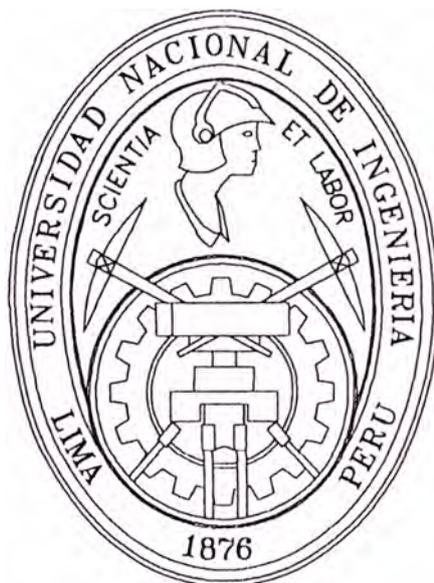


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**INFORME DE INGENIERIA PARA OPTAR EL TITULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO**

**“REPARACION GENERAL DE UNA UNIDAD COMPRESORA DE  
GAS NATURAL DE 2 500 000 PCPD, DE TRES ETAPAS PARA  
LA PLATAFORMA “YY” - TALARA**

**MANUEL FRANCISCO DIAZ DIAZ**

PROMOCION 77 II

LIMA - PERU  
2000

## INDICE

	Pag.
Prólogo.	1
Capítulo 1.	
Introducción.	6
Capítulo 2.	
Características técnicas del Equipo.	10
2.1 Características técnicas del Motor.	10
2.2 Características técnicas del Compresor.	11
2.3 Características técnicas del Radiador.	11
2.4 Características técnicas del Sistema de protección.	12
Capítulo 3	
Desarmado, inspección y reparación de componentes.	14
3.1 Desarmado, inspección y reparación de componentes del Motor.	14
3.1.1 Monoblock.	14
3.1.2 Cigüeñal.	20
3.1.3 Bielas.	22

3.1.4 Culatas.	22
3.1.5 Enfriador de aceite.	24
3.1.6 Cámaras de escape.	24
3.2 Desarmado, inspección y reparación de componentes del	
Compresor.	24
3.2.1 Block o armazón del compresor.	25
3.2.2 Cigüeñal.	25
3.2.3 Bielas.	26
3.2.4 Crucetas.	27
3.2.5 Cilindros.	28
3.3 Desarmado, inspección y reparación del Radiador.	28
3.3.1 Estructura.	28
3.3.2 Tinajas de enfriamiento.	29
3.3.3 Ventilador.	29
Capítulo 4.	
Armado de los Equipos.	30
4.1 Armado del Motor.	30
4.1.1 Ajuste de tapas de cojinetes principales.	30
4.1.2 Engranajes de sincronización.	32
4.1.3 Camisas de cilindros.	33
4.1.4 Regulación de varillas hidráulicas.	34
4.1.5 Ajuste del carburador y del regulador.	37
4.2 Armado del Compresor.	40

4.2.1	Instalación de los metales de bancada.	40
4.2.2	Ajuste del empuje del cigüeñal.	44
4.2.3	Ajuste de los patines de cruceta.	46
4.3	Armado del Radiador.	53
4.4	Ensamble del conjunto Compresor – Motor – Radiador.	53
4.4.1	Nivelación del Compresor.	53
4.4.2	Nivelación del Motor.	53
4.4.3	Alineamiento Motor – Compresor.	57
4.4.4	Alineamiento Motor – Radiador.	60
Capítulo 5.		
	Evaluación del costo de reparación.	61
Conclusiones.		
Bibliografía.		
Planos.		
Apéndice.		

## PROLOGO

Petro-Tech es una de las tres principales empresas productoras de petróleo en el Perú. Opera el lote Z2-B ubicado costa afuera en el Noroeste de Perú.

Petro-Tech inició sus operaciones en el Perú el 1ero. De enero de 1994 luego de firmar un contrato de servicios petroleros con el Estado Peruano para operar el lote Z-2B como consecuencia de resultar ganadora en el proceso de privatización de Petromar S.A. El lote Z-2B ubicado en el zócalo continental del noroeste del Perú, frente al departamento de Piura, tiene una extensión de alrededor de 400 000 hectáreas (aproximadamente 4 000 kilómetros cuadrados).

Este lote fue operado por la empresa estatal Petromar, la cual fue creada en diciembre de 1 985, al ser expropiada la empresa Belco Petroleum Corp. Del Perú, quien lo venía operando desde 1 960.

El lote Z-2B tiene más de 30 años de explotación continua desde el descubrimiento de sus campos más importantes. La actividad en esta área tiene que concentrarse en el desarrollo sostenido de las reservas existentes y el mantenimiento y la mejora progresiva de los niveles de producción. Asimismo, debemos realizar el esfuerzo posible en la búsqueda de nuevos campos aunque las posibilidades no sean muy altas en esta área.

Petro-Tech enfrenta esta realidad con la convicción de que la única forma de trabajar el área es mejorando los métodos de perforación y producción mediante el empleo eficiente de nueva tecnología, innovando procedimientos y buscando toda técnica que aumente la eficiencia al menor costo, constituyéndose así en una empresa innovadora, eficiente, altamente tecnificada y pionera de nueva tecnología para los campos del noroeste del Perú.

El área de ubicación de Petro-Tech, denominada lote Z-2B, está ubicada en zócalo continental del mar territorial del Perú, y está conformada por 400 000 hectáreas. Corresponde a la costa de las provincias de Talara, Paita y Piura del departamento de Piura, región Grau, en la zona Noroeste del Perú.

Por el norte colinda con el lote Z-1; por el este con los lotes en tierra: Lote Carpitás-Zorritos, Lotes V, X, VI, I, VII, III, Grau I y Grau II; por el sur con el lote Z-3; y, por el oeste con el Océano Pacífico.

