



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página: 1 de 97

# MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Unidad de Modernización Administrativa e Informática  
Departamento de Procedimientos Administrativos  
2009



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO



"2009. AÑO DE JOSÉ MARÍA NOBELS Y PAYÓN, SIERVO DE LA NACIÓN"

*AIR*



12000/ 392 / 2009

Municipalidad de Juárez, Estado de México



EPIFANIO GÓMEZ TAPA  
DIRECTOR GENERAL DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA  
PRESENTE

Por este conducto le envío a usted los manuales que se listan a continuación, los cuales ya fueron debidamente validados por las áreas correspondientes:

- Manual de Operación y Mantenimiento para Pozos Profundos y Equipamiento Electromecánico y.
- Manual Operativo de Métodos de Aforo, Operación de Medidores y Cálculo de Volúmenes de Agua en Bloque

Cabe mencionar que los lineamientos señalados en los manuales deben lograr su objetivo, por lo que le recomiendo se haga del conocimiento a todo el personal involucrado en dichos procesos, para su correcta aplicación y debida observancia.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

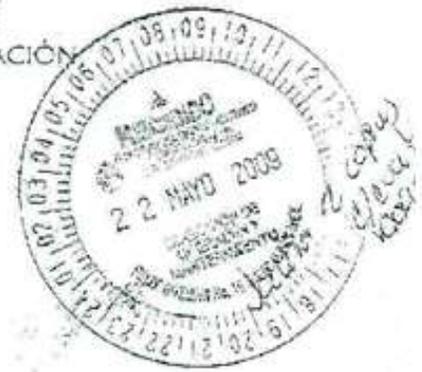
*Recibido en mano  
22/5/09  
[Signature]*

ATENTAMENTE

*[Signature]*  
LIC. JOSÉ ÁNGEL GUILLÉN LABDINES  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE MODERNIZACIÓN  
ADMINISTRATIVA E INFORMÁTICA

Nemesio Gómez Sánchez, Director de Operación y Mantenimiento (con Anexo),  
Ing. Alejandro Dorantes Huerta, Subdirector de Operación (con Anexo),  
Ing. Hugo A. Melis Picardo, Subdirector de Mantenimiento (con Anexo),  
Arquivaldo Alvarado

(AGI/NM/IG)Gmgn  
12002/127 / 2009  
ISO 9001:2000 SUMINISTRO DE AGUA EN BLOQUE





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000 Página: 2 de 97

# Manual de Operación y Mantenimiento para Pozos Profundos y Equipamiento Electromecánico



<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>  <b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	Edición: Primera
	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 3 de 97

## CONTENIDO

	PÁGINA
I.- PRESENTACIÓN	4
II.- OBJETIVOS	5
III.- GENERALIDADES	6
IV.- COMPONENTES DE FUNCIONAMIENTO	8
IV.1.- FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO (CONJUNTO POZO-ACUÍFERO)	8
IV.2.- FUNCIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO (CONJUNTO BOMBA-MOTOR)	11
V.- MANTENIMIENTO O REHABILITACIÓN DEL POZO	14
V.1.- RECONOCIMIENTO FÍSICO	14
V.2.- FALLAS Y TIPO DE SOLUCIONES	17
V.3.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS USADAS PARA REHABILITAR POZOS PROFUNDOS	20
VI.- MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE BOMBEO	27
VI.1.-PROGRAMA DE INSPECCIÓN Y CAUSAS DEL MAL FUNCIONAMIENTO	27
VI.2.- INFORME DE INSPECCIÓN	28
VII.- PROGRAMA DE REPARACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO	29
VII.1.- IMPULSORES Y COJINETES	29
VII.2.- VIBRACIONES EN LA OPERACIÓN DE BOMBEO	37
VII.3.- SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE ACEITE-AGUA	38
VII.4.- PRENSAESTOPAS - GOTEJO DE LUBRICACIÓN	42
VII.5.- MOTOR	63
VII.6.- INSTALACIONES Y SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	67
VII.7.- EQUIPO DE CONTROL	91
VIII.- GLOSARIO	94
IX.- VALIDACIÓN	96



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 4 de 97

## I.- PRESENTACIÓN

Con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en el Plan de Desarrollo del Estado de México 2005-2011, la Comisión del Agua del Estado de México, presenta como uno de sus objetivos prioritarios, avanzar en la creación de un sistema de acopio, distribución y servicio de agua potable más eficiente, que le permita eliminar algunas cargas financieras al Estado mediante la aplicación óptima y racional de esquemas operativos de mantenimiento en su infraestructura hidráulica.

La Dirección de Operación y Mantenimiento, en la búsqueda de una mayor operatividad de las instalaciones y en apoyo a los objetivos institucionales antes mencionados, ha instrumentado el "Manual de operación y mantenimiento para pozos profundos y equipamiento electromecánico", el cual contempla las acciones que deberá realizar el personal que opera y administra los sistemas de agua potable, con el fin de mantenerlos en estado óptimo de funcionamiento, ejecutando sus servicios de mantenimiento con oportunidad y eficiencia y en consecuencia al mínimo costo de operación.

Consecuentemente, el presente documento se enmarca dentro del "Programa General de Modernización y Mejoramiento Integral de la Administración Pública", ya que su instrumentación se ajusta a lo establecido en la estrategia de Desarrollo Institucional y en la línea de acción correspondiente a la Revisión y Adecuación de Sistemas y Procedimientos Administrativos.

Por último, baste recordar que el cumplimiento de los lineamientos aquí descritos, permitirá fortalecer las acciones de capacitación que permanentemente esta Descentralizada tiene programadas para toda su Estructura Orgánica.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 5 de 97

## II.- OBJETIVO

Este documento tiene como propósito fundamental, guiar y facilitar las acciones que realiza el personal que opera los sistemas de agua potable, así como establecer las secuencias de revisión que permitan desarrollar un óptimo mantenimiento de los pozos profundos en su estructura y en el equipamiento electromecánico. Asimismo, este conjunto de acciones impulsará una actitud de operatividad responsable por parte del personal implicado, reduciendo al mínimo sus costos de operación.

Por tal razón, se identifican de manera detallada los siguientes

Objetivos específicos:

- Lograr una operación racional y eficiente de los sistemas de agua potable
- Incrementar la eficiencia del mantenimiento, orientándolo a un aprovechamiento óptimo de las instalaciones, con el fin de garantizar al máximo su vida útil.
- Reforzar los conocimientos del personal adscrito en cada instalación.
- Reducir los costos de operación de los sistemas de agua potable.



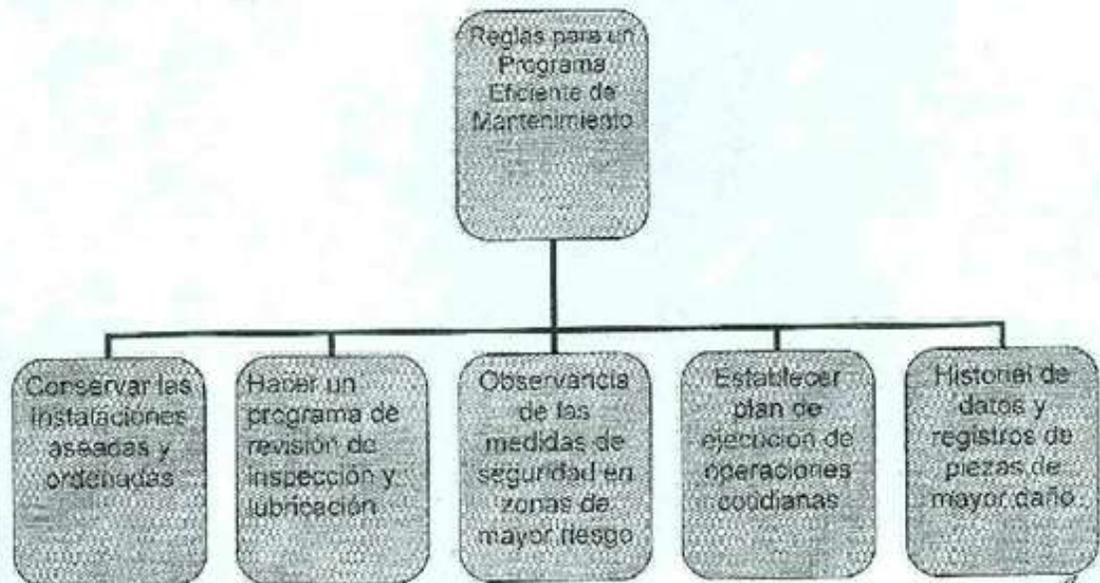
NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 6 de 97
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	

### III.- GENERALIDADES

Atendiendo las demandas de los diversos sectores usuarios, el suministro de agua en bloque a los Municipios del Estado de México es una de las funciones principales del Organismo, con el fin de sustentar su desarrollo social y económico.

Entre las fuentes de aprovisionamiento de las que se obtiene una parte importante de los caudales de producción, está los pozos profundos, ubicados en instalaciones propias de la CAEM y que por su sencillez de operación únicamente requieren del establecimiento de un programa de mantenimiento que permita la conservación óptima de la instalación tanto en su estructura, como en su equipamiento electromecánico.

Un mantenimiento eficiente, permitirá prever emergencias o descomposturas imprevisibles; por lo tanto, un aspecto básico a considerar, será identificar los factores de diseño, construcción y operación, así como observar las siguientes normas que permitirán establecer un programa eficiente de mantenimiento.

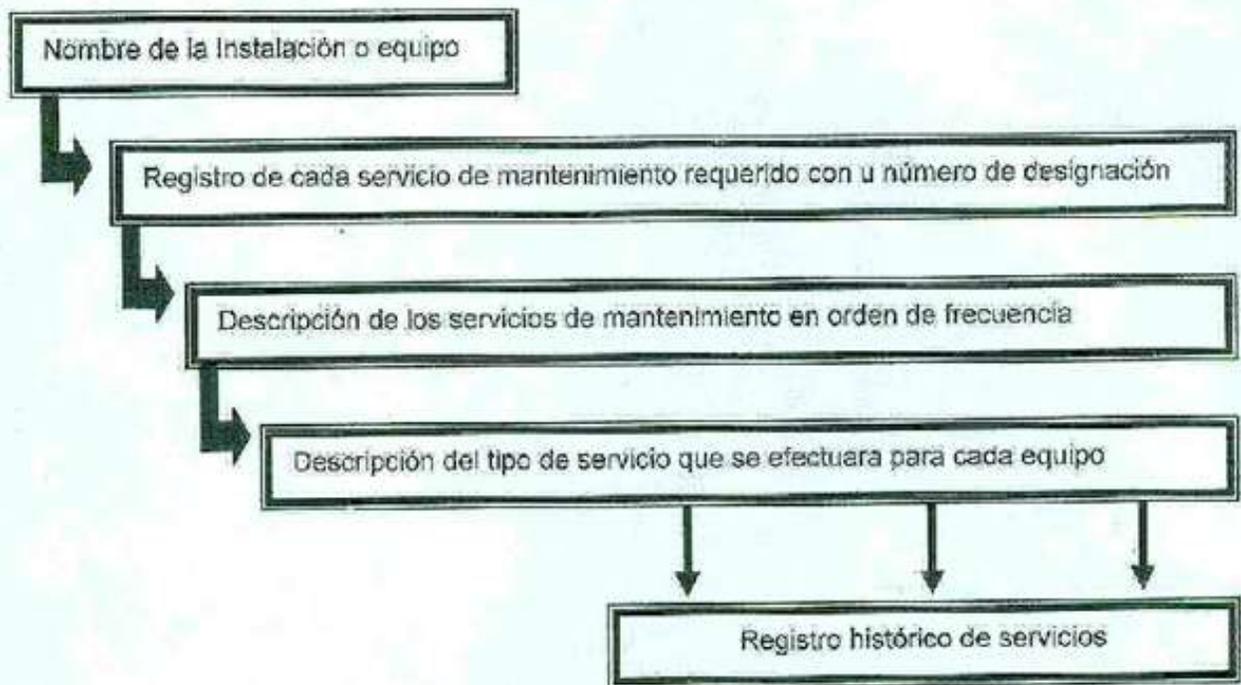


*[Handwritten signatures and marks]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 7 de 97

Para apoyar las actividades de mantenimiento, es importante contar con información de campo, esto es, los antecedentes de anteriores labores realizadas a las instalaciones, identificándose para ello, los siguientes datos:



Un aspecto importante a considerar, será ajustarse a las necesidades y recomendaciones que indiquen los fabricantes para cada uno de los equipos, así como capacitar al personal que efectuará el registro:

*[Handwritten signatures and marks at the bottom of the page]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 8 de 97

## IV.- COMPONENTES DE FUNCIONAMIENTO

La definición del programa de mantenimiento tendrá como elemento principal el pozo, ya que derivado de su revisión, se podrá identificar su eficiencia de producción, cabe señalar que esta instalación se divide en dos componentes de funcionamiento.

### IV.1 FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO (CONJUNTO POZO-ACUÍFERO)

La hidráulica de los pozos de bombeo es sumamente compleja ya que la eficiencia del sistema es la relación entre la energía que se proporciona y la que se recupera de él, debido a que en el interior de ellos y en su área de influencia inmediata se presentan diversos efectos locales, por que el gradiente hidráulico es máximo en las proximidades del pozo y que la permeabilidad es mayor por la presencia de un filtro artificial o desarrollado naturalmente.

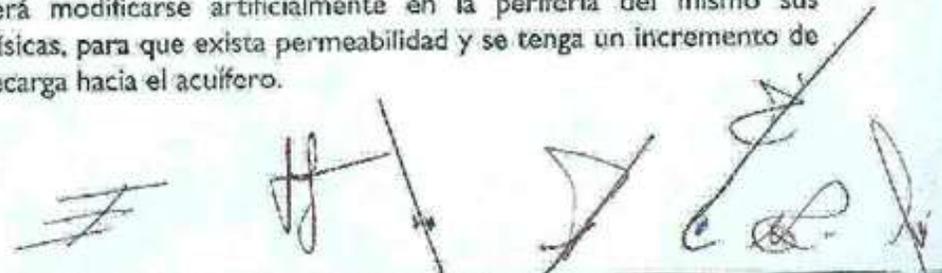
Hay que tomar en consideración que la velocidad del agua puede ser tal que el régimen de flujo es el de tipo turbulento, este incremento notable de la velocidad del agua es ocasionado por la concentración del flujo a través de las ranuras del ademe, aunado al cambio brusco de la dirección del agua al ser acelerada verticalmente por el equipo de bombeo.

La superficie del agua freática del acuífero es abatida por la acción antes mencionada, por lo tanto la eficiencia del pozo es la relación entre abatimiento teórico que es necesario provocar en la formación del acuífero para extraer el caudal dado.

Asimismo existen diversos factores que influyen en la eficiencia de un pozo, entre los que destacan:

#### A. Las características físicas

El abatimiento en el acuífero dependen cuando las característica naturales del mismo se ubican áreas impermeables y no cuenta con una recarga natural, para lo cual deberá modificarse artificialmente en la periferia del mismo sus condiciones físicas, para que exista permeabilidad y se tenga un incremento de filtración o recarga hacia el acuífero.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 9 de 97

B. Características constructivas

Para obtener un buen rendimiento de producción de caudal de un pozo, se debe cuidar que no existan pérdidas dentro de la estructura del mismo y esto depende de las características de perforación y pueden ser reducidas al mínimo mediante la aplicación de procedimientos de construcción adecuados y de contemplar criterios racionales en el diseño del ademe, filtro y de que los métodos aplicados en la limpieza con el desarrollo, se tendrá la garantía de eliminar el lodo y arenas que se presentan en la perforación.

C. Tipo de agua

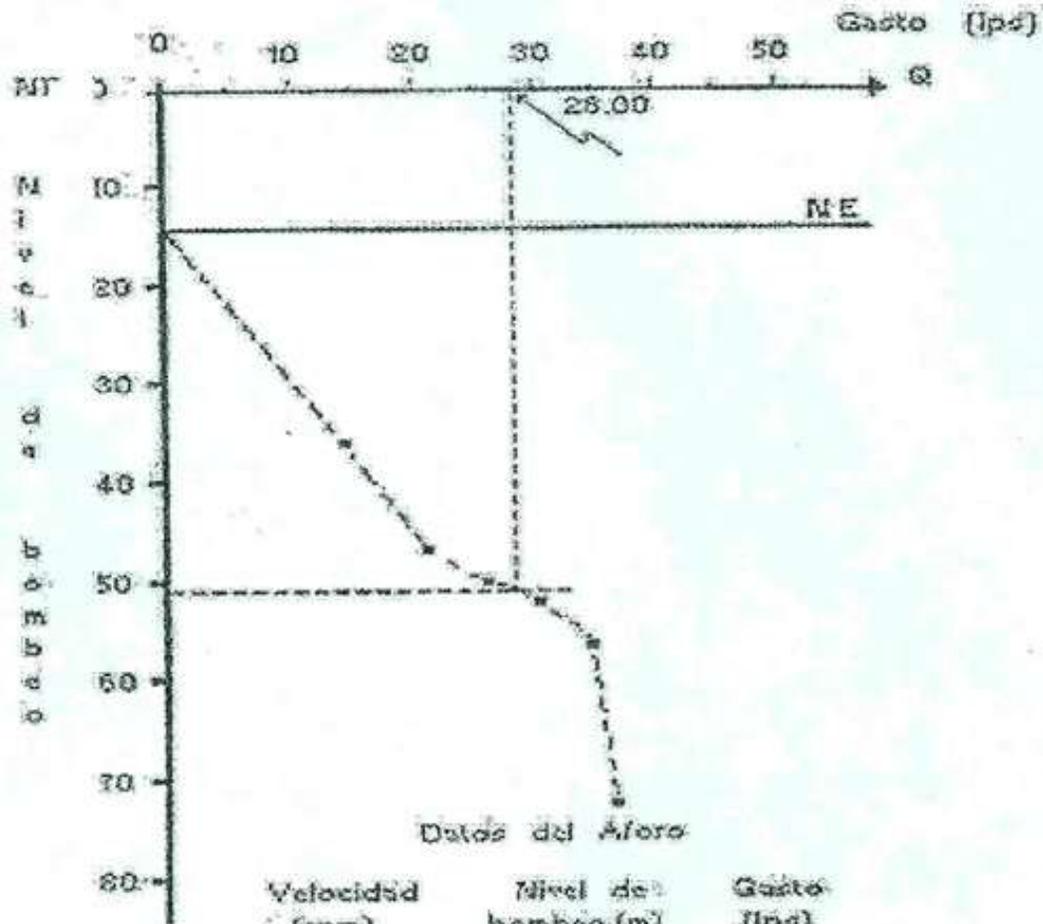
Este factor de las características fisicoquímicas del agua, es en donde la meteorización de las rocas y la formación de los suelos no determinan la composición química del agua subterránea, observándose los constituyentes como pueden ser los bicarbonatos, sulfatos y cloruros, ya que las condiciones de un estrato a otro pueden cambiar el tipo de agua.

Cuando la naturaleza del agua es corrosiva o incrustante, puede ocasionar la presencia de desgaste o incrustación en el ademe, presentándose con este fenómeno la disminución de la eficiencia de producción, por lo que es elemental contar con los datos del aforo para formular la curva caudal-abatimiento para graficarla como el ejemplo que se indica a continuación:





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 10 de 97



Profundidad (m)	Velocidad (rpm)	Nivel de bombeo (m)	Gasto (lps)
1500	15	31	15
1600	20	45	20
1700	25	50	25
1800	31.5	52	31.5
1900	35	55	35
2000	38	70	38

Curva Caudal - Abatimiento

*[Handwritten signatures and marks]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página: 11 de 97

#### IV.2 FUNCIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO (CONJUNTO BOMBA-MOTOR)

Este componente del sistema comprende la verificación de la eficiencia electromecánica del conjunto bomba-motor, el cual, con la información diaria de campo, podrá determinar cualquier anomalía representativa de falla mecánica que presente; asimismo, se pueden comparar las gráficas de ambos componentes, como son: la curva del pozo (caudal-abatimiento), con la curva del equipo de bombeo instalado, donde se determinan las variaciones del gasto extraído y al mismo tiempo, se checa el comportamiento de los valores de la potencia del equipo para cada valor de gasto de producción de la bomba, obteniéndose del diagnóstico la identificación de la falla.

Para la obtención de la eficiencia electromecánica global de un equipo de bombeo instalado en un pozo, se puede aplicar el siguiente procedimiento partiendo de la relación:

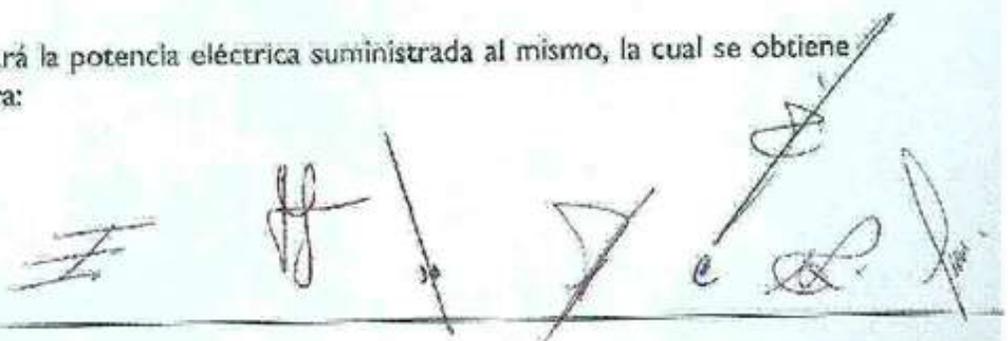
$$\text{Eficiencia total} = \frac{\text{Potencia hidráulica requerida por el sistema}}{\text{Potencia eléctrica suministrada}}$$

En donde la potencia hidráulica en una bomba es:

$$\text{Potencia hidráulica} = \frac{Q \times H}{76}$$

Para determinar los valores de cada literal de nuestra fórmula, es necesario obtener los datos del pozo y del equipo para que se tengan los valores de las pérdidas por fricción en la columna y la carga de bombeo, presión manométrica a la descarga y el nivel dinámico.

Del motor se calculará la potencia eléctrica suministrada al mismo, la cual se obtiene de la siguiente manera:





<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Edición: Primera
<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 12 de 97

Con el equipo de bombeo en operación, se harán mediciones de la tensión, la corriente y el factor de potencia y a partir de estos datos se calcula la potencia eléctrica con la fórmula siguiente:

$$P_e = \frac{1.732 \times V \times I \times \cos \varphi}{746}$$

De donde:

- $P_e$  Potencia eléctrica suministrada al motor, en HP.
- 1.732 Factor para sistemas trifásicos.
- V Tensión entre fases, en volts.
- I Corriente de fase, en amperes.
- $\cos \varphi$  Factor de potencia, sin unidades.

Con estos valores se produce al cálculo de la eficiencia del equipo electromecánico por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Eficiencia total} = \frac{\text{Potencia hidráulica requerida por el sistema}}{\text{Potencia eléctrica suministrada}}$$

$$\eta_t = \frac{P_h}{P_e}$$

$$\text{Potencia hidráulica} = \frac{Q \times H}{76} \times P_h$$

Sustituyendo la segunda expresión en la primera queda:

$$\eta_t = \frac{Q \times H}{76 \times P_e}$$

*[Handwritten signatures and scribbles]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 13 de 97

En donde:

- $\eta_T$  Eficiencia total del conjunto bomba-motor.
- Q Gasto de lps.
- H Carga total de bombeo, en mca.
- Pe Potencia eléctrica suministrada al motor en HP.
- 76 Factor de conversión a HP.

