



UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.



**ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**“MEJORA EN EL RENDIMIENTO DE LAS UNIDADES DE BOMBEO
MECÁNICO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN EN EL
ACTIVO INTEGRAL ACEITE TERCIARIO DEL GOLFO EN
POZA RICA, VER.”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA INDUSTRIAL

PRESENTA:

SAMANTHA HERRERA DEL ANGEL

ASESOR DE TESIS:

ING. RAÚL ORTEGA DANTES

COATZACOALCOS, VER.

AGOSTO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS.

Para las personas más importantes y admirables en mi vida mis Padres, Minerva Del Angel Luvian y Santiago Herrera Bustamante, que gracias a su gran amor, esfuerzos, dedicación, sacrificios, tiempo, trabajo y apoyo incondicional he podido finalizar otra etapa de mi vida por medio de la realización de este trabajo. El cual va dedicado a ellos con todo mi amor, por ser mi fuerza, mi motivación y mi inspiración. Los amo.

También a mis hermanos Thania, Santiago, Salvador y mi sobrino Ivan, por su apoyo y amor, por ser parte de la hermosa familia que tengo y por ser un motivo y un motor para realizar mis objetivos. Los amo.

A mis tíos Cleotilde Herrera Bustamante y Jesús Jorge San Gabriel, por su apoyo, cariño, atención y por la gran oportunidad que me brindaron para mi realización profesional y que gracias a ello pude llevar a cabo este trabajo. Inmensamente agradecida Tíos los Quiero Mucho.

Finalmente, a mi Asesor de Tesis el Ing. Raúl Ortega Dantes por su ayuda, tiempo y apoyo, por sus críticas constructivas para realizar un trabajo profesional, por su interés y persuasión para poder concluir mi Tesis. Gracias.

TITULO.

**“MEJORA EN EL RENDIMIENTO DE LAS UNIDADES DE BOMBEO MECANICO
PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION EN EL ACTIVO INTEGRAL
ACEITE TERCIARIO DEL GOLFO EN POZA RICA, VER.”**

HIPÓTESIS.

¿La implementación de mantenimientos preventivos a los motores de las unidades de bombeo mecánico incrementara la Producción?

JUSTIFICACIÓN.

Con la realización de programas de mantenimientos a los motores de combustión interna de las unidades de bombeo mecánico se obtendrá una mayor Producción en los pozos que pertenecen a los sectores del Activo Integral de Poza Rica.

Se harán estos mantenimientos con la finalidad de obtener una mejor y óptima operación de las unidades para mantener e incrementar la producción de los pozos y así disminuir las fallas, la cantidad de unidades fuera de operación que son el principal problema en las instalaciones de Pemex en Poza Rica, Ver.

OBJETIVO GENERAL.

Disminuir las fallas que presentan diariamente los motores de las unidades de Bombeo Mecánico, mediante la realización de programas de mantenimientos preventivos y así obtener un aumento en la Producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Evaluar problemas más comunes de fallas en los motores.
2. Detección y diagnósticos oportunos de las fallas en los motores de combustión interna.
3. Disminuir la cantidad de correctivos que se realizan a los motores por la falta de mantenimientos.
4. Evitar el mayor número de unidades fuera de operación.
5. Mejorar la operación correcta de las unidades de bombeo mecánico.

INDICE GENERAL.

INTRODUCCION	1
CAPITULO I ANTECEDENTES	
1.1 DESCRIPCION HISTORICA.	4
1.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS PRODUCTORES.	10
1.3 TIPO DE UNIDADES DE BOMBEO MECANICO.	17
1.4 CLASIFICACION DE MOTORES.	28
1.5 CLASIFICACION DE LOS MANTENIMIENTOS.	31
CAPITULO II. DESCRIPCION DEL SISTEMA ARTIFICIAL DE BOMBEO MECANICO.	
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	33
2.2 DESCRIPCION DEL BOMBEO MECANICO TIPO CONEVCIONAL.	33
2.3 PRINCIPIO DE OPERACIÓN DEL BOMBEO MECANICO TIPO CONVENCIONAL.	43
2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS ARTIFICIALES DE PRODUCCION.	45
CAPITULO III. IMPLEMENTACION DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.	
3.1 ESTADISTICA DE LOS SISTEMAS ARTIFICIALES DE PRODUCCION.	48
3.2 FALLAS EN LOS SISTEMAS ARTIFICIALES DE PRODUCCION.	54
3.3 COSTOS DE LAS FALLAS Y LOS MANTENIMIENTOS.	64

3.4	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.	70
3.5	COSTO – BENEFICIO.	80
	CONCLUSION.	85
	BIBLIOGRAFIA.	86
	ANEXOS.	88
	GLOSARIO.	101

INTRODUCCIÓN.

Los Sistemas Artificiales de Producción son de gran importancia en la producción de hidrocarburos en el proyecto Activo Integral Aceite Terciario del Golfo (AIATG). Debido a la baja energía de los yacimientos, éstos aportan cantidades bajas de crudo y en muchas ocasiones los fluidos no tienen la energía suficiente para llegar a la superficie.

El sistema artificial de explotación de bombeo mecánico se aplica en los pozos que no tienen la energía suficiente para elevar los hidrocarburos a la superficie por sí solos, este sistema, ayuda a continuar con la explotación del pozo hasta su última etapa como productor.

Este sistema se implantó en el Activo de Producción Poza Rica de PEMEX región Norte desde el año de 1957, y en forma masiva en la década de los 90's por la necesidad de eliminar los gasoductos de alta presión que atravesaban la zona urbana, ya que estos formaban un peligro para la sociedad.

El Activo Integral Aceite Terciario del Golfo, está integrado por ocho sectores que se encuentran ubicados a los alrededores de Poza Rica:

Sector 1: Soledad Norte- Coyotes, Sector 2: Soledad- Miquetla, Sector 3: Coyula Agua Fría – Coyol, Sector 4: Coyula- Escobal, Sector 5: Corralillo – Agua Fría, Sector 6: Tajín – Coapechaca, Sector 7: Furbero, Sector 8: Remolino – Presidente Alemán. Estos sectores a su vez están conformados por distintos sistemas artificiales de producción como el Bombeo Mecánico, con una cantidad de 1409 unidades instaladas en los ocho sectores.

El Bombeo Mecánico tipo convencional, en comparación a otros métodos de extracción de crudo como el Bombeo Neumático , Bombeo hidráulico , Bombeo Electro sumergible y Bombeo de Cavidad progresiva , proporcionan un bajo costo

con respecto a otros sistemas de explotación artificial y principalmente, eliminan el peligro latente de los gasoductos de alta presión que atraviesan la zona urbana.

Este sistema de Bombeo Mecánico está compuesto por una parte superficial y otra sub superficial, este sistema tiene la función de transmitir la energía del motor a las varillas y éstas a la bomba sub superficial, donde cambia el movimiento de rotación del motor a un movimiento reciprocante de las varillas. Dicho movimiento tiene como finalidad el desplazamiento del émbolo de la bomba sub superficial para lograr la extracción del aceite. En la parte superficial es donde se encuentra el motor de combustión interna el cual se encarga de suministrar la energía necesaria a la unidad de bombeo para levantar los fluidos de pozo y así obtener un incremento de producción continua que se ve reflejada en los barriles de producción diaria.

En esta área superficial del sistema de Bombeo Mecánico, específicamente el motor de combustión interna es la parte donde se enfocara este trabajo de investigación, para dar a conocer la cantidad y el tipo de fallas que presenta diariamente, de igual forma los costos que nos generan los servicios correctivos y las pérdidas económicas por tales servicios y por no realizar un mantenimiento constante y adecuado al motor.

Para evitar y/o disminuir esta problemática se implementara la programación y realización adecuada de mantenimientos preventivos (semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales) a los motores de combustión interna de las unidades de Bombeo Mecánico dependiendo el requerimiento necesario para cada uno de los motores que se encuentran instalados en el Activo Integral Aceite Terciario del Golfo.

CAPITULO I

ANTECEDENTES.

1.1 DESCRIPCION HISTORICA.

El bombeo mecánico convencional nació prácticamente a la par con la industria petrolera, cuando el Coronel Drake; perforo un pozo que era de su pertenecía ubicado en Pennsylvania aproximadamente en 1859.

En aquella época la perforación se hacía con herramientas de percusión, donde la mecha se suspendía mediante una especie de balancín hecho con madera y se dejaba caer. Cuando el pozo moría, era más fácil usar el balancín de madera que había quedado en el sitio para operar la bomba de sub.-suelo; así nació lo que hoy conocemos como Bombeo Mecánico Convencional, aunque hoy en día no se usan balancines ni cabillas de madera y mucho menos maquinas a vapor, los componentes del método aún se conservan.

El balancín, el cual es el símbolo reconocido a nivel mundial, del BMC (Bombeo Mecánico Convencional); todavía se usa para convertir el movimiento rotatorio del motor en reciprocante y así impulsar la bomba. Otros componentes son las cabillas y la bomba, misma que todavía usa un pistón, el barril y las válvulas, (viajera y fija). La evolución de estos componentes, tanto en diseño como en materiales, la tecnología electrónica y el avance en las aplicaciones de análisis y diseño, han contribuido para que el bombeo mecánico convencional moderno haya dejado de ser la cenicienta de los métodos de producción reservado solo a pozos que llegaban al final de su vida productiva. Por su larga historia no es difícil pensar que este método es el más popular y usado en la petrolera a nivel mundial.

El sistema artificial de explotación de bombeo mecánico se aplica en los pozos que no tienen la energía suficiente para elevar los hidrocarburos a la superficie por sí solos, este sistema, ayuda a continuar con la explotación del pozo hasta su última etapa como productor. Este sistema se implantó en el Activo de Producción Poza Rica de PEMEX región Norte desde el año de 1957, y en forma masiva en la década de los 90's por la necesidad de eliminar los gasoductos de alta presión que

atravesaban la zona urbana, estos formaban un peligro para la sociedad. Por este motivo se utilizaron las Unidades de Bombeo Mecánico, que proporcionan un bajo costo con respecto a otros sistemas de explotación artificial y principalmente, eliminan el peligro latente de los gasoductos de alta presión que atraviesan la zona urbana.

SURGIMIENTO DEL ACTIVO INTEGRAL ACEITE TERCIARIO DEL GOLFO.

Desde 1978 se sabe que Chicontepec consiste en un amplio recurso geológico continuo de hidrocarburos que constituye una de las mayores acumulaciones en América. Sin embargo, dadas sus complejas características geológicas, su explotación rentable puede ser difícil y costosa comparada con los grandes yacimientos en el sureste del país. Los yacimientos en Chicontepec son de baja permeabilidad, con alto contenido de arcillas. El proyecto de explotación de Chicontepec siempre fue pospuesto, no sólo por la baja productividad de sus pozos y la compleja estructura interna de sus yacimientos, sino por los retos técnicos y económicos que representaba para extraer los hidrocarburos, a pesar de su amplio potencial de recursos y prolíficos campos de aceite en la Cuenca del Sureste, algunos de ellos descubiertos desde hace más de medio siglo.

Con base en recomendaciones generadas a través de diversos estudios internos en Pemex-PEP, durante la década de los años ochenta Pemex perforó 79 pozos exploratorios de los cuales 61 resultaron productores. Durante esa década, se desarrollaron parcialmente los campos de Agua Fría y Tajín; y en 1990, el campo Escobal. En la década de los años noventa se llevaron a cabo estudios en los campos ya descubiertos, como Coapechaca, Corralillo y Coyula.

Es así que Chicontepec, y su sucesor, el proyecto Aceite Terciario del Golfo (ATG), a pesar de haber iniciado actividades en 1952, hoy se encuentra en una etapa de inicio de producción, aún incipiente respecto al potencial productivo que pudiera obtenerse bajo las mejores condiciones de desarrollo a lo amplio de su largo ciclo de vida, de muchas décadas por venir.

A partir de 2006 el nombre oficial que Pemex-PEP ha dado a los trabajos de exploración y explotación de hidrocarburos en Chicontepec es proyecto “Aceite Terciario del Golfo” (ATG). Este proyecto, uno de los que requerirían mayor inversión en la historia petrolera del país, tiene como intención desarrollar una estrategia integral de explotación de la región, ambiciosa respecto a la perforación masiva de pozos, a fin de alcanzar de manera acelerada altos niveles de producción de aceite.

Para ello, la zona geográfica en la que se localiza el Paleocanal (figura 1) y que en ese momento incluía 29 campos productores y cientos de yacimientos, fue subdividida administrativamente en ocho sectores como se muestra en la figura 2; de éstos, sólo los sectores 2 (campos Coyotes, Horcones, Soledad Norte, Gallo, Soledad, Palo Blanco y Agua Nacida) y 5 (campos Agua Fría, Corralillo, Coapechaca y Tajín) se encontraban en desarrollo y sólo en Agua Fría se hicieron estudios iniciales para la implementación de un proyecto para el mantenimiento de la presión del yacimiento. El resto de los sectores se encontraban en una etapa en la que se requería realizar la caracterización de sus yacimientos.

Actualmente, el “Paleocanal Chicontepec” representa más del 29% de las reservas probadas de hidrocarburos del país y el 81% de las de la Región Norte. Es uno de los yacimientos más importantes de México y por lo tanto uno de los mayores retos para Petróleos Mexicanos. A continuación se describen sus principales antecedentes:

La presencia de hidrocarburos se conoce desde 1926, cuando las compañías “El Águila” y “Stanford”, perforaron pozos con objetivo Cretácico, ahí se detectaron areniscas con manifestaciones de hidrocarburos, los cuales se consideraron como pozos económicamente no rentables. Durante el desarrollo del campo Poza Rica, en mayo de 1935, con la prueba de producción efectuada en el pozo Poza Rica-8, se confirmó el potencial de hidrocarburos de la Formación Chicontepec.

Posteriormente entre los años 1952 a 1963, al perforarse pozos con objetivo Jurásico en los campos de los Distritos de Poza Rica y Cerro Azul, se manifestó nuevamente la presencia de hidrocarburos en formaciones arcillo-arenosas del Terciario, pero debido a su baja permeabilidad no se consideró rentable su explotación.

Fue entre los años de 1963 y 1970, cuando los pozos de los campos Presidente Alemán y Soledad, habían dejado de fluir en la Formación Tamabra, se realizaron reparaciones mayores en las arenas de la Formación Chicontepec. Basados en los resultados de estas intervenciones, así como en el éxito obtenido en los pozos con objetivo Eoceno Inferior, los cuales se perforaron en diferentes áreas, se concluyó que a pesar de no ser pozos de alta productividad, al ser pozos someros y de bajo costo en su perforación, se definió su desarrollo. Así entonces, la explotación comercial de “Chicontepec”, se inició en el año de 1970, con la perforación de seis pozos en el campo Presidente Alemán.

En 1979 se elaboró el “Proyecto Chicontepec”, en el cual se propusieron diversos escenarios de desarrollo. Siendo 1980, cuando Petróleos Mexicanos manifiesta su existencia. En su primera etapa, la producción de aceite se incrementó de 2.5 miles de barriles por día (mbpd) a 14.3 miles de barriles por día (mbpd), mediante la perforación de 300 pozos en los campos Soledad, Aragón, Coyotes, Horcones y Soledad Norte, los cuales resultaron productores.

Con la finalidad de contrarrestar la declinación de la producción de 14.3 miles de barriles por día (mbpd) a 9.8 miles de barriles por día (mbpd), en el periodo de 1983 a 1991, las actividades se enfocaron en dar mantenimiento a pozos y a perforar 228 de desarrollo en los campos Agua Fría y Tajín.

De 1992 a 2001, después de haber alcanzado una producción máxima de 17.8 mbpd, se observó que la producción declinó al final de este periodo hasta en un 50%. Para el periodo 2002 a 2006, se reactivó la perforación para el desarrollo de los campos Agua Fría, Coapechaca y Tajín, logrando alcanzar un incremento de producción de aceite de 27.2 miles de barriles por día (mbpd), utilizando nuevas tecnologías para la terminación y fracturamiento de pozos.

En 2007, se define la creación del Activo Integral Aceite Terciario del Golfo para atender el desarrollo del Paleocanal “Chicontepec”. La estrategia inicial del Activo se destacó por una gran actividad de perforación y terminación de pozos del 2008 al 2010, representando una gran inversión, sin embargo, la producción cerró en 2010 con solo **44.8 bpd.** (Barriles por día).

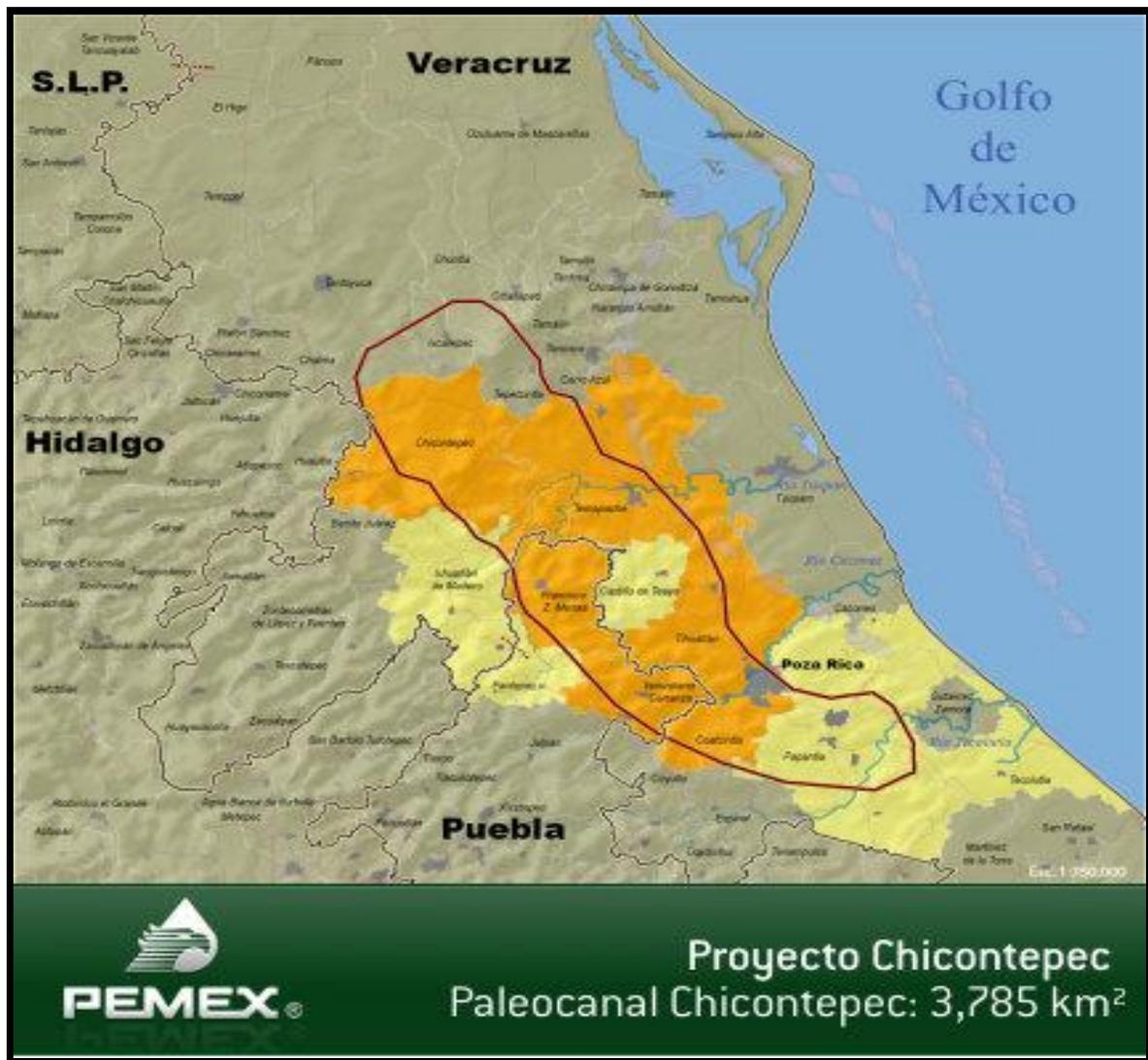


FIGURA 1. Ubicación del Activo de Producción Aceite Terciario del Golfo.