Nuestra operación comprende las siguientes etapas:

Ubicación de prospectos,

Construcción y sentado de plataformas marinas,

Perforación de pozos,

Producción de petróleo y gas,

Recuperación secundaria por inyección de agua y gas,

Recolección y transporte del crudo producido, y

Almacenamiento de crudo con capacidad de tancaje de 1 millón de barriles.

La explotación de las áreas que opera Petro-Tech se realiza costa afuera mediante la perforación de pozos desde plataformas fijas. Petro-Tech cuenta en sus instalaciones en playa con la infraestructura necesaria para la construcción de plataformas que luego son transportadas en barcazas hasta la ubicación escogida, sentadas y fijadas en el suelo marino a profundidades que varían de 50 a 390 pies.

El mecanismo de producción de los pozos es el gas disuelto en el petróleo por lo que su vida surgente es corta. Esto implica que al corto tiempo de puesto en producción el pozo necesite la ayuda de una instalación de levantamiento artificial. Es así que el 90% de los pozos producen con bombeo neumático.

El petróleo y gas extraído es transportado a través de oleoductos y gasoductos submarinos desde las diferentes plataformas hacia tierra donde

son almacenados en puntos de recolección y transferidos a través de un oleoducto/gasoducto principal hacia un punto de fiscalización y venta.

Este proceso de explotación exige el concurso de áreas técnicas como geología, Perforación, Reservorios, Ingeniería de Petróleo y Producción. Asimismo, concurren en apoyo de las diferentes actividades técnicas, las áreas de construcción, logística, mantenimiento y transporte.

El área de geología tiene como meta el descubrimiento de nuevas reservas petroleras a través de la modernización de métodos y procedimientos de ingeniería para los servicios de trabajos y retrabajos de pozos a fin de mantener la producción e incrementarla. Asimismo, brinda soporte técnico a los proyectos y programas involucrados en este proceso.

Es responsabilidad de este grupo la generación y seguimiento de los proyectos de recuperación secundaria tanto de inyección de agua como de gas.

El área de producción se apoya en el área de construcción la cual brinda un soporte vital en la instalación y/o reparación de las plataformas, así como de los equipos de perforación, producción y mantenimiento.

Esta área cuenta con cinco barcasas de apoyo en las operaciones costa afuera. Tres de ellas: Mr Bob, Elizabeth y Susan Lynn II que cuentan con grúas de 230 a 450 toneladas de capacidad, se usan en la reparación de plataformas y en la instalación de los equipos de perforación, producción y mantenimiento; mientras que la BB-1 que cuenta con una grúa de 130 toneladas de capacidad se usa en el tendido y reparación de líneas; y la PC-110 se usa para el lanzamiento de plataformas.

Otra importante área de apoyo a las operaciones de producción es Mantenimiento y reparaciones, responsable de todos los equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos instalados en las diferentes ubicaciones que opera Petro-Tech.

Durante este período, el mayor esfuerzo de esta área fue orientado a repotenciar los equipos mecánicos, eléctricos e instrumentación, principalmente de las unidades de producción de petróleo y gas.

Para desarrollar las operaciones costa afuera es de vital importancia el transporte y para ello Petro-Tech cuenta con una flota de naves alquiladas a Perúpetro, International Marine (IMI), y a Offshore Express. Todas estas embarcaciones son operadas por IMI.

Petro-tech cuenta con un área de logística responsable de atender oportunamente los requerimientos de insumos de los usuarios para el óptimo desempeño de las operaciones.

Por último Petro-Tech cuenta con un área de servicios de campamento para la reparación y mantenimiento de las oficinas, viviendas e instalaciones de la empresa, así como el sistema de comunicaciones y servicios generales.

Una de las principales preocupaciones de Petro-Tech es la conservación del medio ambiente y la ecología. El área de protección y seguridad establece medidas de prevención y control para minimizar los riesgos y/o elementos contaminantes inherentes a nuestras actividades, asegurando un adecuado manejo ambiental.

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

Los compresores de gas natural juegan un papel muy importante en la producción de crudo en nuestras operaciones, ya que nosotros usamos el gas que sale de los pozos para comprimirlo a presiones que oscilan desde los 800 a 1000 psig para inyectarlo en los pozos previamente adaptados para producir petróleo por el sistema de gas lift; este sistema consiste en inyectar gas al pozo en forma periódica por un tiempo determinado por debajo del nivel de fluido forzando a este a subir a la superficie.

En nuestra empresa contamos actualmente con 49 compresores en operación, el equipo básico consta de un motor, un compresor y un radiador. Los motores que usamos son Waukesha, Superior y Fairbanks Morse cuyas potencias varían desde los 137 BHP hasta 1 800 BHP.

Los compresores son Ingersoll Rand y Worthington con capacidades de compresión desde 1 000 MPCPD hasta los 7 000 MPCPD.

Los radiadores son todos de la marca Air X Changer los cuales enfrían el agua del motor, compresor y gas comprimido de las diferentes interetapas.

Este trabajo trata sobre la reparación general de una unidad compresora de gas natural de 2 500 000 PCPD de tres etapas para ser instalada en la plataforma "YY" en reemplazo de la unidad que actualmente está trabajando, por haber cumplido su récord de trabajo (Por recomendación del fabricante, y por experiencia, una unidad debe bajar a reparación general después de 40 000 horas continuas de trabajo; en este caso, la unidad que se va a reemplazar, lleva acumuladas mas de 67 000 horas de trabajo continuo.).

El factor principal que define la reparación programada de un equipo es el número de horas de funcionamiento del cual se lleva un control continuo. En función de este control, de un programa organizado de mantenimiento, del precio del crudo, de la política de la empresa, del potencial humano que se disponga, etc. se gestiona el presupuesto del siguiente año.

