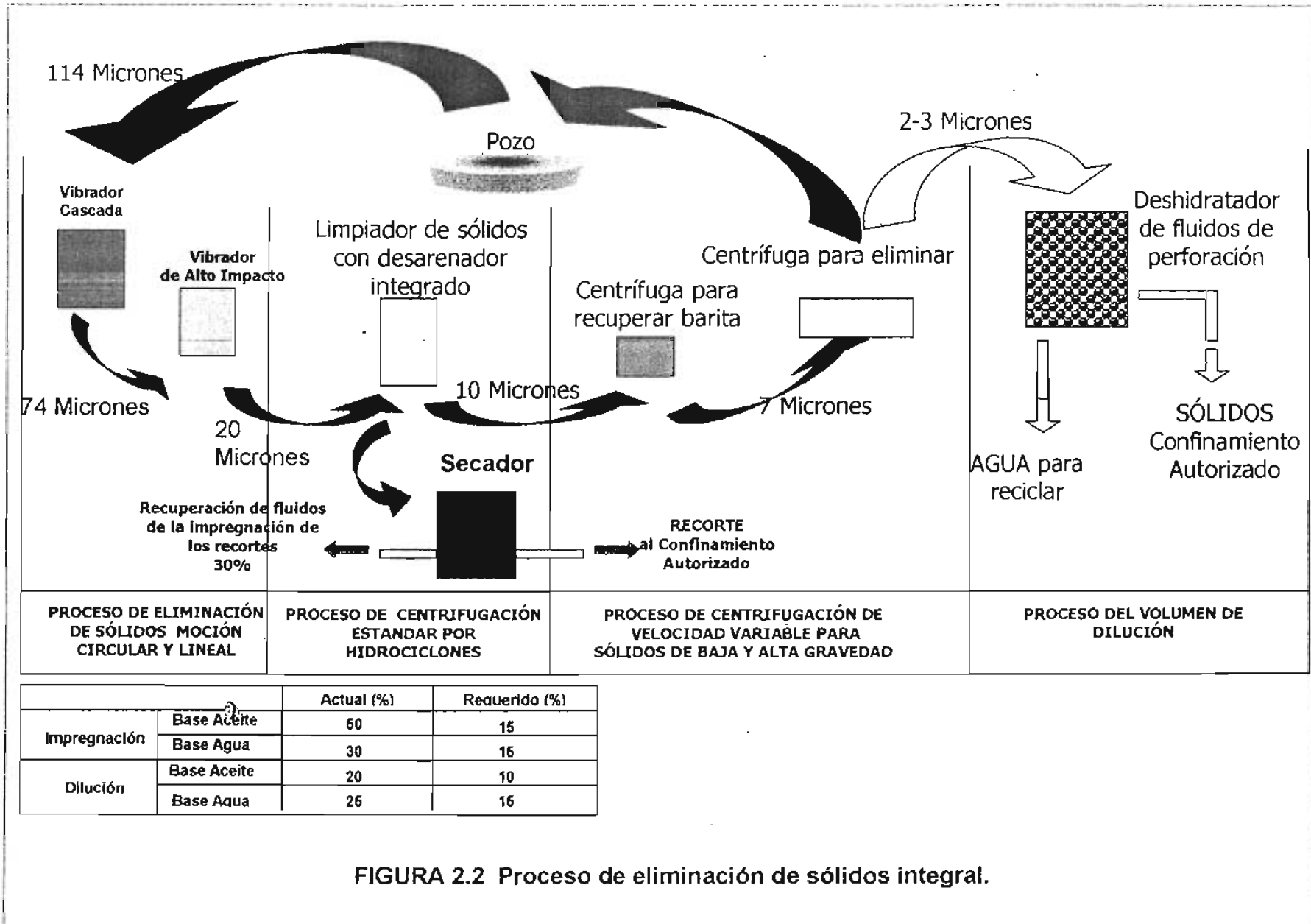


FIGURA 2.2 Proceso de eliminación de sólidos integral.