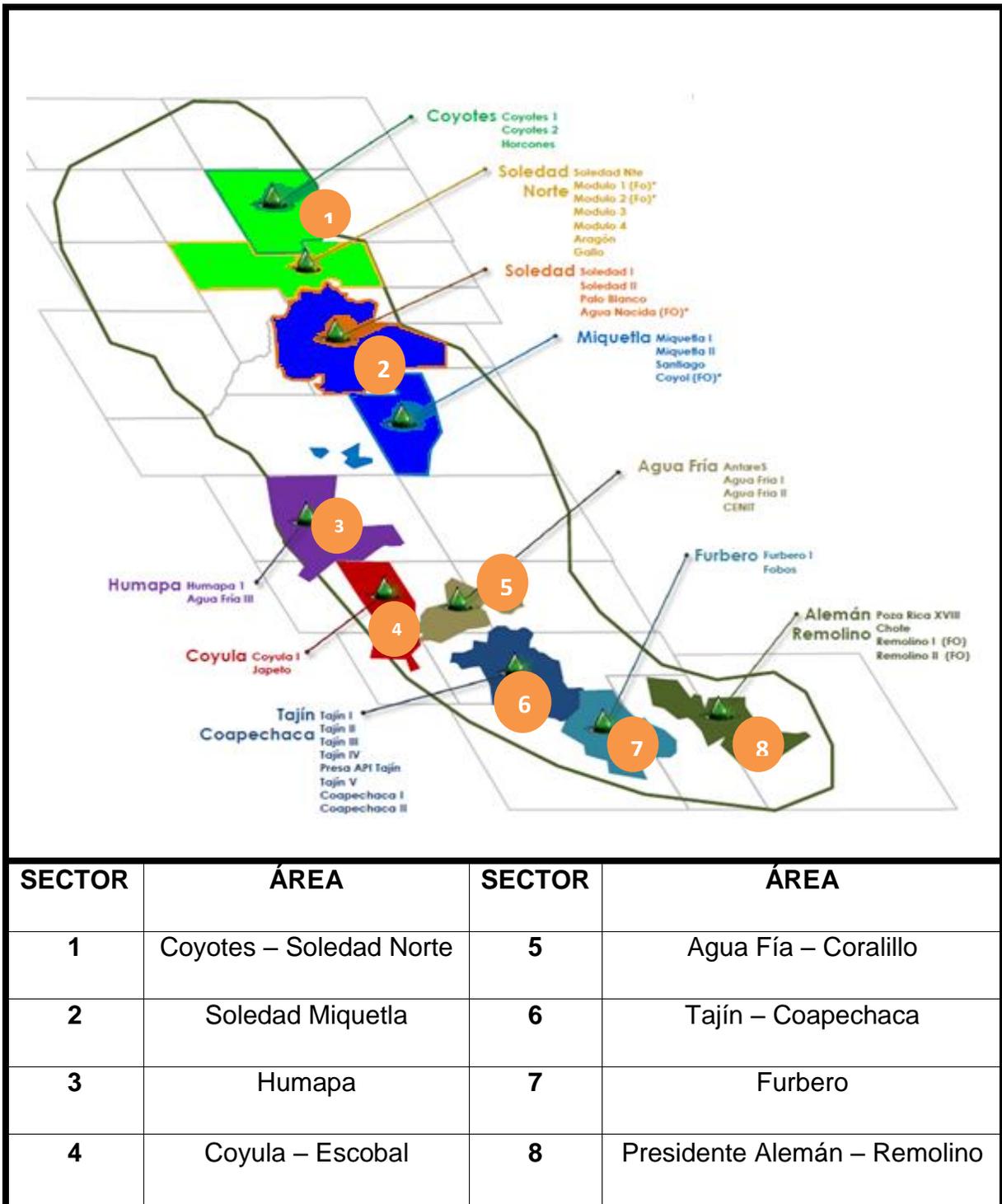


FIGURA 2. - Sectores y áreas que integran el Activo de Producción Aceite Terciario del Golfo.

1.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS PRODUCTORES.

POZOS FLUYENTES.

Un pozo se considera fluyente cuando el aceite fluye por acción de la energía natural del yacimiento como se muestra en la imagen 1. Durante la vida productiva de los yacimientos petrolíferos suele declinar la presión a la que se encuentran sometidos los fluidos, debido principalmente a la extracción de los hidrocarburos, lo cual origina un abatimiento en la producción de los pozos. Se debe tener conocimiento de los tipos de yacimiento del cual el pozo está produciendo. Para poder predecir correctamente la vida fluyente de un pozo, deben conocerse factores tales como: porcentaje de agua, relación gas-aceite, declinación de las presiones de fondo, índice de productividad, terminación del pozo, tipos y propiedades de los fluidos producidos entre otros. La energía para mantener fluyendo un pozo, (sin sistema artificial de producción) es la presión propia del yacimiento. Algunos pozos produciendo 98% de agua salada son aún capaces de fluir. Estos pozos producen de yacimiento con un empuje hidráulico muy activo debido a una alta presión de fondo fluyendo.



IMAGEN 1. Sistema de Bombeo Fluyente.

1.2.1 SISTEMAS DE BOMBEO NEUMÁTICO.

Este sistema que durante muchos años fue el principal, para hacer fluir a los pozos del distrito Poza Rica, tiene como principio de funcionamiento la acción de inyectar al espacio anular (entre la tubería producción TP y la tubería de revestimiento TR) gas a alta presión, a través de válvulas montadas en la tubería de producción, las cuales están calibradas y espaciadas a diferentes profundidades ; de tal manera que, al dejar pasar el gas a la tubería de producción, cuando se llega a su presión de calibración, logran disminuir la densidad de la mezcla de fluidos procedentes del yacimiento, que se desplazan a través de la misma, y al expandirse este gas dentro de la tubería de producción , expulsa al crudo por la parte superior del pozo, ya que en la parte inferior que comunica al yacimiento, tiene una válvula check, llamada válvula de pie, que no permite el retroceso del producto, evitando su regreso al yacimiento. En la imagen 2, se muestra el sistema de bombeo neumático.

El sistema es muy flexible y permite manejar una gran variedad de gastos. El número de pozos de bombeo neumático en el distrito Poza Rica ha disminuido considerablemente por tener los siguientes inconvenientes:

- Se obtiene una baja eficiencia, debido a que el gas motriz que se inyecta por el espacio anular y fluye a través de la TP se canaliza por el centro de la misma, produciendo escurrimiento a lo largo del interior de las paredes de dicha TP.
- Es contaminante, debido a las fugas que se presentan ocasionalmente en la conducción del gas motriz. Este gas procede del yacimiento y ha sido tratado para su aprovechamiento en este sistema artificial. Es extremadamente peligroso debido al uso de gasoductos a alta presión (se usan presiones de 50 kg/cm²) sobre todo en áreas pobladas.



IMAGEN 2. Sistema de Bombeo Neumático.

1.2.2 SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE.

Un equipo de bombeo electro centrífugo consta básicamente de una bomba centrífuga de varias etapas, cuyo eje está conectado directamente a través de una sección protectora a un motor eléctrico sumergible, sumergida en el fluido del pozo, y conectada hasta la superficie a través de un cable para suministrar la energía eléctrica del motor. El cable conductor se sujeta al conjunto y a la tubería mediante flejes metálicos flexibles, los cuales son colocados cada 12 a 15 pie. El conjunto motor – protector – bomba, tiene un acoplamiento continuo que se logra mediante ejes de conexión estriada, los cuales tienen como finalidad hacer rotar el protector y la bomba al girar el eje del motor. Bombea el fluido a presión hasta la superficie.

Este sistema, que es apropiado para manejar altos gastos de producción, está integrado por una bomba centrífuga instalada dentro del pozo, impulsada por un motor eléctrico que recibe energía por un cable de potencia flejado a la TP tubería de producción). El bombeo eléctrico ha presentado serios problemas en el conductor que alimenta a un motor acoplado eje a eje a la bomba centrífuga la cual se encuentra ahogada en el seno del hidrocarburo. Por esta razón no ha sido costeable su aprovechamiento en el distrito Poza Rica.

1.2.3 SISTEMA DE BOMBEO HIDRÁULICO.

El principio de operación de un pozo de bombeo hidráulico, consiste en hacer funcionar una bomba colocada en el fondo del pozo mediante la inyección de un fluido motriz, inyectado a presión desde la superficie a través de una tubería paralela a la de producción. Este sistema se recomienda para pozos de gran profundidad. En los que los otros sistemas antes descritos no operan satisfactoriamente.

El bombeo hidráulico presenta la gran desventaja de requerir una estación superficial de bombeo de líquido motriz (agua ò aceite), que incrementa los costos del mantenimiento y operación, además de obtenerse el petróleo mezclado con dicho líquido motriz, necesitándose entonces instalaciones para deshidratar el petróleo (en el caso de que el fluido motriz sea agua) ò para separar los dos fluidos (en el caso de

que el fluido motriz sea aceite), además de los dos problemas mencionados, se obtuvieron constantes fallas en el motor y la bomba (sumergidos en el seno de hidrocarburo dentro del pozo). Una bomba hidráulica es un dispositivo tal, que recibiendo energía mecánica de una fuente exterior, la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un líquido cuyas moléculas estén sometidas precisamente a esa presión. Los sistemas de bombeo hidráulico proporcionan una flexibilidad extraordinaria en la instalación y capacidad de funcionamiento para cumplir una amplia gama de requerimientos de extracción artificial. La instalación de la potencia superficial puede ponerse en un lugar central para servir a pozos múltiples, o como una unidad conveniente montada sobre patín localizada en el lugar del pozo individual. El requerimiento de equipo mínimo en el cabezal del pozo acomoda de cerca el pedestal de perforación espaciado de cerca, o las terminaciones de plataforma, así como los requerimientos superficiales de perfil bajo. El bombeo hidráulico se basa en un principio sencillo: “La presión ejercida sobre la superficie de un fluido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones”. Aplicando este principio es posible inyectar desde la superficie un fluido a alta presión que va a operar el pistón motor de la unidad de subsuelo en el fondo del pozo. El pistón motor está mecánicamente ligado a otro pistón que se encarga de bombear el aceite producido por la formación. Los fluidos de potencia más utilizados son agua y crudos livianos que pueden provenir del mismo pozo.

1.2.4 SISTEMA DE BOMBEO DE CAVIDAD PROGRESIVA.

El sistema de Bombeo de Cavidad Progresiva como se observa en la imagen 3, consta básicamente de un cabezal motriz y para transmitir la potencia hacia la bomba sub superficial se tiene una sarta de varillas. La energía para poner en operación este sistema, la proporciona un motor eléctrico superficial cuya capacidad varía de acuerdo a la profundidad y producción del pozo donde se pretende instalar el sistema.



IMAGEN 3. Sistema de Bombeo Cavidad Progresiva.

1.2.5 SISTEMA DE BOMBEO MECANICO.

En el sistema de bombeo mecánico como se muestra en la imagen 4, la energía la proporciona un motor, el cual a través de un mecanismo superficial transforma el movimiento rotatorio del mismo en un movimiento alternativo, el cual se transmite a través de una sarta de varillas de acero hasta la bomba que se encuentra alojada dentro del pozo. El sistema es adecuado para pozos que producen fluidos con baja relación gas-líquido. El bombeo mecánico, hasta la fecha es el más utilizado a nivel mundial debido principalmente a que presenta una buena eficiencia, la cual constantemente ha ido aumentando al diseñarse nuevos dispositivos sub superficiales que disminuyen los problemas de engasamiento de la bomba sumergida en el seno del líquido. De una manera general, el sistema artificial de bombeo mecánico lo podemos considerar constituido por una parte superficial y otra sub superficial.



IMAGEN 4. Sistema de Bombeo Mecánico.

1.3 TIPO DE UNIDADES DE BOMBEO MECÁNICO.

1.3.1 UNIDAD CONVENCIONAL.

Ésta unidad se encuentra balanceada por contrapesos colocados en la manivela, que no son más que bloques de acero fundido. En la imagen 5, se muestra la unidad de bombeo mecánico tipo convencional. Es la unidad más conocida y popular de todos los campos petroleros, por ventajas económicas, fácil operación y mantenimiento. El movimiento rotatorio del motor es transmitido por medios de correas, a la caja de transmisión la cual reduce la velocidad a través de un sistema de engranajes. Este movimiento más lento es comunicado a la viga viajera mediante conexión biela /manivela y convertidor alternativo vertical que se refleja en la barra pulida. Tipo de unidades de bombeo mecánico instaladas en el Activo Integral Aceite Terciario del Golfo. Se muestran en la siguiente Tabla 1.

MARCA	MODELO	TIPO
LUFKIN	C456D-305-120	CONVENCIONAL
VORDCAB	C456D-305-120	CONVENCIONAL
WEATHERFORD	C-228D-213-86	CONVENCIONAL
WEATHERFORD	C-320D-305-120	CONVENCIONAL
WEATHERFORD	C-456D-305-144	CONVENCIONAL
WEATHERFORD	C-640D-305-144	CONVENCIONAL
WEATHERFORD	C-640D-305-192	CONVENCIONAL

TABLA 1. Tipo de unidades de bombeo mecanico del AIATG.

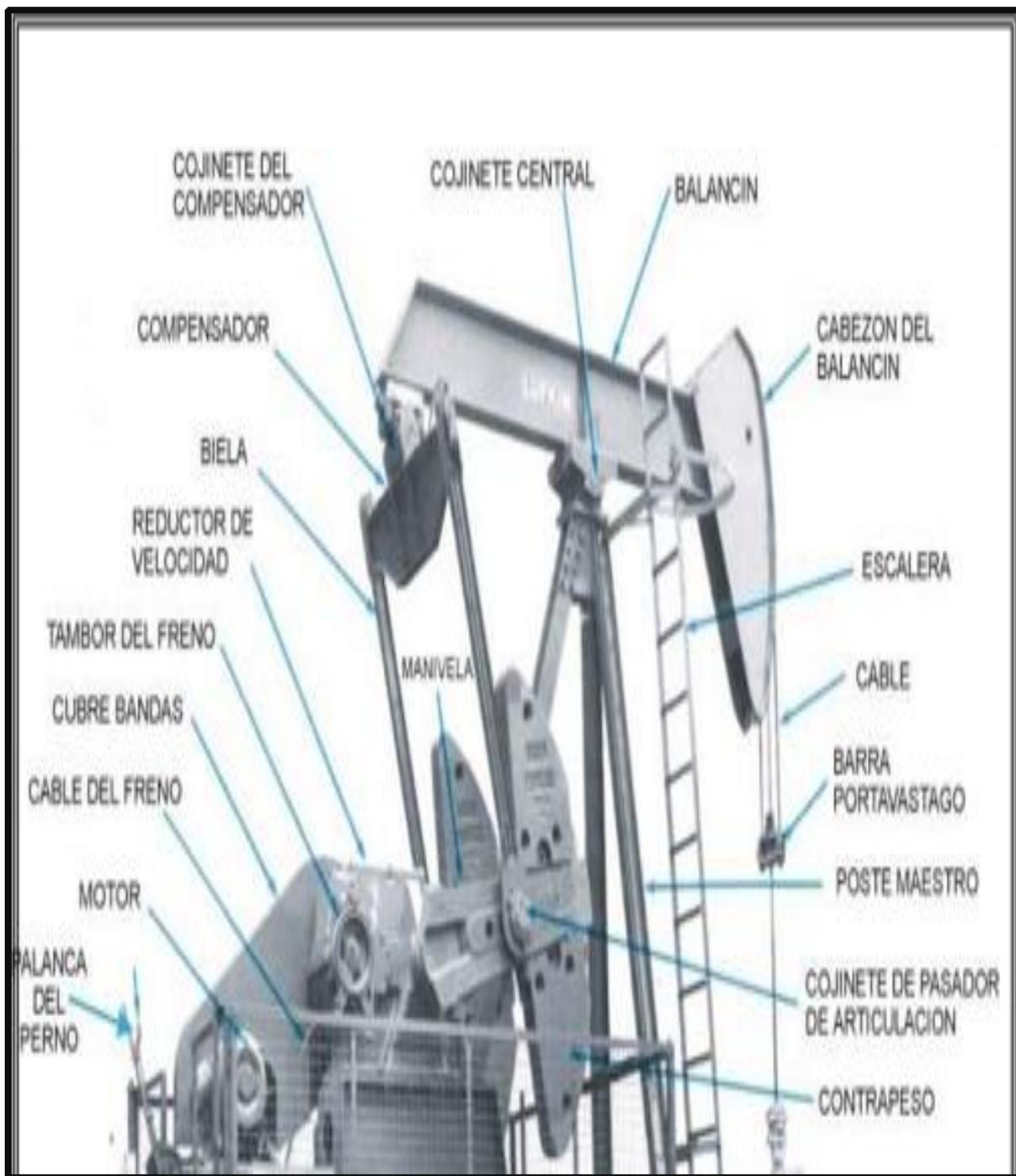


IMAGEN 5. - Unidad de bombeo mecánico CONVENCIONAL.

CODIGO DE IDENTIFICACION DE LAS UNIDADES DE BOMBEO MECANICO.

Todas las unidades de bombeo se diseñan por una norma API (Instituto Americano del Petróleo). Como se muestra en el diagrama 1:

C-320-256-120

a). La primera letra representa el tipo de Unidad de Bombeo

A - contrabalanceado por aire

B - contrabalanceado en la viga

C – convencional

M - Mark II un momento de torsión

b) El segundo término es la Torsión Máxima en el reductor, en miles de pulgada por libras. El D representa " la Reducción Doble.

c). El tercer término es el peso máximo de la varilla pulida. Este peso está en los centenares de libras.

d). El último termino es para la longitud del recorrido máximo disponible en esta Unidad de Bombeo en pulgadas.

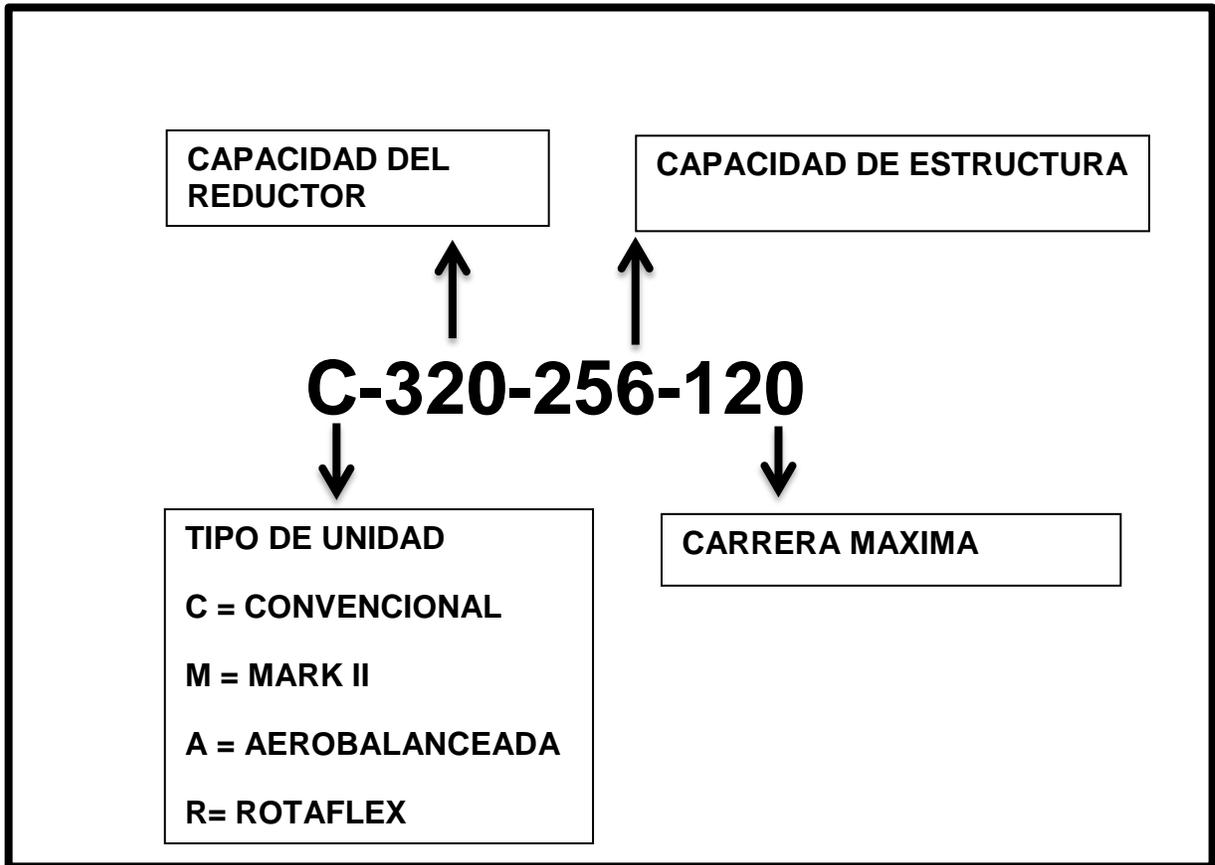


DIAGRAMA 1. Código de Identificación de las unidades.