De lo anteriormente expuesto, faltará calcular la eficiencia de la bomba y se puede partir de la siguiente expresión:

$$\eta_T = \eta_b \cdot \eta_m$$

$$\eta_b = \frac{\eta_T}{\eta_m}$$

Cada literal indica lo siguiente:

- $\eta_b$  Eficiencia de la bomba.
- $\eta_m$  Eficiencia del motor (suministrada por el fabricante).

Con la combinación de las fórmulas anteriores, se obtiene la siguiente expresión para la eficiencia de la bomba.

$$\eta_b = \frac{Q \times H}{76 \times Pe \times \eta_m}$$

De la fórmula anterior, cuyas literales se han descrito previamente, se pueden calcular los valores para dar el diagnóstico del funcionamiento electromecánico del equipo de bombeo en estudio.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 14 de 97

## V.- MANTENIMIENTO O REHABILITACIÓN DEL POZO

Como se señaló anteriormente, los dos componentes de eficiencia son factores importantes para programar el mantenimiento del pozo, ya que del análisis de la comparación de la información de ambas curvas, se podrán identificar las fallas.

Cuando la falla se encuentre en la eficiencia hidráulica, se tendrá la justificación necesaria para rehabilitarlo; así como determinar el tipo de mantenimiento que se deberá aplicar para mejorar la eficiencia del pozo, así como su vida útil; o en su caso, obtener la información relativa a:

- A. Antecedentes y características de construcción.
- B. Funcionamiento del equipo.
- C. Información hidráulica y mecánica.
- D. Condiciones y deficiencias de operación actual.

Esta información permitirá formar un cuadro de razonamientos técnicos que arrojarán un diagnóstico de los trabajos a ejecutar con el fin de corregir los daños que afectan la zona hidráulica y la electromecánica.

La detección de las fallas permitirá formular la planeación del mantenimiento periódico, ya que se tendrán definidos los detalles a vigilar en la captación, con el fin de evitar el deterioro del pozo, hasta el punto de requerir reparaciones mayores y costosas, o el abandono del mismo.

### V.1 RECONOCIMIENTO FÍSICO

Para dar inicio a las actividades de mantenimiento, es necesario efectuar un recorrido físico del pozo donde se identificarán diversas funciones como:

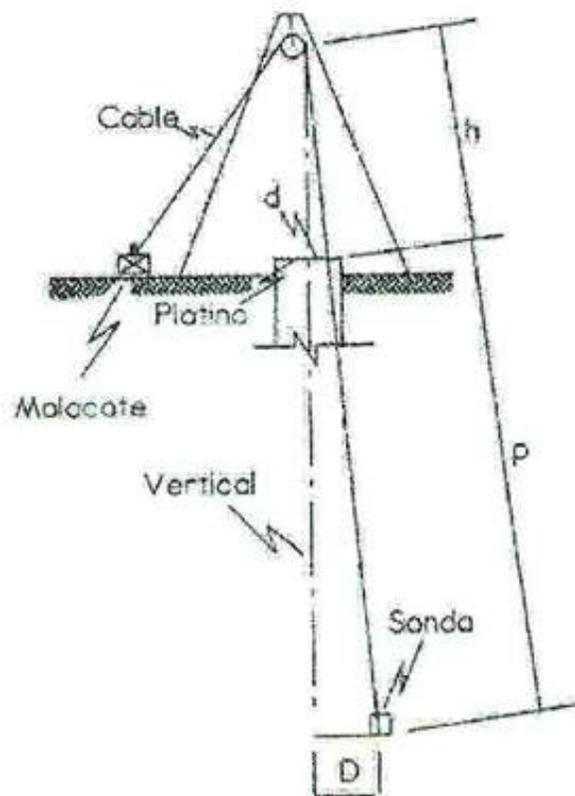
- A. Tomar lecturas de mediciones eléctricas e hidráulicas previas al retiro del equipo de bombeo.
- B. Retiro y almacenaje del equipo de bombeo.
- C. Realizar la corrida de un registro de video en toda la profundidad del pozo, para determinar sus condiciones físicas.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 15 de 97

- D. Sondeo de verificación de la profundidad del pozo.
- E. Pruebas de verticalidad.
- F. Calibración del diámetro del ademe.
- G. Impresiones de fondo.

El reconocimiento físico, en lo que se refiere a la prueba de verticalidad, se puede realizar por el método más usado, el cual se basa en el principio de los triángulos semejantes como se indica en la siguiente figura:



Relación de triángulos semejantes en registros de verticalidad

*[Handwritten signatures and scribbles]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página: 16 de 97

De lo anterior, al inicio del registro, cuando la sonda se encuentra en la boca del pozo y el equipo bien centrado, h debe ser totalmente vertical y consecuentemente d, que es la desviación medida en la platina es igual a 0; a medida que la sonda va descendiendo a lo largo de un pozo desviado, se va generando el cateto d, cuya magnitud es proporcional a D en el triángulo cuya hipotenusa es (h+p) y su cateto horizontal D; y generalmente las lecturas se toman con intervalos de 3m.

A continuación se presenta la fórmula para el cálculo de la desviación:

$$h/d = (h+p) / D$$

$$D = (h+p) d / h \quad \text{De donde:}$$

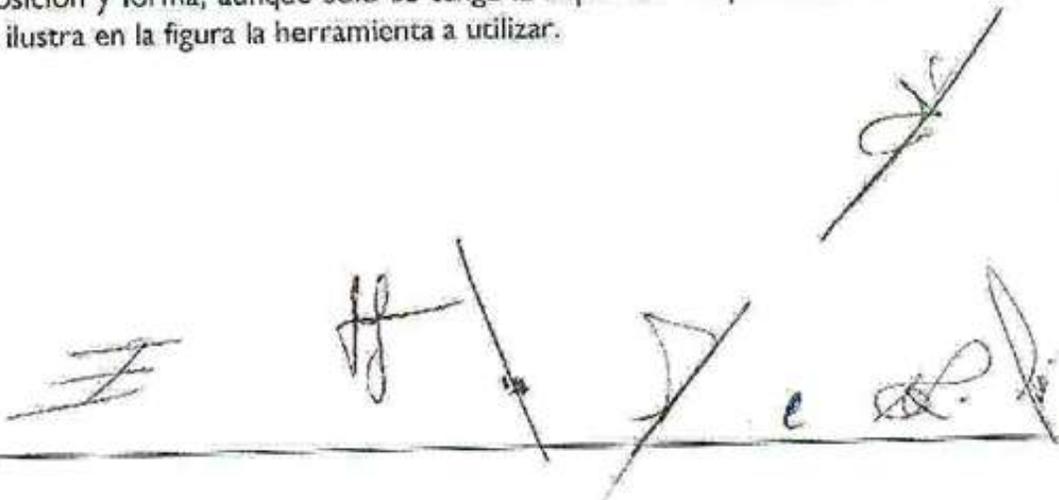
- h    Altura al eje de la polea de donde cuelga la sonda respecto a la platina.
- d    Desviación leída en la platina.
- p    Profundidad de la sonda respecto a la platina.
- D    Desviación real.

La aplicación de las unidades para cada una de las literales será; h en m, d en mm, p en m y D en cm.

Por lo tanto la fórmula a usar será:  $D = (h+p) d / 10 h$

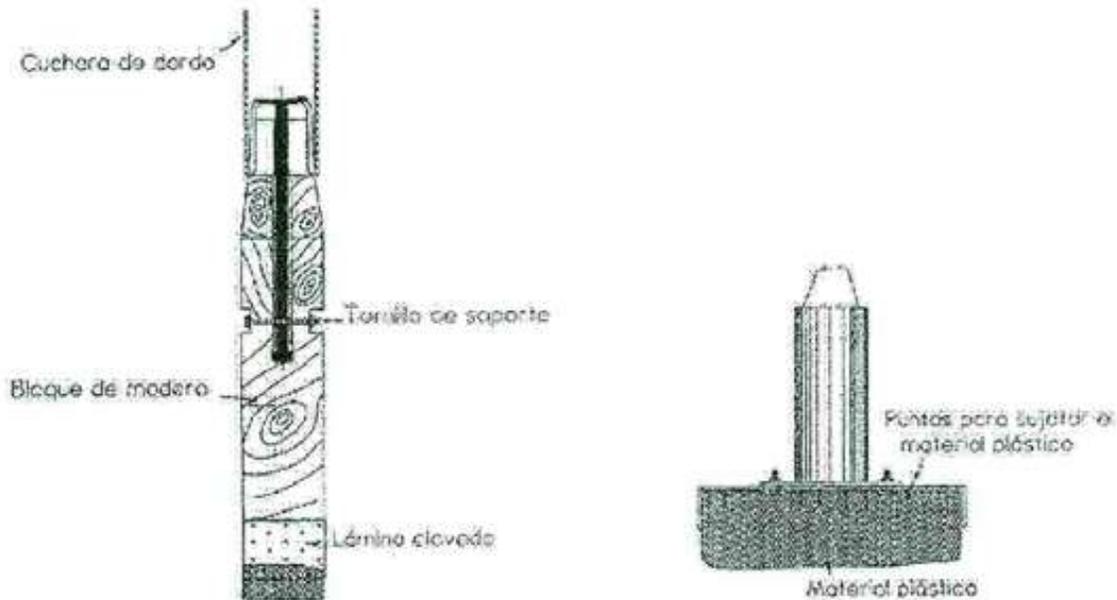
La aplicación de este método es la técnica que se usa para determinar la verticalidad, con el fin de que los equipos de bombeo con flecha no tengan problema al ser instalados, con el objeto de que no se presente contacto con el ademe del pozo.

Por otra parte, el bloque de impresión, es una herramienta que se usa generalmente con el objetivo de obtener detalles dentro del pozo, con la finalidad de identificar o establecer su posición y forma, aunque sólo se tenga la impresión en planta de él. A continuación se ilustra en la figura la herramienta a utilizar.





<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Edición: Primera
<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 17 de 97

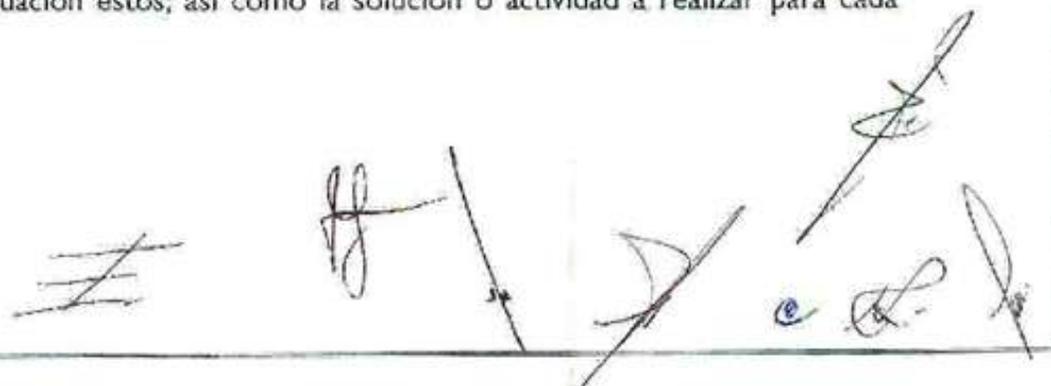


### Bloques de impresión

Con los resultados del recorrido y la información complementaria obtenida anteriormente, se podrá formular un diagnóstico y dictamen definitivo de la falla de que adolece el pozo profundo, y en consecuencia, planear el mantenimiento o la rehabilitación que hay que ejecutar.

### V.2 FALLAS Y TIPO DE SOLUCIONES

Dados los problemas típicos que se pueden presentar en el pozo profundo, se enuncian a continuación éstos; así como la solución o actividad a realizar para cada uno de ellos.





<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Edición: Primera
<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 18 de 97

FALLA	SOLUCIÓN
V.2.1 Pozos azolvados, que presentan la disminución de la producción de agua en proporción a los metros de cedazo azolvados	
V.2.2 Disminución de la permeabilidad del acuífero en el entorno del pozo, por colmatación o estrangulamiento del filtro con materiales finos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe realizarse una limpieza por medio de un cuchareo, u agitación y posteriormente hacer desarrollo enérgico del pozo</li> </ul>
V.2.3 Ademes rotos o colapsados. En este tipo de problema debe analizarse con mucho cuidado el video ya que puede tomarse la decisión de la cancelación del pozo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si el origen del problema es ademe colapsado, se puede realizar la corrección de la falla mediante tropo o prensa electrohidráulica que permita enderezar el ademe</li> <li>• Si el ademe está roto, la falla corrige llevando a cabo encamisado de la zona afectada de otra forma es aceptable cementar el tramo donde se ubica la falla, cancelando esta área de infiltración</li> </ul>
FALLA	SOLUCIÓN
V.2.4 Ademes corroídos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la atención de este caso, habrá de tomarse una solución muy cuidadosa, ya que la rehabilitación suele ser difícil, puesto que la decisión depende de la magnitud e intensidad del daño ocasionado por la corrosión. Ahora bien, para corregir la falta de cedazo, se deberá colocar un encamisado, el cual, dependiendo del lugar donde se localice la falla permitirá decidir su magnitud pudiendo ser total o parcial; asimismo deberá reponerse el filtro granular y al final deberá efectuarse la limpieza del pozo con un cuchareo previo y un desarrollo continuo</li> </ul>
V.2.5 Ademes incrustados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el ademe presenta incrustaciones en su interior y en rasurado del cedazo, se podrá aplicar un tratamiento de cepillado en toda la zona del ademe rasurado aunque se tenga el problema de hacer una limpieza parcial, ya que no se afecta el exterior del ademe ni del filtro</li> <li>• Cuando el trabajo ejecutado no presenta efectividad y no se tiene un mejoramiento de la capacidad específica del pozo, entonces será necesario proceder a un tratamiento químico a base de polifosfatos que eliminen la incrustación y realizar finalmente el lavado del pozo</li> </ul>



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 19 de 97

FALLA	SOLUCIÓN
V.2.6           Objetos caídos en el pozo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Otro método que se puede aplicar, será el uso del Sonar Jet, el cual con la detonación produce desprendimientos del material incrustado eliminándose gran parte de éste y realizando posteriormente la limpieza del pozo</li><li>• Cuando ocurran percances porque el equipo de bombeo se quede en el pozo por haberse colapsado la columna y la flecha o cualquier otro tipo de objeto, se podrá hacer la maniobra de recuperación con la herramienta adecuada, como es el uso de pescantes, con los que es posible hacer la pesca o extracción de las partes de los equipos de bombeo o cualquier otro tipo de objetos que estén dentro del pozo</li></ul>

*[Handwritten signatures and marks at the bottom of the page]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 20 de 97

### V.3.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS USADAS PARA REHABILITAR POZOS PROFUNDOS

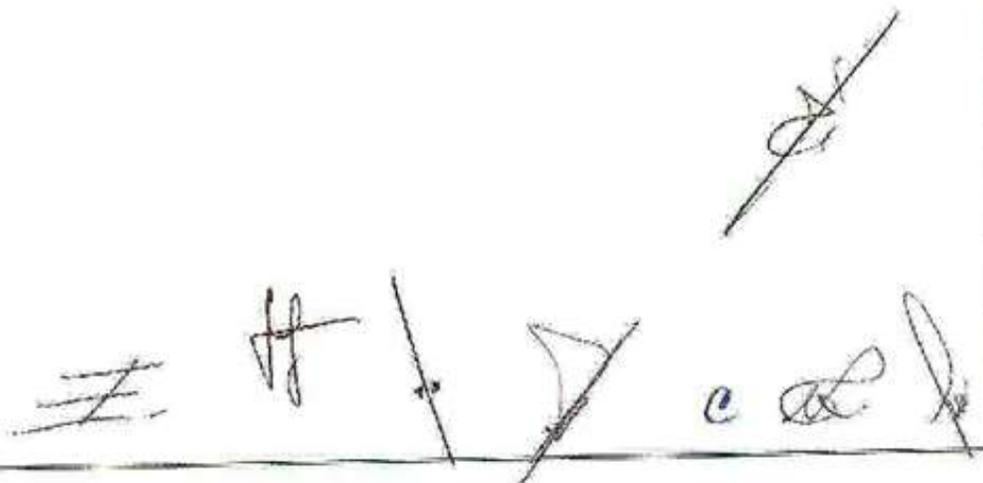
Se han expuesto las fallas características en los ademes de los pozos y en el punto "C" de un ademe colapsado, el cual se puede rectificar mediante el uso del trompo como se ilustra en la siguiente figura, a base de golpes continuos hasta restituir la geometría del ademe.



Trompo para rectificación de ademes

Asimismo, se cuenta actualmente con la prensa electrohidráulica como se ilustra a continuación; con este equipo se obtiene un efecto similar al provocado por el trompo, que se introduce hasta la zona de colapso, donde se expande para restituir la forma del ademe. La ventaja de este sistema, es la rapidez de operación con respecto al trompo, aunque presente el inconveniente de que el costo unitario es bastante elevado, por lo que en muchas ocasiones no es la mejor solución.

En el punto V.2.3 se comenta la falla de ademes colapsados o rotos, y su rehabilitación se efectúa con la prensa electrohidráulica. Con ella es posible colocar camisas interiores que tapen las roturas del ademe, como se indica en la siguiente figura:





NOMBRE DEL DOCUMENTO

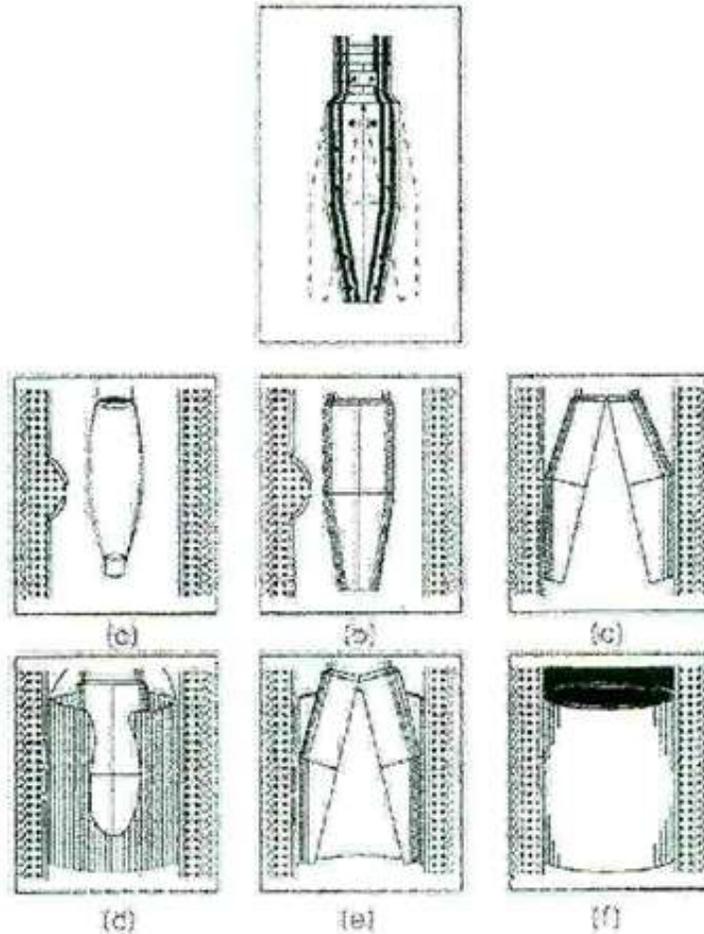
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 21 de 97



Prensa electrohidráulica

La prensa se ubica en la profundidad donde se presenta la falla procediéndose a aplicar la presión necesaria para que las deformaciones o puntas del ademe roto vuelvan a su posición original. Esta maniobra se repetirá las veces que sea necesario.

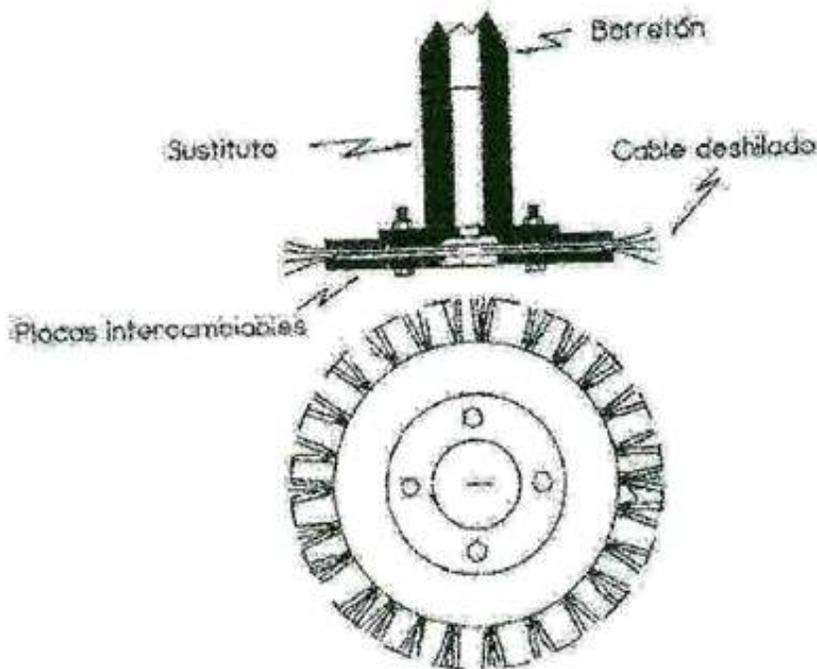
Cuando el ademe se enderezó, se procederá a colocar la camisa, donde el diámetro exterior de ésta corresponda al interior del ademe en reparación; por último, para la instalación de la camisa, se montará ésta en la prensa cerrada y una vez que se accione la prensa la adherirá al ademe.

*[Handwritten signatures and marks]*



<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>  <b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	Edición: Primera
	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 22 de 97

En el punto V.2.5 se ha descrito la falla del ademe incrustado, para lo que ha propuesto la limpieza por medio de la operación del cepillado en forma de pistoneo; la herramienta adecuada es la que se ilustra en la figura siguiente, con la que se eliminan las costras de oxidación interiores de manera total o parcial.



Cepillo con cerdas intercambiables

En el punto V.2.6 se especifica la ocurrencia de aquellos percances con partes de los equipos de bombeo o cualquier otro tipo de objetos que están dentro del interior del pozo y requieren la extracción a la superficie del material indeseable que se encuentra en el interior del mismo.

Por otra parte, para la rehabilitación del pozo, se deberá realizar la operación de pesca o recuperación con la herramienta adecuada, ya que puede variar el tipo en función del objeto de que se trate; asimismo, para la aplicación de la maniobra de cualquier tipo de pesca, se debe recabar la información necesaria para realizar la actividad más conveniente, como se señala a continuación.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página: 23 de 97

- A. No iniciar ninguna maniobra de pesca hasta no tener información suficiente sobre el problema; si el objeto está libre o presionado, para proponer el diseño del pescado o hacer uso de los pescantes que se conocen para la operación de recuperación.
- B. Organizar detenidamente las maniobras requeridas para la pesca en el orden correspondiente y verificar si se cuenta con el equipo y materiales necesarios.
- C. Repasar toda la estrategia de pesca varias ocasiones y si se observan fallas posibles, se deberán optimizar los detalles mecánicos para iniciar la pesca.