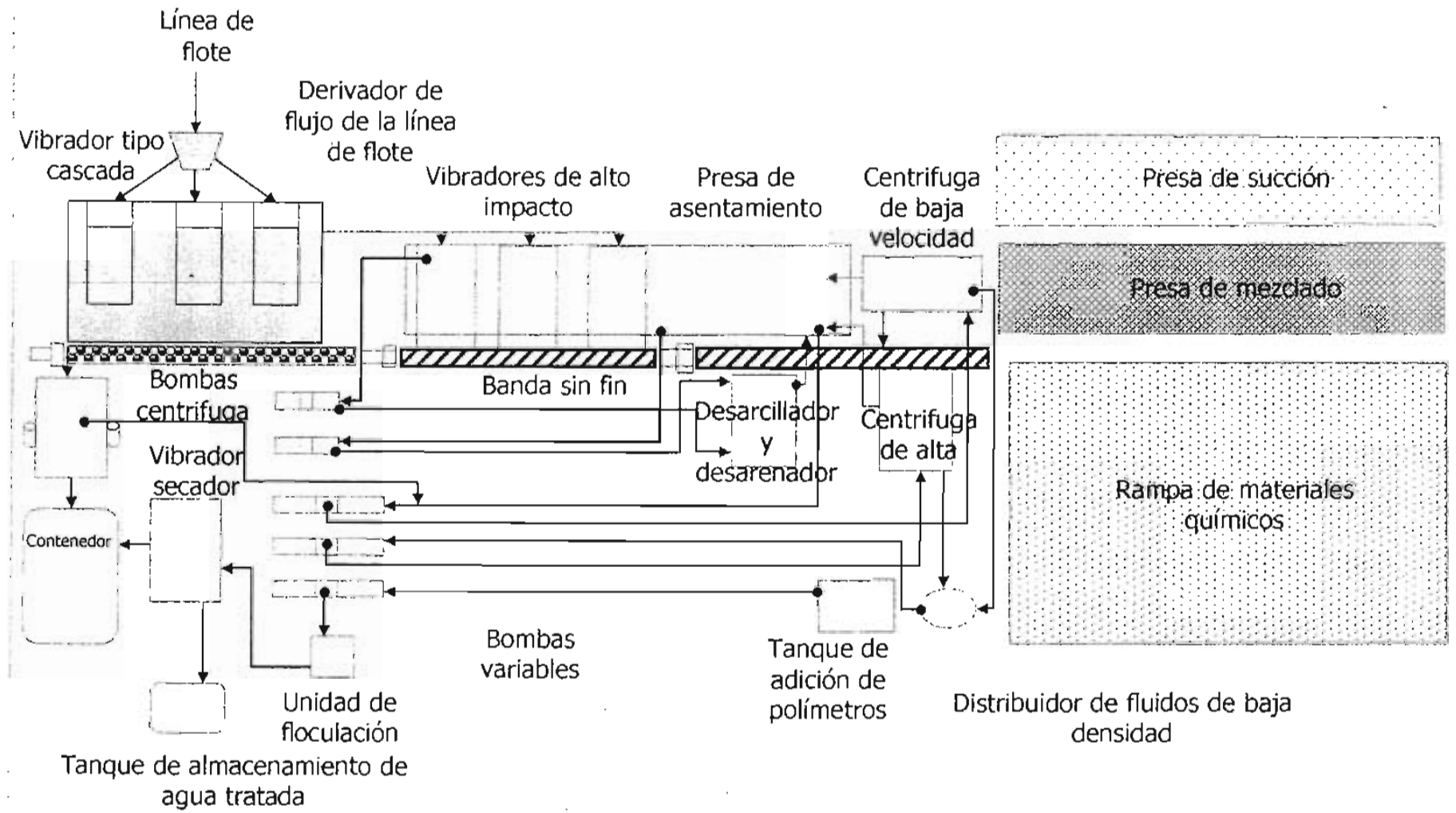


FIGURA 2.3 Distribución de equipo.

EFICIENCIA DE EQUIPO DE CONTROL DE SÓLIDOS ACTUAL							
PARAMETRO UNIDADES	SÓLIDOS %	GRAVEDAD ESPECÍFICA G/CC	SÓLIDOS HÚMEDOS DESECHADOS KG/HR	SÓLIDOS SECOS DESECHADOS KG/HR	SÓLIDOS PERFORADOS DESECHADOS KG/HR	SÓLIDOS PERFORADOS GENERADOS KG/HR	LÍQUIDOS DESCARGADOS L/HR
VIBRADORES	60.00	3.47	704	350	310		245
	62.00	2.5	730	322	300		350
VIBRADOR ALTO IMPACTO	55.00	2.7	800	240	190		180
DESARENADOR	75.00	2	400	200	195		500
LIMPIALODOS	68.00	2.5	350	250			
CENTRIFUGAS	88.00	2.6	3250	2950	2200		300
TOTALES	68.80	2.05	6230	4312	2916	4120	1125