Inmediatamente después de aprobado el presupuesto, en lo que respecta a las unidades aprobadas para su reparación general, generamos un pedido de materiales; Nuestro departamento de Logística se encarga de la compra

de estos materiales directamente del fabricante en Estados Unidos. El tiempo que tarda en completarse un paquete de reparación es de aproximadamente seis meses, debido a que muchos repuestos se fabrican contra pedido y a veces previa cancelación de su valor.

Una vez recibido el equipo que se va a reparar, primero se efectúa una limpieza general, a continuación se drenan el agua y aceite; el aceite se recolecta en una poza para posteriormente ser trasladado e ingresado al circuito de petróleo. Luego desarmamos los componentes, se arenan, inspeccionan y seleccionan aquellos componentes que se van a usar nuevamente en la unidad, pintándolos con una pintura base, para evitar la oxidación.

Nuestro sistema de reparación está organizado por grupos: un grupo se encarga de la reparación de culatas, bombas de agua, bombas de aceite, templadores de fajas y enfriadores de aceite.

Otro grupo se encarga de la reparación de magnetos, tacómetros digitales.

Otro grupo se encarga de toda la instrumentación de protección del motor, que en nuestro caso es el sistema Murphy, incluyendo el tablero y todo el sistema de control de nivel de líquidos de los separadores de las interetapas.

Otro grupo se encarga de la reparación de las válvulas de las diferentes etapas del compresor, de los lubricadores de los diferentes cilindros del compresor, de los checks de lubricación y de las cajas de lubricación en donde van instalados los lubricadores.

Otro grupo se encarga de la reparación de las válvulas de seguridad y de los reguladores de presión.

Para la reparación del radiador, retiramos las tinas de la estructura; a la estructura la enviamos al área de construcción para que la repare totalmente y la pinte, y las tinas de enfriamiento son reparadas por una contratista a quien le proporcionamos los tubos aleteados.

Otro grupo se encarga de la inspección del bloque del motor, del cigüeñal, del eje de levas, de la reparación de carburadores, caja de mando de magneto, inspección de cámaras de escape y armado general del motor.

Otro grupo se encarga de la inspección del bloque del compresor, del cigüeñal, de los cilindros, del armado general del compresor, del radiador y del ensamble del conjunto Compresor-Motor-Radiador, el cual después de unas pruebas en funcionamiento en vacío, está listo para ser enviado a su destino final.

Tenemos un grupo de torneros y soldadores cuya participación es muy importante en la reparación y recuperación de repuestos como por ejemplo block del motor, culatas, cilindros del compresor, etc.

También usamos el servicio de talleres de prestigio que inspeccionan, croman o rectifican los cigueñales y remetalizan o encamisan los cilindros de los compresores cuando son requeridos.

## **CAPITULO 2**

### **CARACTERISTICAS TECNICAS DEL EQUIPO**

#### **2.1 Características técnicas del motor.**

Fabricante: Waukesha.

Modelo: L 7042 G. de aspiración natural, 12 cilindros en V.

Serie: VHP

Combustible: Gas natural.

Desplazamiento: 7040 PULG<sup>3</sup>

Diámetro de cilindros: 9 3/8 PULG.

Carrera de pistones: 8 ½ PULG.

Relación de compresión: 10 a 1.

Gama de velocidades: 450 a 1200 RPM.

Caballaje: 881 BHP a 900 RPM.

Presión normal del aceite: 40 PSIG.

Temperatura de aceite: 185 °F.

Temperatura normal de agua: 180 °F.

Gobernador Woodward UG-8I

Magneto: Altronic III.

## **2.2 Características técnicas del compresor.**

Fabricante: Ingersoll Rand.

Compresor reciprocante de doble acción.

Modelo: 3RDS-3.

Serie: YRS601.

Diseñado para comprimir gas natural.

Carrera: 5 ½ PULG.

Nº de etapas: 3.

Tamaño de cilindros: 20 ½", 9 ½", 5".

Capacidad: 2 500 000 PCPD.

Velocidad: 900 RPM.

Presión de succión: 20 PSIG.

Presión de descarga: 2 000 PSIG.

## **2.3 Características técnicas del radiador.**

Fabricante: Air X Changer.

Modelo: 96AEH.

Nº de secciones: 3 (Una de agua y dos de gas).

118 Tubos de adm. de 5/8 x 19 BWG x 14' para el agua.

120 tubos de acero SA214 de 5/8 x 16 BWG x 14' para gas

Aletas de aluminio.

Total de aire de enfriamiento: 105 114 SCFM.

Temperatura de ingreso de aire: 85 °F.

Temperatura de salida de aire: 120 °F.

Velocidad del ventilador: 557 RPM.

Ventilador de aluminio de 6 paletas de 96" de diámetro.

Ventilador de tiro forzado con paso de 24° a 2/3 del radio.

#### **2.4 Características técnicas del sistema de protección.**

Fabricante: Frank W. Murphy.

Tablero:

con automáticos 307-PH-CD que indican el motivo de la parada.

Manómetro de succión de 0 a 60 PSIG.

Manómetro de descarga de la primera etapa de 0 a 200 PSIG.

Manómetro de descarga de la segunda etapa de 0 a 1 000 PSIG.

Manómetro de descarga de la última etapa de 0 a 3 000 PSIG.

Dos relojes temporizadores de 0 a 5 MIN. y de 0 a 15 MIN.

Tacómetro digital .

Interruptor de parada de emergencia.

Válvula de combustible de cierre automático.

118 Tubos de adm. de 5/8 x 19 BWG x 14' para el agua.

120 tubos de acero SA214 de 5/8 x 16 BWG x 14' para gas

Aletas de aluminio.

Total de aire de enfriamiento: 105 114 SCFM.

Temperatura de ingreso de aire: 85 °F.

Temperatura de salida de aire: 120 °F.

Velocidad del ventilador: 557 RPM.

Ventilador de aluminio de 6 paletas de 96" de diámetro.