1.3.2 UNIDAD AEROBALANCEADA.

El uso de aire comprimido en lugar de contrapesos, permite tener un mayor control en el efecto de contrabalanceo. Ésta unidad es un 35 % más pequeña y un 40% más ligera que la convencional. Es confiable para usarla como unidad portátil o de prueba, así como para altos volúmenes de producción desde horizontes profundos. En la imagen 6, se muestra la unidad de bombeo mecánico tipo Aero balanceada. Se caracteriza por utilizar un cilindro con aire comprimido en lugar de usar pesas de hierro, su costo por transporte e instalación es más económica que las convencionales por lo cual puede ser usada costa afuera o cuando es necesario mover con frecuencia la unidad, el mantenimiento del cilindro de aire, pistón compresor y controles de neumáticos, lo hacen ser la unidad más costosa en cuanto a operaciones, pero son más resistentes a cargas que las convencionales.

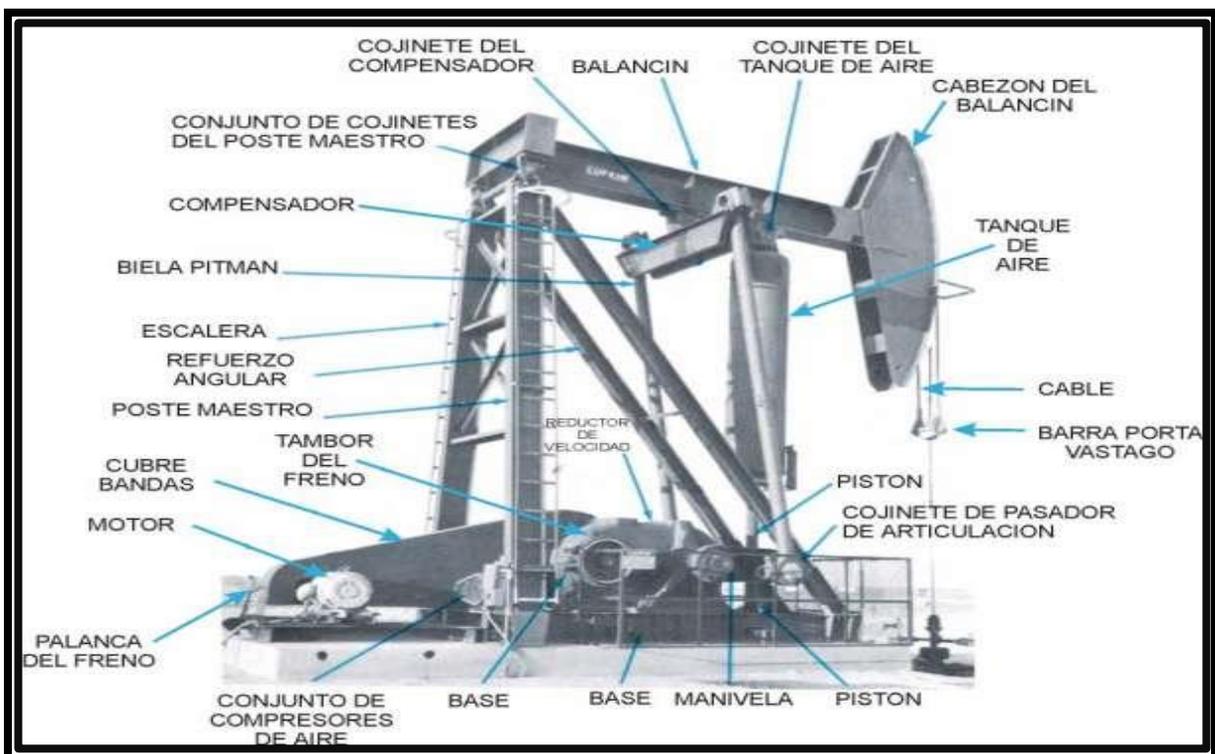


IMAGEN 6. - Unidad de bombeo mecánico AEROBALANCEADA.

1.3.3 UNIDAD MARK II.

Por su singular forma y contrapeso, ésta unidad reduce los picos de torsión. En la imagen 7, se muestra la unidad de bombeo mecánico tipo Aero balanceada su forma poco común redonda en embolada ascendente más lenta y embolada descendente más rápida, lo anterior tiene la ventaja de que la unidad trabaja con menores cargas máximas y por consiguiente una mayor duración de las varillas. En la siguiente tabla 2, se muestran las características de cada tipo de unidad de bombeo mecánico.

Convencional	Balanceada por aire	Mark II
1. Muy eficiente	1. La de menor eficiencia	1. Muy eficiente
2. Muy confiable debido a su diseño simple	2. Las más compleja de las unidades	2. Igual que la convencional
3. La más económica	3. La más costosa	3. Moderadamente costosa

TABLA 2. Características de las Unidades de Bombeo.

El Mark II ò Unitorque se introdujo a principio de los años 60 con su revolucionario diseño que requería menos energía que uno convencional para levantar la misma carga de fluidos. Las contrapesas están colocadas en una manivela de doble brazos separados y opuestos a la manivela de los pines con un ángulo de desfase que oscila entre 19 y 28°. El Mark II, debido al desfase angular, es más rápido en la carrera descendente lo que se traduce en mayor aceleración y menores cargas mínimas en la barra pulida. Por otra parte, el hecho de tener una manivela de dos brazos crea una situación de riesgo para el personal que está trabajando con el balancín en movimiento. La manivela del Mark II tiene dos brazos opuestos (el que tiene las pesas es más largo que el los pines) y por tanto pasa dos veces por el mismo sitio en un solo ciclo. La rotación de la manivela del Mark II es unidireccional en el sentido contrario a las agujas de reloj (anti-horario).

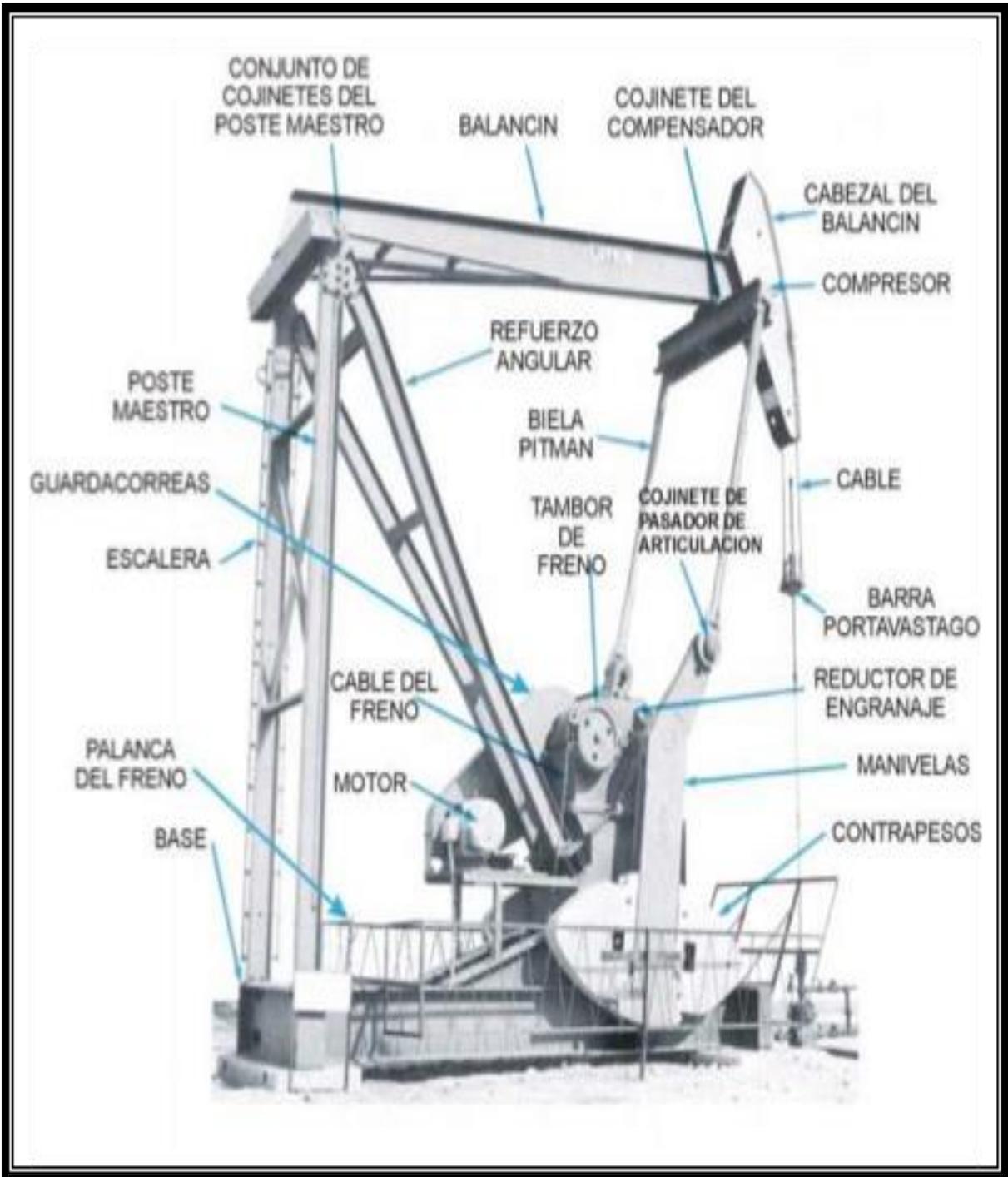


IMAGEN 7. Unidad de bombeo mecánico MARK II.

1.3.4. UNIDADES DE CARRERA EXTRA-LARGA.

La unidad cuya carrera máxima sea superior a 216” se denomina de carrera extra-larga y por lo general su velocidad está limitada a no más de 5 emboladas por minuto (epm). En este grupo hay dos unidades con distintos mecanismos de contrapesos: Rotaflex y DynaPump.

ROTAFLEX.

Básicamente el Rotaflex es una unidad que cuenta con el pivote entre la carga del pozo y la generación de torque. La gran diferencia está en que el brazo del torque es de solamente 18” y por tanto necesita menos esfuerzo. Es parecido a cuando alguien intenta levantar un peso: mientras más cerca esté del peso, menos esfuerzo será requerido para levantarlo.

El Rotaflex cumple casi a la perfección con la situación ideal para bombeo mecánico: carrera larga y baja velocidad. Esta combinación asegura un mejor llenado de la bomba y cargas parásitas muy bajas (aceleración, fricción mecánica y viscosa) y por eso, la carta de superficie de una instalación con Rotaflex es casi parecida a la ideal.

Otra ventaja del Rotaflex es la facilidad para balancearlo ya que esta operación consiste simplemente en quitar o agregar bloques a la caja de contrapesos. El principio de contrapeso opera muy similar al usado en los ascensores o elevadores. Se deben tomar todas las medidas de seguridad porque se trata de manipular objetos muy pesados. El mantenimiento es muy bajo por ser una unidad con menos partes móviles.

Tiene un dispositivo de seguridad que apaga el motor y aplica el freno automáticamente si se produce un cambio de velocidad en la unidad que esté fuera de los valores previamente establecidos por el operador.

El Rotaflex tiene modelos de 288” y 306” de carrera las cuales no pueden ser cambiadas. (Imagen 8).



IMAGEN 8. Unidad de Bombeo Rotaflex.

DYNAPUMP.

El Dyna Pump también puede ser catalogado como Clase I con la diferencia que el sistema operativo es hidráulico se puede observar en la imagen 9. El Dyna Pump está constituido de dos componentes básicos:

La Unidad Motriz es el centro de control, el cual provee la capacidad de convertir la energía eléctrica en energía hidráulica y de controlar la carrera de la bomba por medio de computadoras, según sea necesario, para proveer una óptima eficiencia de bombeo. La Unidad de Bombeo es un elevador de carrera larga, activado hidráulicamente, que se conecta a la barra pulida.

Está compuesta de un cilindro hidráulico de tres cámaras, de diseño patentado, una base estructural para servicio pesado, dos contenedores grandes que tienen gas nitrógeno bajo presión y un mecanismo de elevación, compuesto por poleas y cables, que duplican la longitud de la carrera de la barra pulida así como su velocidad, con relación al cilindro.

Un sistema accionado por gas nitrógeno, está conectado a una de las cámaras de subida del cilindro y actúa como un mecanismo de contrapeso para contrarrestar el peso de las varillas y una porción de la carga del fluido. El contrapeso se puede ajustar mediante el simple ajuste de la presión del gas en los cilindros de almacenamiento. La dirección y la velocidad de la bomba se controlan entonces enviando fluido hidráulico, bien a la cámara superior como inferior del cilindro. Dado que la unidad está controlada por computadores, los límites de velocidad y de carrera se pueden establecer independientemente, permitiendo por lo tanto, carreras rápidas hacia arriba y carreras más lentas hacia abajo ò viceversa.

El Sistema Dyna Pump incorpora un controlador de tiempo real de parada de la bomba y cuenta con la capacidad de monitorear a tiempo real el comportamiento y el estado del pozo y/ò de la bomba. En la categoría de unidades de carrera Extra-Larga, el Dyna-Pump tiene versiones de 240", 268", 336" y 360".



IMAGEN 9. Unidad de Bombeo Dyna pump.

1.4 CLASIFICACION DE MOTORES.

Un motor es el mecanismo o conjunto de mecanismos que producen energía mecánica a partir de otra forma de energía. Si esta otra forma de energía es calorífica el motor es térmico, si es hidráulica entonces el motor es hidráulico, si es eléctrico entonces el motor es eléctrico.

Aunque al principio se usaron motores a vapor, muy pronto se extendió el uso de motores eléctricos y de combustión interna.

1.4.1 MOTORES ELECTRICOS.

La mayoría de las instalaciones de bombeo mecánico hoy día son movidas por motores eléctricos debido a su bajo costo relativo, facilidad para cambiarlos y para automatizarlos.

Los motores son generalmente trifásicos y operan a 60 Hz de frecuencia con velocidades promedios entre 835 y 1200 RPM.

Los motores eléctricos están diseñados para trabajar bajo cargas constantes lo cual no sucede en una instalación de bombeo mecánico debido a las fluctuaciones en las cargas durante el ciclo.

Así se tiene que durante la carrera ascendente se le impone al motor una carga máxima, mientras que en la descendente el motor puede actuar prácticamente como un generador.

Una variable muy importante en la selección del motor es el Factor Cíclico de Carga (CLF) que indica la variación en las cargas a las cuales está sujeto el motor.

Los motores de inducción desarrollan un campo magnético rotatorio en el estator que gira a la velocidad isócrona del motor (1200 rpm).

Este campo magnético induce otro en el rotor del motor y la resultante entre ambos campos produce el torque que hace girar al eje del motor. Cuando el motor está bajo

carga su velocidad es generalmente menor que la isócrona.

Un motor de bajo deslizamiento tiene un bajo rango de variación de velocidad y consumirá bastante corriente cuando aumente la carga porque tiende a mantener su velocidad.

Por otra parte, un motor de alto deslizamiento tiene un rango alto de variación de velocidad y por tanto, no consume tanta corriente cuando aumente la carga porque puede reducir la velocidad. Esto se traduce en menores cargas y torques requeridas con el consiguiente ahorro en energía.

1.4.2 MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

Los motores de Combustión Interna (CI) normalmente usan el gas del mismo pozo pasado a través de un separador para extraerle los líquidos. En algunos campos, sin embargo, existen redes de alimentación cuando la producción de gas del pozo no es suficiente.

Los motores de Combustión Interna se clasifican en dos grandes categorías:

- Baja velocidad con rangos entre 200 y 800 rpm.
- Alta velocidad con rangos entre 750 y 2000 rpm.

Los motores de baja velocidad pueden ser de 2 ó 3 ciclos con uno o más cilindros siendo el de 2 ciclos mono cilíndrico el más usado.

Los motores de alta velocidad son generalmente de 4 ciclos y usan diesel en lugar de gas. Debido a la mayor velocidad, los torques son menores que los desarrollados por los de baja velocidad.

1.5 CLASIFICACION DE LOS MANTENIMIENTOS.

El mantenimiento tiene como finalidad lograr la máxima vida útil y económica de los bienes físicos de una empresa, un edificio, incluyendo equipos, sistemas ó productos. Para que los trabajos de mantenimiento sean eficaces y eficientes, son necesarios el control, la planeación del trabajo, la programación del trabajo y la distribución correcta de la fuerza humana, logrando así reducir los costos.

LOS OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO SON:

1. Objetivo Económico.

Utiliza los medios de que se dispone para obtener lo más bajo posible del costo del producto.

2. Objetivo Técnico.

Conservar el funcionamiento de la empresa en condiciones seguras y eficientes. Para lograr todo lo anterior es necesario establecer los lineamientos de mantenimiento, practicarlos, evaluarlos y asegurar resultados.

Existen tres tipos de mantenimiento los cuales son:

MANTENIMIENTO CORRECTIVO:

Su característica es remediar las fallas a medida que se presentan, ya sea por síntomas claros y avanzados ó por paro del equipo, instalación, etc. Es el tipo de mantenimiento más generalizado, quizás por ser el que requiere menos conocimientos y organización. Es al final de cuentas, el menos económico y como tal debe minimizarse.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Su característica es tratar de evitar que las fallas ocurran, mediante el servicio, reparación ó reposición programada. Es más económico que el correctivo y debe alentarse.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO:

Su característica es prever y evitar con base en observaciones que indican tendencias. Es logable por el desarrollo de las diferentes acciones de mantenimiento previas a la falla, con base en estadísticas y evaluaciones que incluyen:

- Diagnóstico del estado del bien físico.
- Historia de servicio.
- Condiciones de operación, análisis de ingeniería, inspección y prueba.

CAPITULO II
DESCRIPCION DEL SISTEMA ARTIFICIAL
DE BOMBEO MECANICO.

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente en el Activo Integral Aceite Terciario Del Golfo en Poza Rica, Ver. Se tiene la problemática en las fallas de los motores de combustión interna de las unidades de bombeo mecánico tipo convencional.

Estas fallas recurrentes que se presentan en los motores, ocasionan que las unidades de bombeo mecánico queden fuera de operación y provoquen una disminución en la producción, por tal motivo se realizarán programas de mantenimientos preventivos a los motores con los cuales se buscara minimizar las fallas y evitar correctivos mayores que afecten al motor de forma permanente.

Con la finalidad de lograr una operación continua de la unidad, obteniendo como resultado una mayor producción.

2.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA ARTIFICIAL DE BOMBEO MECANICO.

Los Sistemas Artificiales de Producción son de gran importancia en la producción de hidrocarburos en el proyecto AIATG (Activo Integral Aceite Terciario del Golfo). Debido a la baja energía de los yacimientos, éstos aportan cantidades bajas de crudo y en muchas ocasiones los fluidos no tienen la energía suficiente para llegar a la superficie. Esto hace que el nivel de fluido dentro del pozo genere una contrapresión que inhibe la producción del yacimiento y en muchas ocasiones la nulifique. El sistema artificial de bombeo mecánico está constituido por una parte superficial y otra sub superficial, cuyos componentes son los siguientes:

EQUIPO SUPERFICIAL : En forma genérica la unidad de bombeo mecánico, también conocido como “BIMBA” ò U.B.M (unidad de bombeo mecánico) tiene la función de transmitir la energía del motor a las varillas y éstas a la bomba sub superficial, en este hecho obliga a cambiar el movimiento de rotación del motor a un movimiento reciprocante de las varillas. Dicho movimiento tiene como finalidad el desplazamiento del émbolo de la bomba sub superficial para lograr la extracción del aceite, siendo indispensable que la bomba está completamente sumergida en el fluido del pozo, en la Imagen 10, se muestra la imagen de la parte superficial del equipo de bombeo mecánico. Los pozos que están operando con este sistema en Chicontepec tienen las siguientes características:

- Profundidades van de 800 m a los 2500 m.
- Pozos verticales y horizontales.
- Producciones de 5 bpd hasta 300 bpd.
- Maneja altos volúmenes de gas.
- Se puede instalar en espacios muy reducidos.
- Pozos de exploración que tienen poca infraestructura.
- Se utilizan motores de combustión interna ó eléctrica.