EFICIENCIA	70%
------------	-----

**TABLA 2.2 Evaluación de la eficiencia de un sistema de control de sólidos por el método de SHELL MODIFICADO**

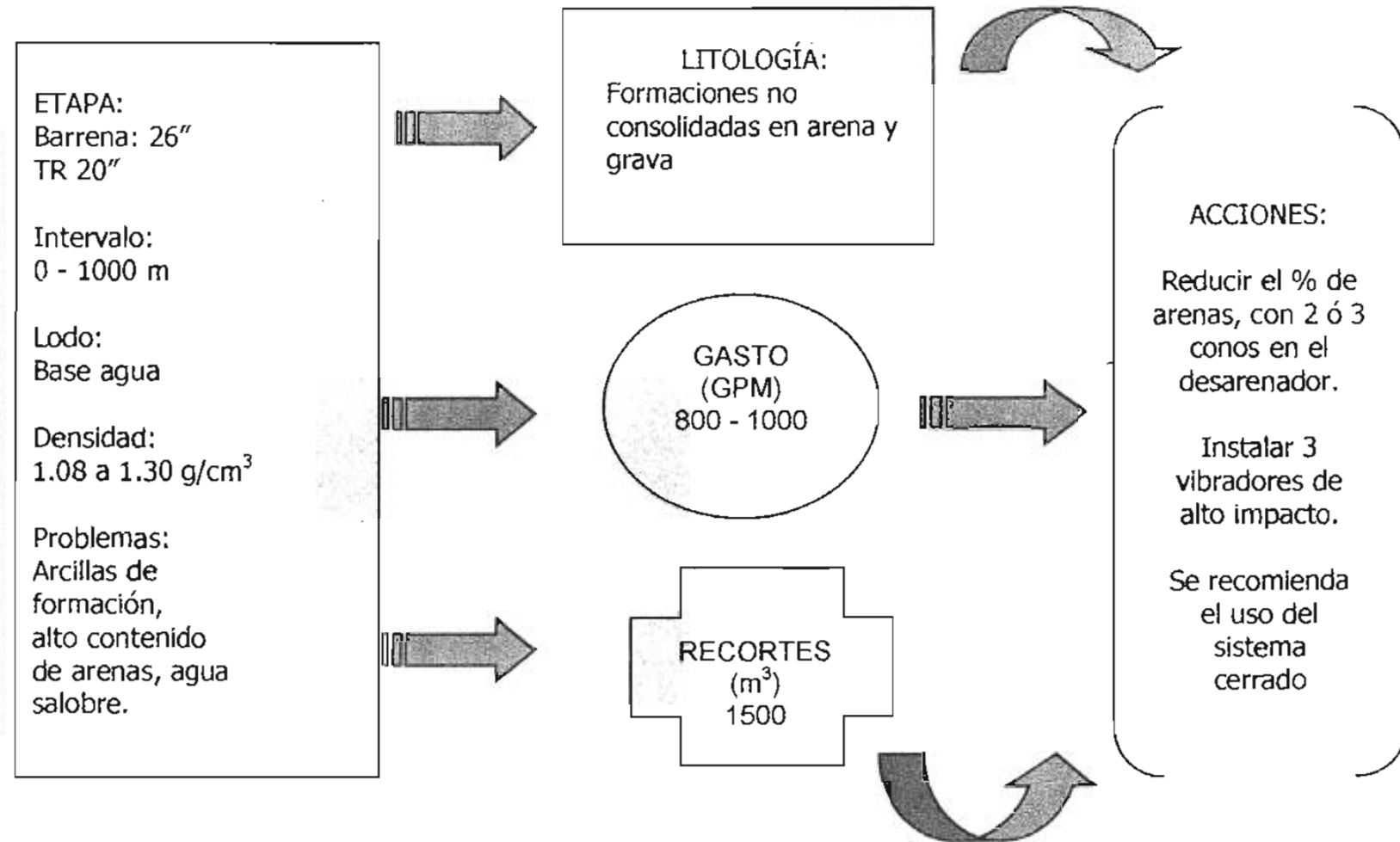
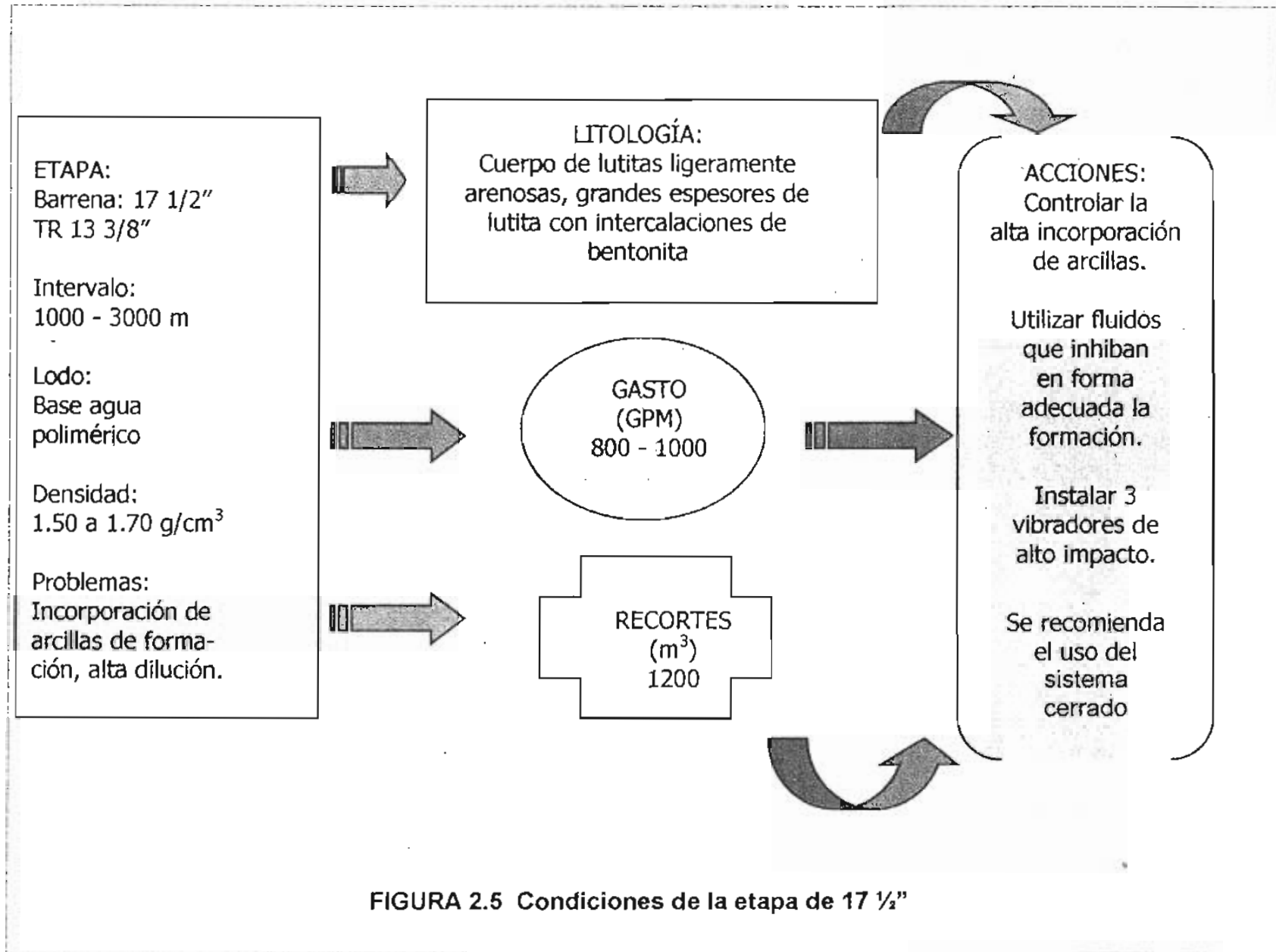