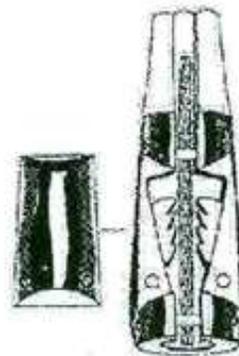
Establecida la secuencia de la actividad a realizar, se seleccionará la herramienta que se indica en las figuras siguientes, o las que se diseñen en el campo, en función de la experiencia del operador que realizará el trabajo.



a) Borrador de pesca



b) Tijeros de pesca



c) Cortacable

Herramienta de pesca

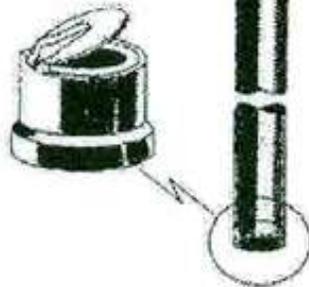




NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página: 24 de 97



a) Cuchara de dardo la lengua



b) Cuchara de válvula



c) Cuchara de pistón o bomba de arena



GOLPEADOR



CAMPANA DE FRICIÓN



CAMPANA DE MORDAZA



CAMPANA DE CÍRCULO COMPLETO



Herramienta de pesca

Handwritten signatures and marks at the bottom of the page, including a large signature on the right and several scribbles on the left.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 25 de 97



COSTILLA



MANO DE  
DIABLO



PESCANTE DE  
CUCIARAS



PESCACABLE



PESCANTE DE  
CABLE CUCHARA

Herramienta de pesca



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 26 de 97

Una vez concluidos los trabajos de mantenimiento de rehabilitación del pozo y concentrada toda la información de los trabajos realizados, se procederá a elaborar su diagnóstico, el cual será complementado con las recomendaciones necesarias para que los trabajos futuros puedan ejecutarse correctamente.

Un punto importante que se debe observar, es el correspondiente al renglón del desarrollo y aforo, donde se determinará en las curvas, si el gasto de producción se ha mantenido o se ha incrementado, para que se tome la decisión de si se volverá a instalar el equipo de bombeo original y se le harán las modificaciones correspondientes para mejorar el servicio o se tomará la decisión de instalar un equipo nuevo con otras condiciones de servicio y operación por haberse mejorado la producción del pozo.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 27 de 97

## VI.- MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE BOMBEO

El segundo componente de funcionamiento es la eficiencia electromecánica del conjunto bomba-motor, para el cual se invertirá el sentido de interpretación de las curvas de caudal-abatimiento y la del equipo de bombeo, ya que si se identifica que el acuífero está en óptimas condiciones, entonces se deberá revisar el equipo de bombeo, el motor y el sistema eléctrico.

Asimismo, dadas las diferentes acciones a realizar, la programación del mantenimiento deberá plantear las dos opciones que se identifican a continuación:

### A. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Son las acciones, precauciones y medidas que se identifican como necesarias para evitar desperfectos.

### B. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

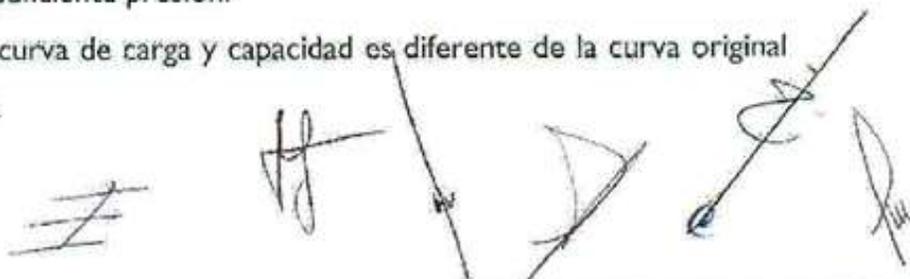
Es aquel que se realiza con todas las reparaciones necesarias y precisas una vez que el desperfecto se ha producido.

## VI.1 PROGRAMA DE INSPECCIÓN Y CAUSAS DE MAL FUNCIONAMIENTO

El mantenimiento preventivo del conjunto bomba-motor se debe planearse correctamente, con el fin de que su programa de inspección considere todas sus partes electromagnéticas y toda la variedad de fallas que se pueden presentar o que identifique cualquier mal funcionamiento del equipo.

La siguiente relación muestra los problemas típicos que habrán de verificarse en las bombas centrífugas.

- A. La bomba no entrega líquido.
- B. Entrega menos líquido del esperado.
- C. No produce la suficiente presión.
- D. La forma de la curva de carga y capacidad es diferente de la curva original de rendimiento.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 28 de 97

- E. Pierde el cebado después de arranque.
- F. Consume demasiada potencia.
- G. Tiene vibraciones.
- H. Presenta ruidos.
- I. Fugas excesivas por el presaestopas.
- J. Corta duración de prensaestopas.
- K. Fugas excesivas por el sello mecánico.
- L. Corta duración del sello mecánico.
- M. Corta duración de cojinetes.
- N. La bomba se sobre calienta y se pega.

## VI.2 INFORME DE INSPECCIÓN

Resultado de la observación de campo, se elaborará el informe de inspección, analizándose las 14 causas de mal funcionamiento (Punto VI.1) antes descritas, procediéndose a programar la reparación correspondiente según las partes más importantes que conforman el equipo de bombeo.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Código: 42000

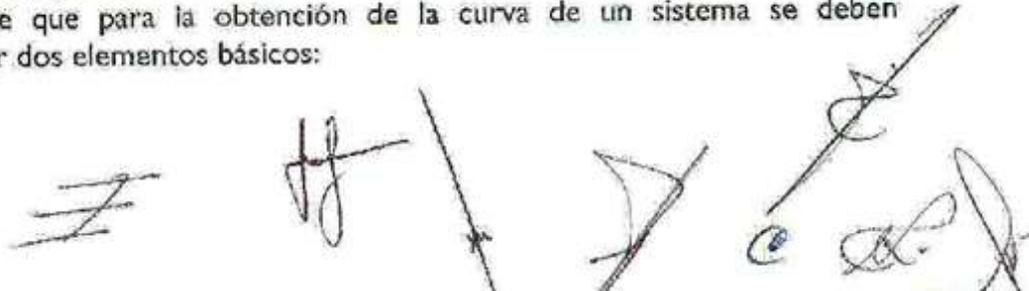
Página 29 de 97

## VII.- PROGRAMA DE REPARACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

### VII.1 IMPULSORES Y COJINETES

Una de las causas principales de falla, en una bomba vertical de turbina, es la motivada por el impulsor, el cual a pesar de estar protegido por la carcaza, siempre presenta un desgaste ocasionado por la acción abrasiva de materiales finos o por la cavitación del equipo; además de otros fenómenos y situaciones que se presentan, como:

- A. La incrustación produce la reducción del área de paso y se desbalancea ocasionando la disminución en la eficiencia, así como la baja producción de agua se presenta también por defectos de fabricación de los impulsores, por lo que será conveniente sacar el equipo para su revisión y reparación. Asimismo, debe tenerse presente que el impulsor puede estar acoplado a la flecha y cuenta con un sistema de lubricación por aceite; en donde los cojinetes axiales inferiores junto con la flecha motriz se lubrican a través de la funda, y el lubricante al hacer contacto con ellos, atenúa la fricción de estas partes móviles.
- B. Cuando la bomba opera con mala eficiencia electromecánica en su límite inferior de 55% es evidente que la bomba está operando en malas condiciones, aunque el motor eléctrico tiene la característica de que su eficiencia es bastante estable durante su vida útil y cuando está operando en malas condiciones se producen ruidos anormales, así como el aumento de su temperatura normal de operación y también el despedido de olor a quemado.
- C. Los datos de la curva gasto-carga de una bomba, proporciona la información relativa a la carga diferencial que ésta es capaz de desarrollar con diferentes rangos de flujo o gasto, por lo que es conveniente que la curva del sistema, presente una forma homogénea y muestre la carga diferencial que demanda con diferentes valores de flujo o gastos, teniendo presente que para la obtención de la curva de un sistema se deben conocer dos elementos básicos:





NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página: 30 de 97

- La carga de succión disponible para la bomba a varios gastos.
- La carga de descarga, demandada por el sistema de varios gastos.

Con los datos anteriores, se puede restar la carga de succión disponible para la bomba a la carga de descarga, a una capacidad dada, obteniéndose la carga diferencial demandada por el sistema a esa capacidad del gasto.

Asimismo, se puede construir la gráfica con varios puntos, en función de diferentes valores del gasto, obteniendo la curva del sistema, misma que describe los requerimientos de carga del sistema, a través de su rango completo de operación; es decir, las pérdidas de fricción en cada punto.

Otro dato importante que se requiere para construir la gráfica, es la carga estática para el rango de operación, que sumada a las cargas de fricción, permite obtener la demanda total de carga a diferentes gastos, lográndose una gráfica como se indica a continuación.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

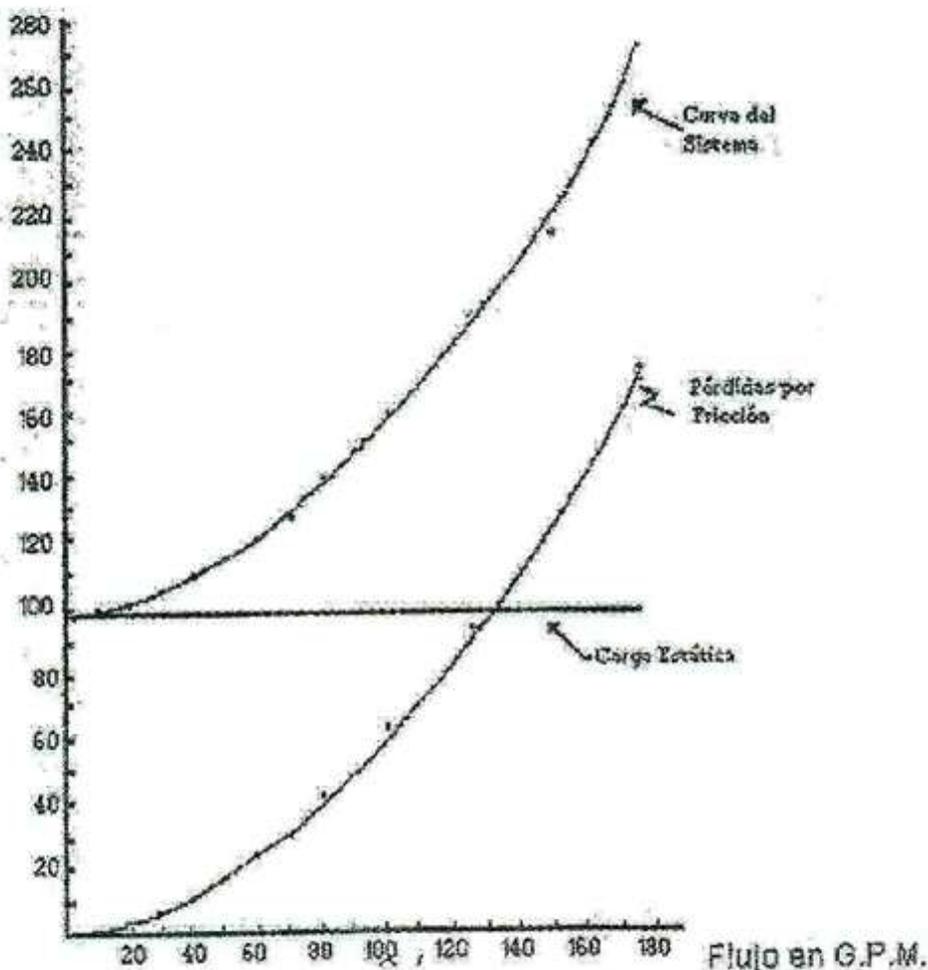
Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 31 de 97



La construcción de la gráfica se hizo considerando los siguientes datos:

$Q = 5.83$  lps.

Longitud L. cond = 230 m.

Diámetro descarga =  $2 \frac{1}{2}$ "  $\phi$ .

Codo  $90^\circ$  de 63 mm ( $2 \frac{1}{2}$ "  $\phi$ ) = 6 Pzas.

Válvula de 63 mm ( $2 \frac{1}{2}$ "  $\phi$ ) = 1.

Desnivel entre la succión y descarga = 30 m.



<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
		Fecha: Abril 2009
		Código: 42000
		Página 32 de 97

**Cálculo de la longitud equivalente de los accesorios**

Pieza especial	Longitud equivalente unitarias	Piezas	L.E. total
Codo 90°x2 1/2" ø	6.5 pies	6	39 pies
Válvula de seccionamiento de 2 1/2" ø	34 pies	1	34 pies
<b>Total de accesorios</b>		<b>7</b>	<b>73 pies</b>
Tubería 230 m x 3.28			755 pies
<b>Longitud total equivalente</b>			<b>828 pies</b>
Carga estática 30m x 3.28			98.4'
<b>Q = 5.83 lps</b>			<b>92.50 GPM</b>

**Carga por fricción a diferentes gastos**

Gasto GPM	Long. total equiv/100' adimensional	Pérdida c/100 (PSI)	Pérdida total (PSI)	Carga (pies)
0	8.28	0.000	0.000	0.000
10	8.28	0.048	0.397	0.917
20	8.28	0.164	1.358	3.137
30	8.28	0.343	2.840	6.568
40	8.28	0.588	4.869	11.247
50	8.28	0.882	7.303	16.870
60	8.28	1.220	10.102	23.336
70	8.28	1.530	12.668	29.263
80	8.28	2.170	17.968	41.506
90	8.28	2.610	21.611	49.921
92.5	8.28	2.765	22.894	52.885
100	8.28	3.230	26.744	61.779
125	8.28	4.820	39.910	92.192
150	8.28	6.040	50.011	115.525
175	8.28	9.000	74.520	172.141



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 33 de 97

Demanda total de carga a diferentes gastos

Gasto (GPM)	Por Fricción (pies)	Estática (pies)	Total (pies)
0	0.000	98.4	98.40
10	0.917	98.4	99.317
20	3.137	98.4	101.537
30	6.650	98.4	104.960
40	11.247	98.4	109.647
50	16.870	98.4	115.270
60	23.336	98.4	121.736
70	29.763	98.4	127.663
80	41.506	98.4	136.906
90	49.921	98.4	148.321
92.5	52.885	98.4	151.285
100	61.779	98.4	160.179
125	92.192	98.4	190.592
150	115.525	98.4	213.925
175	172.141	98.4	270.541



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

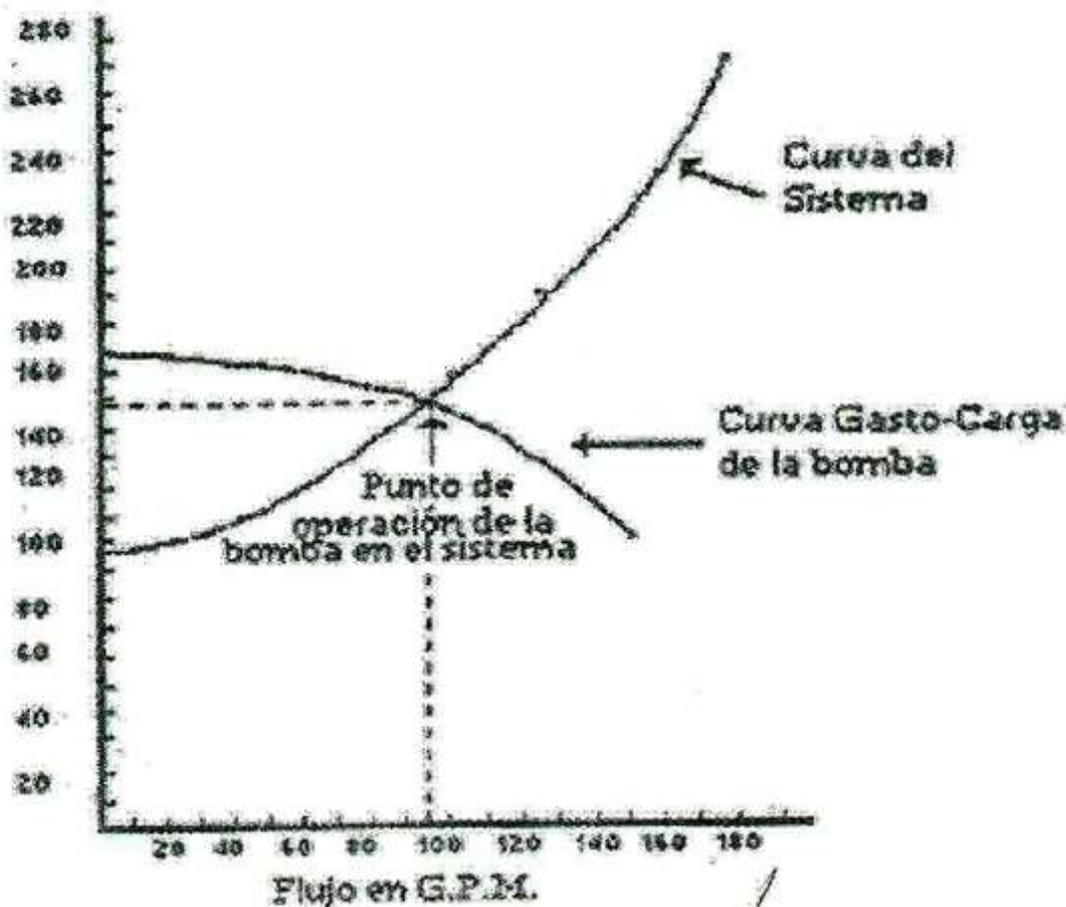
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 34 de 97

Ya que se cuenta con los datos de las curvas y que sus unidades son homogéneas, se procede a graficar la curva gasto-carga de la bomba, la cual junto con la curva del sistema permite identificar el punto de operación que es donde intersectan, determinándose con este el punto de operación de la bomba en el sistema, como se indica en la figura siguiente:

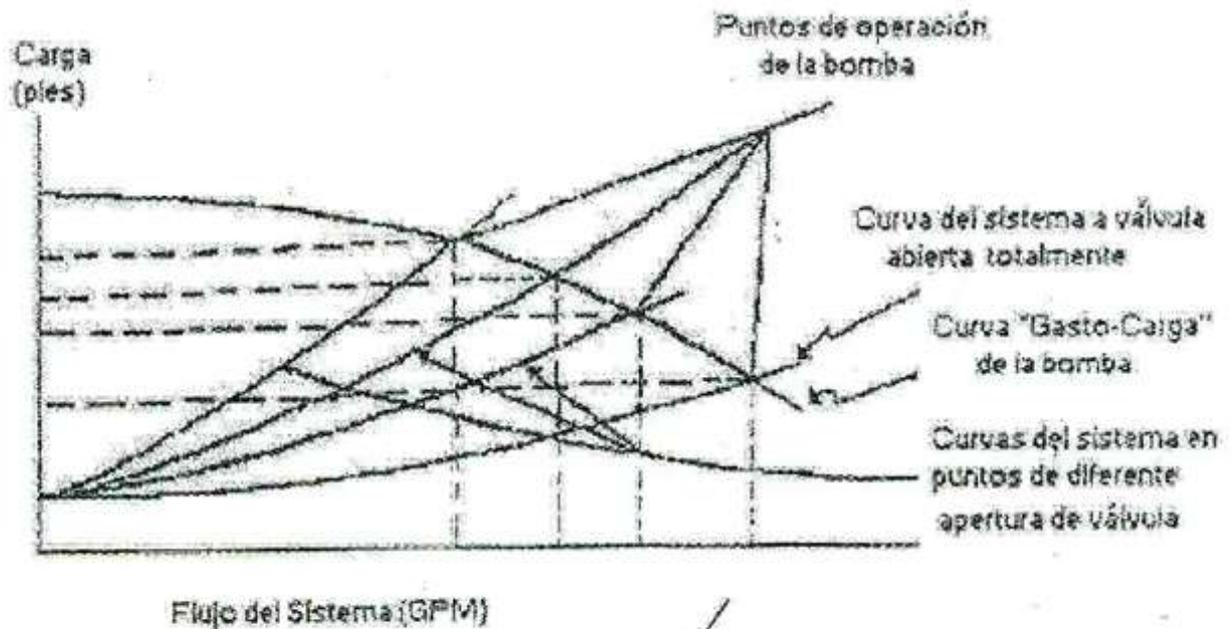


Handwritten signatures and scribbles at the bottom of the page.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 35 de 97

En el método de control de flujo con diferentes niveles de apertura de la válvula se observará que al incrementar la demanda de la carga del sistema, por pérdidas de fricción, se logra un gráfica escalonada de la curva del sistema como se expone a continuación.



*[Handwritten signatures and marks]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

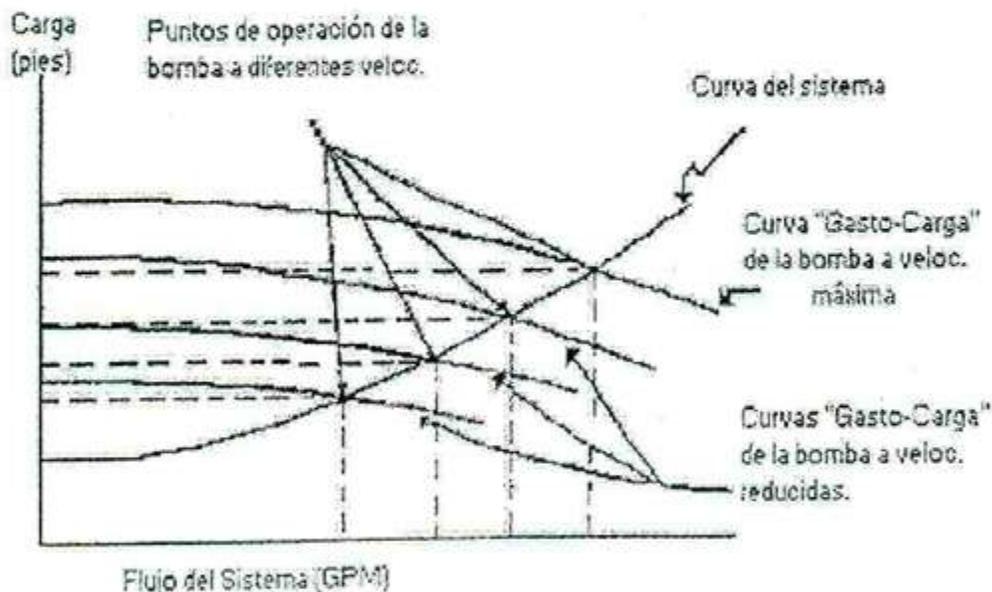
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 36 de 97

Otro método de control de flujo, será con el acondicionamiento de un accionador de velocidad variable, el que permitirá posicionar a la bomba en ciertos valores de velocidad, como se explica en las "Leyes de Afinidad", las que señalan que, modificando la velocidad de la bomba, se determinarán las características de la "curva gasto-carga" de la bomba, lo que permitirá definir con precisión, los puntos de operación deseados, obteniéndose la siguiente gráfica de la curva del sistema:



El análisis anterior mostrará que la bomba opera solamente en un punto de su curva específica y ese punto es precisamente el de intersección con la curva del sistema, que definirá con precisión el punto de operación deseado.