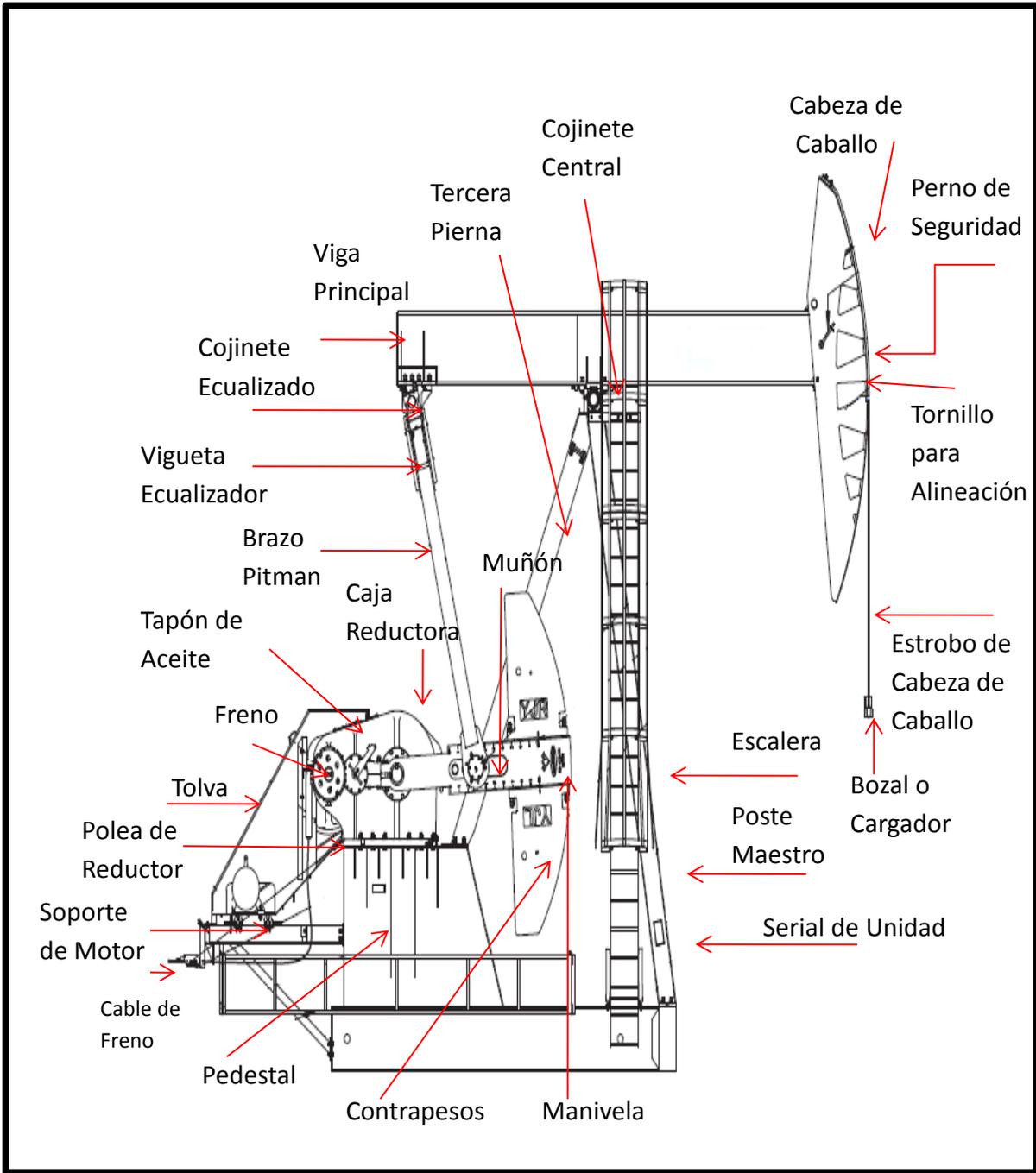


IMAGEN 10. Unidad de Bombeo Mecánico Superficial.

La Unidad de Bombeo Mecánico se compone de:

- **Motor:**

Es el encargado de suministra la energía necesaria a la unidad de bombeo para levantar los fluidos de pozo. Estos motores pueden ser de combustión interna ó eléctrica.

Los motores de combustión interna son empleados en yacimientos que no están electrificados ó bien en pozos aislados muy remotos en donde no conviene tender líneas eléctricas.

- **Caja de Engranés:**

Se utiliza para convertir energía del momento de rotación, sometidas a altas velocidades del motor primario, a energía de momento de rotación alto de baja velocidad. La máquina motriz se conecta al reductor de velocidad (caja de engranaje) mediante correa. El reductor de velocidad puede ser: Simple, doble ó triple. La reductora doble es la más usada.

- **Manivela:**

Es la responsable de transmitir el movimiento de la caja de engranaje ó transmisión a la biela del balancín, que está unida a ellos por pines que están sujetas al eje de baja velocidad de la caja de engranajes y cada una de ellas tienen un número igual de orificios, los cuales representan una determinada carrera del balancín, en ellos se colocan los pines de sujeción de las bielas. El cambio de pines de un hueco a otro se llama cambio de tiro.

- **Pesas ó Contrapeso:**

Se utiliza para balancear las fuerzas desiguales que se originan sobre el motor durante a las carreras ascendente y descendente del balancín a fin de reducir la potencia máxima efectiva y el momento de rotación. Estas pesas generalmente, se colocan en la manivela y en algunas unidades sobre la viga principal, en el extremo opuesto el cabezote.

- **Las conexiones superficiales del pozo.**

Las conexiones superficiales instaladas en la boca del pozo, a la vez que sirven de control, proporcionan un enlace entre el equipo superficial y el sub superficial.

- Cable colgador.
- Cabeza de caballo.
- Vigüeta central.
- Poste maestro.
- Caja reductora.
- Contrapesos.
- Patín.
- Cubre banda.
- Motor.
- Tablero de control.
- Conexiones superficiales del pozo.

EL MOTOR DE LA UNIDAD.

Dentro del sistema de bombeo mecánico la función principal del motor es suministrar energía a la unidad de bombeo mecánico, esta energía es transmitida a la bomba sub superficial por la misma U.B.M, (Unidad de Bombeo Mecánico) y es utilizada para extraer el fluido a la superficie, a razón de una producción esperada y desde el nivel de la bomba en el pozo.

Existen dos tipos de motores de combustión interna, los motores de diesel y los motores a explosión. Los motores de explosión son más utilizados por ser menos costosos que los motores de diesel.

Los motores de combustión interna pueden ser de baja ò alta velocidad; los de baja velocidad operan entre 200 y 600 rpm y poseen un cilindro, los de alta velocidad funcionan entre 800 y 1400 rpm.

Las unidades de bombeo utilizan comúnmente motores de las marcas ARROW y FM, los cuales son motores a explosión y son accionados por la combustión del mismo gas que viene de los pozos. Este tipo de motores ha sido diseñado especialmente para servicio en pozos productores de petróleo en donde se requiere una operación continua de los mismos con un mínimo de mantenimiento.

Motor de combustión interna como referencia la marca: Arrow, Modelo: VRG330A54, como mínimo 68 Hp. Como se muestra es la siguiente imagen 11:

EMISSION CONTROL INFORMATION

MODEL VRG 330 A54	MAX. HP 68	ENGINE DISP. 5.4 L
--------------------------------	----------------------	------------------------------

**THIS IS A NON-CERTIFIED ENGINE
HOWEVER WITH THE PROPER AIR
FUEL RATIO CONTROLLER AND
CATALYST, IT CAN BE CERTIFIABLE.**

**ARROW
ENGINE COMPANY**
a TRIMAS company
2301 EAST INDEPENDENCE
TULSA, OK 74110



IMAGEN 11. Motor de Combustión Interna ARROW 330 A54.

EQUIPO SUBSUPERFICIAL.

Se considera como equipo sub superficial, al que partiendo de la varilla pulida termina en la bomba sub superficial, alojada en el seno del hidrocarburo, se puede observar en la Imagen 12, la parte sub superficial de la unidad de bombeo mecánico; a continuación describimos de una manera general al mismo:

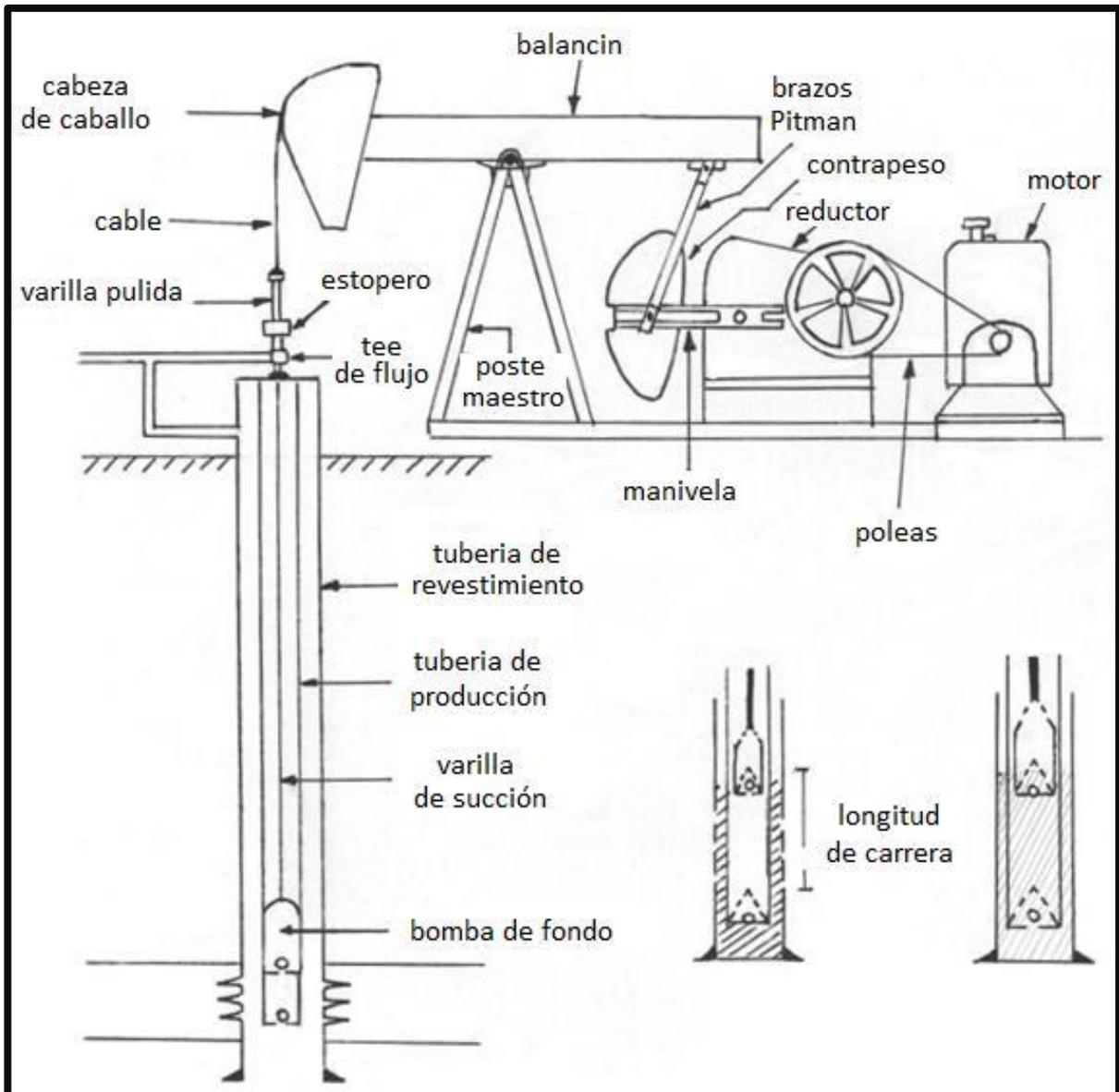


IMAGEN 12. - Unidad de Bombeo Mecánico Superficial y Sub superficial.

- **Bomba de Subsuelo:**

Es un equipo de desplazamiento positivo (reciprocante), la cual es accionada por la sarta de cabillas desde la superficie. Los componentes básicos de la bomba de subsuelo son simples, pero contruidos con gran precisión para asegurar el intercambio de presión y volumen a través de sus válvulas. Los principales componentes son: el barril ó camisa, pistón ó émbolo, 2 ó 3 válvulas con sus asientos y jaulas ó retenedores de válvulas.

- **Varilla pulida.**

Elaboradas con material de acero de aleación carbón, manganeso, cromo, molibdeno, cuentan con acabado espejo.

Características:

- Gran capacidad de resistencia a la tensión de 95 000 a 160 000 libras de carga.
- Diámetros disponibles de 1-1/8"Ø, 1-1/4"Ø, 1-1/2"Ø.
- Longitud estándar de 16, 22, 26, 30 y 36 pies.

- **Sarta de Varillas.**

Una varilla de acero que se utiliza para enroscar el arreglo mecánico entre los componentes de fondo de pozo de un sistema de bombeo mecánico. Las varillas de bombeo tienen una longitud entre 7m (25 y 30 pies) y son roscadas en ambos extremos para permitir correr y recuperar con facilidad los componentes de fondo de pozo.

- **Tubería de Producción:**

La tubería de producción tiene por objeto conducir el fluido que se está bombeando desde el fondo del pozo hasta la superficie. En cuanto a la resistencia, generalmente la tubería de producción es menos crítica debido a que las presiones del pozo se han

reducido considerablemente para el momento en que el pozo es condicionado para bombear.

- **Anclas de Tubería:**

Este tipo está diseñado para ser utilizados en pozos con el propósito de eliminar el estiramiento y compresión de la tubería de producción, lo cual roza la sarta de cabillas y ocasiona el desgaste de ambos. Normalmente se utiliza en pozos de alta profundidad. Se instala en la tubería de producción, siendo éste el que absorbe la carga de la tubería. Las guías de cabillas son acopladas sobre las cabillas a diferentes profundidades, dependiendo de la curvatura y de las ocurrencias anteriores de un elevado desgaste de tubería.

- **Zapata candado (niple de asiento mecánico).**

Se utiliza para una sujeción de traba inferior mecánica y sirve como una válvula fija tipo recuperable en las bombas de tubería de producción, y como un ancla mecánica inferior para las bombas de inserción.

2.3 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE BOMBEO MECÁNICO.

Éstas unidades en el extremo superior de la varilla pulida, se coloca una grampa que sirve de apoyo a la barra porta-vástago ó colgador, la cual está sostenida por un cable flexible fijo en el cabezal del balancín. El balancín está apoyado en el poste maestro. El movimiento de ascenso y descenso del balancín se lo da el brazo Pitman, al cual la manivela le transmite el movimiento que a ella le dan el motor y los contrapesos. La distancia de la flecha de la manivela a la conexión del brazo Pitman, define la longitud de carrera de la varilla pulida. Las unidades convencionales tienen puntos de conexiones del brazo Pitman en la manivela, correspondiendo cada uno de ellos a diferentes longitudes de carrera de la varilla pulida.

Uno de los aspectos más importantes en el diseño de un sistema de bombeo mecánico, es el correcto balanceo de la unidad de bombeo.

Prácticamente todo el trabajo para levantar el fluido es realizado durante la carrera de ascenso, en ésta fase del ciclo de bombeo, la carga de fluido y las varillas deben acelerarse hacia arriba desde cero velocidad y recorrer la longitud de carrera de la bomba. En la carrera de descenso, la carga del fluido es transferida a la tubería de producción, y el motor levanta los contrapesos colocados en la manivela que ayudarán a levantar la carga en las carreras de ascenso de los sucesivos ciclos de bombeo.

Tanto en la carrera de ascenso como en la de descenso, se tiene que prever una igualación de cargas, ya que si esto no se hace, puede traer como consecuencia, un daño en las instalaciones superficiales; por ejemplo: en el motor existe la posibilidad de que se tenga una mayor velocidad en la carrera descendente, lo cual no es conveniente. Una igualación de cargas, así como el torque ó par requerido, se logra mediante el correcto contrabalanceo.

Los contrapesos de balanceo están desfasados en 180° en su movimiento con el movimiento de la sarta; almacenan energía durante la carrera descendente de la

sarta, cuando la demanda de fuerza es menor, proporcionándola en la ascendente, efectuando parte del trabajo para levantar el fluido y las varillas.

Para evitar posibles errores en la interpretación de la terminología, es necesario diferenciar entre efecto de contrabalanceo y balanceo.

CONTRABALANCEO: Es la igualación de cargas en las carreras de ascenso y descenso, así como el torque necesario.

El contrabalanceo está en función del peso y posición de los contrapesos y de las condiciones geométricas de la unidad de bombeo. De ésta manera, diferentes efectos pueden obtenerse con el cambio de posición de los contrapesos.

El contrabalanceo también puede obtenerse por medio de aire a presión contenido en un cilindro, en lugar de contrapesos.

2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS ARTIFICIALES DE PRODUCCION.

Los Sistemas Artificiales de Producción tienen el mismo objetivo, cada uno tiene diferente principio de operación, que en una aplicación en particular, lo hace más, ó menos, ventajoso ante los otros sistemas. La selección de un sistema artificial de producción se debe enfocar en elegir el que ofrezca la máxima eficiencia de bombeo con los menores costos de operación y mantenimiento.

En el siguiente cuadro comparativo Tabla 3 y ANEXO 1 se muestra a grandes rasgos las ventajas y desventajas con las que cuenta cada uno de los sistemas artificiales que se encuentran ubicados en el Activo Integral de Poza Rica.

Las ventajas del Bombeo Neumático Continuo es que tienen baja inversión así también tiene una flexibilidad para cambiar las condiciones de producción y produce grandes volúmenes de fluidos. Sin embargo presenta altos costos cuando se trata de gas comprado, de igual forma requiere una fuente de gas continuo y debe estar en áreas aisladas ya que se maneja gas a alta presión por tuberías subterráneas.

Por otra parte el Bombeo Hidráulico es un diseño muy complejo y requiere de varias sartas de varilla, también es peligroso por el manejo de aceite a alta presión en las líneas de descarga.

Y por último el Bombeo Mecánico es un sistema con un diseño simple el cual puede ser manipulado por cualquier personal operativo, así mismo es un sistema de baja inversión y muy práctico. Es también el más utilizado en la zona de Poza Rica ya que sus pozos están en la última etapa de vida de producción del pozo por tal motivo se utiliza este sistema de bombeo mecánico para recuperar lo último que pueda generar el pozo. Es por esto que se realizara la programación de mantenimientos en los sistemas artificiales de las unidades de Bombeo Mecánico.

SISTEMA DE BOMBEO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
BOMBEO NEUMÁTICO CONTINUO	Inversiones bajas para pozos profundos.	Requiere una fuente continua de gas.
	Bajos costos en pozos con elevada producción de arena.	Altos costos de operación si el gas es comprado.
	Flexibilidad operativa al cambiar condiciones de producción.	Altos costos de operación cuando se manejan gases amargos.
	Las válvulas pueden ser recuperadas con línea de acero.	Se requieren niveles de líquido altos.
	El equipo superficial puede centralizarse en una estación.	Se requiere alimentación de gas a alta presión.
	Capaz de producir grandes volúmenes de fluidos.	La TR debe soportar una alta presión del gas.
BOMBEO MECÁNICO	Baja inversión para producción de volúmenes bajos y profundidades someras a intermedias (2400m).	Inversiones altas para producciones altas, así como para profundidades medias y profundas.
	Permite producir con niveles de fluidos bajos.	Debido a las características de las varillas se limita el BM a profundidades mayores y volúmenes altos de producción.
	Es adaptable a pozos con problemas de corrosión e incrustaciones.	Problemas en agujeros desviados.
	Cuando su aplicación es apropiada, es el método más barato.	Para reparación de la bomba, las varillas deben ser extraídas.
	Diseño Simple	
	Familiar para ingenieros de diseño y el personal operativo.	
BOMBEO HIDRÁULICO	Flexibilidad para cambiar condiciones operativas.	Mantener limpio el fluido motriz.
	Instalaciones grandes ofrecen una inversión baja por pozo.	Condiciones peligrosas al manejar aceite a alta presión en líneas.
	La recuperación de las bombas se hace por circulación inversa.	La pérdida de potencia en superficie ocasiona fallas en el equipo sub superficial.
	Se puede instalar en pozos desviados.	El diseño es complejo.
	Adaptable a la automatización.	En ocasiones requiere de sartas múltiples.

TABLA 3. Ventajas y Desventajas de los Sistemas Artificiales.

CAPITULO III

**IMPLEMENTACION DE MEJORA EN EL
MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES DE
COMBUSTION INTERNA.**

3.1. ESTADISTICA DE LOS SISTEMAS ARTIFICIALES DE PRODUCCION.

La estadística se ocupa de recopilar, reunir, analizar y organizar datos numéricos, que ayuden a resolver problemas como el diseño de experimentos y la toma de decisiones. Su finalidad es obtener información, analizarla, elaborarla y simplificarla lo más posible, para que pueda ser interpretada fácilmente, por tanto, pueda utilizarse para el fin que se desee.

El censo de los Sistemas Artificiales de Producción es un control y seguimiento del número de unidades que se encuentran instaladas en cada sector del Activo Integral de Poza Rica, este se realiza con la finalidad de obtener cantidades y estadísticas de las unidades instaladas en el Activo.

Para poder determinar cuál es el sector con mayor unidades y por lo tanto el sector que más fallas presenta , basándonos también en el modelo de unidades y en el tipo de fallas más recurrentes , para así programar y realizar en tiempo y forma los mantenimientos y lograr una mayor producción y un menor número de unidades fuera de operación.

En el censo de unidades se muestra la cantidad de unidades que se encuentran ubicadas en los ocho sectores con un total de 1409 unidades que conforman el Activo Integral Aceite Terciario del Golfo (TABLA 4), los sectores están divididos de la siguiente manera:

SECTOR 1 (SOLEDAD NORTE – COYOTES).