FIGURA 2.4 Condiciones de la etapa de 26"



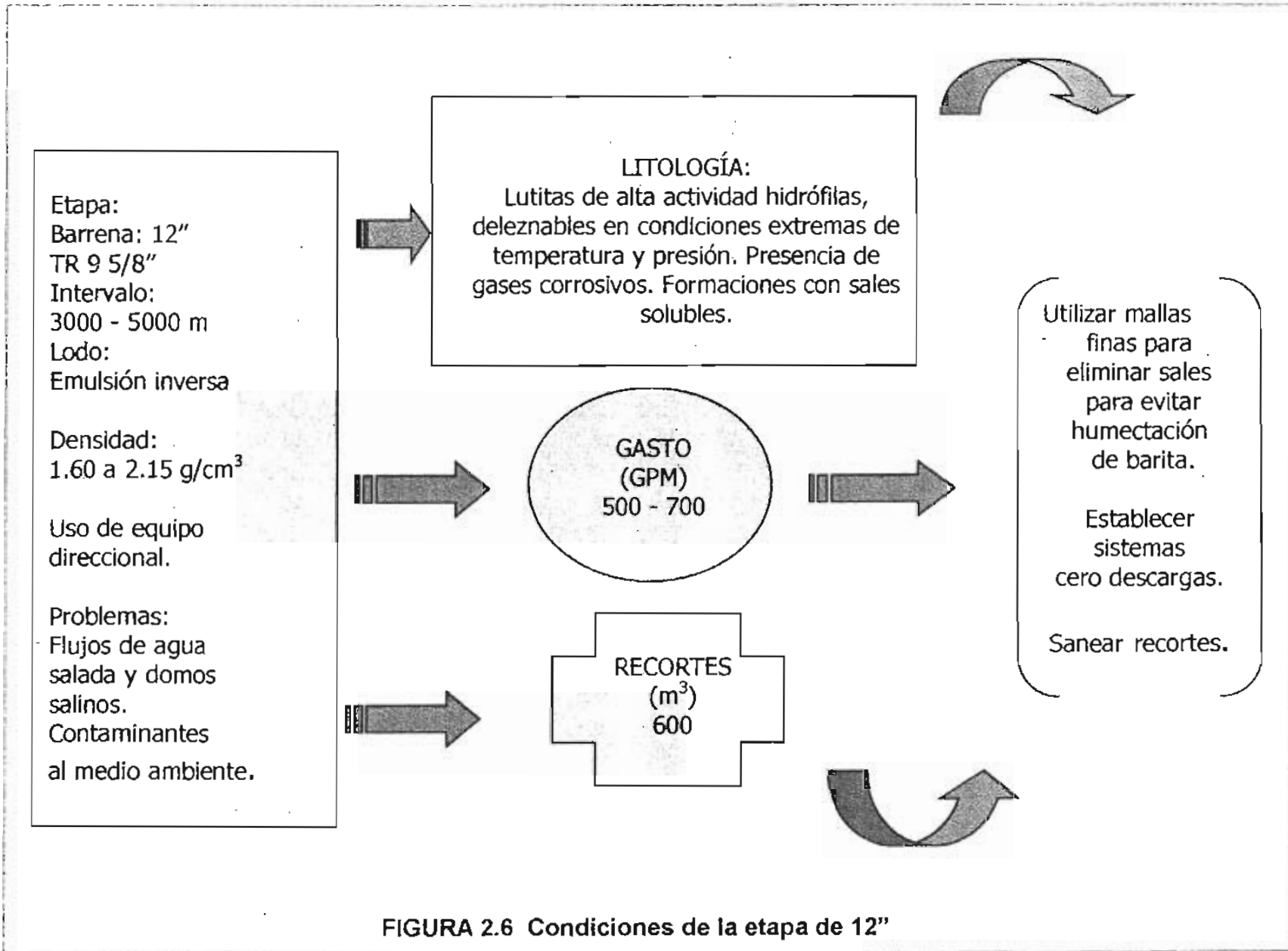


FIGURA 2.6 Condiciones de la etapa de 12"