Ulteriormente se deberá posicionar la abertura de la válvula de modo tal que se puedan tomar tres lecturas intermedias de presión, realizando en cada paso todas las mediciones completas y en seguida efectuar los cálculos de los valores obtenidos y sus correspondientes gráficas, para poder determinar e identificar las fallas que presenta el equipo, e instrumentar las acciones para corregirlas.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 37 de 97

También cuando se revise el cuerpo de tazones y se encuentren dañados, se procederá a la rectificación de los asientos, así como al cambio de bujes, sellos y cojinetes, checándose también el estado físico de la flecha, con el fin de verificar que no presente rayaduras, cinturas y no esté torcida o chueca; y si tiene dimensiones dentro de los límites de tolerancia, se enderezará y rectificará.

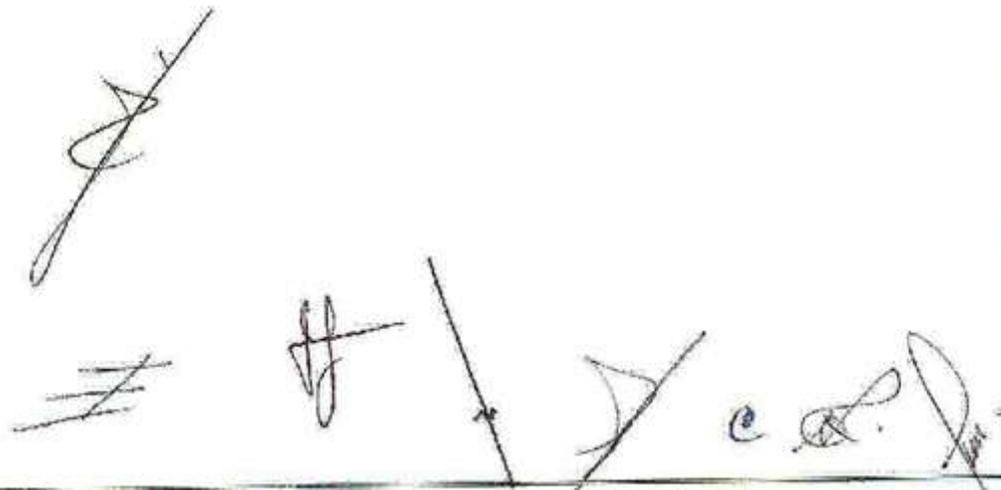
Por último, cuando se han realizado todas las actividades anteriormente descritas, al momento del ensamble e instalación deberá cuidarse que los impulsores tengan los huelgos de tolerancia en el ajuste y su correcto juego lateral; asimismo deberá observarse la elongación de la flecha para evitar el desgaste de los impulsores al estar operando.

## VII.2 VIBRACIONES EN LA OPERACIÓN DE BOMBEO

Cuando se tiene en operación el equipo de bombeo y presente vibraciones y además su sistema de lubricación sea por agua, se procederá a la revisión de la columna, flecha y portachumaceras.

### A. FLECHA

En las flechas deberá inspeccionarse el reborde o manguito de acero extraduro que hace contacto con las chumaceras, verificando que éstas no tengan "cintura" o rayaduras, con el fin de identificar hasta que punto están dañadas totalmente, y así tomar la decisión de sustituir todas aquellas que estén desgastadas y en consecuencia, evitar las vibraciones del equipo al estar operando.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 38 de 97

## B. PORTACHUMACERA

Se revisará que no esté golpeada o corroída, además se checará el cuerpo o la base donde se coloca la chumacera a fin de que no tenga juego.

En consecuencia, cuando ambas piezas se encuentran dañadas, deberá cambiarse el conjunto para que en la instalación se alineen con la flecha y no se presenten ruidos en el equipo al estar operando, ya que en caso de falla se puede tener una sobrecarga que origine la quemadura del motor.

## VII.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE ACEITE-AGUA

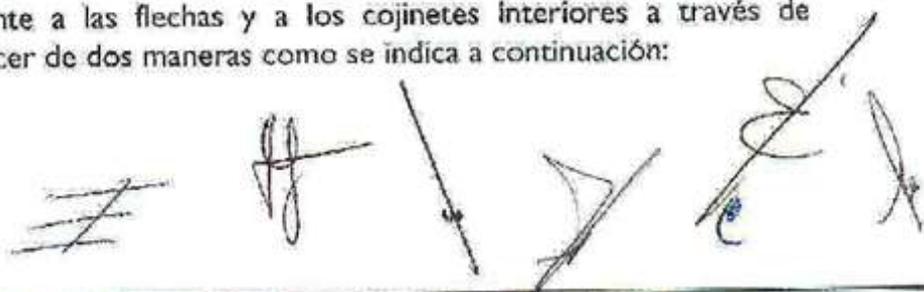
### LUBRICACIÓN POR ACEITE

En este tipo de sistema se revisarán las fundas o cubre-flechas, las chumaceras de bronce y las flechas, y en caso de presentar daños se sustituirán las piezas en mal estado.

Durante la instalación deberá verificarse que el interior de la fundas esté completamente limpia para armar las secciones de funda y flecha, y atornillar en cada extremo una chumacera, obteniéndose entre ellas una longitud de 10' (3.05 m).

Asimismo, antes de enroscar las fundas y chumaceras, se deberán tener limpias las roscas, además de lubricarlas con blanco de zinc, cuidando que esta sustancia tenga un íntimo contacto con las roscas y no se haga una película superficial; por otra parte hay que tener cuidado que el blanco de zinc no se meta en las ranuras de lubricación de las chumaceras. También se debe verificar que los extremos de las fundas se conecten por medio de chumaceras, debidamente atornilladas, hasta tocarse, dando la apariencia de un solo tubo, complementándose en cada sección con la instalación de un estabilizador o araña de hule.

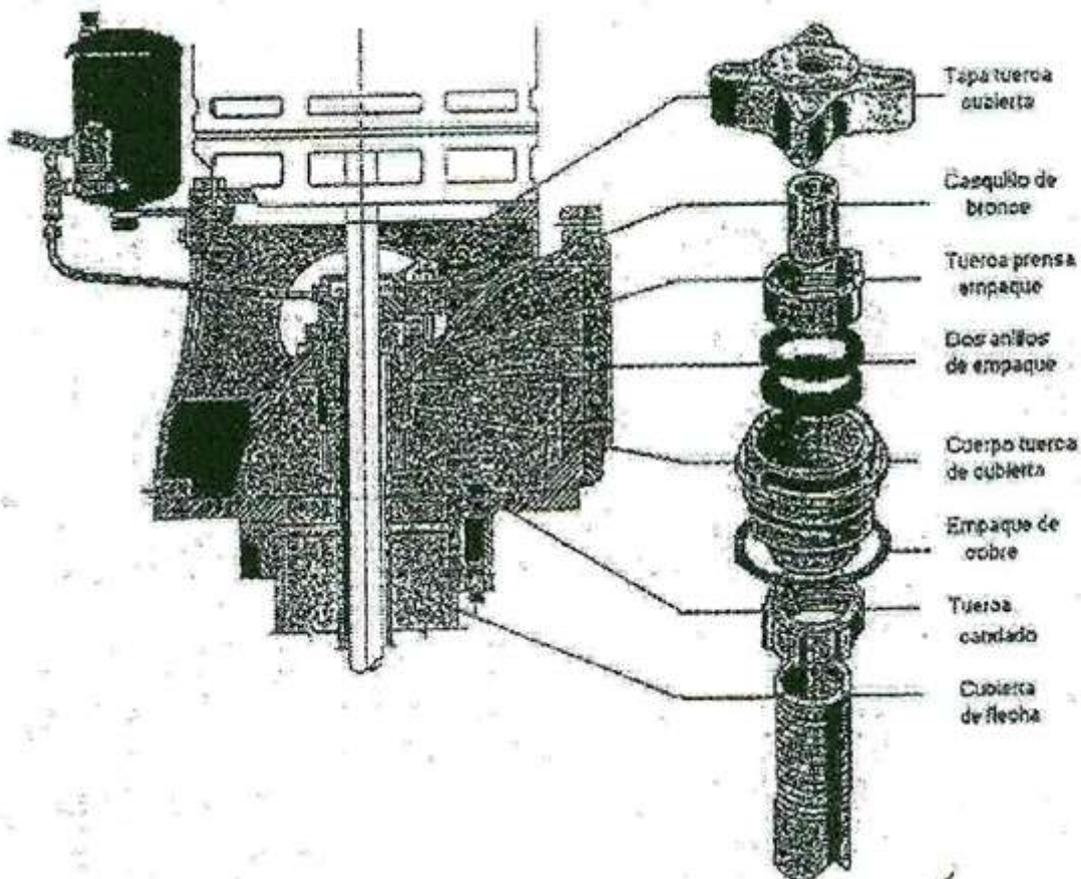
La inyección de lubricante a las flechas y a los cojinetes interiores a través de chumaceras, se puede hacer de dos maneras como se indica a continuación:





### A. INYECCIÓN MANUAL

Este sistema se aplica por medio de una aceitera instalada a un lado del cabezal de descarga, la cual se opera por medio de una llavecita que sirve de control para el goteo de aceite, la que se abre antes de poner en operación el equipo de bombeo y se cierra después de haberse parado la bomba, a continuación se tiene el esquema de la lubricación.



Tipo lubricación de aceite

*[Handwritten signatures and marks]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera  
Fecha: Abril 2009  
Código: 42000  
Página: 10 de 97

Diseño de cabezal de descarga lubricación de aceite, el montaje de tuercas de cubierta para este tipo de cabezal tiene dos funciones importante: (1) está provisto de un sencillo sistema a prueba de filtraciones y mantiene la cubierta de la flecha a una tensión precisa. (2) evitando así la contaminación del sistema de lubricación con el agua que está siendo bombeada con un pequeño ajuste de los empaques; estas tuercas de cubierta están provistas de un casquillo de bronce que le suministra a la flecha un soporte adicional.

**B. INYECCIÓN AUTOMÁTICA MOVIDA POR ENERGÍA ELÉCTRICA**

En este sistema, la aceitera se ha acondicionado automáticamente por medio de un solenoide. Durante la puesta en operación se debe cuidar que esta bobina mande a señal de abrir y cerrar automáticamente la aguja tapadera del tubo de conexión entre la aceitera y la flecha de la bomba. Las conexiones de la bobina se conectan entre el motor y el switch de arranque y en el momento que se detecta que la bobina tiene corriente, se transmite la señal a la aguja para que se eleve y abra el conducto de aceite, operando en forma inversa al pararse el motor.

Con este tipo de sistemas de lubricación se verifica constantemente el nivel del aceite en el depósito; así como dosificar el goteo de aceite que se debe aplicar a las chumaceras, ya que el número de gotas por minuto está en función de la longitud de la columna como se indica a continuación:

LONGITUD	GOTEO /min
Primeros 30 m de columna	6 - 8
c/30 m adicionales de columna	2 - 3 adicionales

El aceite más recomendado a utilizar para el sistema de lubricación se selecciona bajo las siguientes condiciones de operación:

- Velocidad máxima 3,600 RPM
- Temperatura abajo de 32°F (0°C)
- Temperatura arriba de 32°F (0°C)
- Viscosidad tipo SAE 20



<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Edición: Primera
<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 41 de 97

Dado lo anterior, se sugiere utilizar los siguientes tipos de aceite de acuerdo a su especificación y marca:

MARCA LUBRICANTE	FABRICANTE
DT23, DR BB	Mobil Oil Corp.
REGAL OIL A	R & O TEXACO, Inc.
TURBINA 9	PEMEX

#### LUBRICACIÓN POR AGUA

En este tipo de sistema de lubricación de bombas, las chumaceras de hule se lubrican con agua, por lo que es necesario que la instalación cuente con un tanque de prelubricación, el cual deberá formar parte del suministro normal de accesorios de la bomba.

La prelubricación se puede hacer de dos maneras, tal y como se indica a continuación:

#### A. PRELUBRICACIÓN MANUAL

Se puede hacer por medio del tanque prelubricador que se instala de acuerdo al diámetro de salida del orificio de conexión que se tiene en la base del cabezal de descarga de la bomba, debiéndose desarrollar los siguientes pasos:

- I Antes de poner en marcha el equipo de bombeo, el tanque debe estar lleno de agua limpia.
- II Se abre la válvula antes de arrancar y se deja correr por lo menos la mitad del contenido del tanque para mojar las chumaceras de hule de la flecha.
- III Se continúa con la válvula abierta hasta que la bomba se ponga a trabajar.

*[Handwritten signatures and marks at the bottom of the page]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página: 42 de 97

- IV Con la misma agua que se extrae se llena el tanque de prelubricación y hasta entonces se cierra totalmente la válvula.
- V Durante el llenado del tanque nunca deberá tenerse completamente abierta, ya que en este punto de conexión el aire tratará de escapar y provocar ciertas condiciones de turbulencia en el preciso momento crítico de arranque.
- VI En la acción anterior se debe prever que la descarga cuente con válvula de expulsión de aire para la eliminación de éste.
- VII Por último se debe calibrar la válvula del tanque aun cuarto de abertura para que el llenado se realice lentamente.

#### A. PRELUBRICACIÓN AUTOMÁTICA

En un sistema de bombeo automatizado, la prelubricación deberá funcionar de igual manera para que la válvula cuente con un dispositivo de solenoide, que al cerrar el circuito de corriente se abre la válvula automáticamente y comienza a abastecer de agua a las chumaceras.

#### VII.4 PRENSAESTOPAS – GOTEO DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación del prensaestopas en las bombas verticales se ubica en la parte media de los cabezales de descarga y dada su operatividad requiere de mantenimiento, por lo que los sistemas de lubricación se clasifican en dos tipos:

#### A. LUBRICACIÓN POR AGUA

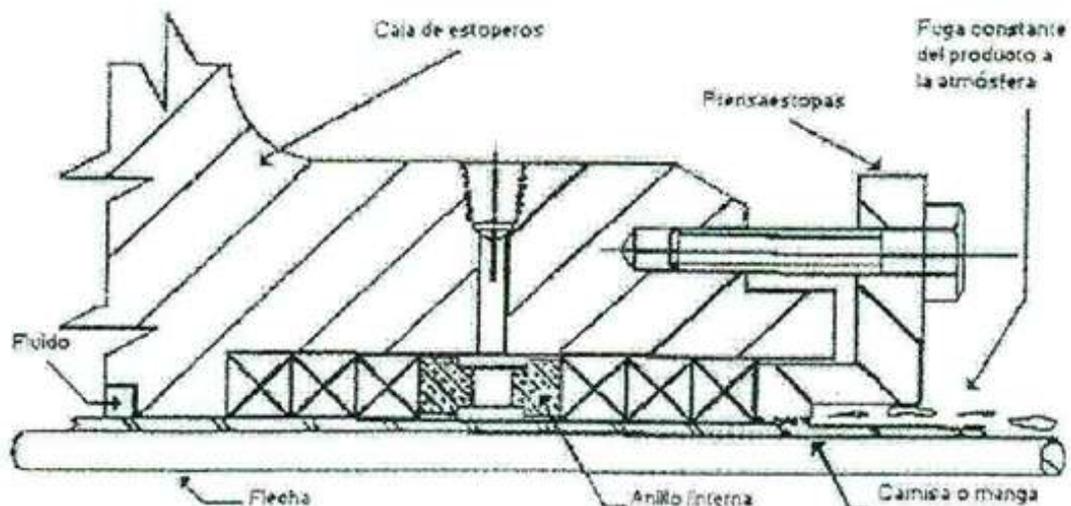
En este sistema de lubricación la función de una empaquetadura es la de permitir la fuga dentro de los niveles aceptables al proceso y esto se presenta dadas las altas velocidades periféricas generadas en las bombas centrifugas, ya que el calor generado por la fricción entre la empaquetadura y el eje rotativo es tan grande, que sólo una fuga controlada del agua es capaz de disiparlo.

NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera  
Fecha: Abril 2009  
Código: 42000  
Página 43 de 97

Para una mejor comprensión de la función de una empaquetadura se presenta el diseño común de una caja de estoperos, conteniendo sus anillos de empaquetadura tejida y lubricada como se indica en la figura:



Las acciones que se presentan en este tipo de lubricación son:

- I La empaquetadura es comprimida por medio del prensaestopas.
- II Cuando la bomba entra en operación, el fluido bombeado pasará por el pequeño claro entre las empaquetaduras y el eje rotativo.
- III El fluido actuará como lubricante y ayudará a disipar el calor originado por la fricción resultante.

Es importante observar que la fuga o dosificación del agua no resulte afectada por un ajuste en exceso, ya que al detenerla se provoca que la empaquetadura opere en seco, limitando su vida y ocasionando rayaduras prematuras de la flecha.

Se debe tener presente que cuando se opera con altas temperaturas o altas presiones que crean calor adicional, es conveniente considerar medios de lubricación externa, la cual se introduce a la caja de estoperos por medio de un anillo interno que se localiza



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página: 44 de 97

por lo general a la mitad de la caja de estoperos; sin embargo, su exacta localización debe ser determina en base a la viscosidad del lubricante del fluido introducido, así como a las condiciones de succión o vacío contra los que actúa la empaquetadura.

Los medios para introducir la lubricación varían de acuerdo a los requerimientos y pueden ser tan simples como el uso de una grasea, hasta la complicada instalación de un sistema independiente de bombeo para suministrar el fluido lubricante.

#### B. LUBRICACIÓN POR ACEITE

En los equipos con este sistema de lubricación, el prensaestopas del estopero no necesita atención alguna, pues el lubricante procedente del lubricador manual o automático pasa forzosamente por las ranuras de dicho prensaestopas y continúa su paso a las chumaceras de la flecha.

En algunos casos los equipos de bombeo pueden tener el sistema de lubricación forzado en el cabezal de descarga y su característica es contar con un sello mecánico que desempeña dos funciones de trabajo; la primera es que se realice la lubricación y la segunda es la de impedir el paso del polvo o de arenas que entren al prensaestopas, aumentando la duración del empaque y de la flecha.

NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

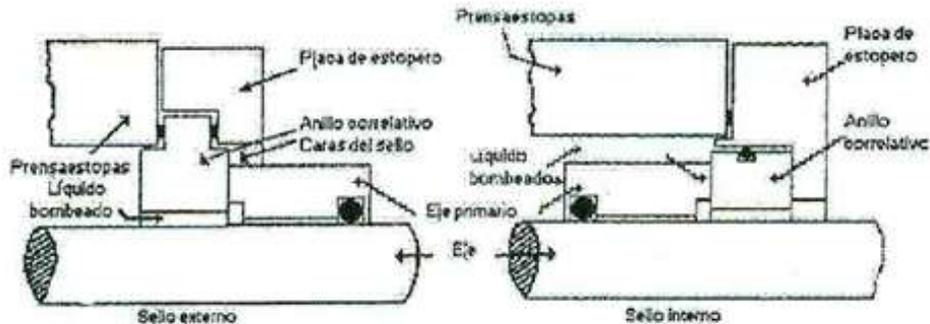
Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

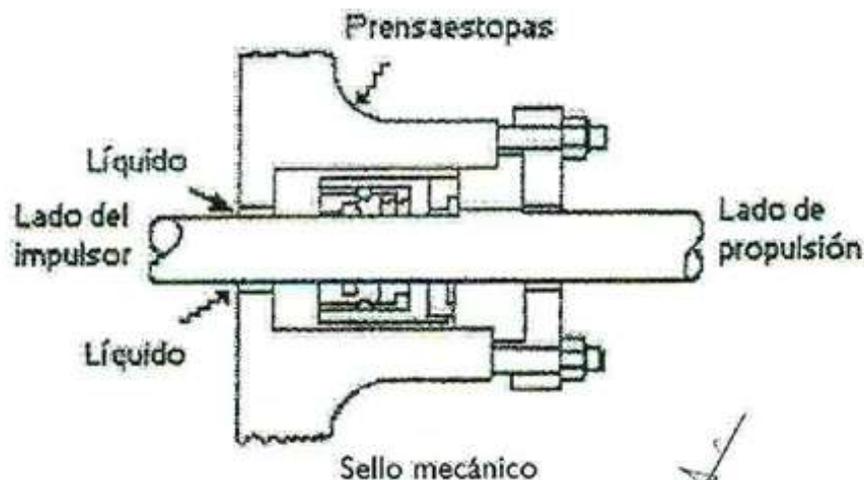
Código: 42000

Página 45 de 97

Cabe recordar que los sellos mecánicos se clasifican por el tipo de montaje, ya sean internos o externos, teniendo el primero la característica de que el anillo primario está montado en el recipiente para el líquido; si esto se presente en el exterior, se le denomina sello externo. En la siguiente figura se ilustran los sellos mencionados anteriormente:



Componentes básicos de los sellos mecánicos para líquido



*[Handwritten signatures and marks]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 46 de 97

En consecuencia, se prefieren los sellos mecánicos externos para mayor facilidad de mantenimiento, y al mismo tiempo para permitir aislar las piezas metálicas.