Está compuesto por 101 unidades de bombeo artificial de las cuales 96 son unidades de bombeo mecánico tipo convencional con motor de combustión interna tipo ARROW. Este sector cuenta con una producción total equivalente a las 101 unidades de 1000 barriles aproximadamente.

SECTOR 2 (SOLEDAD – MIQUETLA).

Está compuesto por 139 unidades de bombeo artificial de las cuales 108 son unidades de bombeo mecánico tipo convencional con motor de combustión interna tipo ARROW. Este sector cuenta con una producción total equivalente a las 139 unidades de 600 barriles aproximadamente.

SECTOR 3 (AGUA FRIA – HUMAPA).

Está compuesto por 254 unidades de bombeo artificial de las cuales 219 son unidades de bombeo mecánico tipo convencional con motor de combustión interna tipo ARROW. Este sector cuenta con una producción total equivalente a las 254 unidades de 3000 barriles aproximadamente.

SECTOR 4 (ESCOBAL – COYULA).

Está compuesto por 120 unidades de bombeo artificial de las cuales 80 son unidades de bombeo mecánico tipo convencional con motor de combustión interna tipo ARROW. Este sector cuenta con una producción total equivalente a las 120 unidades de 2500 barriles aproximadamente.

SECTOR 5 (CORRALILLO – AGUA FRIA).

Está compuesto por 224 unidades de bombeo artificial de las cuales 119 son unidades de bombeo mecánico tipo convencional con motor de combustión interna tipo ARROW. Este sector cuenta con una producción total equivalente a las 224 unidades de 4500 barriles aproximadamente.

SECTOR 6 (TAJIN – COAPECHACA)

Está compuesto por 274 unidades de bombeo artificial de las cuales 190 son unidades de bombeo mecánico tipo convencional con motor de combustión interna tipo ARROW. Este sector cuenta con una producción total equivalente a las 274 unidades de 5000 barriles aproximadamente. En el ANEXO 1 se muestra el mapa que corresponde a este sector, donde se encuentra la mayor cantidad de unidades del Activo Integral Aceite Terciario del Golfo.

SECTOR 7 (FURBERO).

Está compuesto por 146 unidades de bombeo artificial de las cuales 68 son unidades de bombeo mecánico tipo convencional con motor de combustión interna tipo ARROW. Este sector cuenta con una producción total equivalente a las 146 unidades de 1500 barriles aproximadamente.

SECTOR 8 (PRESIDENTE ALEMAN – REMOLINO).

Está compuesto por 248 unidades de bombeo artificial de las cuales 52 son unidades de bombeo mecánico tipo convencional con motor de combustión interna tipo ARROW. Este sector cuenta con una producción total equivalente a las 146 unidades de 4000 barriles aproximadamente.

CENSO POR SECTORES DE LOS SISTEMAS ARTIFICIALES.

MODELO	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8	TOTAL
Lufkin	15	26	32	17	26	26	8	2	152
Vordcab	9	4	5	1	1	0	0	1	21
WTF	72	78	182	62	92	164	60	26	736
Corlift	5	13	1	1	1	0	0	0	21
Morlift	0	1	6	0	4	2	0	0	13
LLS / ICI	0	0	0	0	59	0	0	0	59
VSH2	0	17	28	31	37	82	76	109	380
ROTAFLEX	0	0	0	8	4	0	2	13	27
Total general	101	139	254	120	224	274	146	151	1409

TABLA 4. Censo Sistemas Artificiales de Producción.

En el siguiente grafico 1, se muestra de forma gráfica la cantidad total de unidades que conforman cada sector así como las unidades de bombeo mecánico que hay en cada una de ellas. Donde se observa que el mayor número de unidades se encuentra en el sector 6.

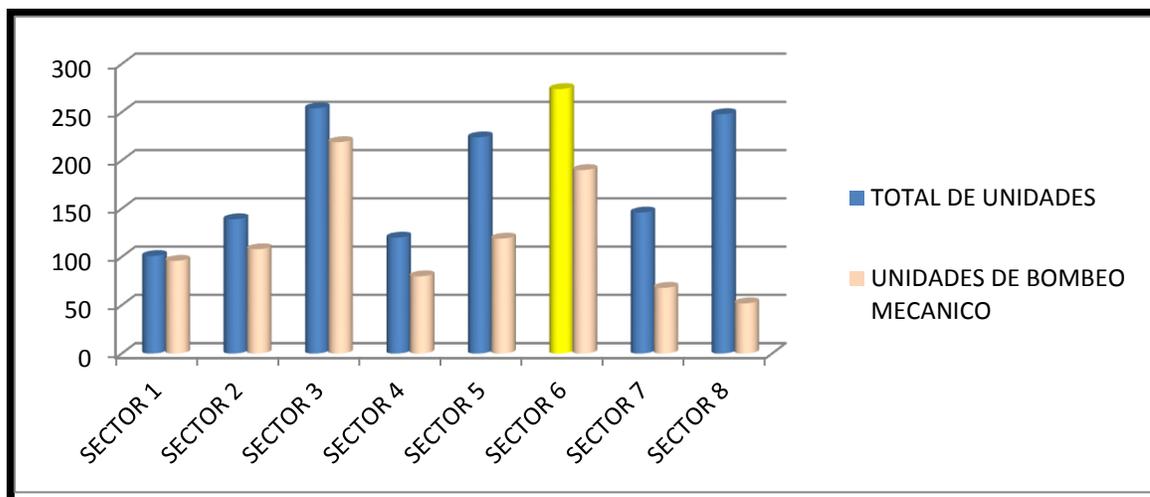


GRAFICO 1. Unidades por sector.

De igual manera el siguiente gráfico 2, nos muestra en forma gráfica el total de unidades y la cantidad de barrilaje correspondiente al número de unidades de cada sector, se observa que el mayor barrilaje se encuentra en el sector 6.

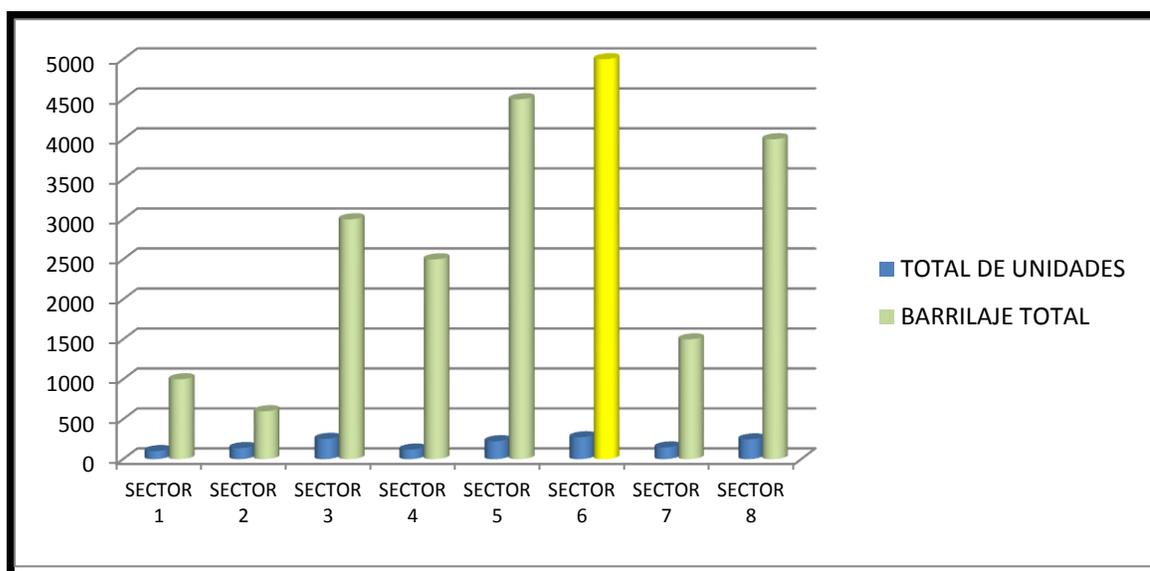


GRAFICO 2. Barrilaje por sector.

Siendo el SECTOR 6 donde hay un mayor número de unidades (274) unidades de bombeo artificial, representa al sector con mayor prioridad en base a la producción generada (5000 barriles aproximadamente) y la cantidad de unidades que se encuentran ubicadas en ese sector.

Es por ello que se le dará principal atención y seguimiento a dicho sector en base a la estadística de fallas y programación de mantenimientos, como modelo de implementación a realizar. En el ANEXO 2, se muestra la estadística de fallas de este sector para observar la constancia con la que se presentan las fallas a lo largo del año 2012.

El mayor número de unidades en los ocho sectores, se encuentran en las unidades de bombeo mecánico tipo convencional (LUFKIN, VORDCAB Y WEATHERFORD) con una cantidad total de 909 unidades (Tabla 5) que se encuentran instaladas en el Activo Integral Aceite Terciario del Golfo. Estas unidades representan el 64% del total de unidades de los ocho sectores del Activo. Es por tal motivo que este trabajo se basará solamente en las unidades de bombeo mecánico tipo convencional, donde se encuentra un mayor impacto para la Producción.

UNIDAD	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8	TOTAL
Convencional	96	108	219	80	119	190	68	29	909

TABLA 5. Censo unidades de Bombeo Mecánico.

A continuación se muestra en el grafico 3 la cantidad de unidades que se encuentran instaladas en el Activo y la cantidad de unidades de bombeo mecánico.

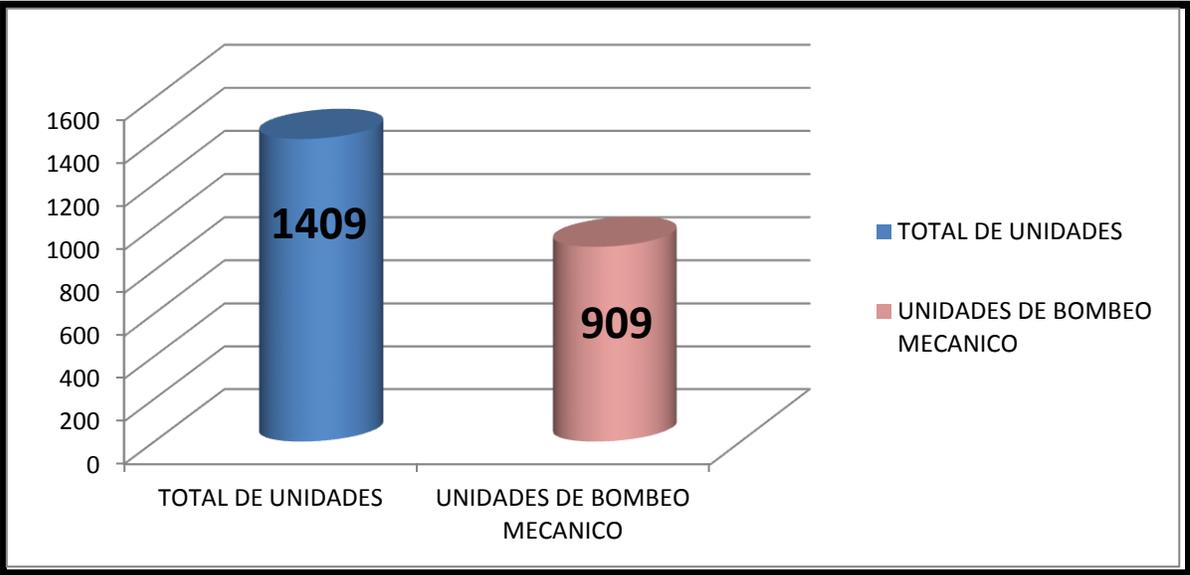


GRAFICO 3. Total de unidades.

3.2. FALLAS EN LOS SISTEMAS ARTIFICIALES DE PRODUCCION.

Las fallas que presentan las unidades de bombeo de los sistemas artificiales de producción son generadas por la falta de mantenimientos e inspecciones en tiempo y forma, así como el desgaste de las piezas ocasionado por la utilización de materiales recuperados y que no siempre se encuentran en buen estado, de igual forma la calidad de las piezas instaladas así como su adecuada instalación.

Las fallas en los equipos de sistemas artificiales de producción del Activo Integral se muestran en la siguiente Tabla 6, donde se contabilizan las fallas que representan las unidades por modelos de unidades de bombeo artificial y por sectores , se toma como ejemplo la base de datos del mes de Julio del 2012.

Las fallas en las unidades de bombeo mecánico tipo convencional (LUFKIN, VORDCAB Y WEATHERFORD) son 316 fallas que representan un 55.9% de las fallas generales en el Activo (565 fallas) por mes.

MODELO	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8	TOTAL
Lufkin	1	9	9	12	3	5	0	0	39
Vordcab	13	0	1	2	0	0	0	2	18
WTF	30	34	62	23	37	48	22	3	259
Corlift	1	4	0	0	3	0	0	0	8
Morlift	0	0	6	0	4	0	0	0	10
ICI	0	0	0	3	20	1	0	0	24
LLS	0	0	0	3	2	0	0	0	5
VSH2	0	6	24	29	41	33	27	33	193
ROTAFLEX	0	0	0	1	4	0	1	3	9
Total general	45	53	102	73	114	87	50	41	565

TABLA 6. Fallas por sectores. (Mes de Julio).

En el ANEXO 3 se puede observar más detalladamente la estadística de fallas por cada mes del año 2012.

La clasificación de las fallas están divididas en siete componentes que conforman al motor y la unidad de bombeo del sistema artificial de producción de la siguiente manera: Fallas de Motor, Fallas Eléctricas, Fallas de Enfriamiento, Fallas de Transmisión, Fallas de Estructura y Fallas en el Mástil Eléctrico.

Como se mencionó anteriormente este trabajo se realizara en base a las unidades de bombeo mecánico tipo convencional, las cuales solamente abarcan cuatro tipos de fallas (MOTOR, ELECTRICA, ENFRIAMIENTO Y TRANSMISION) de las siete que existen en esta clasificación.

En la siguiente tabla 7 se muestra la clasificación de las fallas en las unidades de los sistemas artificiales. Las fallas en los MOTORES es donde se encuentran la mayor cantidad de fallas (254 fallas en motores por mes). En el ANEXO 4 se muestran las fallas en motor por cada uno de los meses del año 2012.

Es por tal motivo que la siguiente estadística de fallas se basara en los motores de combustión interna de las unidades de bombeo mecánico tipo convencional.

MODELO	MOTOR	ELÉCTRICO	ENFRIAMIENTO	TRANSMISIÓN	SIST. HIDRÁULICO	ESTRUCTURA	MASTIL ELÉCTRICO	TOTAL
Lufkin	20	10	2	7	0	0	0	39
Vordcab	9	2	1	6	0	0	0	18
WTF	121	62	14	53	0	9	0	259
Corlift	4	2	0	0	2	0	0	8
Morlift	3	5	0	0	2	0	0	10
ICI	17	4	1	0	2	0	0	24
LLS	4	1	0	0	0	0	0	5
VSH2	73	55	4	0	20	1	40	193
ROTAFLEX	3	3	0	2	0	1	0	9
Total general	254	144	22	68	26	11	40	565

TABLA 7. Clasificación de fallas mensual.

A continuación se muestran las clasificaciones de las fallas en las unidades de bombeo mecánico tipo convencional del mes de Julio del año 2012, las cuales están divididas en Fallas de motor, Fallas eléctricas, Fallas en Sistema de Transmisión y Fallas de enfriamiento.

Donde se podrá mostrar en forma más específica la falla que presentan los motores de las unidades de bombeo mecánico, con la finalidad de conocer la falla más recurrente para así poderla corregir o evitar mediante los mantenimientos.

Las fallas de motor están divididas en las partes donde el motor ha presentado mayores problemas, teniendo como prioridad la falla en toma de fuerza con 70 fallas en un mes lo que equivale a casi un 50% de fallas con un total general de 150 fallas (Tabla 8).

FALLA EN MOTOR	JULIO 2012
BANDAS DE DISTRIBUCION	10
BOBINA	1
BOMBA DE AGUA	13
BUJIAS	10
CABLES DE BOBINA	0
CABLES DE BUJIAS	3
CARBURADOR	10
CUERPO DE ACELERACION	2
DISTRIBUIDOR	6
FILTRO DE ACEITE	3
GOBERNADOR	0
MOTOR	11
POLEA DE DISTRIBUCION	1
REGULADOR DE GAS	4
RETEN DE MOTOR	6
TOMA DE FUERZA	70
VENTILADOR	0
TOTAL GENERAL	150

TABLA 8. Fallas en motores.

En el siguiente grafico 4, se muestran las fallas más recurrentes en el motor de la unidad de bombeo mecánico. Las tomas de fuerza corresponden a un 46% de fallas en el motor.

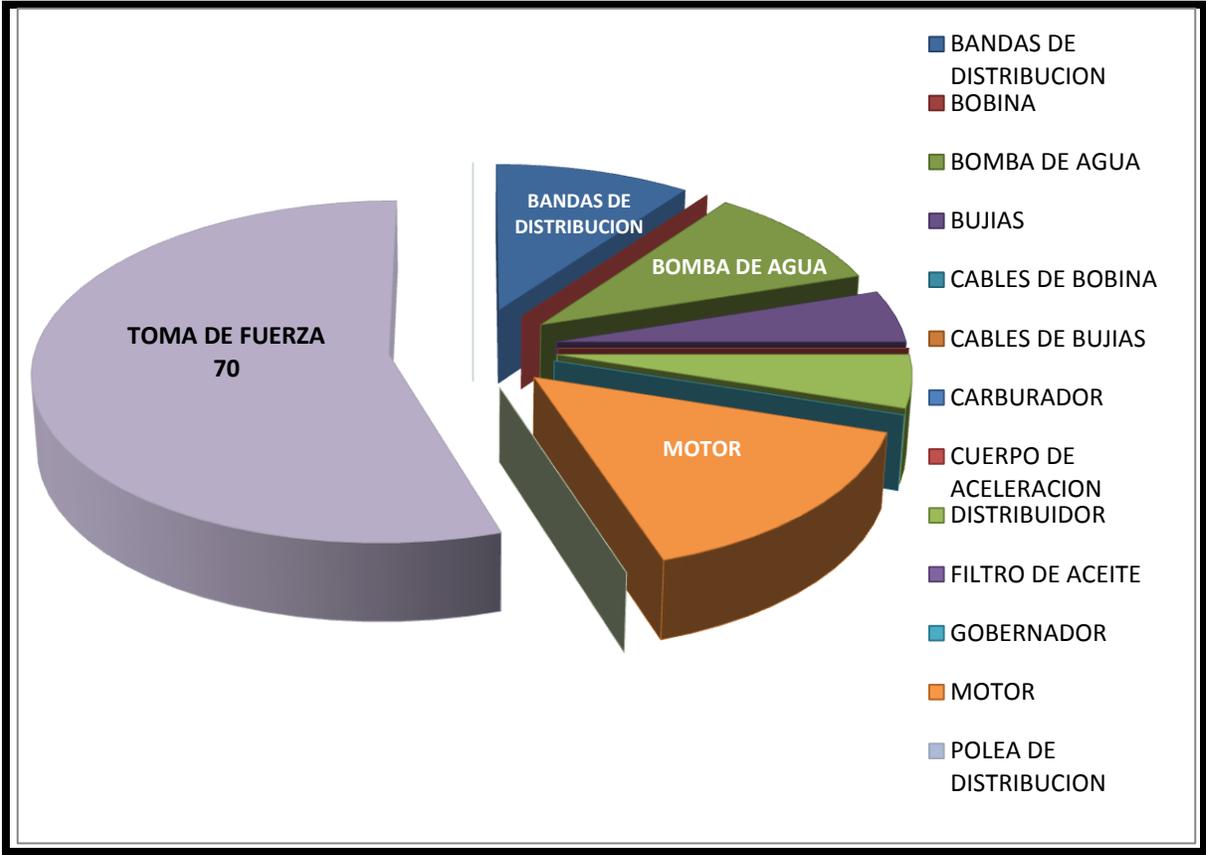


GRAFICO 4. Fallas en el Motor.

Las fallas en el sistema eléctrico están encabezadas por la falla en alternador con 65 fallas por mes, correspondiente a un total de fallas de 144 por mes (Tabla 9).

FALLA	TOTAL
ALTERNADOR	65
BOBINA Y ARNES DE ENCENDIDO	1
CABLEADO	6
MODELO DE ENCENDIDO (ALTRONIC)	6
MOTOR DE ARRANQUE (MARCHA)	32
TABLERO DE ENCENDIDO	34
TOTAL GENERAL	144

TABLA 9. Fallas en el Sistema Eléctrico.

En el siguiente grafico 5, se muestra las fallas más recurrentes en el sistema eléctrico de la unidad de bombeo mecánico. El alternador abarca un 45% de fallas en el sistema eléctrico.