Ventilador de tiro forzado con paso de 24° a 2/3 del radio.

#### **2.4 Características técnicas del sistema de protección.**

Fabricante: Frank W. Murphy.

Tablero:

con automáticos 307-PH-CD que indican el motivo de la parada.

Manómetro de succión de 0 a 60 PSIG.

Manómetro de descarga de la primera etapa de 0 a 200 PSIG.

Manómetro de descarga de la segunda etapa de 0 a 1 000 PSIG.

Manómetro de descarga de la última etapa de 0 a 3 000 PSIG.

Dos relojes temporizadores de 0 a 5 MIN. y de 0 a 15 MIN.

Tacómetro digital .

Interruptor de parada de emergencia.

Válvula de combustible de cierre automático.

La unidad esta equipada con sensores de diferente aplicación para proteger al equipo ante cualquier eventualidad, estos envían la señal al tablero, el cual indica la falla y ordena cerrar la válvula de combustible, la cual al cerrarse manda a tierra la señal del magneto, parando la unidad por falta de combustible y por ausencia de chispa en el sistema de encendido.

## **CAPITULO 3**

### **DESARMADO, INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DE COMPONENTES.**

#### **3.1 Desarmado inspección y reparación de componentes del motor.**

##### **3.1.1 Monoblock.**

Si bien es cierto que la mayoría de los componentes del motor son indispensables para su funcionamiento, el armado del monoblock con el cigüeñal, metales y tapas de bancada, requiere de un trabajo especial.

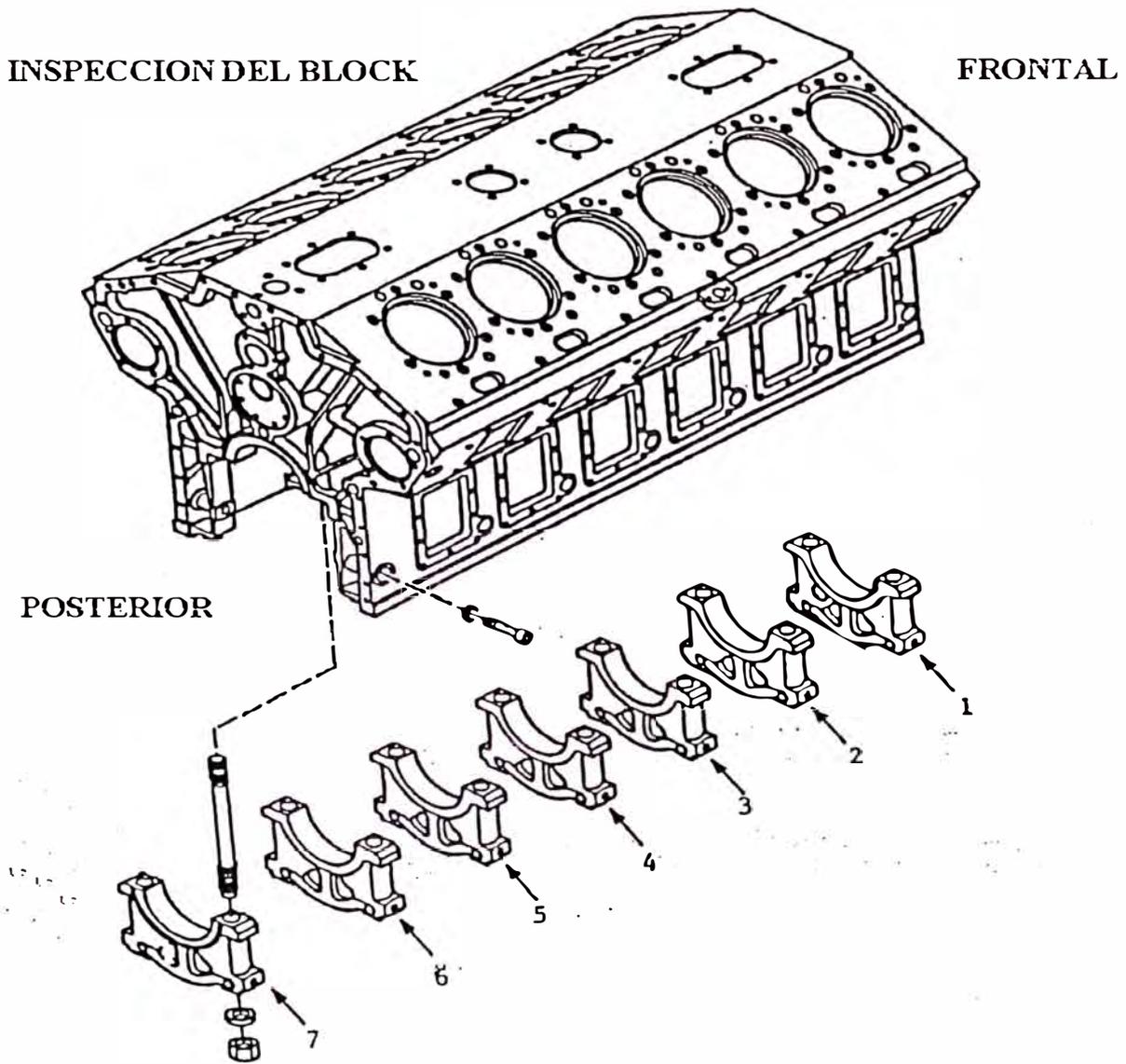
En primer lugar, el bloque así como el área de trabajo debe estar perfectamente limpio, en nuestro taller, el bloque está apoyado en posición invertida con el túnel de bancada hacia arriba, sobre una

plataforma robusta de madera para evitar golpes fuertes a la estructura cuando se cambia de posición.