Asimismo, para un correcto funcionamiento, los empaques para las bombas centrífugas deben cumplir con las siguientes propiedades:

- I Deben ser lo suficientemente moldeables para conformarse a la flecha y a la caja bajo la presión del prensaestopas.
- II No deben tener ningún componente que puede ser disuelto, atacado o debilitado por el fluido bombeado o por el lubricante.
- III Deben ser lo suficientemente elásticos para absorber los movimientos radicales normales de flecha rotativa.
- IV Deben adaptarse por sí mismos, bajo los efectos de presión, sin extruirse, ni producir fricción destructiva y calor.
- V No deben causar abrasión o corrosión a la flecha.
- VI Deben perder su volumen lentamente de modo que no requieran frecuentes ajustes o reposiciones.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

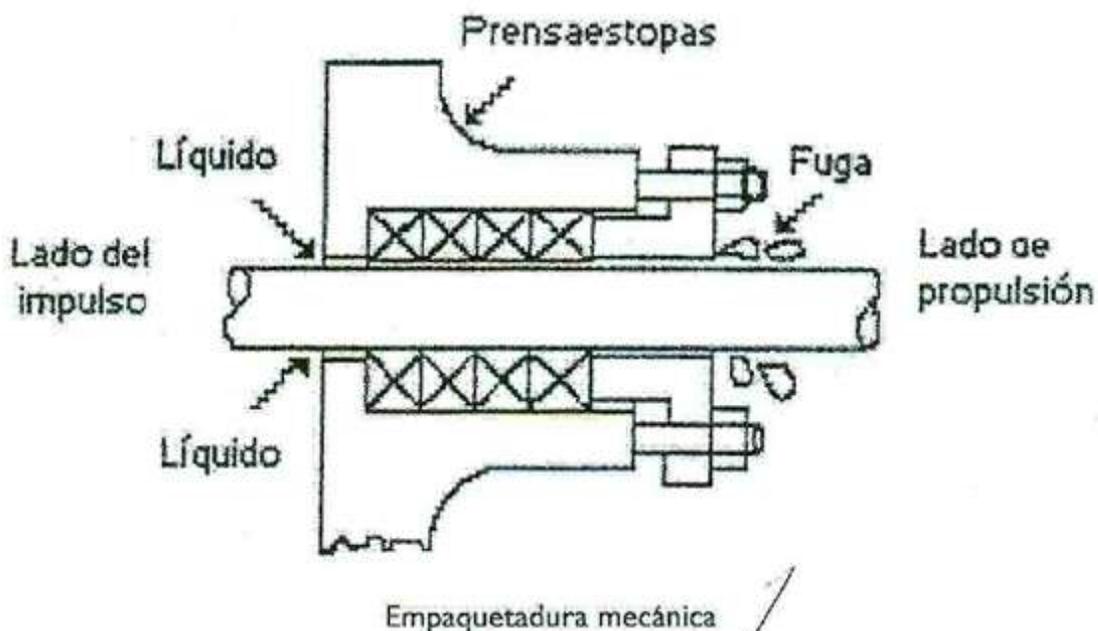
Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 47 de 97

Con base en las propiedades enunciadas anteriormente, las empaquetaduras se pueden identificar como empaquetaduras blandas, de bloqueo, de compresión y trenzada; estando todas destinadas para usarse en equipos rotatorios y concluyendo que la empaquetadura mecánica o de compresión es la más utilizada en las bombas, tal y como se indica a continuación:



*[Handwritten signatures and marks]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 48 de 97

Las empaquetaduras mecánicas o de compresión se dividen en: trenzada cuadrada, trenzada sobre trenzada, entretejida cuadrada y trenzada sobre su núcleo; siendo las dos últimas las de mayor uso; a continuación se ilustran dichas empaquetaduras:



Cuadrada  
entretejida



Trenzado sobre trenzado



Envoltura espiral



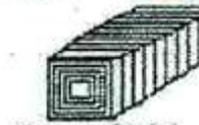
Torcida, corrugada  
y prensada



Cuadrada y  
trenzada



Trenzado sobre  
núcleo torcido



Con material  
de núcleo

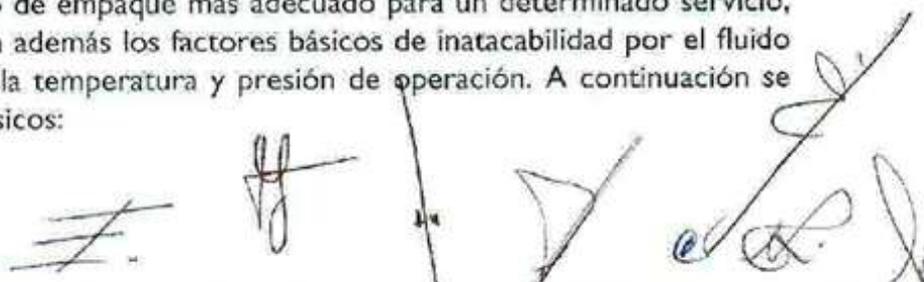
T r e n z a d a

M e t á l i c a

Construcciones básicas de empaquetaduras mecánicas

TIPOS DE COMPRESIÓN

Las bombas centrífuga usan sus empaquetaduras de acuerdo a su método de operación y éstas son llamadas de tipo de compresión; dentro de esta clase se clasifican de acuerdo a sus materiales y métodos de construcción en tres grupos básicos, los cuales bajo un análisis de sus propiedades básicas, se puede llegar a una correcta selección del tipo de empaque más adecuado para un determinado servicio, siempre que se consideren además los factores básicos de inatacabilidad por el fluido bombeado y resistencia a la temperatura y presión de operación. A continuación se enuncian dichos grupos básicos:





<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Edición: Primera
<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO</b>	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página: 49 de 97

### EMPAQUETADURAS METÁLICAS

Los materiales más comunes para aplicaciones en bombas centrífugas son plomo, aluminio y cobre en forma de cintas delgadas y enrolladas en espiral para proveer flexibilidad y depósitos de lubricante.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alta disipación de calor; forman el buje mas perfecto entre todas las empaquetaduras, y permite una regulación de fuga constante sin necesidad de ajustes frecuentes. Son de un costo razonable.	Poco poder de recuperación; su uso está limitado a bombas centrífugas operando en correcto alineamiento y libres de vibraciones excesivas.

### EMPAQUETADURAS PLÁSTICAS

Su construcción es una mezcla homogénea a base de fibras de asbesto, grafito, aceite y aglutinantes especiales; en algunos tipos se le incorporan partículas metálicas antifricción.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fácil conformación y excelente flexibilidad. A pesar de su desgaste siguen presentando la misma composición antifriccionante contra la flecha y se adaptan a sus irregularidades sin crear excesivo calor por fricción; además son excelentes en bajas presiones y baratas.	Baja resistencia a la presión; se extruyen por los claros entre la flecha y la caja de estoperos y requieren de frecuentes ajustes para regular la fuga cuando existen altas presiones de trabajo en su operación.



<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Edición: Primera
<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página: 50 de 97

### EMPAQUETADURAS DE FIBRA O FILAMENTOS TEJIDOS

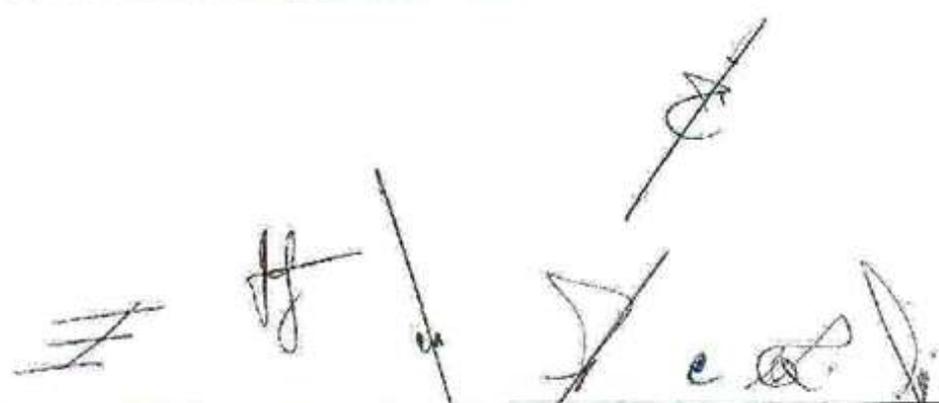
Dentro de este grupo de empaques se pueden hacer una subclasificación ya que se tiene una enorme variedad de materiales y métodos de construcción.

- Empaquetaduras de fibra vegetal. Incluyen fibras de lino, yute o algodón y lubricadas.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bajo costo, facilidad de instalación contra flechas de bronce y en servicio de agua fría o similares todavía son satisfactorias.	Sus lubricantes son lavados y arrastrados por fluido de operación; soportan muy poco calor por fricción y por lo tanto debe permitirse mayor fuga.

- Empaquetaduras de fibra de asbesto. Esta clase de fibra mineral es altamente resistente a la temperatura y mezclada y trenzada en sección cuadrada con algodón proporciona gran fuerza tensil; además, impregnada con lubricantes especiales y grafito permite obtener las empaquetaduras de mayor uso en la operación de bombas centrífugas.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Resistencia a la temperatura generada por fricción; adaptables y flexibles con muy poca variación de su volumen en los diferenciales de temperatura de operación, y además un bajo costo.	A través de su operación, su lubricante e impregnante son arrastrados por el fluido en operación y presentan una superficie abrasiva que desgasta la flecha o manga.





NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 51 de 97

- Empaquetaduras de TFE (Polietra Fluoroetileno). Tiene características importantes en sus propiedades: resistencia al calor (260°C máximo); por su bajísimo coeficiente de fricción y su casi total inatacabilidad química, el TFE se ha convertido en uno de los materiales de empaque de mayor uso en la industria. En contrario, la baja conductividad térmica limita su uso en la operación de bombas centrífugas, pues la alta velocidad periférica de la flecha de la bomba, genera tal calor que supera la resistencia del TIPE, degenerándolo y carbonizándolo; por lo tanto, su uso está sujeto al paso del lubricante entre la flecha y la empaquetadura para disipar el calor por fricción.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Químicamente inerte, permite operar productos altamente corrosivos; no produce ninguna contaminación al producto manejado, y tiene un bajo coeficiente de fricción.	Disipación de calor casi nula; su volumen variable en cambios de temperatura dificulta el control de fuga, y tiene un alto costo.

- Empaquetaduras de grafito. Estos nuevos empaques están resolviendo muchos problemas de empaçado. Su composición consiste en filamentos o escamas laminadas de grafito puro y combina las propiedades de este material, obteniendo inercia química, alta resistencia a la temperatura, bajo coeficiente de fricción y excelente conductividad térmica.

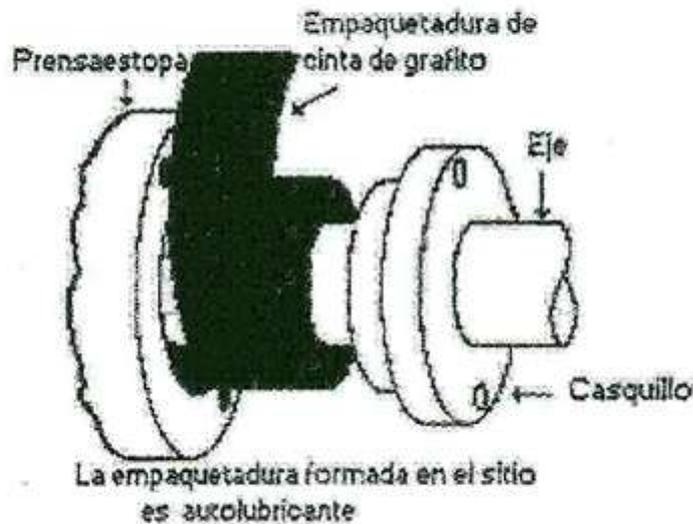
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alta resistencia a la temperatura; es totalmente inerte al ataque, químico, y tiene magnífica resistencia al calor.	Muy alto costo y no resiste oxidantes fuertes.

Handwritten signatures and marks at the bottom of the page.



<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Edición: Primera
<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página: 52 de 97

Este tipo de empaquetadura de cinta de grafito se forma sobre el eje, después se introduce el prensaestopas y se comprime contra los anillos como muestra la figura:



**SELECCIÓN DIMENSIONAL DE LA EMPAQUETADURA**

Los espesores de la sección transversal de la empaquetadura, deben guardar una íntima relación con el diámetro de la flecha o manga, por lo que es recomendable que se hagan maquinados o ajustes que permitan establecer una correspondencia dimensional adecuada.

Es importante usar los espesores indicados para llenar el espacio de la caja reservado al empaque, si se usan espesores menores habrá que comprimir excesivamente las empaquetaduras para lograr llenarlo, esto reduce la sección, agotando los márgenes de compresibilidad que pueden ser necesarios en ajustes futuros.

Por el contrario, si se usan espesores mayores, será necesario forzarlos o aplanarlos previamente; en esta situación, la empaquetadura estará sobrecargada en la caja de estoperos y aumentará la temperatura.

La selección de la sección transversal de la empaquetadura, puede obtenerse de la siguiente tabla, donde se especifican los espesores recomendados para las bombas centrífugas en función del diámetro de la flecha.

*[Handwritten signatures and scribbles at the bottom of the page]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 53 de 97

Diámetro de flecha	Diámetro de manga	Sección transversal empaquetadura
3/4"	1 17/32"	3/8"
1"	1 3/4"	3/8"
1 3/16"	1 31/32"	3/8"
1 1/4"	2"	3/8"
1 1/2"	2 17/32"	1/2"
1 1/2"	2 1/2"	1/2"
1 11/16"	2 11/16"	1/2"
1 11/16"	2 23/32"	1/2"
1 15/16"	2 31/32"	1/2"
1 15/16"	2 15/16"	1/2"
2 1/8"	3 15/32"	5/8"
2 3/16"	3 15/32"	5/8"
3 3/16"	3 7/16"	1/2"
3 7/16"	4 7/16"	1/2"
3 11/16"	4 11/16"	1/2"

Un método infalible que asegura el uso del espesor correcto, es el adquirir las empaquetadoras moldeadas y preformadas en forma de anillo; también se pueden comprar en carretes o rollos, pero lo más importante es que en estos juegos preformados se tiene la garantía que el operador o mecánico tendrá la empaquetadura adecuada para el desempeño de su tarea, además de que éstos presentan las siguientes ventajas:

- Vienen dispuestos en el debido orden de instalación.
- Conformados a las dimensiones exactas, tanto el eje, como la caja de estoperos.
- Eliminan a posibilidad de emplear un espesor incorrecto.
- No hay el riesgo de cortar defectuosamente los anillos y queden cortos o no cierren, o resulten largos y atasque la caja de estoperos.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 54 de 97

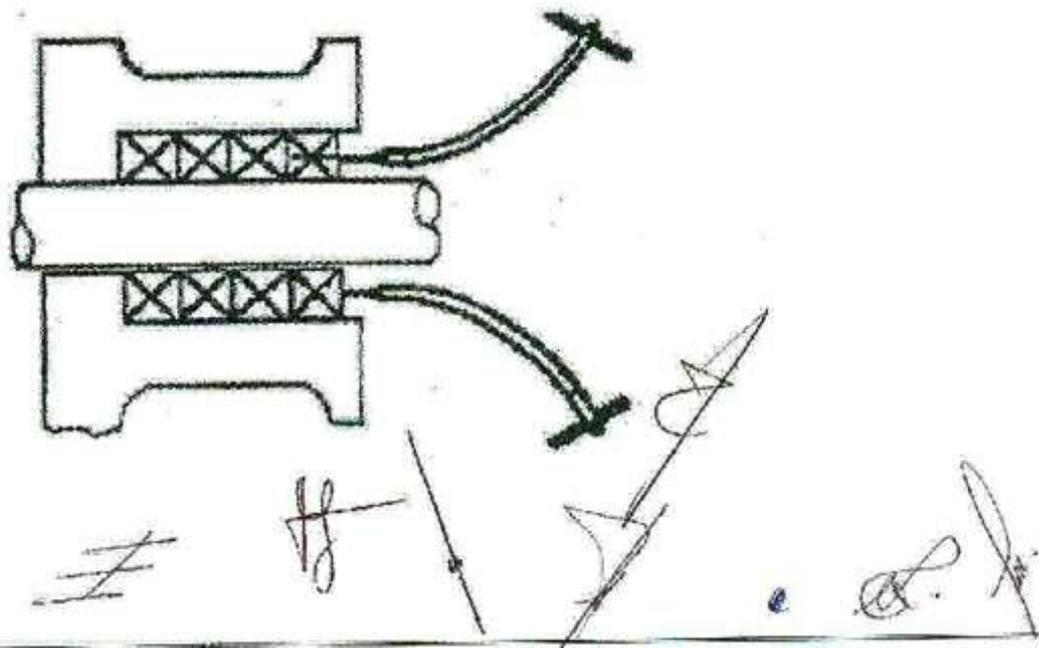
- Impiden el uso de empaquetaduras incorrectas y ordenadas impropiaamente y reduce el volumen de existencias en almacenes considerablemente.
- Suprime los desperdicios de material que deban desecharse, motivados por el anillo mal cortado.

Otra ventaja con estos juegos es que han sido moldeados los anillos, por lo que parcialmente ya están comprimidos, lo cual reduce el período de asentamiento y hace posible ponerlos a trabajar a plena carga y en menos tiempo. De no contar con juegos preformados, se colocará la empaquetadura alrededor de la flecha o en un mandril del mismo diámetro, realizando los trazos necesarios para conformar el anillo igual a la sección con cortes a 45°, asegurándose que en la colocación de los anillos los cortes queden girados a 120° uno del otro, con objeto de impedir fugas.

### MÉTODO DE EMPACAR

Efectuada la selección de la empaquetadura para el servicio determinado, se enuncia el método a seguir paso a paso para esta actividad.

1. Remover la empaquetadura usada con la ayuda de un par de ganchos extractores de tamaño adecuado y sin dejar vestigios de empaquetadura; limpiar perfectamente el interior de la caja de estoperos chocando con espejos y lámpara, de ser necesario.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

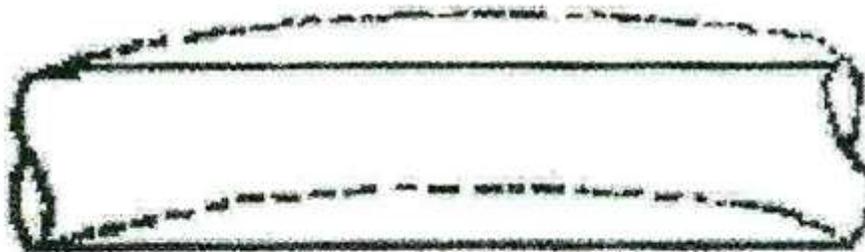
Código: 42000

Página: 55 de 97

2. Checar la concentricidad de la flecha en relación al diámetro interior de la caja de estoperos.



3. Checar la excentricidad en giro de la flecha; ésta no debe exceder 0.5 mm (0.002"), al diámetro.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

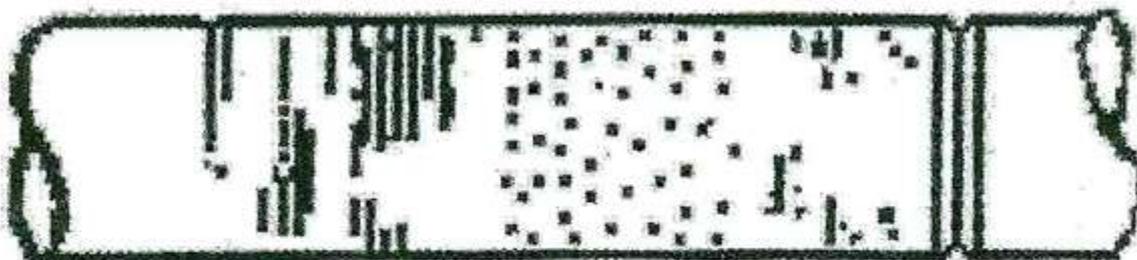
Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

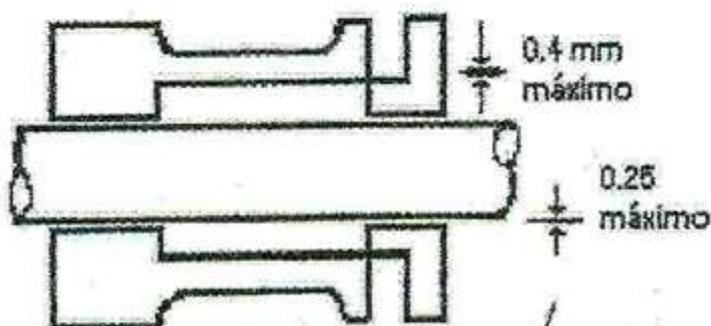
Código: 42000

Página 56 de 97

4. La superficie de la flecha en el área de empaqueo debe estar libre de rayados, corrosión o protuberancias.



5. Examinar el prensaestopa; el claro radial interior debe ser 0.4 mm (0.015") máximo para prevenir la extrusión de la empaquetadura y el claro radial exterior de ser 0.25 mm (0.010") máximo, para evitar que se apoye en la flecha.



*[Handwritten signatures and marks]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

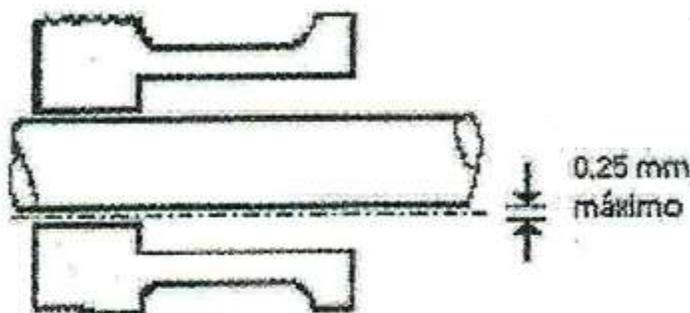
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

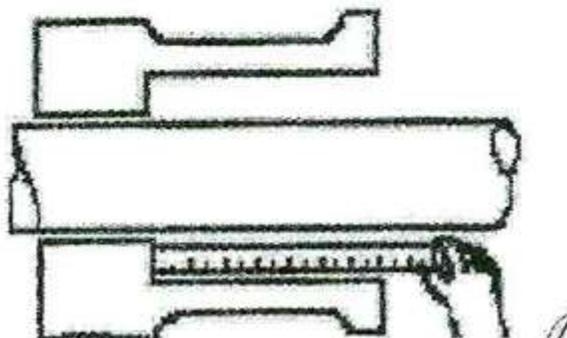
Código: 42000

Página 57 de 97

6. Checar el claro entre el apoyo del fondo de la caja y la flecha; éste no debe ser mayor de 0.25 mm (0.010") radialmente. Puede ser ventajoso el uso de un espaciador delgado para cerrar el claro al fondo de la caja de estoperos, para prevenir la extrusión de la empaquetadura.



7. Medir la profundidad de la caja de estoperos para asegurar cuántos anillos de empaquetadura son requeridos, dejando espacio libre para la entrada y centrado del prensaestopa.



*[Handwritten signatures and marks]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

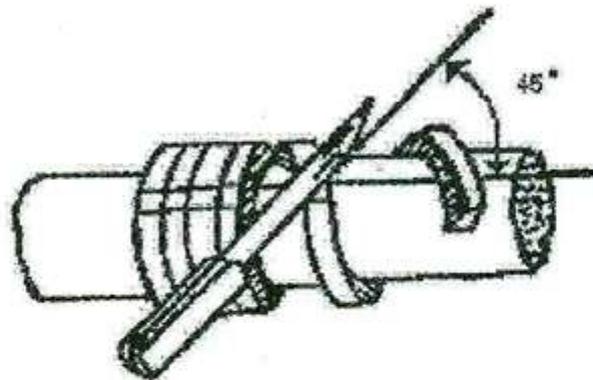
Fecha: Abril 2009

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

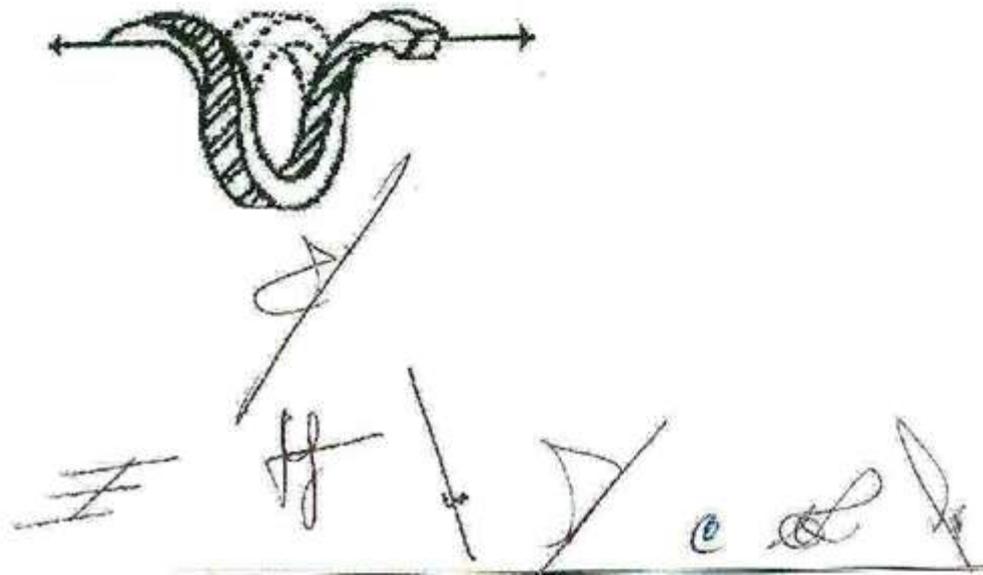
Código: 42000

Página 58 de 97

8. De no contar con juegos preformados, colocar la empaquetadura alrededor de la flecha o un mandril del mismo diámetro, trazar dos líneas paralelas a la flecha separadas por una distancia igual a la sección de la empaquetadura y corte a 45°.