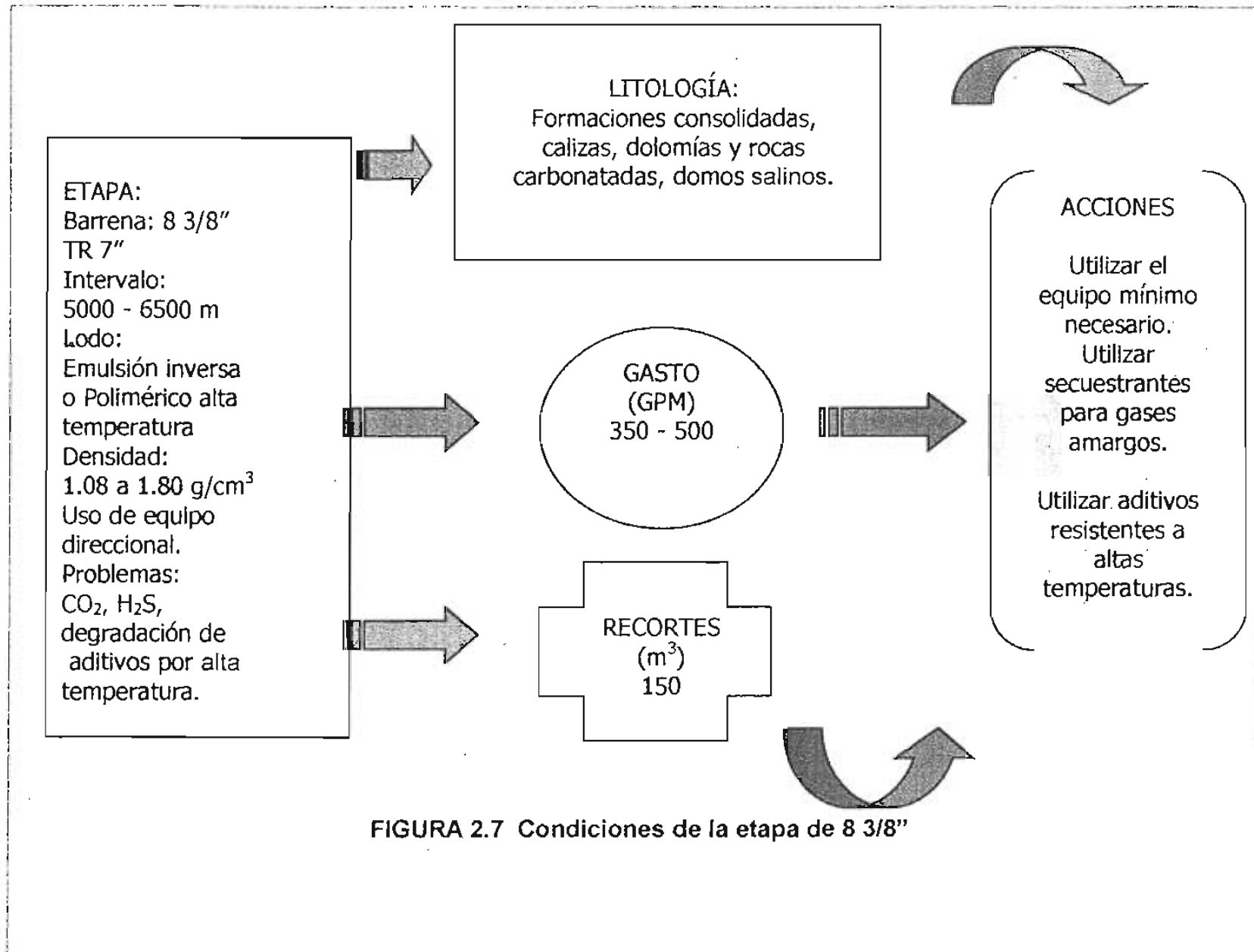


FIGURA 2.7 Condiciones de la etapa de 8 3/8"

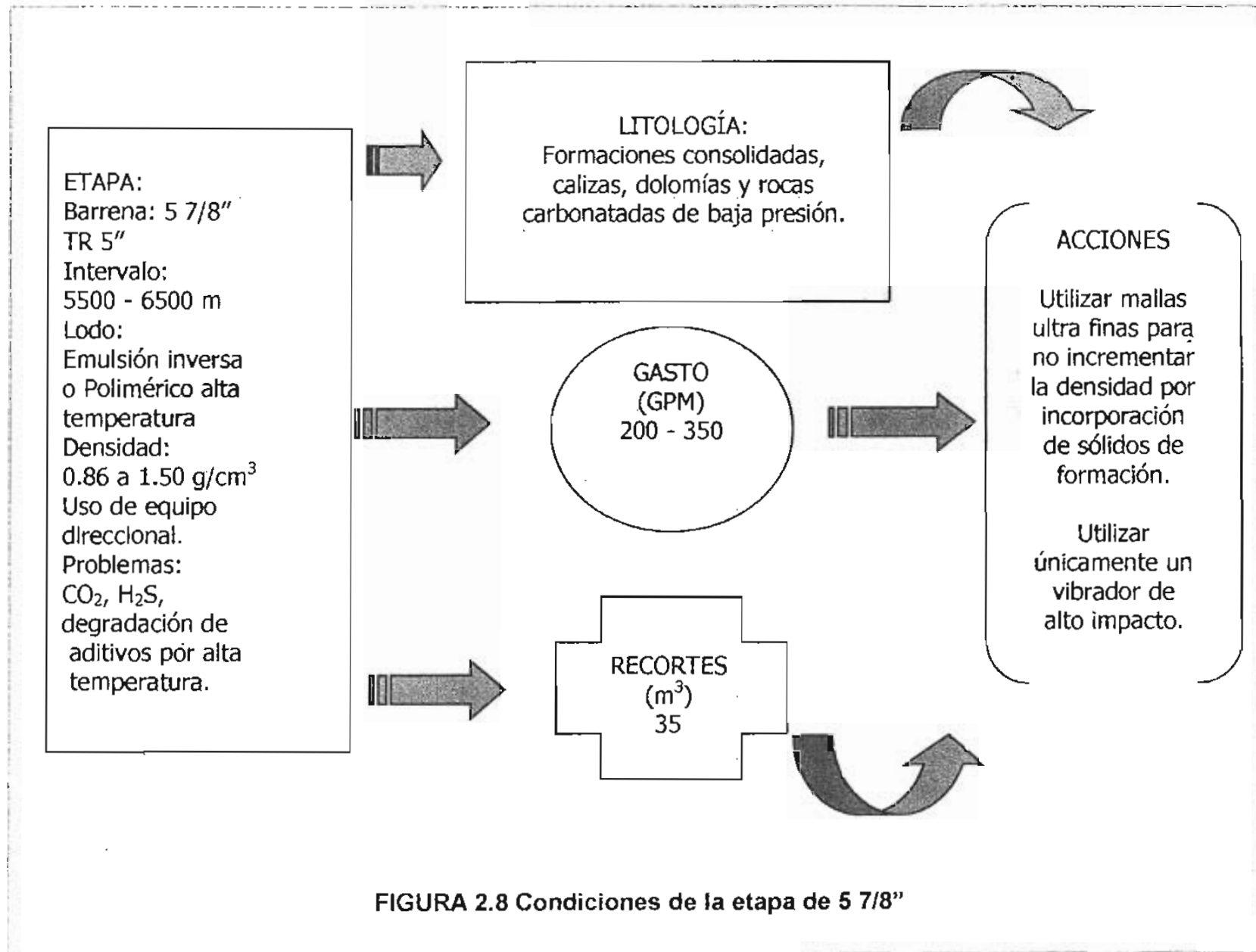


FIGURA 2.8 Condiciones de la etapa de 5 7/8"