Primero constatamos que todas las tapas de bancada encajen con el ajuste correcto en su ubicación, a continuación ajustamos las tapas con el ajuste indicado en la tabla de especificaciones del fabricante y procedemos a medir el diámetro de todas las bancadas con un micrómetro de interiores en tres posiciones desfasadas en  $85^\circ$  a partir de la posición vertical tanto en la parte frontal como posterior de cada bancada; dichas medidas deben estar dentro de lo especificado por el fabricante (ver figura 3-1).

A continuación nos debemos asegurar que el túnel de bancada esta alineado; para esto usamos el cigüeñal como mandril (previamente ya se ha constatado con un micrómetro de exteriores que los puños del cigüeñal y biela están redondos, y que el cigüeñal está derecho, lo cual se consigue apoyando el cigüeñal en dos puntos, girándolo e instalando un comparador de carátula en varias posiciones.).

Previamente instalamos las mitades superiores de los metales de bancada, cubrimos la superficie con una capa fina de azul de



DIAMETRO DEL TUNEL (STD. 6,6615-6,663)														
	1		2		3		4		5		6		7	
	FRONT.	POST.												
A	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663
B	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663
C	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663	6,663

FIGURA 3-1

prusia, instalamos el cigüeñal y luego las tapas de bancada con sus respectivos metales, ajustamos las tapas de bancada y giramos el cigüeñal unas tres o cuatro vueltas con la finalidad de poder marcar claramente los puntos de apoyo, sacamos las tapas de bancada con sus metales, y levantamos con mucho cuidado el cigüeñal; lo que se debe observar es un asentamiento parejo en los metales, de no ser así, debe corregirse el defecto porque de lo contrario se pueden presentar problemas serios de sobrecalentamiento de las bancadas cuando la máquina entre en funcionamiento.

A continuación limpiamos el azul de prusia de los metales y puños del cigüeñal y volvemos a colocar este sobre el túnel con sus metales pero esta vez colocamos unos pedazos de plastigage sobre el lomo del cigüeñal en cada una de las bancadas, colocamos las tapas con sus metales, ajustamos con la finalidad de comprimir y adaptar el plastigage a la luz que existe entre el cigüeñal y sus metales, aflojamos y retiramos las tapas con sus metales; El plastigage tiene en su funda o cubierta, una escala la cual al compararla con el plastigage aplastado nos indicará la luz que existe entre cigüeñal y metales, estas medidas, además de estar dentro de lo especificado por el fabricante, deben ser iguales.

Si todo está correcto procedemos a retirar el plastigage, levantar cigüeñal, limpiar y lubricar metales de bancada con sus respectivos puños, colocar cigüeñal e instalar y ajustar las tapas con sus respectivos metales de acuerdo a la secuencia y tablas indicada por el fabricante.

Luego volteamos el block con el cigüeñal ya instalado y se apoya sobre su base que también es cárter a la vez para a continuación proceder a instalar el resto de sus componentes siempre respetando las especificaciones del fabricante.

En este caso el block estaba en perfectas condiciones por lo que el ensamble fue fácil y rutinario, pero han habido ocasiones en que el alojamiento de las camisas estaba totalmente malogrado en la zona en donde se alojan los O'rings por la acción del agua de enfriamiento, lo cual iba a ocasionar en el futuro fugas de agua del circuito de enfriamiento al deposito de aceite en el cárter.

Lo que hacemos en estos casos es rectificar los alojamientos en una longitud de 3 pulgadas, aumentando el diámetro del hueco en 1/2 pulgada, confeccionamos una bocina de fierro fundido o acero con 0.008 pulgadas de interferencia, aplicamos Loctite 620 tanto en el alojamiento como en la parte exterior de la bocina e instalamos

la bocina aplicando presión sobre una herramienta confeccionada especialmente para estos casos para luego proceder a rectificar el diámetro interior de la bocina a su medida original.

Otro caso común que se presenta es cuando las tapas de bancada están deformadas; en este caso, lo recomendable es conseguir otra tapa en bruto cuyo hueco corresponde a un diámetro menor al del túnel de bancada, si no disponemos de una tapa en bruto, podemos rebajar las caras de la tapa de bancada, para luego en cualquiera de los dos casos proceder a rectificar el túnel en esa bancada en particular, teniendo mucho cuidado de que el corte sea solamente en la tapa hasta alcanzar el diámetro correcto.

El otro problema que se presenta es cuando la deformación del túnel corresponde ya no a la tapa sino al bloque mismo, en este caso el trabajo es más complicado y delicado, lo que hacemos es cortar el bloque aumentando el radio en esa bancada en 1/4 de pulgada, luego confeccionamos una bocina del mismo material (fierro fundido, el cual lo conseguimos de pistones de ese material) con un diámetro externo igual al rectificado en el bloque y un diámetro interno menor al del hueco del túnel, la cortamos por la mitad y presentamos en su alojamiento, luego con una lima retiramos el material excedente que sobresale de la superficie que

entra en contacto con la cara de la tapa de bancada (debe quedar perfectamente a nivel, no debe sobrar ni faltar), instalamos una tapa de bancada que no nos sirva, con, la finalidad de mantener la bocina en su posición y soldamos la bocina al block en ambos lados con citofonte de 1/8".

Después que se ha enfriado lentamente, para lo cuál se cubre dicha zona, instalamos la tapa que le corresponde (la cual es preferible que haya sido rebajada previamente ó, sea una tapa en bruto, con la finalidad de que la cuchilla rectifique el túnel cortando tanto en el bloque como en la tapa) y rectificamos el túnel en dicha bancada.

Una vez que se han rectificado las bancadas defectuosas, se deberá repetir el procedimiento indicado al comienzo, de chequeo de asentamiento del cigüeñal, tantas veces como sea posible y corregir los defectos también tantas veces como sea posible hasta que el cigüeñal asiente perfectamente.

Este procedimiento de asentamiento ha durado hasta tres semanas en algunas oportunidades.