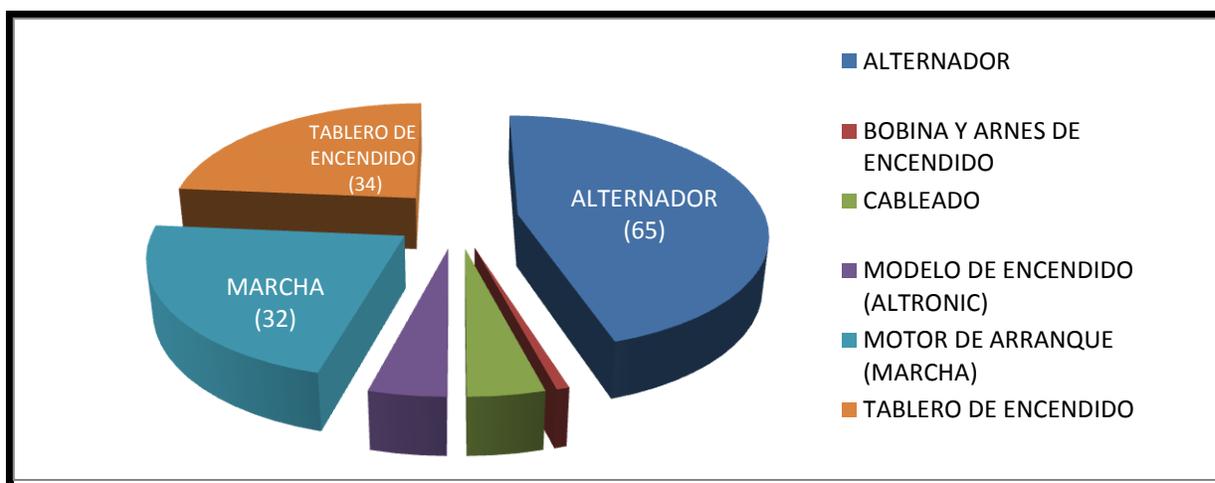


GRAFICO 5. Fallas en el Sistema Eléctrico.

Las fallas en el sistema de transmisión tiene un total de 68 fallas, la mayor falla se presenta en las bandas de transmisión con una cantidad por mes de 62 fallas (Tabla 10).

FALLA	TOTAL
BANDAS DE TRANSMISION	62
CAJA DE ENGRANES	3
CHICOTE DE FRENO O FRENO DE VARILLA	1
POLEA DE TRANSMISION	2
TOTAL GENERAL	68

TABLA 10. Fallas en el Sistema de Transmisión.

En el siguiente grafico 6, se muestran las fallas más recurrentes en el sistema de transmisión de la unidad de bombeo mecánico.

El mayor porcentaje de fallas correspondientes al sistema de transmisión son las bandas de transmisión con un 91%.

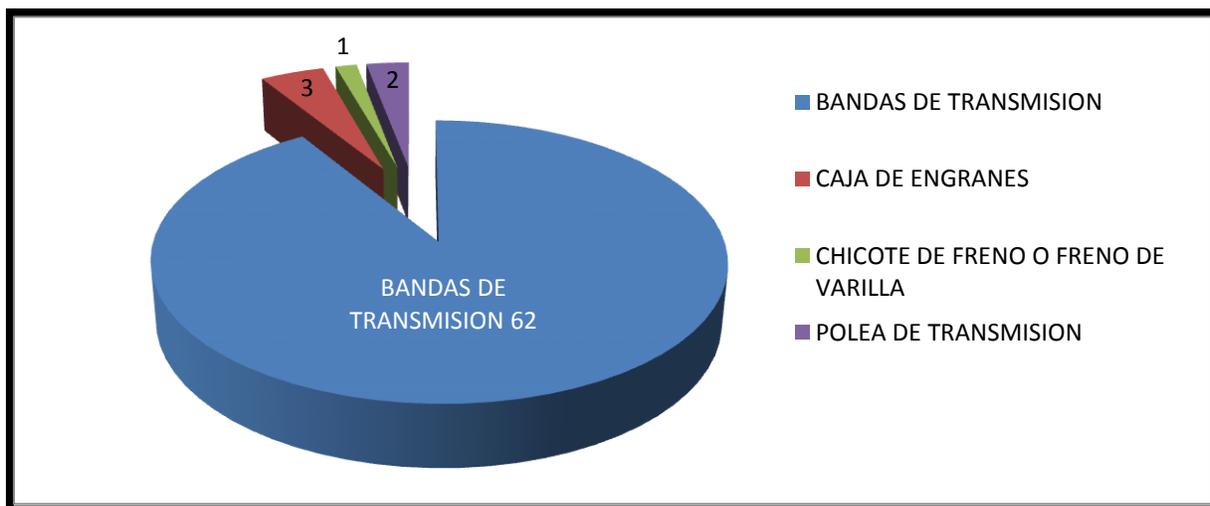


GRAFICO 6. Fallas en el Sistema de Transmisión.

Y por último en la Tabla 11, se encuentran las fallas en el sistema de enfriamiento con un total de 22 fallas, encabezadas por las fallas en radiador con 17 fallas por mes.

FALLA	TOTAL
RADIADOR	17
SISTEMA DE ESCAPE	1
TERMOSTATO	4
TOTAL GENERAL	22

TABLA 11. Fallas en el Sistema Enfriamiento.

En el siguiente grafico 7, se observan las fallas más recurrentes en el sistema de enfriamiento de la unidad de bombeo mecánico. El radiador corresponde a un 77% de fallas en el sistema de enfriamiento.

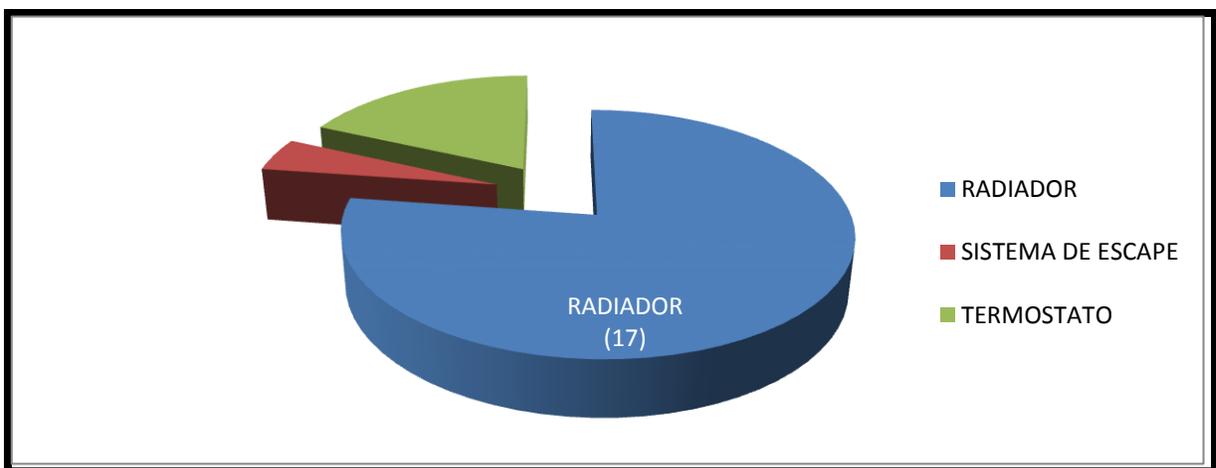


GRAFICO 7. Fallas en el Sistema Enfriamiento.

Como resultado de las estadísticas de fallas del mes de Julio del 2012 anteriormente mencionadas, se puede observar la constancia y frecuencia con la que fallan los motores de combustión interna de las unidades de bombeo mecánico tipo convencional, donde se muestra que la falla más recurrente es la toma de fuerza (imagen 13) la cual está constituida de la siguiente manera (tabla 12):

	COMPONENTES DE LA TOMA DE FUERZA.
1	CREMALLERA
2	BALERO PILOTO
3	TUERCA HEXAGONAL FLECHA PRINCIPAL
4	SEGURO FLECHA PRINCIPAL
5	CHAVETAS GRANDES
6	PASTA DE 72 DIENTES
7	LEVAS
8	PERNOS GRANDES
9	PERNOS CHICOS
10	ESLABONES
11	CHAVETAS CHICAS
12	CANDELERO
13	COLLARIN
14	TUERCA AJUSTE BALEROS
15	TAZA BALERO
16	CONO BALERO
17	FLECHA PRINCIPAL
18	CUÑA PARA PLATO FIJO
19	MANGUERA SISTEMA DE LUBRICACION
20	CONECTORES TERMINALES
21	GRASERA RECTA PARA COLLARIN
22	GRAPAS PARA MANGUERA
23	GRASERA RECTA PARA BALEROS
24	CAMPANA
25	CONECTOR 90
26	KIT DE CLUTCH COMPLETO

TABLA 12. Componentes de la toma de fuerza.



IMAGEN 13. Toma de fuerza de la unidad de bombeo mecánico.

Por tal motivo la importancia de realizar este trabajo con la finalidad de disminuir y/o evitar estas fallas, así mismo incrementar la producción y disminuir los costos para el beneficio de la empresa mediante la programación y realización adecuada de los mantenimientos.

En resumen las fallas en los motores más significativas se muestran en la siguiente tabla 13, donde se observa que abarcan 293 fallas, correspondientes a un 51.85% con referencia a un total de 565 fallas por mes.

FALLA	TOTAL	PORCENTAJE
TOMA DE FUERZA	70	12.38%
ALTERNADOR	65	11.50%
BANDAS DE TRANSMISION	62	10.97%
TABLERO DE ENCENDIDO	34	6.01%
MARCHA	32	5.66%
RADIADOR	17	3%
BOMBA DE AGUA	13	2.3%
TOTAL GENERAL	293	51.85%

TABLA 13. Resumen de fallas en el motor.

3.3. COSTOS DE FALLAS Y MANTENIMIENTOS.

En el tema anterior se mostraron las fallas más recurrentes en los motores de combustión interna, las cuales están encabezadas por tomas de fuerza, bandas de transmisión, alternador y radiador, se darán a conocer los costos de cada pieza dañada que requiere sustitución ó reparación, de igual forma el costo que se tiene al realizar cada mantenimiento para comparar el costo que generan por mes estas fallas contra el costo de hacer un buen mantenimiento.

En la siguiente tabla 14, se muestra el costo por la reconstrucción de un motor dañado y la instalación de un motor nuevo. Esto en el caso de que en la unidad el motor presente problemas mayores donde se requiera el cambio total del motor.

Servicio General a Motores de Combustión Interna	PRECIO UNITARIO MN
RECONSTRUCCION Y AJUSTE GENERAL AL MOTOR (MONOBLOCK Y SUS PARTES DINÁMICAS INTERNAS) DE COMBUSTION INTERNA A GAS ARROW MODELO VRG300 USO INDUSTRIAL, ESTACIONARIO.	\$ 40,545.00
RECONSTRUCCION Y AJUSTE GENERAL AL MOTOR (MONOBLOCK Y SUS PARTES DINÁMICAS INTERNAS) DE COMBUSTION INTERNA A GAS MARCA FORD MODELO 300 4.3 LITROS USO INDUSTRIAL, ESTACIONARIO.	\$ 39,228.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MOTOR NUEVO DE COMBUSTIÓN INTERNA A GAS, ARROW MODELO VRG300. USO INDUSTRIAL, ESTACIONARIO.	\$146,458.56
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MOTOR NUEVO DE COMBUSTIÓN INTERNA A GAS, MARCA FORD MODELO 300 4.9 LITROS. USO INDUSTRIAL, ESTACIONARIO.	\$134,436.00

TABLA 14. Costos de los motores de combustión interna.

3.3.1. COSTOS DE SERVICIOS CORRECTIVOS Y PREVENTIVOS.

Los costos de los servicios correctivos y preventivos para los motores de combustión interna marca Arrow modelo VRG 330 que es el que utilizan las unidades de bombeo mecánico tipo convencional, las piezas y costos que se muestran en la tabla 15, son las más representativas, tanto en costo como en la constancia en la que fallan. Como se puede observar la toma de fuerza es una de las piezas con mayor costo por su sustitución con un precio de \$31,069.60 y por reparación un costo de \$20,410.40.

Las tomas de fuerza presentaron 70 fallas correspondientes al mes de Enero, una de las fallas más frecuentes en el motor de la unidad, esto tomando en cuenta su reparación ya que son poco los casos en que requiere el cambio total de la toma de fuerza. Esto nos genera un gasto mensual por reparación de \$1, 428,728.

Es el mayor gasto en cuestión de servicios correctivos que presentan los motores de combustión interna de las unidades de bombeo mecánico y las cuales pueden disminuir con un adecuado y constante mantenimiento al motor.

Los mantenimientos que se pueden dar a los motores de las unidades de bombeo mecánico tipo convencional aparte del servicio general al motor de combustión interna tipo ARROW el cual se describe en el siguiente tema, son:

- Mantenimiento preventivo semanal.
- Mantenimiento preventivo mensual.
- Mantenimiento preventivo trimestral.
- Mantenimiento preventivo semestral.
- Mantenimiento preventivo anual.

Servicio correctivo a equipo de bombeo mecánico tipo convencional con motor de combustión interna Marca Arrow modelo VRG 330	PRECIO UNITARIO MN
REPARACIÓN DE CABEZA DE MOTOR	\$21,793.78
REPARACIÓN DE ALTERNADOR	\$4,206.54
REPARACIÓN DE MOTOR DE ARRANQUE	\$3,398.20
SUSTITUCIÓN DE MAGNETO, INCLUYE ARNÉS.	\$7,485.84
REPARACIÓN TOMA DE FUERZA.	\$20,410.40
SUSTITUCIÓN DE BANDAS DISTRIBUCIÓN.	\$3,495.76
SUSTITUCIÓN DE BANDA DE TRASMISIÓN.	\$3,683.28
SUSTITUCIÓN DE CABEZA DE MOTOR.	\$31,315.76
SUSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBA DE AGUA.	\$7,000.76
SUSTITUCIÓN DE BOMBA DE ACEITE.	\$8,022.33
SUSTITUCIÓN DE ALTERNADOR.	\$6,175.82
SUSTITUCIÓN DE POLEAS TENSORAS.	\$4,369.11
SUSTITUCIÓN DE MOTOR DE ARRANQUE	\$4,369.11
SUSTITUCIÓN DE ACUMULADOR.	\$2,427.28
SUSTITUCIÓN SISTEMA DE ESCAPE	\$2,718.61
SUSTITUCIÓN DE BOBINAS Y ARNÉS DE ENCENDIDO	\$3,605.55
SUSTITUCIÓN DE TERMOSTATO.	\$1,835.03
SUSTITUCIÓN DE RADIADOR	\$12,339.16
SUSTITUCIÓN DE MANGUERA DE RADIADOR INCLUYE CONECTOR Y GUARDA	\$2,585.11
SUSTITUCIÓN DE VENTILADOR	\$3,867.68
SUSTITUCIÓN DE TACÓMETRO.	\$4,192.07
SUSTITUCIÓN DE GOBERNADOR.	\$15,197.25
SUSTITUCIÓN DE INTERRUPTOR DE MARCHA.	\$2,083.56
SUSTITUCIÓN DE CABLE COLGADOR.	\$14,563.95
SUSTITUCIÓN DE RODAMIENTOS DEL BRAZO PITMAN, CHUMACERA CENTRAL Y CHUMACERA IGUALADORA.	\$79,356.27
SUSTITUCIÓN DE TOMA DE FUERZA.	\$31,069.60

TABLA 15. Costos de los servicios correctivos del motor de combustión interna.

A continuación se muestra en la tabla 16, el costo por realizar un servicio general a los motores de combustión interna.

Servicio General a Motores de Combustión Interna	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO (M.N.)	PRECIO UNITARIO CON LETRA (M.N.)
SERVICIO GENERAL AL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA, MARCA ARROW MODELO VRG330.	Servicio	\$56,892.38	Cincuenta y seis mil ochocientos noventa y dos pesos 38/100 M.N.

TABLA 16. Costos de los servicios preventivos del motor de combustión interna.

En base a la estadística de fallas que se mencionó con anterioridad y a los costos de cada pieza, se muestran los costos mas relevantes de fallas en el mes de Julio 2012 haciendo mención de las fallas y con un costo más representativo se muestran en la siguiente tabla 17:

FALLA EN MOTOR	CANTIDAD TOTAL	COSTOS POR PIEZA	COSTO TOTAL
BANDAS DE DISTRIBUCION	10	\$3,495.76	\$34,957.6
BOBINA	1	\$3,605.55	\$3,605.55
BOMBA DE AGUA	13	\$7,000.76	\$91,009.88
CUERPO DE ACELERACION	2	\$2183.37	\$4366.74
DISTRIBUIDOR	6	\$3799.06	\$22,794.36
POLEA DE DISTRIBUCION	1	\$5506.60	\$5506.60
TOMA DE FUERZA	70	\$20,410.40	\$1,428,728
VENTILADOR	0	\$3,867.68	\$0
SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO			
RADIADOR	17	\$12,339.16	\$209,765.72
SISTEMA DE ESCAPE	1	\$2,718.61	\$2,718.61
TERMOSTATO	4	\$1,835.03	\$7340.12
SISTEMA ELECTRICO			
ALTERNADOR	65	\$6,175.82	\$401428.3
BOBINA Y ARNES DE ENCENDIDO	1	\$3,605.55	\$3,605.55
MOTOR DE ARRANQUE (MARCHA)	32	\$4,369.11	\$139811.52
TABLERO DE ENCENDIDO	34	\$6,800.35	\$231211.9
SISTEMA DE TRANSMISION			
BANDAS DE TRANSMISION	62	\$3,683.28	\$228,363.36
POLEA DE TRANSMISION	2	\$4,369.11	\$8,738.22
TOTAL	321	\$75,354.80	\$2,823,952.03

TABLA 17. Costos de las fallas generadas en el mes de Julio 2012.

En el ANEXO 4 se muestra de forma más detallada en una tabla las cantidades de piezas y los costos generados en todo el año 2012.

Se realiza un comparativo de los gastos generados por servicios correctivos realizados en el mes de Julio 2012 sin realizar mantenimientos y mes de Julio 2013 implementando la realización de mantenimientos, como se muestran en la siguiente tabla 18. En el mes de Julio 2012 se generó un gasto total de **\$2,823,952.03** y el mes de Julio 2013 genero un gasto de **\$1,359,666.26**. Donde se puede notar que hubo una disminución de costos de **\$1, 464,285.77** con la implementación de mantenimientos en el mes de Julio 2013.

AÑO	JULIO 2012	JULIO 2012	JULIO 2013	JULIO 2013
Servicio correctivo a equipo de bombeo mecánico tipo convencional	CANTIDAD	COSTOS	CANTIDAD	COSTOS
Reparación de alternador	2	\$7,934.10	0	\$0.00
Reparación de motor de arranque	2	\$8,011.88	0	\$0.00
Reparación toma de fuerza.	70	\$1,428,728.00	32	\$653,132.80
Sustitución de bandas distribución.	10	\$34,957.60	6	\$20,974.56
Sustitución de banda de transmisión.	62	\$228,363.36	40	\$147,331.20
Sustitución de cabeza de motor, nuevo.	0	\$0.00	0	\$0.00
Sustitución del sistema de bomba de agua	13	\$91,009.88	8	\$56,006.08
Sustitución de bomba de aceite	0	\$0.00	0	\$0.00
Sustitución de alternador	65	\$401,428.30	28	\$172,922.96
Sustitución de poleas tensoras	2	\$8,738.22	0	\$0.00
Sustitución de motor de arranque	32	\$139,811.52	20	\$67,964.00
Sustitución de acumulador	0	\$0.00	0	\$0.00
Sustitución sistema de escape	0	\$0.00	2	\$6,989.14
Sustitución de bobinas y arnés de encendido	1	\$3,605.55	0	\$0.00
Sustitución de distribuidor	6	\$22,794.36	2	\$4,854.56
Sustitución de termostato	4	\$7,340.12	0	\$0.00
Sustitución de radiador	17	\$209,765.72	10	\$100,284.31
Sustitución tablero de encendido	34	\$231,211.90	19	\$129,206.65
TOTAL	320	\$2,823,952.03	167	\$1,359,666.26

TABLA 18. Comparativo de costos servicios preventivos mes Julio 2012-2013.

Esta disminución de servicios correctivos y costos, fue resultado de la realización de mantenimientos preventivos semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales, como se muestra en la siguiente tabla 19. Se observa el comparativo de las cantidades de cada uno de los servicios que se realizó en el mes de Julio 2012-2013 así como el costo generado.

Servicio preventivo a equipo de bombeo mecánico	JULIO 2012	COSTO 2012	JULIO 2013	COSTO POR SERVICIO 2014	COSTO TOTAL
Servicio Preventivo semanal	0	0	64	2299.03	\$147,137.92
Servicio Preventivo mensual	0	0	102	11,120.77	\$1,134,318.54
Servicio Preventivo trimestral	0	0	121	14,541	\$1,759,461.00
Servicio Preventivo semestral	0	0	20	25,273.18	\$505,463.60
Servicio Preventivo anual	0	0	95	51,956.73	\$4,935,889.35
TOTAL DE SERVICIOS	0	0	402	105190.71	\$8,482,270.41

TABLA 19. Comparativo de servicios preventivos en el mes Julio 2012 y 2013.