9. Las empaquetaduras metálicas y plásticas deben abrirse para su instalación en sentido espiral, apartando sus puntas axialmente. Si esta abertura no es suficiente puede hacerse un corte anterior parcial a cada anillo de empaque.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

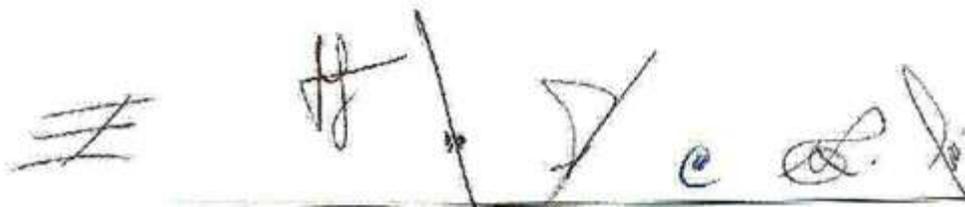
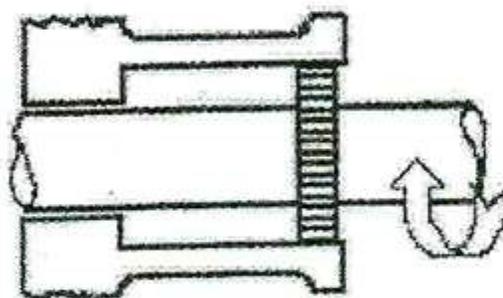
Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 59 de 97

10. Checar el primer anillo para asegurar su correcto ajuste, la flecha debe girar libremente; de ser compatible con el producto lubricar cada anillo con compuestos antiferrador lubricante THREDGARD en sus diámetros interior y exterior.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

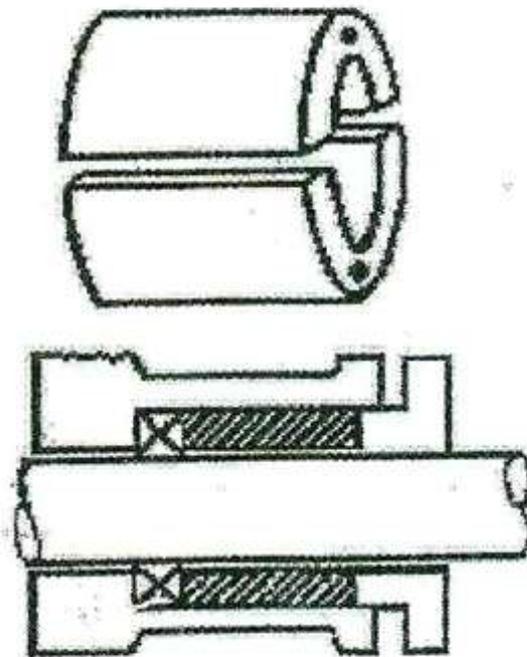
Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 60 de 97

11. Instalar cada anillo individualmente, con la ayuda de bujes bipartidos, guiándolos y asentándolos firmemente a su lugar, presionando con ayuda del prensaestopas, recordando que los anillos del fondo serán los que reciban en operación la menor presión distribuida del prensaestopas. Por tanto, deberán presionarse con mayor firmeza. Si se usan empaquetaduras de multifilamento de TFE o grafito deberán deslizarse a su lugar solamente, no comprimiéndolas.



*[Handwritten signatures and marks]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

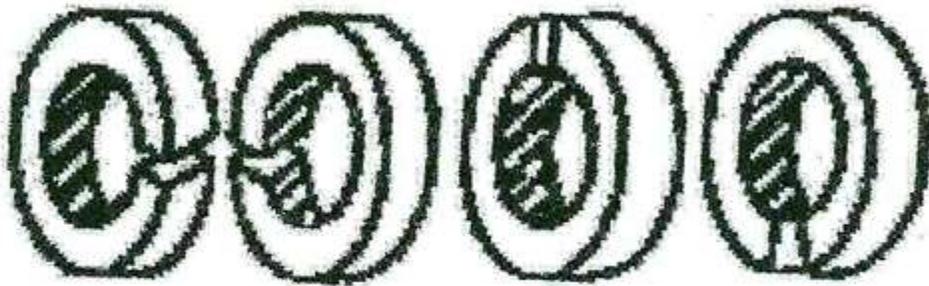
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

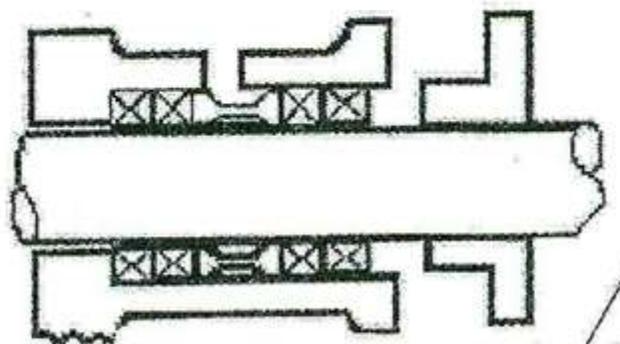
Código: 42000

Página 61 de 97

12. Asegurarse que los cortes de los anillos queden girados a  $120^\circ$  uno de otro para impedir sendas de fuga imprevistas.



13. Si la instalación incluye anillo linterna, éste debe ser posicionado directamente abajo del orificio de inyección, considerando la compresión y la pérdida de volumen que absorberán los anillos del fondo.



*[Handwritten signature]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

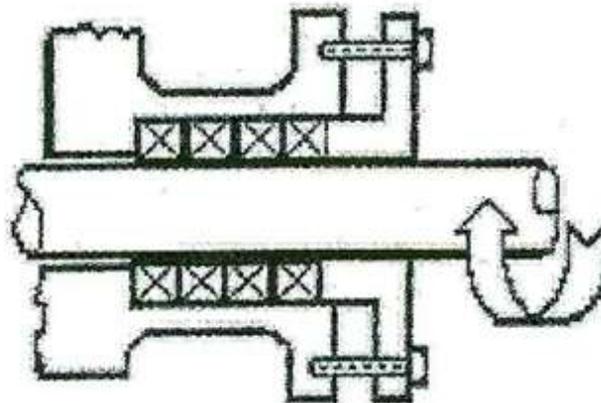
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 62 de 97

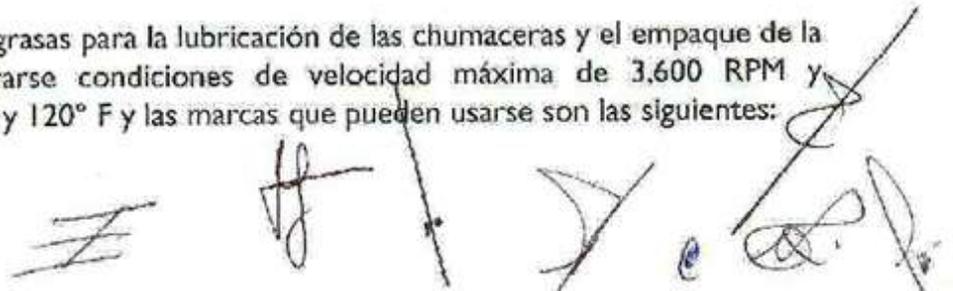
14. Posicionar el prensaestopas contra el último anillo de empaquetadura, checando su encuadre y apretando las tuercas uniformemente sólo a presión de dedos. Girar la flecha y asegurarse que no roce en el diámetro interior del prensaestopas.



Asimismo, en el arranque de la bomba se debe presurizar la caja de estoperos, asegurándose que no tenga aire entrampado, debiendo aparecer la fuga tan pronto como se establezca la presión; posteriormente de que la bomba haya operado 10 min. con fuga invariable se regulará apretando las tuercas del prensaestopas únicamente 1/6 de vuelta completa, con intervalos de 10 min. hasta reducir la fuga a un nivel aceptable.

Los fabricantes de bombas sugieren que el empaque que debe colocarse a las bombas sea de fibra de cáñamo o de asbesto grafitado, de las marcas Pomona Garlock núm. 32 o el equivalente a los mismos. También se debe sustituir y rellenar de grasa la copa de la grasería del estopero, con el fin de que al poner en operación el equipo de bombeo se alimenten las ranuras de prensaestopas donde se ubica el empaque y hace contacto con la flecha.

Para la selección de las grasas para la lubricación de las chumaceras y el empaque de la flecha, deben considerarse condiciones de velocidad máxima de 3,600 RPM y temperaturas entre 20° y 120° F y las marcas que pueden usarse son las siguientes:





<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b>	Edición: Primera
	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 63 de 97

Marca de lubricante	Fabricante
Litio EP núm. 2	PEMEX
Multilitio Grado NC GI núm. 2	PEMEX
Mobilux núm.2	MOVIL OIL. CORP.
Nova Tex Lorease núm. 2	TEXACO INC.

### VII.5 MOTOR

En un sistema de pozo profundo generalmente los motores eléctricos empleados para impulsar las bombas son del tipo vertical y su alimentación de energía es trifásica, con la característica de que reciben altas cargas de empuje; además en su operación se debe asegurar su funcionamiento continuo y cuando se identifique una falla, deberá verificarse la causa y en dónde se localiza el problema.

La operación y el mantenimiento de los motores eléctricos, deben ser realizados por personal calificado o que tenga conocimiento pleno de las actividades a efectuar; es importante observar las siguientes indicaciones que debidamente acatadas, protegerán de algún daño posible a dicho personal.

### MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA REPARACIÓN DRE UN EQUIPO DE BOMBEO

- Evitar contacto con circuitos energizados o partes rotatorias.
- Antes de manejar conexiones eléctricas, desconectar la energía eléctrica en el arrancador del motor, caja de fusibles o circuito interruptor. Verificar doblemente para estar seguro de que la energía ha sido desconectada y que no pueda conectarse mientas se esté trabajando con el equipo.
- Actuar con precaución de acuerdo con los procedimientos prescritos en el manejo y levantamiento del equipo de bombeo.
- Estar seguro que la unidad esté conectada a tierra y que el alambrado y controles de la instalación eléctrica que se empleen sean los apropiados de acuerdo con los códigos eléctricos.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 64 de 97

- Estar seguro que el equipo esté apropiadamente protegido para prevenir el acceso de niños u otras personas no autorizadas, con el objeto de prevenir accidentes.
- Estar seguro que la cuña de la flecha esté completamente en su lugar antes de que la unidad sea energizada.
- Estar seguro de que las unidades lubricadas por aceite estén llenas con el aceite correctamente seleccionado a su trabajo a desarrollar y al nivel adecuado antes de operar el equipo.
- Proporcionar las medidas de seguridad apropiadas al personal contra partes rotatorias y aplicaciones que impliquen cargas de alta inercia, los cuales pueden sobregirarse.
- Evitar una exposición prolongada del personal con equipos con altos niveles de ruido.
- Observar siempre buenos hábitos de seguridad y tener cuidado para evitar daños a uno mismo o al equipo.
- Estar familiarizado con el equipo y leer todas las instrucciones totalmente antes de instalar o trabajar con el equipo.
- No manejar los equipos eléctricos con ropas húmedas (particularmente zapatos mojados), o mientras la piel esté húmeda, y nunca trabajar bajo la lluvia.

Dando seguimiento a las medidas antes descritas, se podrá realizar la inspección de un motor cuando se detecten fallas en su funcionamiento, por lo que a continuación se describen las acciones para su identificación, dependiente del tipo de falla:



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

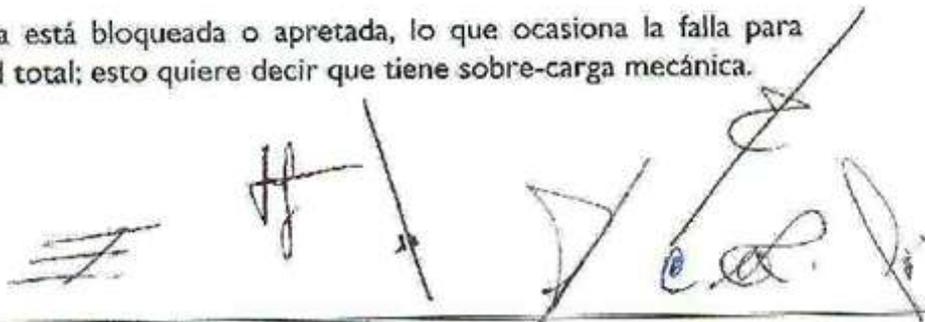
Página 65 de 97

FALLA DEL MOTOR PARA ARRANCAR

- Los motores se conservarán libres de basura, polvo y humedad.
- Verificar el voltaje a través de todas las fases arriba del interruptor.
- Verificar el voltaje debajo de los fusibles (todas las fases) con interruptor cerrado.
- Oprimir el botón de arranque y dejar que transcurra el tiempo suficiente para que se efectúe la operación con retardo, si se usa; verificar el voltaje en la bobina de retención por si está abierto el circuito de control o en su caso defectuosa.
- Efectuar una inspección visual en todas las conexiones del circuito de control para encontrar las de falso contacto o defectuosas.
- Checar el voltaje en las fases de control T1 - T2 - T3, por si están abiertas.
- Verificar el voltaje en las terminales de las cajas de conexiones, por si el circuito está abierto en los conductores del motor (peligrosa sólo debajo de los 600 volts).

FALLA DEL MOTOR PARA ADQUIRIR VELOCIDAD

- Verificar si se tiene bajo voltaje o variaciones en cada una de las fases de los controles T1 - T2 - T3, y en las terminales del motor o en la caja de conexiones (peligro sólo debajo de 600 volts).
- Checar si la flecha está bloqueada o apretada, lo que ocasiona la falla para tomar su velocidad total; esto quiere decir que tiene sobre-carga mecánica.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 66 de 97

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

- Del punto anterior, la causa del problema también puede ser el impulsor, el cual si está en mal estado, originará que se verifique el gasto contra la capacidad y carga de la bomba y si tiene variaciones, entonces se estará presentando el fenómeno sobre-carga hidráulica.
- Deberá asegurarse que el área de ventilación del equipo esté libre de obstáculos para que se tenga el suficiente suministro de aire fresco, además de comprobar el flujo del aire en el fondo del motor para evitar que éste trabaje caliente.
- De lo expuesto en el punto anterior se observa que de continuar el motor caliente se verificará la carga o el voltaje por si éste está sobrecargado, o la fuente del voltaje está desbalanceada.
- Cuando el motor presenta vibraciones se deberá remover el acoplamiento superior para desconectar el o los impulsores, verificándose el alineamiento del motor con la bomba, o en su caso se hará trabajar el motor solo, para determinar la fuente de la vibración.
- Si el motor es eléctricamente ruidoso al inicio y al final de su velocidad total, se debe parar y proceder a checar el motor manualmente; al mismo tiempo se hará un examen visual de las bolas y sus pistas, por si el cojinete de empuje está desgastado.

Como resultado de las acciones anteriores; se elaborará un informe que permitirá efectuar el diagnóstico de la falla detectada, con el fin de proceder a la reparación correspondiente con personal propio o con empresas que atiendan este tipo de problemas.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 67 de 97

Para la reinstalación del equipo, deberá seguirse el procedimiento que se fija en los manuales que los fabricantes de bombas editan y además contar con personal calificado para este tipo de actividades. Asimismo, previo al arranque de la bomba, deberán verificarse los siguientes puntos:

- Nivel de aceite en depósitos.
- Conexiones apretadas correctamente.
- Prelubricación de las chumaceras.
- Conexiones del elemento motriz.
- Conexiones del motor eléctrico.
- Conexiones de la válvula de solenoide (en caso de tener).
- Acoplamiento de cabezal engranado al motor (en caso de tener).
- Ajuste de los impulsores.
- Conexión de la tubería de descarga.
- Conexión de refrigeración del motor (en caso de tener).
- Válvula en la tubería de descarga (deberá estar abierta).

Con el seguimiento de estos puntos se tendrá la seguridad de que el equipo trabajará correctamente y se prevendrá cualquier falla que pudiera presentarse en el arranque del equipo.

## VII.6 INSTALACIONES Y SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

En los conceptos anteriores se describieron los puntos de revisión para detectar posibles fallas en el motor eléctrico, pero se deberá considerar que éstas también se pueden presentar en el sistema eléctrico; así como en el equipo de control.

En lo que respecta al control del motor del equipo de bombeo, se debe identificar si se trata de un solo equipo o de varios, pudiéndose tener un solo control del motor o una combinación que en este caso se denominará Centro de Control de Motores (CCM), donde se ubicará el o los arrancadores que, dependiendo de las necesidades de funcionamiento, se ha seleccionado, y que de acuerdo a sus características se le dará mantenimiento conforme a un programa de inspección que se define a continuación.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 68 de 97

**ARRANQUE DE MOTOR TIPO: JAULA DE ARDILLA**

- Los arrancadores tipo jaula de ardilla, no reversibles, a tensión plena, se localizan dentro de su gabinete con el equipo de mediana y baja tensión, siendo necesario para efectuar su inspección, desconectar el primario.
- Deberá verificarse el estado del módulo del contactor y del fusible.
- Checar el módulo del contactor que regula la potencia del arrancador.
- Se procederá a checar el conjunto del transformador de salidas de corriente y terminales.
- En seguida se comprobará el tablero de baja tensión, los fusibles de baja tensión, el relevador de control piloto, la bobina y los relevadores de control de tiempo.
- Por último se inspeccionará el equipo y los accesorios de los relevadores térmicos, los selectores de instrumentos y los dispositivos piloto.

**ARRANQUE DE MOTOR TIPO: SÍNCRONO**

Cuando se tiene instalado un motor de tipo sincrónico, deberán desarrollarse para la inspección del arrancador, todas las actividades antes descritas, más las que se enuncian a continuación:

- Se verificarán los amperímetros.
- También se checará el relevador térmico para protección del devanado, el relevador de frecuencia, el contactor del campo y la resistencia de descargas.

Una vez realizada la inspección a los diferentes elementos del arrancador, se procederá a la elaboración del diagnóstico, con el cual se localizará la falla y podrán efectuarse las reparaciones que necesiten las partes o elementos afectados.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera  
Fecha: Abril 2009  
Código: 42000  
Página 69 de 97

Asimismo se recomienda para un chequeo rápido del motor, del equipo eléctrico y toda la instalación eléctrica, el uso del "MEGGER", con el que se puede identificar cuando se presenta una falla del circuito abierto o están a tierra y proceder en su caso a la reparación del equipo.

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

Como complemento de lo antes expuesto, se debe inspeccionar la fuente de energía, que en todos los casos es proporcionada por la CFE o la empresa Luz y Fuerza del Centro y que, dependiendo de las necesidades de consumo, se determina el equipo de control de energía, ya sea de alguna de las instituciones antes mencionadas o de esta Comisión; por lo que se deberá contar con una subestación eléctrica que permita recibir y controlar la acometida.

La subestación, como cualquier otro dispositivo eléctrico, se compone de diferentes secciones en las que se encuentran las celdas de alta y baja tensión, los fusibles, cuchillas y el transformador. De este último, a continuación se describen sus características, su mantenimiento y las pruebas que garantizan su operación:

**TRANSFORMADOR**

El transformador requiere de un mantenimiento efectivo para que su operación sea satisfactoria y se pueda programar la frecuencia de inspección, aunque también dependerá de su ubicación física, como se indica a continuación:

- Un transformador instalado en locales aislados, secos y con limpieza constante, requiere de inspección anual o bien se puede alargar dicho período de acuerdo a la experiencia del operador.
- Un transformador instalado en locales donde existe contaminación con polvo, y emanaciones químicas, hará necesaria su inspección cada tres o seis meses como máximo.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 70 de 97

Una vez identificada la frecuencia de inspección, se realizará su mantenimiento conforme a las siguientes acciones:

- El transformador deberá estar desenergizado y checado que no tenga carga estática.
- Se quitarán las cubiertas de abertura, verificándose los puntos donde se tiene acumulación de polvo sobre superficies aislantes.
- Las conexiones flojas se revisarán, así como el estado que guardan los cambiadores de derivaciones o tableros terminales.
- Se observará si existen signos de sobrecalentamiento o deslizamiento de voltaje sobre superficies aislantes, como rastro de carbonización.
- Se revisará el estado físico del exterior, con el fin de que no tenga evidencia de herrumbre, corrosión y/o deterioro en la pintura.
- La inspección interna debe ser más detallada, principalmente en las partes de los extremos de ensamble de los devanados y que éstos no contengan acumulaciones ajenas a éste, procediéndose a limpiar todos los ductos de ventilación.
- Cuando se tenga que limpiar el devanado, esto se realizará con un limpiador de vacío, un soplador y el uso de aire comprimido o nitrógeno; para empleo de este último, deberá estar seco y limpio, aplicándose con una presión relativamente baja (no mayor a  $1.76 \text{ km/cm}^2$ ).
- Los soportes de guías, cambiadores de derivaciones, tableros terminales, boquillas y de otros aislamientos principales, deberán ser limpiados con brocha o frotados con un trapo seco.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 71 de 97

**PRUEBAS**

Es recomendable efectuar pruebas al transformador antes de ponerlo en servicio, con el fin de garantizar sus condiciones de operación. Las pruebas que se sugieren pueden ser:

- Resistencia de aislamiento.
- Pruebas dieléctricas.

En la prueba de resistencia de aislamiento se debe observar la especificación para la prueba de potencia de 2 megaohms por cada 1,000 volts de voltaje nominal de placa. También se puede contemplar la aplicación de otras pruebas adicionales en caso de requerir más información, como son:

- Prueba de relación de devanado completo, para todas las posiciones de derivaciones.
- Medida de resistencia óhmica de los devanados.
- Polaridad a relación de fases.

Estas pruebas deben efectuarse antes de aplicar las pruebas dieléctricas; asimismo en algunas ocasiones no se hará tan extensivo el mantenimiento ya que al checar el interior, éste se encuentra en perfecto estado, requiriéndose únicamente la limpieza de las conexiones y la verificación del estado físico del aceite. Para ello deberá hacerse la prueba de resistividad y si no cumple éste con las normas, deberá ser sustituido; en caso contrario se tapaná el registro de operación; además se hará la centrifugación del aceite adicionándose el faltante hasta cubrir perfectamente los devanados y los taps.

Es conveniente señalar que al poner en operación el transformador, éste se energizará y se dejará que el aceite tome su temperatura de precalentamiento y así poder suministrar energía a las instalaciones.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 72 de 97

Los gabinetes de la subestación que comprende las secciones de las celdas de alta y baja tensión, se inspeccionarán en sus partes móviles, como son los accionadores y los seguros de las cuchillas seccionadoras; el accionador de volante o palanca; el seccionador de aire; el accionador del interruptor y el mecanismo de operación de la puerta con su bloqueo mecánico; a todas estas partes se procederá a su limpieza y lubricación.

Hasta este momento, se han descrito la mayor parte de las secciones electromecánicas de un pozo profundo que requieren de mantenimiento preventivo y correctivo, pero además existe otro factor que incluye en la operación de los equipos de bombeo y que es la corriente, la cual se describe a continuación.

### CORRIENTE

Es una instalación eléctrica, es muy importante conocer las cantidades de corriente que consume cada equipo, ya que con estos valores se selecciona el calibre adecuado de los conductores, por donde circulará la corriente, ya que en función a mayor valor de energía, mayor será el calibre del conductor que se usará y además se seleccionarán los elementos de control y protección de los equipos, pero es conveniente observar las normas que se indican en el código de instalaciones eléctricas.

En las inspecciones del equipo se deberá verificar la intensidad de corriente en los circuitos por efecto de una carga concentrada, además de conocer el consumo en función de los HP del equipo instalado, y así poder calcular el consumo para establecer la relación con los registros de las variaciones observadas durante cierto periodo de funcionamiento del equipo.