### 3.1.2 Cigüeñal.

El cigüeñal tiene 7 muñones principales, endurecidos, que giran sobre metales de cojinete del tipo de triple metal con respaldo de acero. Mediante conductos taladrados que se extienden en diagonal desde los muñones principales a través de los cachetes, se conduce aceite a presión a los cojinetes de biela.

Los cigüeñales, después de haber trabajado las 40 000 horas, generalmente tienen un ligero desgaste en los puños de bancada y de biela, por lo que es recomendable rectificarlos para instalar metales en sobremedida o cromarlos para posteriormente rectificarlos a STD. ; cualquiera sea el caso, lo que nosotros hacemos es primeramente limpiar el cigüeñal, ver que no tenga rajaduras, medir todos los puños, constatar que no este doblado o que este dentro de los límites especificados por el fabricante y luego lo enviamos a la factoría Recolsa para que efectúe el trabajo de recuperación del cigüeñal.

Recolsa en su taller, efectúa una inspección magnética para descartar la existencia de rajaduras, aliviado de tensiones, chequeo de alineamiento, corrige centros, rectifica los puños de biela y bancada a la medida deseada ( en nuestro caso a 0,020" ) refrenta

la cara de la volante y acondiciona los agujeros de lubricación (ver figura 3-2)

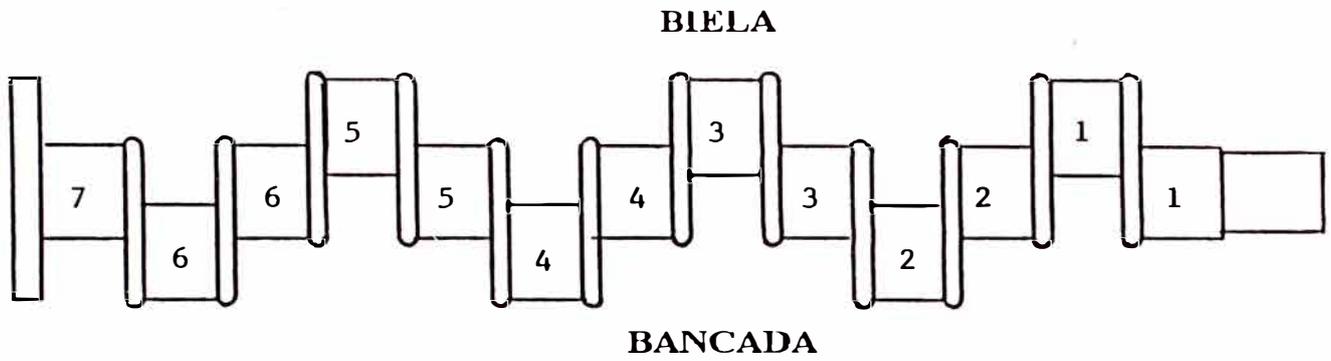
### **3.1.3 Bielas.**

Las bielas, forjadas son del tipo de sección en T. La división entre la biela y la tapa está a 30° para poder sacar el pistón por la parte superior del bloque.

Uno de los cuatro tornillos de la tapa es del tipo de asentamiento a fondo lo cual, junto con las acanaladuras entre la tapa y la biela, asegura la alineación correcta.

Antes de instalarse en el motor, primero constatamos que el diámetro del alojamiento de los metales está dentro de lo especificado por el fabricante, luego nos aseguramos que las bielas no están torcidas para lo cual usamos una biela patrón instalada sobre un eje que tiene la misma medida que el diámetro del alojamiento del metal de biela, sobre este eje también instalamos la biela que se quiere inspeccionar, de tal manera que los dos huecos de pin de biela estén alineados; si la biela está derecha, el pin deberá pasar por ambos huecos sin ningún problema, de no ser así, la biela esta torcida y debe reemplazarse por otra en buenas condiciones.

INSPECCION DEL CIGUEÑAL



PUÑOS DE BANCADA ( STD. : 6,250 PULG. ) ( 0,020 : 6,230 PULG. )							
	1	2	3	4	5	6	7
Actual	6,230	6,230	6,230	6,230	6,230	6,230	6,230

PUÑOS DE BIELA ( STD. : 6,250 PULG. ) ( 0,020 : 6,230 PULG. )						
	1	2	3	4	5	6
Actual	6,230	6,230	6,230	6,230	6,230	6,230

FIGURA 3-2

### **3.1.4 Culatas.**

Cada cilindro del motor tiene una culata individual con 4 válvulas, las culatas son intercambiables entre los cilindros y entre los bancos. Los asientos de las válvulas de admisión y escape son del tipo de inserto, y son aplicados por encogimiento. Las guías de válvulas se instalan a presión.

Las 2 válvulas de admisión y las 2 válvulas de escape están dispuestas simétricamente alrededor de la bujía, son del tipo convencional, con puntas endurecidas y caras de stelita.

El accionamiento de las válvulas es por medio de levantadores de rodillo con guía, que giran sobre los lóbulos del árbol de levas. Este movimiento se transmite a los balancines por medio de varillas de empuje huecas.

Las culatas antes de ser reparadas son sometidas a una prueba hidrostática con agua caliente a 212°F y 45 PSIG para descartar la existencia de rajaduras; luego nos aseguramos que la superficie que entra en contacto con el block no esté deformada, si este fuera el caso, deberá rectificarse la cara en una rectificadora de superficie. Un problema común en estas culatas, es el desgaste por acción del agua de los conductos de enfriamiento en la zona de

contacto con la empaquetadora de culata, lo que hacemos en esos casos, es rectificar y embocinar dicha zona con fierro fundido con una interferencia de 0.003" aplicando previamente loctite 620.

Una vez corregidos estos defectos, procedemos a retirar los asientos y guías de válvulas usados e instalamos asientos y guías nuevas, luego rimamos las guías con un escariador especialmente diseñado para esta aplicación y a continuación instalamos las válvulas con sus respectivos resortes y seguros.