A continuación se observa la cantidad de cada uno de los mantenimientos que se realizó en cada mes del segundo semestre del año 2013. Como se muestra en la siguiente tabla 20, la cantidad total de servicios preventivos en el semestre fue de 5075 servicios realizados.

Servicio preventivo a equipo de bombeo mecánico tipo convencional 2013	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
Servicio Preventivo semanal	64	2	157	251	387	279	1140
Servicio Preventivo mensual	102	346	316	271	226	231	1492
Servicio Preventivo trimestral	121	42	118	72	95	54	502
Servicio Preventivo semestral	20	48	22	74	26	31	221
Servicio Preventivo anual	95	1	1	34	20	28	179
TOTAL	402	439	614	702	754	623	3534

TABLA 20. Servicios preventivos en el 2° semestre del 2013.

3.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los tiempos muertos por paradas, aumentar la vida útil de los equipos, disminuir costos de reparación, detectar puntos débiles en la instalación, entre una larga lista de ventajas.

El mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo, este tipo de mantenimiento nos ayuda en reducir los tiempos que pueden generarse por mantenimiento correctivo.

La atención a los motores de combustión interna de las unidades de bombeo mecánico comenzara con la programación y realización de inspecciones diarias dando prioridad de acuerdo a los sectores con fallas más recurrentes así como con mayor cantidad de unidades y mayor producción.

Continuando con la atención a los motores, después de realizar la inspección diaria, continúa la serie de mantenimientos programados, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual. En el ANEXO 5 se muestran los programas de mantenimiento que se llevaran a cabo para la atención de los motores y en ANEXO 6 se muestra un ejemplo de cómo llevar la estadística de mantenimiento a las unidades.

La inspección diaria.

El equipo del yacimiento de petróleo es muy confiable y puede funcionar por años entre los problemas serios no obstante, la inspección diaria puede ampliar la vida de la unidad localizando problemas antes de que haya ocurrido el daño. Al hacer cualquier inspección, el ingeniero debe escuchar cuidadosamente con el volumen de la radio del vehículo dado vuelta totalmente abajo porque los sonidos que las marcas de una unidad de bombeo pueden hablar mucho de su condición. La inspección debe también incluir una comprobación para escapes del aceite lubricante, así como mirar en la tierra para observar los posibles objetos flojos ó sueltos, tales como pernos, las tuercas, y las arandelas.

3.4.1. SERVICIO GENERAL A MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Servicio General al Motor de Combustión Interna, Marca Arrow modelo VRG330, Marca GM Vortec Modelo 6 Cilindro.

Transporte viaje redondo a los talleres de EL PROVEEDOR, desarmado y armado de motor, rectificado y cambio de resortes guías y válvulas de admisión y escape de cabezotes, rectificado de monoblock y cambio de camisas del monoblock, rectificado de cigüeñal y cambio de metales en estándar, cambio de bujes y metales de biela.

Incluye sustitución de motor durante el período que dure el mantenimiento.

3.4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.

- Inspección bandas de transmisión de: bomba de agua, alternador y ventilador.
- Inspección de alternador, marcha y módulo de ignición, circuitos de protecciones.
- Revisión y limpieza exterior del radiador rellenar con refrigerante.
- Cambio de filtro de aire.
- Revisión del sistema ignición: limpieza de bujías, arnés y magneto, limpieza de los circuitos de protección e indicadores de presión y temperaturas del panel de instrumentos.
- Sistema de lubricación agregar aceite según sea requerido, inspección de la válvula reguladora de presión de aceite, limpieza del respirador del cárter, engrase de poleas, baleros, distribuidor y toma de fuerza.
- Lavado general de la unidad con líquido biodegradable, limpieza del área de trabajo.

3.4.3. SERVICIO PREVENTIVO A EQUIPO DE BOMBEO MECÁNICO TIPO CONVENCIONAL.

SERVICIO PREVENTIVO SEMANAL.

Revisión de niveles consiste en examinar las condiciones de operación:

Motor Combustión Interna: Marca Arrow modelo VRG330, Marca GM Modelo Vortec 6 Cilindros: Inspección del nivel de aceite y de refrigerante, examine el sistema de gas combustible, registro e información del motor: Horas de operación, velocidad (RPM), presión de aceite, temperatura del refrigerante, temperatura del aceite, presión de gas combustible, revisión de ruidos extraños, vibración, inspección de fugas de: aceite, refrigerante y gas, incluye el relleno de nivel de aceite y refrigerante. En el ANEXO 7, se muestra el formato de llenado para realizar el mantenimiento.

SERVICIO PREVENTIVO MENSUAL

Motor Combustión Interna: Marca Arrow modelo VRG330, Marca GM Modelo Vortec 6 Cilindros : Inspección bandas de distribución de: bomba de agua, alternador y ventilador, revisión y limpieza exterior del radiador rellenar con refrigerante, cambio de filtro de aire, revisión del sistema ignición: limpieza de bujías, arnés y magneto, limpieza de los contactos de circuitos de protección e indicadores de presión y temperaturas del panel de instrumentos, sistema de lubricación agregar aceite según sea requerido, inspección de la válvula reguladora de presión de aceite, limpieza del respirador del Carter, engrase de poleas, baleros, distribuidor y toma de fuerza. Lavado general de la unidad con líquido biodegradable, limpieza del área de trabajo.

En el ANEXO 8, se muestra el formato de llenado para realizar el mantenimiento.

SERVICIO PREVENTIVO TRIMESTRAL.

Motor Combustión Interna Marca Arrow modelo VRG330, Marca GM Modelo Vortec 6 Cilindros: Inspección bandas de distribución de: bomba de agua, alternador y ventilador; revisión y limpieza exterior del radiador rellenar con refrigerante, cambio de filtro de aire. Revisión del sistema de ignición: limpieza de bujías, de arnés,

bobinas, ajuste del punto de ignición, limpieza de los circuitos de protección e indicadores de presión y temperaturas del panel de instrumentos, sistema de lubricación: cambio de aceite y filtros, inspección de la válvula reguladora de presión de aceite, limpieza del respirador del Carter, engrase de poleas, baleros, distribuidor y toma de fuerza. Lavado general de la unidad con líquido biodegradable, limpieza del área de trabajo.

En el ANEXO 9, se muestra el formato de llenado para realizar el mantenimiento.

SERVICIO PREVENTIVO SEMESTRAL.

Motor Combustión Interna: Marca Arrow modelo VRG330, Marca GM Modelo Vortec 6 Cil.- Cambio de bandas de distribución a bomba de agua, alternador y ventilador. Revisión y limpieza exterior del radiador, drenar y limpiar el sistema de refrigeración y agregar refrigerante nuevo, cambio de filtro de aire. Revisión del sistema de ignición: cambio de bujías, cambio de cables para bujías, limpieza de arnés, bobinas, ajuste del punto de ignición, limpieza de los circuitos de protección, calibración de indicadores de presión y temperaturas del panel de instrumentos, sistema de lubricación cambio de aceite y filtro, inspección de la válvula reguladora de presión de aceite, limpieza del respirador del Carter, engrase de poleas, baleros, distribuidor y toma de fuerza. Lavado general de la unidad con líquido biodegradable. Limpieza del área de trabajo.

En el ANEXO 10, se muestra el formato de llenado para realizar el mantenimiento.

SERVICIO PREVENTIVO ANUAL.

Motor Combustión Interna: Marca Arrow modelo VRG330, Marca GM Vortec Modelo 6 Cilindros - Mantenimiento general al alternador, cambio de distribuidor (únicamente motor vortec 6 cilindros), cambio de juntas y diafragma del cuerpo de aceleración, cambio de arnés, ajuste del claro de punterías de válvulas, mantenimiento al ventilador del sistema de enfriamiento y cambio del regulador de gas natural, realizar prueba de compresión, cambio de acumulador.

En el ANEXO 11, se muestra el formato de llenado para realizar el mantenimiento.

3.4.4. SERVICIO CORRECTIVO A EQUIPO DE BOMBEO MECÁNICO TIPO CONVENCIONAL.

Las unidades de bombeo mecánico, deberán operar las 24 horas del día, por lo cual se estima un tiempo para su realización y cumplimiento no mayor a 08 horas para servicios correctivos.

El mantenimiento correctivo consistirá en: Reparar una falla ò anomalía que se suscite en la operación de las unidades de bombeo mecánico dentro de fechas intermedias de los mantenimientos preventivos, requiriéndose de una respuesta inmediata para la solución del problema, esto incluye el refaccionamiento y la mano de obra requerida.

Servicio Correctivo.

A continuación se muestran las piezas y los cambios que se incluyen en cada una de ellas para realizar un adecuado mantenimiento correctivo:

- Reparación de cabeza de motor:

Incluye rectificado y cambio de resortes, asientos, guías y válvulas de admisión y escape de cabezotes.

- Reparación de alternador:

Cambio de baleros, diodos, carbones, bujes ò cualquier componente para dejarlo en condiciones de trabajo.

- Reparación de motor de arranque:

Incluye rectificado y carribio de resortes, asientos, guías, válvulas de admisión, escape de cabezotes, y piezas dañadas Sustitución de magneto, incluye arnés.

- Reparación toma de fuerza.
- Sustitución de bandas distribución:

Incluye sustitución de bandas dañadas por bandas de distribución nuevas y ajuste de las bandas.

- Sustitución de banda de trasmisión.

- Sustitución de cabeza de motor, nuevo completo:

Incluye mano de obra y refacción original de cabeza de motor de combustión interna marca Arrow modelo VRG 330 nuevo completo.

- Sustitución del sistema de bomba de agua:

Incluye mano de obra y refacción, bomba de agua, impulsor, polea, flecha y sello, nuevo completo. Nuevo completo, incluye impulsor, polea, flecha y sello.

- Sustitución de bomba de aceite:

Incluye mano de obra y refaccionamiento, bomba de aceite nueva completa.

- Sustitución de alternador:

Incluye reparación de alternador, cambio de carbones ò cualquier componente para dejarlo en condiciones de trabajo.

- Sustitución de poleas tensoras.

- Sustitución de motor de arranque:

Incluye cambio de carbones, bujes y baleros ò cualquier componente para dejarlo en condiciones de trabajo.

- Sustitución de acumulador.

- Sustitución sistema de escape:

Incluye mano de obra y refaccionamiento; tubo de escape, silenciador, soporte, múltiple de escape, empaque, todo nuevo completo. Incluye: tubo de escape, silenciador, soporte, múltiple de escape y empaque.

- Sustitución de bobinas y arnés de encendido.

- Sustitución de distribuidor.

- Sustitución de termostato:

Incluye mano de obra y refaccionamiento, manguera y sellos todo nuevo completo.

- Sustitución de radiador.
- Sustitución de Manguera de radiador incluye conector y guarda.
- Sustitución de ventilador.
- Sustitución de tacómetro.
- Sustitución de gobernador.
- Sustitución de interruptor de marcha.
- Sustitución de cable colgador.
- Sustitución de rodamientos del brazo pitman, chumacera central y chumacera igualadora.
- Sustitución de toma de fuerza nueva.

Incluye reparación de toma de fuerza, balero piloto, pastas, flecha, balero de carga, collarín y cualquier componente para dejarlo en condiciones de trabajo.

3.4.5. COMANDOS OPERATIVOS:

Actualmente, el Activo cuenta con 3,382 pozos, de los cuales 1,700 son productores. Aproximadamente el 60% de los pozos productores en operación, cuentan con algún tipo de sistema artificial de producción, por lo que es de suma importancia asegurar su continuidad operativa.

Para garantizar la productividad de cada pozo asistido con sistema artificial de producción (SAP), se ha organizado una unidad especializada denominada “Comandos Operativos” quienes con oportunidad brindan servicios en sitio a los sistemas artificiales de producción. Los “Comandos Operativos”, están enfocados principalmente a realizar actividades de mantenimiento preventivo a los SAP ’s, pero cuando el “Centro de Monitoreo” detecta alguna falla en algún sistema, canaliza el reporte y el Comando operativo más cercano brinda su atención inmediatamente.

Gracias al equipamiento con que cuentan se puede atender, en cuestión de horas, la

mayoría de las fallas mecánicas, que detienen la operación de los sistemas artificiales.

3.4.6. PERSONAL CAPACITADO PARA LOS MANTENIMEINTOS PREVENTIVOS.

Para que un departamento de mantenimiento de motores funcione con eficiencia se debe contar con el personal calificado y especializado.

Se realizara capacitación de inducción al personal sobre los equipos que se van a manejar, en este caso motores de combustión interna. Se les debe proporcionar los manuales ó procedimientos ya elaborados de mantenimiento de motores. y de todo sobre lo que se va a trabajar.

Deben contar con la capacitación necesaria para control de pozos en eventos urgentes (fugas, incendios, descontroles, accidentes personales, etc.).

También se le debe de informar que productos maneja la empresa, así como sus recomendaciones de seguridad.

Se debe proporcionar herramientas de buena calidad y elaborarle un resguardo definitivo en donde se detalle toda la herramienta que se le proporciona dándole una copia al trabajador y otra copia se archiva, ya sea en el almacén ò en el taller eléctrico.

CARACTERÍSTICAS DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PERSONAL PROFESIONAL.

Ingeniero Mecánico Electricista, titulado, con experiencia de campo en el ramo de mantenimiento mecánico y eléctrico de equipo pesado.

MANDO MEDIO.

Deberá ser una persona con experiencia en mantenimiento a unidades de bombeo mecánico y operación de pozos petroleros.

OPERARIO ESPECIALISTA.

Tener Conocimientos de la herramienta que se utiliza en el mantenimiento de los motores de combustión interna de las unidades de bombeo mecánico.

Al final de la jornada de trabajo, cada uno de los encargados de cuadrilla, elabora un reporte de los trabajos realizados en los equipos (pozos en el caso de Bombeo Mecánico) que se les asignaron, a fin de informar que trabajos se llevaron a cabo al 100%, que porcentaje de avance se logró en otros, y cuál fue la causa por la cual no se terminaron; y que trabajos no se llevaron a cabo mencionando la causa del incumplimiento.

3.5. COSTO – BENEFICIO.

El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto.

El **análisis de costo-beneficio** es un término que se refiere tanto a:

- Una disciplina formal (técnica) a utilizarse para evaluar, o ayudar a evaluar, en el caso de un proyecto o propuesta, que en sí es un proceso conocido como evaluación de proyectos.
- Un planteamiento informal para tomar decisiones de algún tipo, por naturaleza inherente a toda acción humana.

El costo-beneficio está basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana. Se supone que todos los hechos y actos pueden evaluarse bajo esta lógica, aquellos donde los beneficios superan el costo son exitosos, caso contrario fracasan.

Con la finalidad de efectuar un análisis de costos de los mantenimientos para los motores de los sistemas artificiales de Bombeo Mecánico tipo convencional, se enlistan los servicios correctivos y preventivos con cada uno de los precios unitarios, necesarios para la operación adecuada de los motores de combustión interna de la Unidad de Bombeo Mecánico.

Como referencia se tomara la Unidad de Bombeo Mecánico marca Lufkin tipo Convencional tiene un precio unitario de: \$1'500,000.00.

El censo de las unidades que pertenecen a los 8 sectores del Activo Integral Aceite Terciario del Golfo con un total de 1409 unidades aportando aproximadamente 30,000 barriles diarios de producción neta, de las cuales 909 unidades son bombeo mecánico tipo convencional que aporta un aproximado de 14,000 barriles diarios de producción neta.

Considerando la cotización del dólar actualmente es de 12.96 pesos mexicanos, y el barril de petróleo es de 100.06 dólares, por lo tanto el costo de un barril es aproximadamente de:

$$(100.06)(12.96) = 1,296.77$$

1 Barril = 1,296.77 Pesos Mexicanos

La producción neta que aportan las 1409 unidades que conforman al Activo Integral Aceite Terciario del Golfo, tiene un costo diario aproximado de:

$$(1,296.77)(30,000) = \mathbf{\$38, 903,100.}$$

(Precio del Barril) (Producción Neta).

Basándonos en las Unidades de Bombeo Mecánico tipo Convencional a las cuales se les dio el mantenimiento preventivo, son un total de 909 unidades, tiene un costo diario aproximado de:

$$(1,296.77)(14,000) = \mathbf{\$18, 154,780.}$$

(Precio del Barril) (Producción Neta).

La cantidad de \$18, 154,780 diarios es los que nos genera las 909 unidades de bombeo mecánico operando instaladas en el Activo Integral de Poza Rica, Ver.

La cantidad de piezas y el costo generado para la realización de servicios correctivos de los motores de combustión interna en el segundo semestre del año 2012 , genero un costo de \$48,804,843 por 4,646 servicios realizados en el semestre y en el 2° semestre del año 2013 con la implementación de los mantenimientos los servicios

correctivos disminuyeron a 2234 con un gasto de \$17,593,303.56 por semestre, obteniendo así una ganancia económica de \$31,211,539.44, en un semestre y 2412 servicios correctivos prevenidos (unidades fuera de operación).

En el ANEXO 5, se muestra la tabla completa del año 2013 de los servicios correctivos realizados y el costo generado.

En la siguiente tabla 19 se muestra el comparativo de los costos y cantidades de servicios correctivos en el segundo semestre del 2012 y 2013.

COSTOS DE CORRECTIVOS 2012-2013				
MES	CANTIDAD DE SERVICIOS	COSTO TOTAL 2012	CANTIDAD DE SERVICIOS	COSTO TOTAL 2013
JULIO	565	\$6,056,980.00	463	\$3,768,465.00
AGOSTO	751	\$7,988,943.00	308	\$2,960,427.71
SEPTIEMBRE	836	\$9,153,210.00	288	\$1,831,777.45
OCTUBRE	823	\$8,527,304.00	437	\$3,617,401.09
NOVIEMBRE	877	\$9,153,210.00	419	\$3,042,099.40
DICIEMBRE	794	\$7,925,196.00	319	\$2,373,132.91
TOTAL	4646	\$48,804,843.00	2234	\$17,593,303.56

TABLA 19. Costos de servicios correctivos Julio 2012 – Julio 2013.

En base a estos datos es que se realizaron los mantenimientos a los motores de las unidades de bombeo mecánico del segundo semestre del año 2013 obteniendo así 3534 servicios preventivos con un costo de \$33, 838,343.39.

PREVENTIVOS 2° SEMESTRE 2013		
MES	CANTIDAD DE SERVICIOS	COSTO TOTAL
JULIO	402	\$5,000,660.03
AGOSTO	439	\$5,297,660.05
SEPTIEMBRE	614	\$5,420,317.02
OCTUBRE	702	\$6,045,220.46
NOVIEMBRE	754	\$6,344,820.21
DICIEMBRE	623	\$5,729,665.62
TOTAL	3534	\$33,838,343.39

TABLA 20. Costos de servicios preventivos 2° semestre 2013.

El costo – beneficio obtenido por la realización de los mantenimientos preventivos a los motores de las unidades de bombeo mecánico en el segundo semestre del año 2013, son los siguientes:

- En el 2° semestre del año 2012 se realizaron 4646 servicios correctivos con un costo total de \$48, 804,843, lo que equivale a una pérdida de producción de 71,555. barriles que corresponden a una pérdida económica de \$92, 791,097.7.
- Para el 2° semestre del año 2013 con la implementación de los mantenimientos , se obtuvo el siguiente resultado:

Se evitaron 2412 servicios correctivos, esto quiere decir que en un lapso de 6 meses esas 2412 unidades operaron continuamente sin presentar falla alguna obteniendo así 37,148 barriles de producción diaria, lo que equivale a una ganancia por día de \$48, 173,079.60.

La inversión que se tuvo fue de \$33, 838,343.39 por la realización de mantenimientos a 3534 equipos en el periodo de seis meses de JULIO –DICIEMBRE 2013.

A continuación en la tabla 21, se muestra la pérdida (correctivo-producción) que hubo en el semestre del 2012 sin mantenimientos fue de \$141,595,940.70, para el semestre del año 2013 con la implementación de los mantenimientos con un costo total por semestre de **\$33,838,343.39** , la pérdida disminuyó a **\$62,211,321.66** diarios y se obtuvo una ganancia en ese semestre de **\$28,372,978.27**.

Comparando el semestre del 2012 y el semestre 2013, se observa una ganancia neta de **\$45, 546,275.65**.