En las redes o instalaciones eléctricas de corriente, pueden distinguirse dos tipos fundamentales de cargas: cargas óhmicas y resistivas y cargas reactivas.

Las cargas óhmicas toman corrientes que se encuentran en fase con voltaje aplicado a las mismas. Debido a esta circunstancia la energía eléctrica que consumen se transforma íntegramente en trabajo mecánico, en calor o en cualquier otra forma de energía no retornable directamente a la red eléctrica; este tipo de corrientes se conocen como corrientes reactivas.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 73 de 97

Las cargas reactivas ideales toman corrientes que se encuentran defasadas  $90^\circ$  con respecto al voltaje aplicado y por consiguiente, la energía eléctrica que llega a las mismas no se consume en ellas, sino que se almacén en forma de un campo electromagnético durante un corto período de tiempo y se devuelve a la red en un tiempo idéntico al que tardó en almacenarse; las corrientes de este tipo se conocen como corrientes resistivas.

Una carga real siempre puede considerarse como compuesta por una parte puramente resistiva dispuesta en paralelo con otra parte reactiva ideal; por lo que la corriente activa es la necesaria para producir el trabajo, el calor o la función deseada, la carga también toma una parte adicional de corriente reactiva, comparable en magnitud a la corriente activa. Esta corriente reactiva si bien es indispensable, principalmente para energizar los circuitos magnéticos de los equipos mencionados anteriormente, representa una carga adicional de corriente, para el cableado de las instalaciones, los transformadores de potencia y las líneas eléctricas.

En el caso particular de las instalaciones eléctricas de un sistema ya sea de pozo profundo o una planta de tratamiento, o cárcamos de rebombeo, la corriente reactiva total necesaria para energizar todos los circuitos magnéticos de los equipos de un sistema, suele ser de carácter inductivo, es decir que esta corriente se encuentra defasada  $90^\circ$  en atraso con respecto al voltaje.

En la figura siguiente se representa en forma esquemática, la alimentación de energía eléctrica de una instalación desde la alimentación, hasta la línea de transmisión que empieza y acaba en unos transformadores de potencia donde se indican las corrientes activa y reactiva de tipo inductivo.



Esquema de alimentación eléctrica

Handwritten signatures and scribbles at the bottom of the page.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 74 de 97

La carga total del sistema se ha descompuesto en su parte resistiva  $R$  y su parte reactiva de tipo inductivo  $X_L$ , que pueden ser representadas por la corriente activa  $I_A$  y la corriente reactiva de tipo inductivo  $I_L$  y la corriente total consumida por el sistema  $I$ . En la siguiente figura se representan estas magnitudes junto con el voltaje en la forma vectorial, así como en forma sinusoidal.

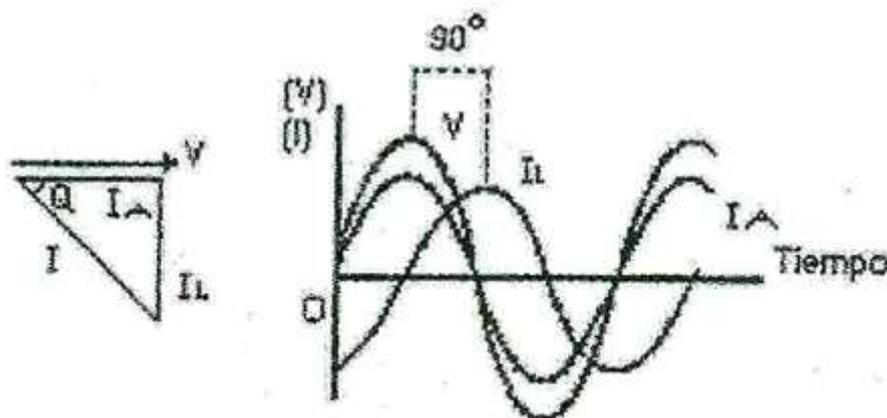


Diagrama vectorial y ondas sinusoidales de voltaje y corriente

**FACTOR DE POTENCIA**

Como puede observarse de la figura anterior, al coseno del ángulo, que forma la corriente activa  $I_A$  con la corriente total resultante  $I$  se le llama factor de potencia, debido a que representa la relación existente entre la potencia real consumida  $I_A V = W$ , o potencia activa, y la potencia aparente  $I V = W_0$  que llega al sistema, es decir que:  $W = W_0 \cos \phi$ .

En la práctica suele multiplicarse por cien el factor  $\cos \phi$ , quedando medido el factor de potencia en tanto por ciento: porcentaje de potencia real consumida, con relación a la potencia aparente.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 75 de 97

De la figura anterior, puede verse claramente que cuanto mayor sea la corriente reactiva  $I_L$  mayor será el ángulo  $\phi$  y por consiguiente, más bajo el factor de potencia; es decir, que un bajo factor de potencia en una instalación eléctrica, implica in consumo alto de corriente reactiva y por lo tanto, un riesgo de incurrir en pérdidas excesivas y sobrecargas en los equipos eléctricos y en las líneas de transmisión y distribución. Bajo el punto de vista económico, esto puede traducirse en la necesidad de cables de energía de mayor calibre y por consiguiente mayor costo.

Existe además otro factor económico muy importante: es la penalidad pagada mensualmente a la empresa Luz y Fuerza por causa de un bajo factor de potencia, en donde por ley esta disposición especifica lo siguiente: "Factor de potencia": El consumidor procurará mantener un factor de potencia tan aproximado a 100% como sea práctico, pero en caso de que su factor de potencia durante cualquier mes tenga un promedio menor que 85% atrasado, determinado por métodos aprobados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, y se identificará como "Bajo Factor de Potencia".

Una forma sencilla y económica de resolver estos inconvenientes y de obtener un ahorro considerable en la mayoría de los casos, es instalar capacitores de potencia ya sea en alta o baja tensión.

Los capacitores de potencia conectados en paralelo a un equipo especial o a la carga que supone una instalación eléctrica completa, representa una carta reactiva de carácter capacitivo, que toma corrientes defasadas  $90^\circ$ , en adelante, respecto al voltaje. Estas corrientes al hallarse en oposición de fase con respecto a las corrientes reactivas de tipo inductivo, tiene por efecto el reducir la corriente reactiva total que consume la instalación eléctrica.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

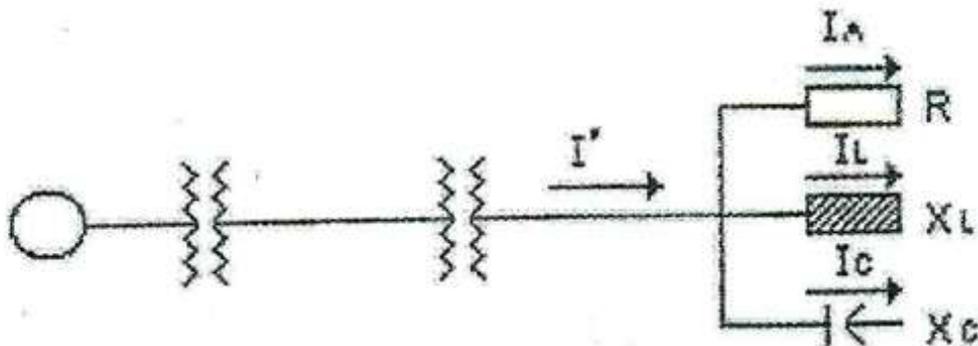
Fecha: Abril 2009

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Código: 42000

Página 76 de 97

En la figura siguiente se muestra la misma instalación eléctrica que se presentó en la figura anterior, pero en la que se indica la instalación del banco de capacitores de potencia, de reactancia  $X_C$  instalado en paralelo con la carga global de la instalación, como se indica a continuación:

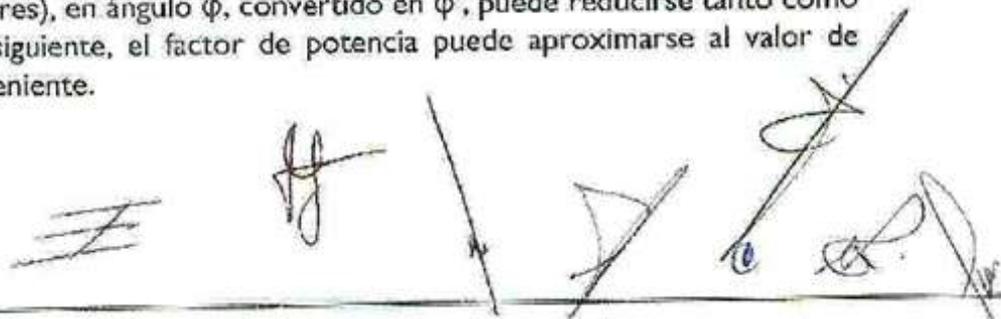


Alimentación eléctrica de una planta con capacitores de potencia instalados en la misma

Con base en el anterior diagrama se hará el análisis, representándose nuevamente para ello, el voltaje y las corrientes en su forma vectorial y sinusoidal, mostrándose que la corriente reactiva capacitiva  $I_C$ , la nueva corriente reactiva resultante  $I'_L$ , que en la figura siendo de tipo inductivo y la nueva corriente total  $I'$  resultante en la línea de alimentación. Puede verse como  $I_L$  y por consecuencia  $I$ , se han reducido considerablemente.

Físicamente no se ha anulado la corriente capacitiva  $I_C$ , ni tampoco la parte equivalente  $I_L - I'_L$  de corriente inductiva; lo que ocurre es que ahora, la corriente  $I_L - I'_L = I_C$  fluye al banco de capacitores, en lugar de provenir de la línea; es decir, existe un flujo local de corriente entre los capacitores y la carga  $X_L$ .

De la figura siguiente se desprende que variando la capacidad instalada  $X_C$  (potencia del banco de capacitores), en ángulo  $\varphi$ , convertido en  $\varphi'$ , puede reducirse tanto como se quiera y por consiguiente, el factor de potencia puede aproximarse al valor de 100% como sea conveniente.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

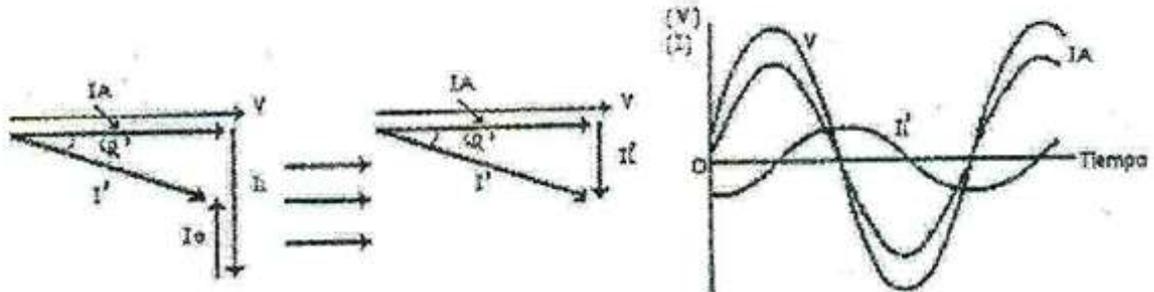
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

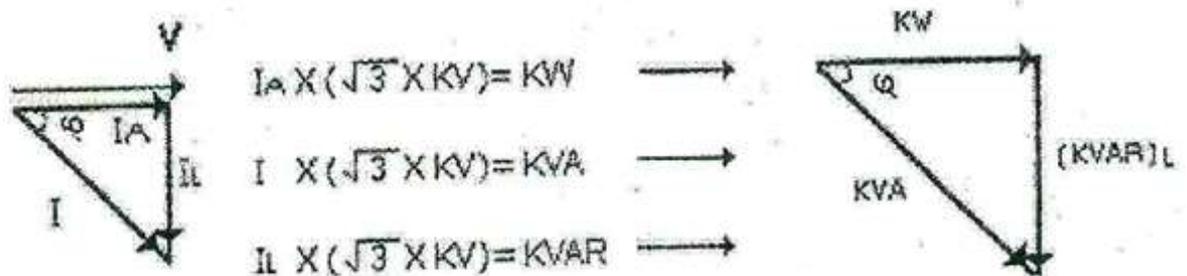
Código: 42000

Página 77 de 97

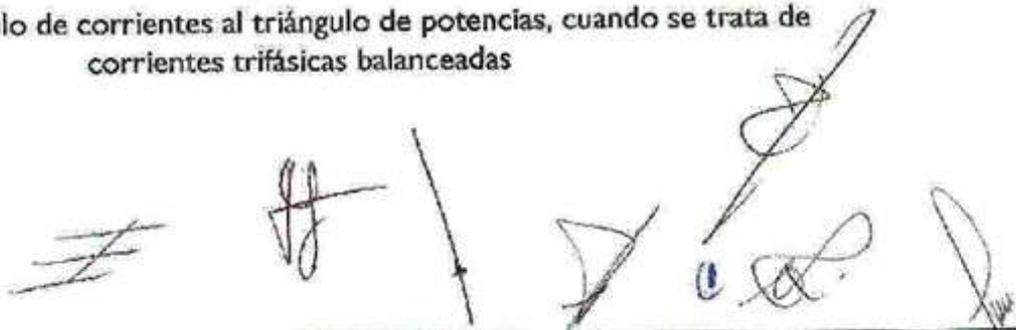


Corriente reactiva y total de línea resultantes al instalar un banco de capacitores de potencia

En la práctica, cuando se resuelven casos de bajo factor de potencia, suelo operarse con consumos de potencia en vez de corrientes. El producto del voltaje de operación medido en kilovolts, por las corrientes  $I_A$  e  $I$  medidas de amperes, determina la potencia consumida en kilowatts y en KVA respectivamente (incluyendo el factor  $\sqrt{3}$  cuando se trata de corrientes trifásicas). Por definición, el producto del voltaje de operación en kilovolts, por la corriente reactiva en amperes determina la llamada potencia reactiva medida en KVAR.

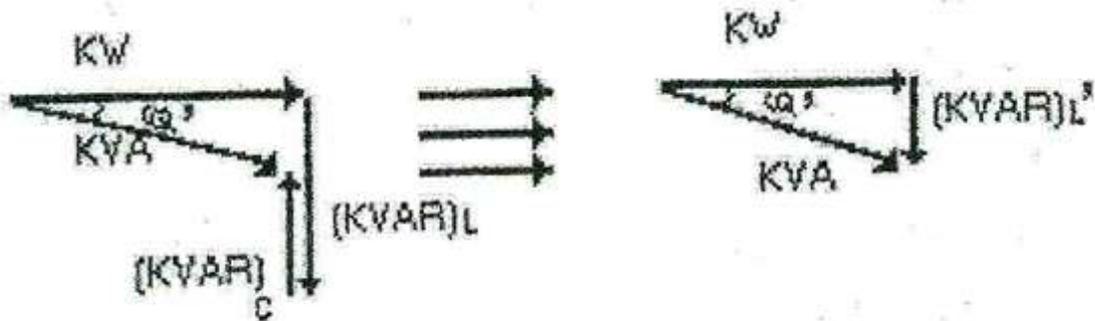


Paso del triángulo de corrientes al triángulo de potencias, cuando se trata de corrientes trifásicas balanceadas





En la figura se muestra el paso del triángulo de corrientes, al conocido triángulo de potencias más usado en la práctica. Ambos triángulos son semejantes, puesto que el segundo se obtiene de multiplicar por un mismo número de las magnitudes que forman los tres lados del primero. El subíndice  $L$  que aparece en la magnitud KVAR, indica que se trata de una potencia reactiva de tipo inductivo.



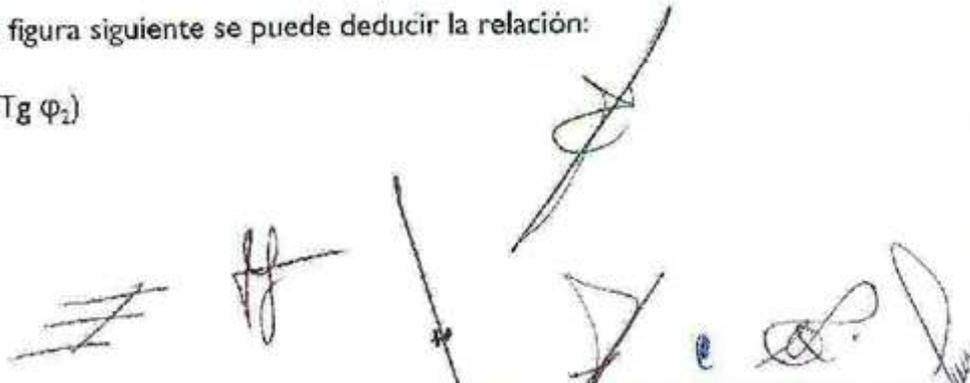
Corrección del factor de potencia, añadiendo potencia reactiva proporcionada por un banco de capacitores de potencia

De la figura presentada anteriormente, puede verse cómo, añadiendo potencia reactiva de tipo capacitivo (KVAR)  $c$ , proporcionada por un banco de capacitores de potencia conectado en paralelo, el factor de potencia puede acercarse al valor de 100%, tanto como se quiera.

Conociendo la potencia activa KW (medida en kilowatts) que se consume en una instalación eléctrica y el coseno  $\phi$ , (factor de potencia) a que se opera, es fácil determinar la potencia en KVAR del banco de capacitores, que es necesario instalar para aumentar el factor de potencia a su nuevo valor  $\cos \phi_2$  deseado.

Como se observa de la figura siguiente se puede deducir la relación:

$$KVAR = KW (Tg \phi_1 - Tg \phi_2)$$





NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

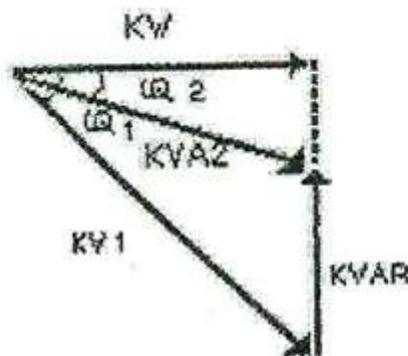
Código: 42000

Página 79 de 97

Los valores de  $(Tg \varphi_1$  y  $T \varphi_2)$  se determinan a partir de los valores de  $\cos \varphi_1$  y  $\varphi_2$  respectivamente, por medio de unas tablas trigonométricas o por medio de la expresión:

$$Tg^2 \varphi = \frac{1 - \cos^2 \varphi}{\cos^2 \varphi}$$

Cuando en lugar de conocerse el consumo medio KW, en kilowatts, se conoce la energía consumida durante un mes Kwh., en kilowatts-hora, puede calcularse la magnitud KW dividiendo los Kwhr. Por las horas trabajadas durante el mes.

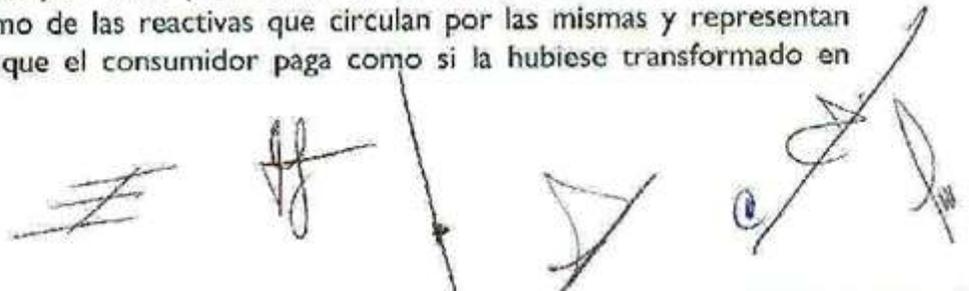


Método práctico para corregir el factor de potencia

**REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE**

Además de los beneficios mencionados anteriormente, la instalación de bancos de capacitadores de potencia produce otro beneficio adicional: la reducción de pérdidas por efecto Joule, en los tramos de línea que van desde la alimentación, a los puntos donde están instalados los capacitores.

En efecto, las pérdidas por valor producidas en las líneas provienen tanto de las corrientes activas como de las reactivas que circulan por las mismas y representan una energía perdida, que el consumidor paga como si la hubiese transformado en trabajo productivo.





<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Edición: Primera
<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO</b>	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 80 de 97

Llamando P a estas pérdidas y R a la resistencia óhmica total de una instalación eléctrica, se tiene:

$$P = RI^2_A + RI^2_L$$

Considerando que  $I^2 = I^2_A + I^2_L$ , esta expresión toma la forma:

$$P = RI^2$$

Identificando con  $P_1$ , a las pérdidas correspondientes al factor de potencia  $\cos \varphi_1$  y  $P_2$  a las pérdidas correspondientes al nuevo factor  $\cos \varphi_2$  obtenido al instalar capacitores de potencia junto a las cargas que consumen potencia reactiva; suponiendo que tanto la demanda de potencia activa, como el voltaje, no cambian apreciablemente después de haberse instalado los capacitores; se tendrá la fórmula:

$$KW = 3 (KV) I_1 \cos \varphi_1 = 3(KW) I_2 \cos \varphi_2$$

Expresión que relaciona las corrientes totales  $I_1$  e  $I_2$  antes y después de la instalación del banco, con los factores de potencias respectivos; y se representa por:

$$- AP = 100 \times \frac{P_1 - P_2}{P_1}$$

Obteniéndose finalmente:

$$- AP = 100 \frac{[1 - (\cos \varphi_1)^2]}{\cos \varphi_2}$$

Fórmula que da la disminución de pérdidas por efecto Joule, en tanto por ciento, obtenidas al mejorar el factor de potencia de un valor  $\cos \varphi_1$  al nuevo valor  $\cos \varphi_2$ .

*[Handwritten signatures and scribbles at the bottom of the page]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 81 de 97

**CAPACITORES DE POTENCIA**

De la exposición anterior se identifica que los capacitores de potencia proporcionan la potencia reactiva de carácter capacitiva necesaria, clasificándose estos en bancos fijos o bancos divididos en secciones fijas y desconectables.

Por otra parte, se denominan bancos de capacitores fijos aquellos que están conectados permanentemente en la línea y para los cuales no se prevén más que algunas operaciones de conexión y desconexión al año. Normalmente se conectan a través de cuchillas desconectoras o cuchillas cortacircuitos fusibles.

Los bancos fijos se instalan principalmente bajo las circunstancias siguientes:

- a) Cuando la demanda de potencia reactiva de la carga que se pretende compensar es poco variable;
- b) Cuando se pretende reducir pérdidas por efecto Joule; o bien, aumentar la capacidad de carga de transformadores y generadores, contándose con una carga global poco variable; y
- c) Cuando se trata de elevar los niveles de voltaje en líneas de transmisión y distribución.

Se denominan bancos de capacitores desconectables, aquellos que están planeados para entrar y salir de operación frecuentemente, ya sea en forma automática o manual.