### **3.1.5 Enfriador de aceite.**

Es muy importante, asegurarnos que el enfriador de aceite esté en perfectas condiciones, por lo que lo sometemos a una prueba hidrotática con agua caliente a 212°F con una presión de 45 PSIG. Por la parte exterior de los tubos, sin las tapas laterales.

Si sale agua por algún tubo, quiere decir que el tubo está roto y deberá sellarse por ambos extremos con tapones cónicos de bronce, y si sale agua por la zona en donde se ha expandido el tubo, deberá volverse a expandir hasta que desaparezca la fuga.

### **3.1.6 Cámaras de escape.**

Las cámaras de escape también son refrigeradas por agua, por lo que después de ser arenadas, también son sometidas a una prueba hidrostática con agua a 212°F y 45 PSIG.

## **3.2 Desamado, inspección y reparación de componentes del compresor.**

### **3.2.1 Block o armazón del compresor.**

El armazón del compresor es una estructura rígida, de hierro fundido, diseñada para proporcionar un montaje adecuado para los cilindros de compresor, cigüeñal y otras partes del tren rodante, y para mantener todas las piezas precisamente alineadas bajo las tensiones y esfuerzos involucrados en la operación.

En el diseño del armazón el fabricante ha incorporado tabiques y costillas adecuadas para proporcionar la máxima fortaleza compatible con un peso razonable. El armazón sirve además como depósito o colector del aceite de lubricación utilizado para lubricar el tren rodante.

En este tipo de compresores generalmente no se encuentran problemas de deformación en el túnel de bancadas ni en sus bancadas, pero de todas maneras se inspecciona el túnel, se

toman medidas de las bancadas y se hace una prueba con azul de prusia para estar seguros.

### **3.2.2 Cigüeñal.**

El cigüeñal es forjado de una sola pieza de acero duro y está diseñado para evitar torsiones críticas dentro de la gama de velocidades de operación.

Para cada cilindro de compresor, hay un codo de cigüeñal separado para sostener la biela. Tiene perforados agujeros de lubricación en el eje, desde las chumaceras principales hasta los muñones de cigüeñal adyacentes de manera que el aceite lubricante bajo presión de los cojinetes maestros pueda llegar hasta los cojinetes de las bielas.

De igual manera que en el caso del cigüeñal del motor, el cigüeñal del compresor también lo enviamos a la factoría Recolsa la que ejecuta los trabajos de inspección magnética, aliviado de tensiones, alineado, corregir centros, pre-rectificar para cromar puños de biela y bancada, cromar 0,040", rectificar puños de biela y bancada en STD., pulido microfinish y acondicionar agujeros de lubricación.

### **3.2.3 Bielas.**

Lo primero que se hace con las bielas es inspeccionar que estén derechas, para esto la colocamos en posición lateral y con una regla constatamos que tanto la cara del alojamiento de los metales como de la bocina del pin de biela estén perfectamente alineados.

A continuación medimos el diámetro del alojamiento de los metales, si el hueco esta deformado o desgastado, se envía a un taller especializado para que corrija el defecto; Esto consiste en rebajar la tapa e instalarla en la biela ajustando los pernos de acuerdo a especificaciones del fabricante, para luego rectificar el hueco a la medida deseada, en una máquina especialmente diseñada para estos casos.

Por último, retiramos la bocina del pin de biela con una prensa e instalamos uno nuevo teniendo cuidado de que el hueco de lubricación de la bocina coincida con el hueco de lubricación en el cuerpo de la biela. En este caso no hay necesidad de rimar porque una ves instalado, queda con la medida especificada por el fabricante.

### **3.2.4 Crucetas.**

La cruceta del compresor es del tipo de caja con patines ajustables por medio de calzas. El pasador de cruceta es de flotamiento total y se apoya en dos bujes de aluminio que se colocan por encogimiento en la cruceta.

En el ojo de la biela existe un solo buje de aluminio colocado por encogimiento como se explicó en la parte que corresponde a la reparación de la biela. La barra o vástago del pistón o embolo del compresor se atornilla en la cruceta y se asegura por medio de una espiga de seguridad y de una tuerca de seguridad.

La reparación de la cruceta consiste en cambiar los dos bujes o bocinas de aluminio teniendo cuidado que el hueco de lubricación de las bocinas coincida con el hueco de lubricación de las cañerías que lubrican los dos patines, cambiar los dos patines de aluminio superior e inferior, e instalar unas lanas entre los patines y la cruceta, de tal manera que el eje del pistón quede centrado, y quede una luz de 0,013"-0,018" entre el patín superior y la pista superior de la cruceta.

### **3.3.1 Estructura.**

La estructura está formada en su mayoría por plancha comercial de 1/8" con la cual se forma la caja en donde se alojan las tinas.

Debido a que la zona donde trabajan estos compresores es en el mar, la estructura viene en muy mal estado, por lo que la enviamos al departamento de construcción para que la repare arene y pinte en su totalidad.

### **3.3.2 Tinas de enfriamiento.**

El trabajo en las tinas de enfriamiento consiste en retirar todos los tubos de enfriamiento de las tres tinas, luego arenamos y pintamos las tinas con sus soportes laterales, y posteriormente se instalan tubos nuevos los cuales deberán ser expandidos en frío para eliminar las fugas tanto de gas como de agua.

Posteriormente se someten a prueba hidrostática con una presión igual a 1,5 veces la presión de trabajo y se corrigen fugas si es que las hubiera.

### **3.3.3 Ventilador.**

Siempre que hacemos una reparación general, el ventilador es nuevo, debido a que las paletas vienen en muy mal estado y no garantizan una operación continua de 40 000 horas de trabajo.

## **CAPITULO 4**

### **ARMADO DE LOS EQUIPOS.**

#### **4.1 Armado del motor.**

En el proceso de armado del motor, es necesario seguir las indicaciones sugeridas por el fabricante tal como secuencia de ajuste, apriete de pernos, etc. Pero es necesario resaltar algunos puntos.