COSTO – BENEFICIO 2012-2013			
ACTIVIDAD	SEMESTRE 2012	SEMESTRE 2013	BENEFICIO / AHORRO
CORRECTIVO (UNIDADES)	4646	2234	2412
CORRECTIVO (COSTO)	\$48,804,843.00	\$17,593,303.56	\$31,211,539.44
PERDIDA (PRODUCCION)	71,555	34,407	37,148
COSTO (PRODUCCION)	\$92,791,097.7	\$44,618,018.1	\$48,173,079.60
INVERSION (MANTENIMIENTO)	0	\$33,838,343.39	-\$33,838,343.39
PERDIDA TOTAL	\$141,595,940.70	\$62,211,321.66	\$79,384,619.04
GANANCIA TOTAL	0	\$28,372,978.27	\$45,546,275.65

TABLA 21. Resultado Costo – Beneficio 2012-2013.

CONCLUSION.

La implementación de mantenimientos preventivos en la realización de este trabajo se ha convertido en una alternativa significativa para el incremento de la producción, debido a las fallas presentadas en los sectores ubicados en el Activo Integral Aceite terciario del Golfo en Poza Rica, Ver.

Considerando que los paros de los motores de las Unidades De Bombeo Mecánico en los pozos petroleros representan una pérdida de producción diaria de 71,555.5 barriles, equivalente a un costo de \$92,791,097.7, se aplicó el programa de realización de mantenimientos preventivos a los motores de combustión interna para el Activo Integral Aceite Terciario del Golfo, el cual evito la pérdida de 37,148 barriles diarios correspondientes a 2412 equipos, que generan una ganancia de \$48,173,079.60 por día.

Los resultados de la aplicación de los mantenimientos semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales a los motores de combustión interna de las Unidades de Bombeo Mecánico tipo Convencional demuestran notablemente la disminución de equipos fuera de operación así como la óptima y continua operación de los motores obteniendo así un aumento de producción diaria y una disminución de costos, que a corto y largo plazo beneficiara a la empresa.

BIBLIOGRAFIA.

- PEMEX.
Origen del Petróleo e Historia de la Perforación en México.
México D.F. 2009.
- Maldonado Jarquin, Noé; Mar Álvarez, Cesar Alejandro.
Análisis e Incertidumbre en la Instalación de Sistemas Artificiales.
México DF. UNAM. 2006.
- Gómez Cabrera, José Ángel.
Producción de pozos 1.
México, DF. UNAM, 1985.
- Waterford.
Unidad Rotaflex de bombeo de carrera larga.
2007.
- Márquez, Luis Enrique.
Métodos de Producción.
2007.
- PEMEX Exploración y Producción.
Identificación de Problemáticas en Pozos Operando del AIATG. Activo Integral Aceite Terciario del Golfo, Región Norte.
2010.
- Márquez, Luis Enrique.
Métodos de Producción.
2007.

- Maldonado Jarquin, Noé; Mar Álvarez, Cesar Alejandro.
Análisis e Incertidumbre en la Instalación de Sistemas Artificiales. México DF.
UNAM. 2006.
- Hernández Cortez Mario Arturo.
Operación de Bombeo Mecánico. Proyectos Elaboración de Manuales.
México 2000. Tomo I y II.
- Díaz Zertuche Héctor.
Operación de Bombeo Mecánico, Sistemas Artificiales. Facultad de Ingeniería
UNAM. México 1988.
- *Lufkin Industries Inc.*
Unidades de Bombeo Mecánico, Catalogo Lufkin.
Texas 1991.

ANEXOS.

ANEXO 2. FALLAS MENSUALES DEL SECTOR 6 TAJIN-COAPECHACA.

FALLA MENSUALES POR SECTOR (6) 2012.												
MODELO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
LUFKIN	19	1	17	5	15	7	12	10	5	6	7	5
VORDCAB	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
WTF	50	26	58	27	75	62	69	73	87	93	120	42
CORLIFT	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
MORLIFT	1	0	1	0	5	0	1	0	0	0	7	0
ICI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
LLS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VSH2	20	22	26	9	34	51	47	72	62	53	76	45
ROTAFLEX	2	0	3	0	0	2	0	0	1	2	0	0
TOTAL	92	49	105	41	129	122	130	157	155	154	212	95

ANEXO 3. FALLAS MENSUALES DEL AÑO 2012.

FALLA MENSUALES 2012.												
MODELO	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<i>LUFKIN</i>	101	30	32	28	62	56	60	81	87	71	84	54
<i>VORDCAB</i>	23	8	11	4	6	9	16	19	22	19	16	11
<i>WTF</i>	265	183	116	108	263	257	300	312	360	419	406	273
<i>CORLIFT</i>	25	10	4	11	22	14	37	25	34	23	21	10
<i>MORLIFT</i>	14	4	5	8	16	20	20	20	18	14	35	13
<i>ICI</i>	0	34	0	0	0	0	0	0	0	8	15	12
<i>LLS</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>VSH2</i>	87	173	61	54	206	212	244	308	303	253	281	206
<i>ROTAFLEX</i>	8	9	2	3	23	16	10	6	12	16	19	17
TOTAL	523	453	231	216	598	584	687	771	836	823	877	596

ANEXO 4. COSTOS DE SERVICIOS CORRECTIVOS AÑO 2012.

SERVICIO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	NOV.	TOTAL	TOTAL COSTOS
Reparación de cabeza de motor	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	4	\$59,484.76
Reparación de alternador	5	6	2	1	0	1	0	0	0	0	0	15	\$38,802.30
Reparación de motor de arranque	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	\$20,029.70
Sustitución de magneto,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	\$9,712.33
Reparación toma de fuerza.	114	59	66	45	41	33	14	31	81	70	52	606	\$10,840,206.78
Sustitución de bandas distribución.	30	7	22	15	19	12	9	11	9	18	14	166	\$676,275.70
Sustitución de banda de transmisión.	87	38	37	34	50	54	64	26	64	57	40	551	\$1,941,354.83
Sustitución de cabeza de motor, nuevo completo.	0	0	1	2	1	0	1	0	1	0	0	6	\$117,056.82
Sustitución del sistema de bomba de agua	27	18	14	30	21	20	15	14	20	29	14	222	\$662,312.58
Sustitución de bomba de aceite	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	\$14,907.18
Sustitución de alternador	50	17	13	28	24	19	16	14	20	42	19	262	\$862,210.56
Sustitución de poleas tensoras	3	5	4	0	2	8	9	1	2	17	6	57	\$224,746.44
Sustitución de motor de arranque	25	8	13	23	20	10	14	13	13	15	16	170	\$564,738.30
Sustitución de acumulador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	\$0.00
Sustitución sistema de escape	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	\$7,978.28

SERVICIO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	TOTAL	TOTAL COSTOS
Sustitución de bobinas y arnés de encendido	3	1	1	0	0	1	0	2	2	10	2	22	\$117,230.52
Sustitución de distribuidor	32	9	7	3	22	11	9	1	6	20	15	135	\$462,913.65
Sustitución de termostato	5	1	5	3	2	6	3	4	2	3	0	34	\$80,390.96
Sustitución de radiador	16	5	6	10	14	13	10	8	25	22	13	142	\$1,223,903.68
Sustitución de Manguera de radiador	8	2	1	13	7	6	5	7	3	14	6	72	\$213,801.84
Sustitución de ventilador	7	2	1	11	4	7	4	5	1	3	6	51	\$155,917.71
Sustitución de tacómetro	1	0	0	2	0	2	28	3	4	6	2	48	\$165,019.68
Sustitución de gobernador	10	1	2	8	4	0	0	4	2	5	6	42	\$484,464.12
Sustitución de interruptor de marcha	18	5	6	5	6	10	8	9	5	20	12	104	\$309,384.40
Sustitución de cable colgador	4	1	1	2	1	1	2	0	0	0	0	12	\$83,268.24
Sust. de rodamientos del brazo pitman, chumacera	0	0	5	1	0	1	0	0	2	0	1	10	\$241,588.60
Sustitución de toma de fuerza	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	\$72,253.83

ANEXO 5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A UNIDADES DE BOMBEO MECANICO (SECTOR TAJIN-COAPECHACA).

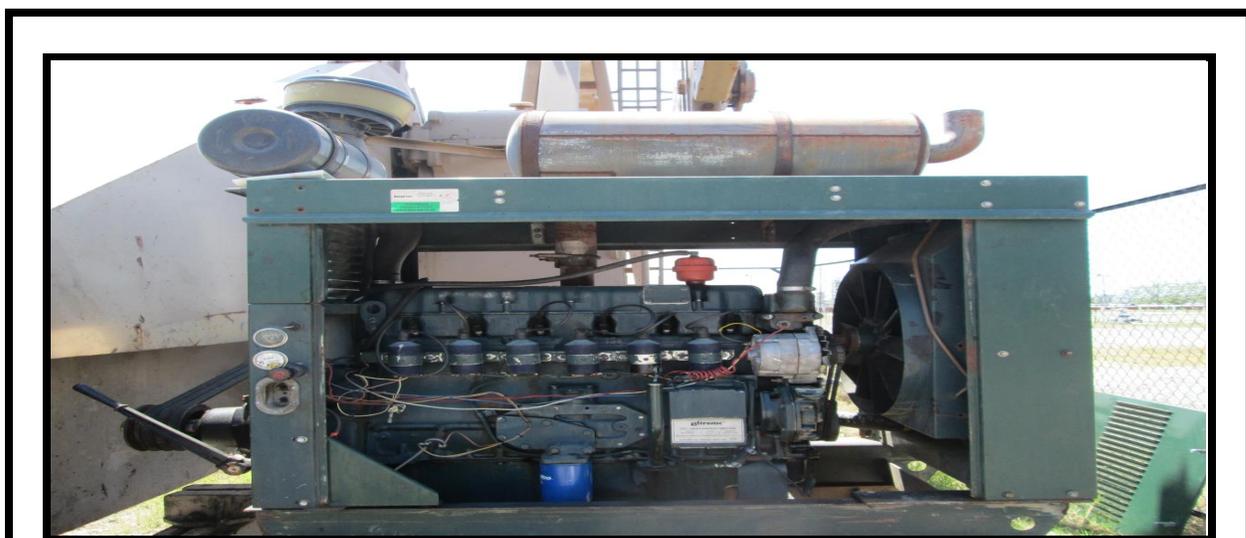
			PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A UNIDADES DE BOMBEO MECÁNICO SECTOR TAJIN - COAPECHACA											
			AÑO 2012 PRIMER SEMESTRE											
MES			JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE						
MACROPER A	POZO	MARCA	4	8	13	17	22	26						
TAJIN 387	TAJIN 385	LUFKIN												
TAJIN 367	TAJIN 365	WTF 640												
TAJIN 347	TAJIN 347	LUFKIN												
TAJIN 327	TAJIN 325	VSH2												
TAJIN 327	TAJIN 327													
			MENSUAL		SEMESTRAL									
			TRIMESTRAL		ANUAL									

ANEXO 6. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS.

PROGRAMACION DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS														
SISTEMA	ACT.	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
CONVEN CIONAL	P	495	386	576	622	469	517	586	620	670	736	756	777	7210
	R	476	374	541	554	450	484	568	576	625	625	3	0	5276
	%	96%	97 %	94%	89%	96%	94%	97%	93%	93%	85%	0%	0%	73%
HIDRONE UMATICA S (VSH2)	P	190	133	161	155	188	177	216	241	219	281	316	339	2616
	R	182	129	151	138	180	166	210	225	213	224	0	0	1818
	%	96%	97 %	94%	89%	96%	94%	97%	93%	97%	80%	0%	0%	69%
CORLIF / MORLIFT	P	108	117	166	168	226	179	209	213	194	215	109	54	1958
	R	106	116	164	168	222	170	206	213	177	215	106	54	1917
	%	98%	99 %	99%	100 %	98%	95%	99%	100%	91%	100%	97%	100 %	98%
TOTAL	P	793	636	903	945	883	873	1011	1074	1083	1232	1181	1170	11784
	R	764	619	856	860	852	820	984	1014	1015	1064	109	54	9011
	%	96%	97 %	95%	91%	96%	94%	97%	94%	94%	86%	9%	5%	76%

ANEXO 7. MANTENIMIENTO SEMANAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.

MANTENIMIENTO SEMANAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.							
FECHA	HORA	MANTTO.	SECTOR	POZO	MACROPERA	UNIDAD	MODELO
13/09/13	13:38 HRS	SEMANAL	6	COPAPECHACA 43	COAPECHACA 215	WEATHERFORD	C-456D-305-120



<u>MANTENIMIENTO SEMANAL</u>	SI	NO	CONDICION:	OBSERVACIONES:
REVISION :				SE ENCONTRO OPERANDO LA UNIDAD EN OPTIMAS CONDICIONES.
ACEITE	X			
REFRIGERANTE	X			
PRESION DE GAS	X			
HORAS DE OPERACIÓN	X		1200 HORAS	
VELOCIDAD (RPM)	X		1500 RPM	
TEMPERATURA DE ACEITE	X			
TEMPERATURA DE REFRIGERANTE	X			
RUIDOS EXTRAÑOS		X		
VIBRACION		X		
INSPECCION DE FUGAS				
GAS		X		
ACEITE		X		
REFRIGERANTE		X		
RELLENO:			CANTIDAD:	
ACEITE	X		2 LITROS	

ANEXO 8. MANTENIMIENTO MENSUAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.

MANTENIMIENTO MESUAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.							
FECHA	HORA	MANTTO.	SECTOR	POZO	MACROPERA	UNIDAD	MODELO
05/10/13	11:25 HRS	MENSUAL	6	COPAPECHACA 149	COAPECHACA 189	LUFKIN	C-456D-305- 120



<u>MANTENIMIENTO MENSUAL</u>	SI	NO	CONDICION:	OBSERVACIONES:
INSPECCION:				SE RESTABLECE OPERACIÓN COMPLETA DE LA UNIDAD, SE ENCONTRABA FUERA DE OPERACIÓN POR FALTA DE ACEITE.
BANDAS DE TRANSMISION	X			
ALTERNADOR	X			
VENTILADOR	X			
ALTERNADOR	X			
MARCHA	X			
MODULO DE IGNISION	X			
VALVULA REGULADORA DE PRESION DE ACEITE	X			
LIMPIEZA:				
RADIADOR	X			
BUJIAS	X			
ARNES	X			
INDICADORES DE PRESION	X			
RESPIRADOR DEL CARTER	X			
UNIDAD GRAL.	X			
ENGRASE:				
POLEAS	X			
BALEROS	X			
DISTRIBUIDOR	X			
TOMA DE FUERZA	X			
RELLENO:			CANTIDAD:	
ACEITE	X		10 LITROS	
REFRIGERANTE	X		3 LITROS	
CAMBIO:				
FILTRO DE AIRE	X			

ANEXO 9. MANTENIMIENTO TRIMESTRAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.

MANTENIMIENTO TRIMESTRAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.

FECHA	HORA	MANTTO.	SECTOR	POZO	MACROPERA	UNIDAD	MODELO
05/10/13	11:25 HRS	TRIMESTRAL	6	COPAPECHACA 149	COAPECHACA 189	LUFKIN	C-456D-305-120



MANTENIMIENTO TRIMESTRAL	SI	NO	CONDICION:	OBSERVACIONES:
INSPECCION:				
BANDAS DE DISTRIBUCION	X			
ALTERNADOR	X			
VENTILADOR	X			
ALTERNADOR	X			
BOMBA DE AGUA	X			
MODULO DE IGNISION	X			
VALVULA REGULADORA DE PRESION DE ACEITE	X			
LIMPIEZA:				
RADIADOR	X			
BUJIAS	X			
ARNES	X			
INDICADORES DE PRESION	X			
RESPIRADOR DEL CARTER	X			
UNIDAD GRAL.	X			
ENGRASE:				
POLEAS	X			
BALEROS	X			
DISTRIBUIDOR	X			
TOMA DE FUERZA	X			
RELLENO:			CANTIDAD:	
ACEITE	X		10 LITROS	
REFRIGERANTE	X		3 LITROS	
CAMBIO:				
FILTRO DE AIRE	X			

ANEXO 10. MANTENIMIENTO SEMESTRAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.

MANTENIMIENTO SEMESTRAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.

FECHA	HORA	MANTTO.	SECTOR	POZO	MACROPERA	UNIDAD	MODELO
13/09/13	13:38 HRS	SEMESTRAL	6	TAJIN 381	TAJIN 381	WEATHEERFORD	C-640D-305-144



<u>MANTENIMIENTO SEMESTRAL</u>	SI	NO	CONDICION:	OBSERVACIONES:
CAMBIO:				
BANDAS DE DISTRIBUCION	X			
ALTERNADOR	X			
VENTILADOR	X			
BUJIAS	X			
CABLES DE BUJIAS	X			
ACEITE	X			
FILTROS	X			
LIMPIEZA:				
RADIADOR	X			
ARNES	X			
INDICADORES DE PRESION	X			
RESPIRADOR DEL CARTER	X			
ENGRASE:				
POLEAS	X			
BALEROS	X			
DISTRIBUIDOR	X			
TOMA DE FUERZA	X			

ANEXO 11. MANTENIMIENTO ANUAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.

MANTENIMIENTO ANUAL AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA ARROW MODELO VRG330.

FECHA	HORA	MANTTO.	SECTOR	POZO	MACROPERA	UNIDAD	MODELO
25/11/13	10:08 HRS	ANUAL	6	COAPECHACA 439	ENCELADO 1	WEATHERFORD	C-320D-305-120



<u>MANTENIMIENTO ANUAL</u>	SI	NO	CONDICION:	OBSERVACIONES:
CAMBIO:				
MANTTO GRAL. AL ALTERNADOR	X			
JUNTAS	X			
DIAFRAGMA	X			
ARNES	X			
MANTTO. VENTILADOR	X			
REGULADOR DE GAS	X			
ACUMULADOR	X			

GLOSARIO

DEFINICIONES:

Anexo “S” (cuarta versión): Obligaciones de Seguridad, Salud en el trabajo y Protección Ambiental de los proveedores y/o contratistas que realizan actividades en instalaciones de Pemex Exploración y Producción.

Aparejo de bombeo mecánico: Comprende bomba, varillas de succión, varilla pulida, estopero, preventor y grampa.

Aparejo de producción: Es la tubería, equipo artificial, válvulas y accesorios utilizados dentro del pozo.

Bitácora electrónica: Instrumento técnico de control de los trabajos, el cual servirá como medio de comunicación convencional entre las partes y estará vigente durante el desarrollo de los trabajos y en el que deberán referirse los asuntos importantes que se desarrollan durante la ejecución de las obras.

Bombeo mecánico: Sistema artificial de producción, en el que la bomba de fondo localizada en ó cerca del fondo del pozo, se conecta a una sarta de varillas de succión para levantar los fluidos de éste a la superficie.

Carrera: Variante (máxima, intermedia y mínima) de la unidad de bombeo mecánico que permite el ajuste longitudinal para el desplazamiento de la bomba de inserción.

Conexiones superficiales de control: Comprenden niples, codos, válvulas de retención, tuerca unión, “T”, válvulas macho.

Grado API: Es una medida de la densidad de los productos líquidos del petróleo, derivada de la densidad relativa, de acuerdo con la siguiente ecuación: $^{\circ}\text{API} = (141.5 / \text{densidad relativa aceite}) - 131.5$.

Motor de combustión interna: Componente de la unidad de bombeo mecánico que proporciona la potencia (HP) para accionarla.

Orden de servicio: Es el documento escrito que expide el supervisor de Pemex Exploración y Producción al PROVEEDOR, para realizar un trabajo determinado, conteniendo las características generales de la operación por desarrollar, así como los conceptos a ejecutar.

PEP: Pemex Exploración y Producción.

Reductor: Equipo utilizado para reducir la velocidad a la que se transmite la potencia suministrada por el motor, para accionar la santa de bombeo.

Unidad de bombeo mecánico: Equipo superficial utilizado para la extracción artificial de hidrocarburos líquidos.

SIMBOLOGIA:

Abreviatura	Descripción
AIATG	Activo Integral Aceite Terciario del Golfo
API	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).
BLS	Barriles
MBPD	Millones de barriles por día.
BM	Bombeo mecánico
BN	Bombeo neumático
BPD	Barriles por día
WTF	Waterford
CI	Combustión Interna
Ø	Diámetro
DGN	Dirección General de Normas
EPM	Emboladas por minuto.
Ft	Pie.
GLP	Gas licuado del petróleo.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
ISO	International Organization for Standardization.
Lb	Libra.
lb/pulg ²	Libra por pulgada cuadrada.
mmpcsd	Millones de pies cúbicos estándar por día.
MN	Moneda Nacional.
NOM	Norma Oficial Mexicana.

PEP	Pemex Exploración y Producción.
Pdescarga	Presión de descarga.
pie ³ /día	Pie cúbico por día.
psi	Pound per square inch o libra por pulgada cuadrada.
PU	Precio unitario.
RGA	Relación gas – aceite.
SIPA	Seguridad Industrial, Protección Ambiental
TP	Tubería de producción.
TR	Tubería de revestimiento.
UBM, UBM(s)	Unidad(es) de bombeo mecánico (balancín o equivalentes).
USD	Dólares Americanos