Normalmente, operan por medio de desconectores diseñados, especialmente para actuar con cargas capacitivas y algunas ocasiones también se operan por medio de interruptores.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

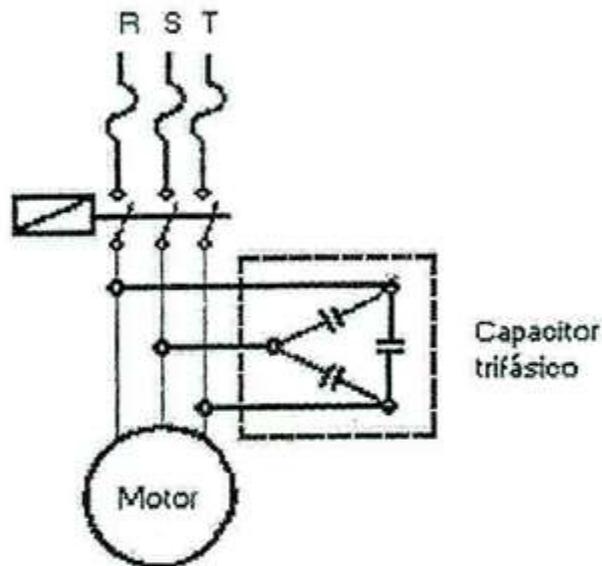
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 83 de 97

A continuación se tienen diferentes ilustraciones de diagramas de un banco de capacitores para un motor de inducción.



Conexión de un banco de capacitores, acoplado a un motor de inducción trifásico con contactor tripular

*[Handwritten signatures and marks at the bottom of the page]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

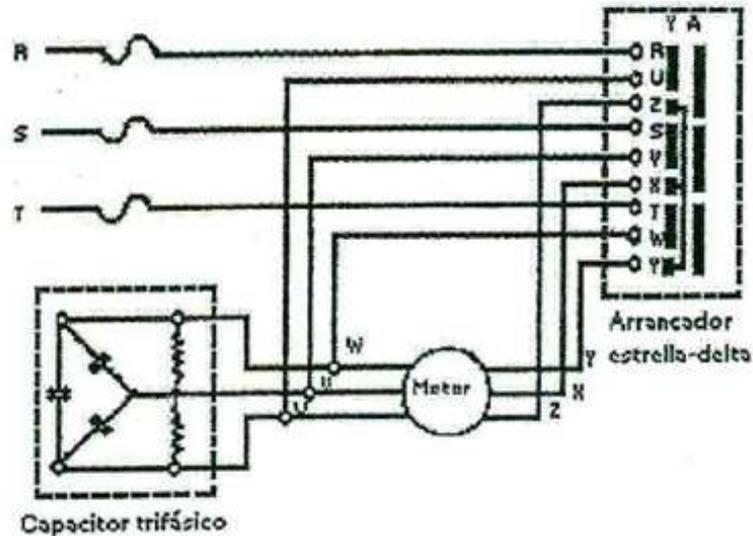
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

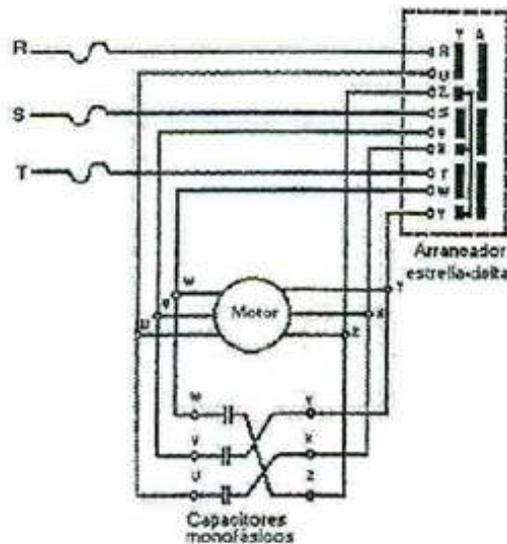
Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 84 de 97



Conexión de capacitores en paralelo con un motor de potencia inferior a 7.5 HP, con arrancador estrella delta normal



Conexión de capacitores en paralelo con un motor de 7.5 a 25 HP, con arrancador estrella-delta normal



NOMBRE DEL DOCUMENTO

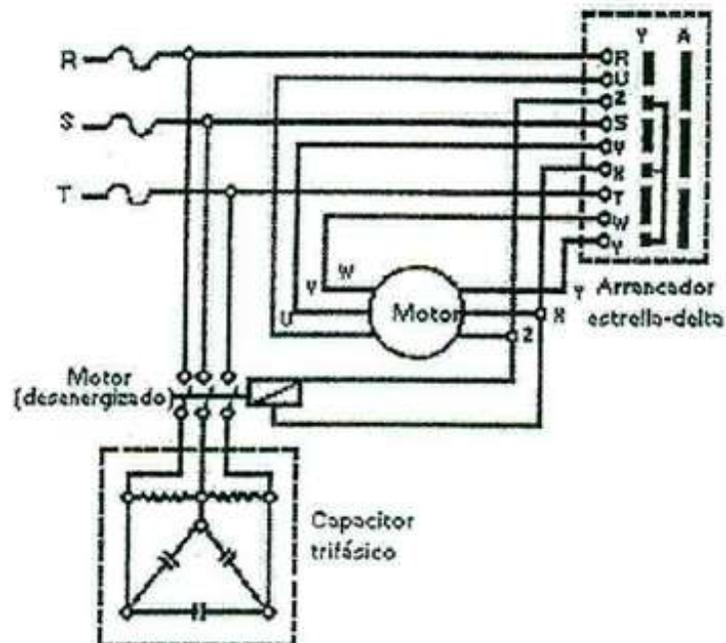
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página: 85 de 97



Conexión de capacitadores en paralelo con un motor de más de 25 HP, con arrancador estrella-delta normal

**MANTENIMIENTO**

En el mantenimiento de banco de capacitores instalado, debe efectuarse una inspección del mismo, comprobando los siguientes aspectos:

1. Que los voltajes de las fases estén balanceados y permanezcan dentro de los límites aceptables, según las especificaciones de los capacitores seleccionados, y
2. Que la potencia reactiva de operación del banco no exceda en más de 35% a la potencia reactiva nominal del mismo.

*[Handwritten signatures and marks at the bottom of the page]*



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 86 de 97

**OTRAS RECOMENDACIONES TÉCNICAS**

Se considera como potencia reactiva de operación, a la suma de la potencia reactiva debida a la onda fundamental, más el incremento ocasionado por la existencia de ondas armónicas en la red.

La inspección debe repetirse varias veces, durante los primero periodos de baja carga, que es cuando el voltaje toma sus valores máximos.

En las inspecciones normales de mantenimiento, debe comprobarse la ventilación de los capacitores; el estado de los fusibles; la temperatura de operación y las condiciones de voltaje; las porcelanas de los bornes deben limpiarse periódicamente, con mayor frecuencia cuanto más sean las condiciones de servicio.

Si los capacitores están expuestos a condiciones atmosféricas muy adversas, es conveniente pintarlos periódicamente, a fin de impedir la corrosión y mantener una buena superficie radiadora de calor.

En la inspección de las terminales de un capacitor que previamente ha sido energizado, deben transcurrir 5 minutos para su descarga interna y después, es preciso cortocircuitar las partes vivas y ponerlas a tierra.

Los capacitores pueden dañarse si se cortocircuitan las partes vivas antes de que haya transcurrido al menos un minuto de descarga.

**RECOMENDACIONES**

Con el fin de mejorar la eficacia de los equipos electromecánicos y el uso de la energía eléctrica en equipos de bombeo, se presentan las siguientes recomendaciones:

- En bombas verticales del tipo pozo profundo con motor externo, cuando la eficacia global del conjunto bomba-motor sea menor de 55%, es recomendable reparar o sustituir el equipo de bombeo.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 87 de 97

- En bombas con motor sumergido o submarino, donde la eficacia del conjunto bomba-motor sea menor de 42%, se recomienda reparar o sustituir el equipo de bombeo.
- Cuando el factor de potencia de la instalación eléctrica sea menor a 87%, es recomendable la instalación del banco de capacitores para corregirlo, por lo menos a 90%, que es el requerimiento mínimo establecido por la Comisión Federal de Electricidad.
- Es importante implementar el o los programas de mantenimiento preventivo de los equipos electromecánicos que se tengan en las instalaciones.
- Es conveniente instrumentar un programa de verificación de eficiencias a través del registro de variables eléctricas e hidráulicas, durante la operación de los equipos electromecánicos.
- Es de suma importancia la selección adecuada del equipo de bombeo de acuerdo a las condiciones hidráulica y constructivas del pozo; este hecho puede significar reducciones importantes en los costos de operación.

**EQUIPO BÁSICO DE PROTECCIÓN**

Para ejecutar trabajos de mantenimiento en el área donde se tienen instalaciones eléctricas, principalmente donde se maneja alto voltaje, se debe operar con la herramienta y el equipo adecuado de protección como el que se especifica a continuación:

**BOTAS DIELECTRICAS**

Equipo de seguridad de suela antiderrapante resistente a grasas, aceites, solventes y altas temperaturas.

**CASCO PROTECTOR**

Equipo de seguridad, que está construido de metal o plástico de alta resistencia al impacto.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 88 de 97

### DETECTOR NEÓN

Equipo de seguridad que sirve para verificar la ausencia de tensión.

### EQUIPO DE TIERRAS

Es un equipo de seguridad que se usa para verificar que todas las piezas de contacto, así como los conductores de dispositivo de puesta de tierra estén en buen estado.

### EXTINGUIDOR

Debe colocarse según las necesidades y el número necesario para usarse en las partes vivas; su selección puede ser de polvo químico ABC, o cualquier otro tipo que sea el adecuado para el área que se requiera.

### GUANTES DIELECTRICOS Y PIEL

Este tipo de guantes se compone de tres tipo de guantes, el primero de seda o de tela tipo aislante; el segundo, de hule; y el tercero, será de pie. Éstos se usan para desenergizar.

### HERRAMIENTAS CON AISLANTE

Las herramientas de mano como: pinzas, desarmadores, llaves, etc, deberán estar convenientemente aisladas y su estado físico no deberá estar deteriorado por el uso, con el fin de evitar accidentes al personal.

### LETREROS DE PELIGRO, DE PREVENCIÓN, OBLIGATORIOS Y DE RESTRICCIÓN PARA INDICAR ZONA DE ALTA TENSION

El letrero debe de estar a la vista de cualquier persona que pretenda tener contacto con el equipo.

### PÉRTIGA UNIVERSAL

Equipo que se destina para la operación de cuchillas desconectadoras, fusibles desconectadores con características dieléctricas, longitud y resistencia mecánica, construido de material de epoxiglas.

### TARIMA AISLANTE

Accesorio que proporciona una seguridad adicional para operar el equipo eléctrico.



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 89 de 97

**EQUIPO DE REFACCIONES Y HERRAMIENTAS**

Para proporcionar el mantenimiento preventivo y correctivo, se debe programar que se cuente con un almacén para que en él se tengan lotes de refacciones y herramientas indispensables, las cuales deberán estar acordes en tipo, clase, marca y la cantidad necesaria para garantizar el aprovisionamiento en cualquier caso de falla y que siempre se tenga en funcionamiento el o los equipos de bombeo.

Las partes, herramientas y accesorios que pueden seleccionarse para tenerlas almacenadas pueden ser las siguientes:

ARRANCADOR	REFACCIONES	BOMBA
Pieza Elementos térmicos Bobinas Conectores Fusibles Contactores Relevador bimetálico Arrancador magnético Relevador de tiempo	Pieza Flecha motriz (superior) Coples (manguitos) Flechas Portachumaceras Chumaceras de hule Impulsores Cuerpos de tazones completos Mangas o fundas	BOMBA Cojinetes o baleros para tazones
ARRANCADOR Interruptor de presión Interruptor termomagnético Botones pulsadores Lámpara indicadora Voltímetros Amperímetros		



**NOMBRE DEL DOCUMENTO**

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO**

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 90 de 97

**SUBESTACIÓN**

Pieza  
Fusibles  
Aisladores  
Cable desnudo  
Cable THW  
Conectores  
Portafusibles

**MOTORES**

Pieza  
Balero superior  
Balero inferior  
Aceite  
Grasa  
Cinta de aislar de tela  
Cinta de aislar plástica

**LUBRICANTES Y GRASAS**

Aceite para lubricación de flecha  
Aceite para lubricación de baleros de motor  
Aceite dieléctrico  
Grasas  
Solventes limpiadores para instalaciones eléctricas

**HERRAMIENTAS**

**EQUIPO MENOR**

Juego de llaves españolas  
Juego de llaves de estrías  
Juego de llaves de estrías planas  
Juego de llaves mixtas  
Juego de llaves mixtas milimétricas  
Juego de llaves allen  
Juego de dados  
Manerales de fuerza  
Matracas  
Nudos locos  
Llaves de cadena  
Caimanes  
Llaves steelson

**EQUIPO MAYOR**

Grúa móvil  
Polipasto manual  
Máquina de soldar y soldadura  
Equipo de corte oxiacetileno  
Voltamperímetro de gancho  
Voltímetro  
Amperímetro

**PIEZAS ESPECIALES**

Te de fofo  
Codos de 45 grados de fofo  
Válvulas de compuerta



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
<p align="center"><b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b></p>	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 91 de 97

**EQUIPO MENOR**

Llaves pericos  
Cinceles  
Desarmadores planos  
Desarmadores de cruz  
Punzones  
Martillo de bola  
Macetas  
Marros  
Pinzas de mecánico  
Pinzas de electricista  
Pinzas de punta  
Pinzas de corte  
Pinzas remachadoras  
Cuchilla de recta  
Cuchilla uña de gato  
Bandolera Porta herramienta

**PIEZAS ESPECIALES**

Válvulas de admisión de aire  
Válvulas check  
Válvula contra golpe de ariete  
Carrete de fo.fo.  
Carrete de acero  
Extremidades de fo.fol  
Extremidades de acero  
Juntas Dresser  
Juntas Gibault

**VII.7 EQUIPO DE CONTROL**

Para dar cumplimiento a los objetivos institucionales, el Departamento de Medidores y Cuantificación de Volúmenes en lo que corresponde, tiene a su cargo la instalación de los equipos de medición, su operación, mantenimiento y el control de las lecturas de consumo de cada usuario para efectos de facturación y cobro.

El control de medición se efectuará con los siguientes instrumentos:

**MEDIDOR DEL TIPO DE VELOCIDAD Y PROBETA**

**OPERACIÓN**

Este equipo no requiere de pasos especiales de operación, únicamente se toman las lecturas que aparecen en su sistema digital de totalización y en el sistema analógico de indicación instantánea de caudal. Estas acciones se efectuarán con la periodicidad que se considere conveniente. Estos medidores han sido diseñados para sujetarse a largos periodos de operación.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 92 de 97

## MANTENIMIENTO

Para la realización de estas acciones, el Departamento de Medidores y Cuantificación de Volúmenes cuenta con un laboratorio de reparación y calibración de medidores, las cuales contemplan dos aspectos:

### PREVENTIVO

Como su nombre lo indica, se debe realizar periódicamente y de acuerdo con la experiencia se desarma el medidor para su limpieza e inspección de las partes sujetas a desgaste, aunque no siempre hay que desarmar el medidor en su totalidad, ya que basta tener acceso visual a las partes críticas para concluir si necesitan cambiarse.

Además, debe observarse el grado de azolve o corrosión que se presenta en las partes que trabajan sumergidas en agua; por lo tanto, si el medidor sólo necesita limpieza, deberá hacerse con mayor cuidado, utilizando agua y jabón u otro líquido que no ataque las piezas; cepillando todas las partes para dejar limpias sus superficies y si hay que sustituir alguna pieza desgastada que con su deterioro pueda producir un mal funcionamiento o la detención del medidor, se recomienda hacerlo empleando las herramientas adecuadas.

### CORRECTIVO

Comprende la reparación general y se presenta cuando el medidor ha dejado de funcionar. Además, es necesario desarmarlo para localizar la causa de la avería y sustituir las partes dañadas, cuidando de desarmar totalmente el aparato para analizar cuidadosamente por separado cada parte. Debe efectuarse una limpieza cuidadosa e identificarse la falla, con el objeto de evitar que vuelva a presentarse, es por ello necesario observar en que condiciones esta instalado y las características del gato hidráulico que está soportándolo, para compararlo con las recomendaciones del fabricante. Asimismo, para la reparación de medidores tipo propela, deben seguirse las instrucciones siguientes:

- Desarmar medidor.
- Limpiar el cuerpo y caja esfera.
- Lavar relojería.
- Desarmar relojería superior e inferior.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 93 de 97

- Armar relojería inferior.
- Reparación de relojería superior de agujas o lectura directa.
- Limpieza de cámara, caja, turbina y colador.
- Calibración y montaje del conjunto (cámara, turbina, caja de movimiento, relojería inferior) y cuerpo.
- Apretar tapa-cuerpo y verificar fugas.
- Montar relojería superior.
- Verificar relojería.
- Pintar agujas a mano.
- Reparar caja esfera.
- Colocar caja esfera y precinto.
- Pintar.

MEDIDOR DE TIPO PRESIÓN DIFERENCIAL O DE CAUDAL TIPO "SENSOR DE  
MÚLTIPLES ENTRADAS" (ANNUBAR)

### OPERACIÓN

Una vez instalado el sensor y el sistema electrónico de contabilización e indicación instantánea, se tendrá:

- Indicación instantánea en el momento de la toma de la lectura.
- Totalización de volumen manejado.
- Gráfica de la cual se obtienen los caudales instantáneos máximo, mínimo y medios, que reflejan el comportamiento del sistema (oferta-demanda), que al integrarse en un período establecido (gráfica diaria o semanal), presentan el volumen total en ese lapso.

### MANTENIMIENTO

En este sistema de medición, se puede considerar nulo el mantenimiento, siempre y cuando el sensor electrónico esté libre de humedad en la parte interna del mismo.

### RECOMENDACIONES

En caso de que el fluido contenga aire o arena en grandes cantidades, se deberá purgar según lo requiera el sistema hidráulico del equipo de medición.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

Edición: Primera

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 94 de 97

## VIII. GLOSARIO

Para comprender mejor los términos utilizados comúnmente en la realización del presente documento, se requiere definir la mayoría de ellos, por lo cual se presenta el siguiente glosario descriptivo:

**Abatimiento.** Disminución del nivel de agua en un embase o canal, por cualquier causa.

**Acuífero.** Formación de roca, napa o manto que contiene agua en poros, grietas u otras cavidades en cantidad, en forma que permite su extracción por gravedad o bombeo; corriente de agua subterránea.

**Ademe.** Revestimiento para dar estabilidad a las paredes de túneles, pozos, etc, e impedir su azolve.

**Aforo del pozo.** Bombeo para determinar el caudal del pozo.

**Agua en bloque.** Volumen considerable de agua, cuantificada en metros cúbicos por segundo.

**Azolve.** Basura o lodo que obstruye y disminuye la sección hidráulica de un conducto o canal de agua. Materiales sólidos depositados por las aguas.

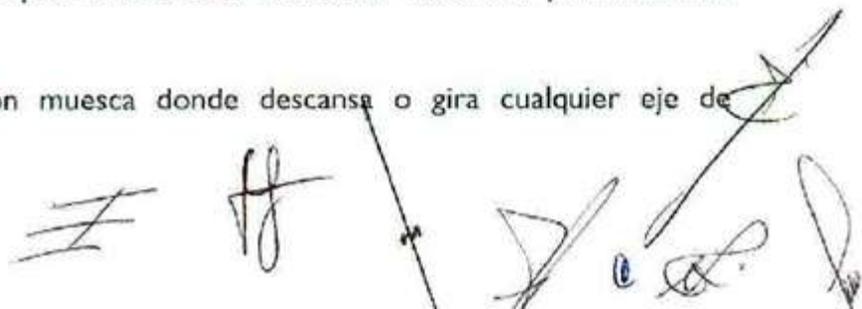
**Bomba de pozo profundo.** Bomba cuyo diseño permite llevar agua a grandes alturas aunque su capacidad de descarga sea baja.

**Bombeo.** Acción de extraer elevar o impulsar agua u otro líquido.

**Cavitación.** Fenómeno observado en los conductos donde circulan líquidos a presión, producido por la formación de vacíos que muchas veces producen cavidades.

**Cedazo.** Tamiz o criba utilizada para cribar, colar o clasificar materiales por diferencia de tamaño.

**Cojinete.** Pieza de metal con muesca donde descansa o gira cualquier eje de maquinaria.





NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 95 de 97

**Corrosión.** Tipo de erosión producida al ser atacadas la roca, por agentes químicos que provocan ya sea su alteración, y a su disolución.

**Cuerpo de tazones.** Éste es la bomba del equipo, el cual recibe el líquido y le imparte una velocidad y una presión suficiente para vencer la carga dinámica total.

**Chumacera.** Pieza de metal o madera, con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria.

**Elemento creador de presión diferencia "ANNUBAR".** Es un sensor de presión diferencial, construido de estructura rígida en acero inoxidable 316, el cual no tiene partes móviles; dispone de dos cámaras de promedio independientes en sección recta en forma de cuadrado con vértices redondeados; la señal es sensada por múltiples entradas, pues se coloca a todo lo largo del diámetro de la tubería (sección transversal).

**Flechas.** La flecha, en una bomba de tipo vertical, es el eje de todos los elementos que giran en ella, transmitiendo el movimiento que le imparte la flecha del motor o la bomba.

**Permeabilidad.** 1. Cuantitativa. Conducción de un suelo o cualquiera de sus horizontes, que se relaciona con la transmisión del agua o aire a todas las partes de esa masa. 2. Cuantitativa. Propiedad específica que gobierna el grado o rapidez con que un medio poroso transmite fluidos bajo condiciones medias. Estado físico del suelo que permite la penetración de agente atmosférico y muy particularmente del estado del agua.

**Pozo.** Perforación vertical, generalmente cilíndrica, que se practica en el terreno hasta llegar a los acuíferos, con la finalidad de obtener agua para riego, usos domésticos e industriales.

**Sonar jet.** Sistema que por vibraciones y expansión de gases, afloja y desincrusta los depósitos minerales que existen en las ranuras de infiltración, lo mismo que restituye el caudal, nivel dinámico y excita el acuífero.



NOMBRE DEL DOCUMENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y  
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Edición: Primera

Fecha: Abril 2009

Código: 42000

Página 96 de 97

## IX. VALIDACIÓN

De acuerdo con el contenido del documento denominado "Manual de operación y Mantenimiento para Pozos Profundos y Equipamiento Electromecánico", y no existiendo observación alguna validan su vigencia.

Epifanio Gómez Tapia  
Director General de Infraestructura  
Hidráulica

Nemesio Gómez Sánchez  
Director de Operación y Mantenimiento

Lic. José Ángel Guillén Jardines  
Director de la Unidad de  
Modernización Administrativa e  
Informática

Ing. Alejandro Dorantes Huerta  
Subdirector de Operación

Ing. Hugo A. Mejía Pichardo  
Subdirector de Mantenimiento



NOMBRE DEL DOCUMENTO	Edición: Primera
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA POZOS PROFUNDOS Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	Fecha: Abril 2009
	Código: 42000
	Página 97 de 97

## X. CRÉDITOS

El presente documento "Manual de Operación y Mantenimiento para Pozos Profundos y Equipamiento Electromecánico" fue elaborado por la Dirección de Operación y Mantenimiento a través del Departamento de Rehabilitación de Pozos y Apoyo con Camiones Cisterna, con la colaboración en su formato e Imagen Institucional del Departamento de Procedimientos Administrativos de la Unidad de Modernización Administrativa e Informática..

Ing. Efraín Miguel López Callejas  
Jefe del Departamento de Rehabilitación de Pozos y  
Apoyo con Camiones Cisterna

Lic. María de Lourdes Martínez Gómora  
Jefa del Departamento de Procedimientos Administrativos

Lic. Mario Rafael García Noguez  
Analista del Departamento de Procedimientos Administrativos