Una de los factores que influyen en gran medida para tener una eficiencia óptima en el equipo de control de sólidos, es la condición del fluido de perforación ya que en la mayoría de las ocasiones, en las primeras etapas de perforación, al utilizar lodos Base Agua Inhibidos, las malas condiciones de éste, provoca la hidratación de la arcilla, ocasionando con esto grandes volúmenes de recorte, teniéndose un taponamiento de la línea de flote con la consecuente pérdida de tiempo en el destapado de la misma para continuar perforando; una de las medidas que con el tiempo se han tomado es el colocar líneas de flote de mayores dimensiones pero desafortunadamente no ha sido una solución ya que ha continuado este problema cuando el fluido no tiene las condiciones adecuadas.

Debido a esta problemática en ocasiones se ha recurrido al cambio de base del lodo y la utilización de Emulsión Inversa o bien la utilización de este sistema desde el inicio de la etapa.

## **ARREGLOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE SÓLIDOS.**

Ahora bien, independiente de la problemática del fluido, para la eliminación del recorte generado durante las diferentes etapas será necesario la utilización de diferentes componentes, sugiriéndose para las etapas de 26" y 17 1/2"

- 1 SCALPER.**
- 3 VIBRADOR DE ALTO IMPACTO**
- 1 LIMPIALODOS CON DESARENADOR**
- 2 CENTRÍFUGA ELIMINADORA DE SÓLIDOS DE ALTA Y BAJA GRAVEDAD ESPECÍFICA.**
- 1 SISTEMA DE TORNADO.**

En algunos casos como es la perforación de los pozos esbeltos, en los cuales el objetivo y los intervalos por etapa no son muy profundos se pueden omitir algunos

componentes como lo son el Scalper y un Vibrador de Alto Impacto, manteniéndose el resto de elementos.

Durante la perforación de las etapas de 12", 8 3/8" y 5 7/8" será necesaria la utilización de los siguientes componentes:

- 2 VIBRADOR DE ALTO IMPACTO.
- 1 LIMPIALODOS CON DESARENADOR.
- 2 CENTRÍFUGA ELIMINADORA DE SÓLIDOS DE ALTA Y BAJA GRAVEDAD ESPECÍFICA.
- 1 SISTEMA DE TORNADO.

Debido a los altos costos que tienen estos equipos es necesaria su optimización, ya que a mayor tiempo de permanencia en el pozo, los costos por este concepto se incrementan considerablemente. A continuación la TABLA 2.3 muestran los costos por día de algunos componentes del equipo de control de sólidos.

EQUIPO	Costo MN	Costo USD
VIBRADOR DE ALTO IMPACTO	2,041.25	345.70
LIMPIA LODOS CON DESARENADOR	2,041.25	233.75
CENTRÍFUGA SEPARADORA DE SÓLIDOS DE ALTA GRAVEDAD ESPECIFICA	2,041.25	316.20
CENTRÍFUGA SEPARADORA DE SÓLIDOS DE BAJA GRAVEDAD ESPECIFICA	2,041.25	316.20

**TABLA 2.3 COSTOS POR DIA DE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO DE CONTROL DE SÓLIDOS.**

En la FIGURA 2.10 se puede observar el porcentaje al que puede llegar el costo del control de sólidos con respecto al total de un pozo, si se optimiza en este concepto los ahorros pueden muy significativos.

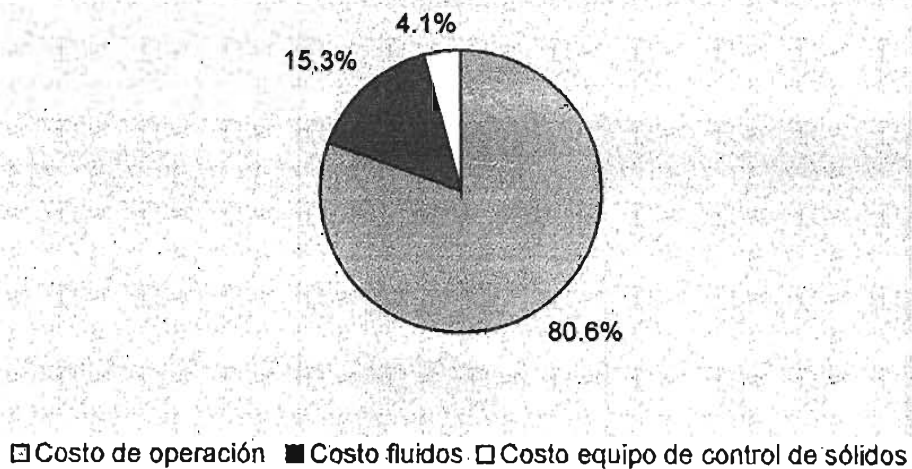


FIGURA 2.10 Costo total de un pozo

## Conclusiones

- 1.- Los pozos ubicados dentro de la Cuenca de depósito del Litoral de Tabasco presentan cuerpos potentes de formaciones de unos 4500 m. En promedio, lo que implica perforar y manejar una gran cantidad de recortes.
- 2.- La perforación de la 1<sup>ra</sup> y 2<sup>da</sup>, etapas han sido problemáticas debido a la gran cantidad de sólidos que se incorporan al fluido y la dificultad de eliminarlos en la superficie por los métodos mecánicos o químicos.
- 3.- Durante la perforación de las etapas con lodos Base Agua, la falta de estabilidad de estos ha generado una serie de problemas que incrementa en gran medida los tiempos de operación y por lo tanto los costos.
- 4.- Los equipos eliminadores de sólidos han evolucionado en función a: Altas velocidades de penetración, necesidad de recuperar los recortes para enviarlos a un lugar de disposición final, mejorar las condiciones reológicas para optimizar los diseños hidráulicos y evitar el daño al entorno ecológico.
- 5.- La eficiencia de los equipos de control de sólidos no ha sido evaluada correctamente por la falta de unificación de criterios de las diferentes compañías operadoras.
- 6.- Los contratos para equipo de control de sólidos, han sido muy generales y esto origina que en algunas ocasiones se tenga equipo ocioso durante las operaciones dando como resultado el incremento de costos.

## **RECOMENDACIONES.**

- 1.- Elaborar un análisis de los diferentes campos ubicados en el Litoral de Tabasco y caracterizar los tipos de formaciones y su problemática para seleccionar paquetes de equipo de control de sólidos requerido.
- 2.- En las primeras etapas de perforación y sobre todo cuando se utilice lodos Base Agua, considerar el empleo del "Scalper", con la finalidad de remover los recortes plásticos y grandes, evitando así que las mallas de las temblorinas se sellen con formación.
- 3.- Para optimizar el manejo de los recortes en superficie, se recomienda separarlos al máximo posible, utilizando el equipo "Tornado", el cual permitirá mejorar su transporte a la disposición final.
- 4.- Definir y difundir un programa detallado por etapa de los equipos de control de sólidos con recomendaciones de operación, con la finalidad de optimizar la eficiencia de los mismos y que el fluido de perforación no sea alterado por los sólidos perforados.
- 5.- Incluir en las bases técnicas de contrato el detalle de los equipos requeridos en las diferentes etapas de perforación, con sus características de operación.
- 6.- Es necesaria una evaluación constante de la eficiencia del equipo de control de sólidos para efectuar las correcciones a tiempo y evitar costos elevados por este concepto.
- 7.- El optimizar el equipo de control de sólidos por etapa de perforación puede significar ahorro en el costo del pozo por este concepto de hasta un 25 %.

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Titulo	Pagina
1.1	Equipo básico para el manejo de sólidos de 1960 a 1975	10
1.2	Equipo básico para el manejo de sólidos de 1975 a 1991	11
1.3	Equipo básico para el manejo de sólidos de 1991 a 2000	12
1.4	Distribución del equipo de control de sólidos	13
1.5	Equipo de control de sólidos para pozos esbeltos	14
2.1	Proceso de eliminación de sólidos	23
2.2	Proceso de eliminación de sólidos integral	24
2.3	Distribución de equipo	25
2.4	Condiciones de la etapa de 26"	27
2.6	Condiciones de la etapa de 17 ½"	28
2.7	Condiciones de la etapa de 12"	29
2.8	Condiciones de la etapa de 8 3/8"	30
2.9	Condiciones de la etapa de 5 7/8"	31

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## LISTA DE TABLAS

Tabla	Titulo	Pagina
1.1	Tamaño de las partículas en un de fluidos de perforación	4
2.1	Problemática del control de sólidos	16
2.2	Evaluación de la eficiencia de un sistema de control de sólidos por el método de <b>SHELL MODIFICADO</b>	26
2.3	Costos por día de los componentes del equipo de control de sólidos.	33