##### **4.1.1 Ajuste de tapas de cojinetes principales.**

4.1.1.1 Antes de instalar las tuercas de las tapas, aplicar aceite en abundancia a los tornillos y tuercas (ver figura 4-1).

4.1.1.2 Apretar las tuercas de las tapas de los cojinetes, hasta que las tapas estén firmemente sujetas contra el bloque de

	VALORES DE TORSION		
	TORNILLOS TRANS- VERSALES DE TAPAS DE COJINETES LADO IZQUIERDO	TUERCAS DE TAPAS DE COJINETES	TORNILLOS TRANS- VERSALES DE TAPAS DE COJINETES LADO DERECHO
PASO 1	8,35 kgm (60 pies-libras)	9,5 kgm (68 pies-libras)	8,35 kgm (60 pies-libras)
PASO 2	16,60 kgm (120-pies-libras)	19,00 kgm (138 pies-libras)	16,60 kgm (120 pies-libras)
PASO 3	24,90 kgm (180 pies-libras)	29,00 kgm (205 pies-libras)	24,90 kgm (180 pies-libras)
FINAL	33,34 - 34,59 kgm (242-250 pies-libras)	37,48 - 38,58 kgm (271-279 pies-libras)	33,34 - 34,59 kgm (242-250 pies-libras)

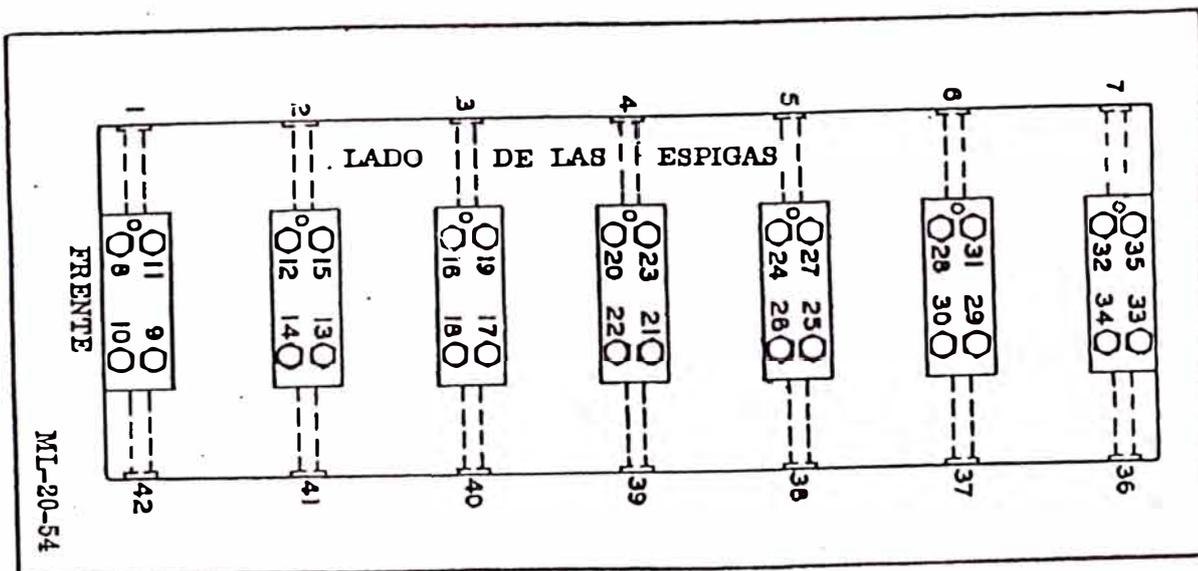


FIGURA 4-1

cilindros. Seguir el orden en cruz que aparece en la ilustración de la figura 4 - 1 empezando con el número 8.

4.1.1.3 Instalar los tornillos transversales con sus arandelas y ajustar hasta llegar al fondo por orden, del 1 al 7 y del 36 al 42.

4.1.1.4 Apretar los tornillos transversales de las tapas y las tuercas de las tapas por etapas a los valores señalados y en la secuencia indicada en la figura 4-1

#### **4.1.2 Engranajes de sincronización.**

A fin de asegurar la sincronización correcta de las válvulas, es necesario alinear una de las marcas "x" en el engranaje intermedio (loco) con la marca "x" en el engranaje del cigüeñal. Con estas marcas alineadas, se debe alinear la otra marca "x" en el engranaje intermedio con la marca "x" en el engranaje del árbol de levas.

El juego muerto nominal entre dientes en estos puntos es de 0,008" – 0,012". Los otros engranajes que acoplan con el engranaje del cigüeñal y que sirven para accionar al magneto y a la bomba de

aceite, se pueden instalar sin tener en cuenta las marcas "x" que aparecen en los mismos.

El engranaje intermedio para la bomba de aceite está colocado entre el engranaje del cigüeñal y el engranaje de mando de la bomba de aceite y está montado en un husillo o eje intermedio fijado en la tapa del cojinete principal delantero. El juego muerto correcto entre el engranaje del cigüeñal y el engranaje intermedio de la bomba de aceite es de 0,008" – 0,012". Y el juego muerto correcto entre el engranaje intermedio y el engranaje de mando de la bomba de aceite es de 0,015"-0,020".

La tapa de engranajes cubre la parte delantera de la caja de engranajes, y dado que la prolongación delantera del cigüeñal pasa a través de la tapa, se utiliza un sello de aceite. La tapa de engranajes está prevista para el montaje de una bomba de agua de alta capacidad.

#### **4.1.3 Camisas de cilindros.**

Las camisas de cilindros son del tipo húmedo, intercambiables, tienen un reborde en su extremo superior, para guiarlas en la cara superior del bloque, el reborde de la camisa y el rebaje en el borde en el cual se coloca, forman un sello contra agua.

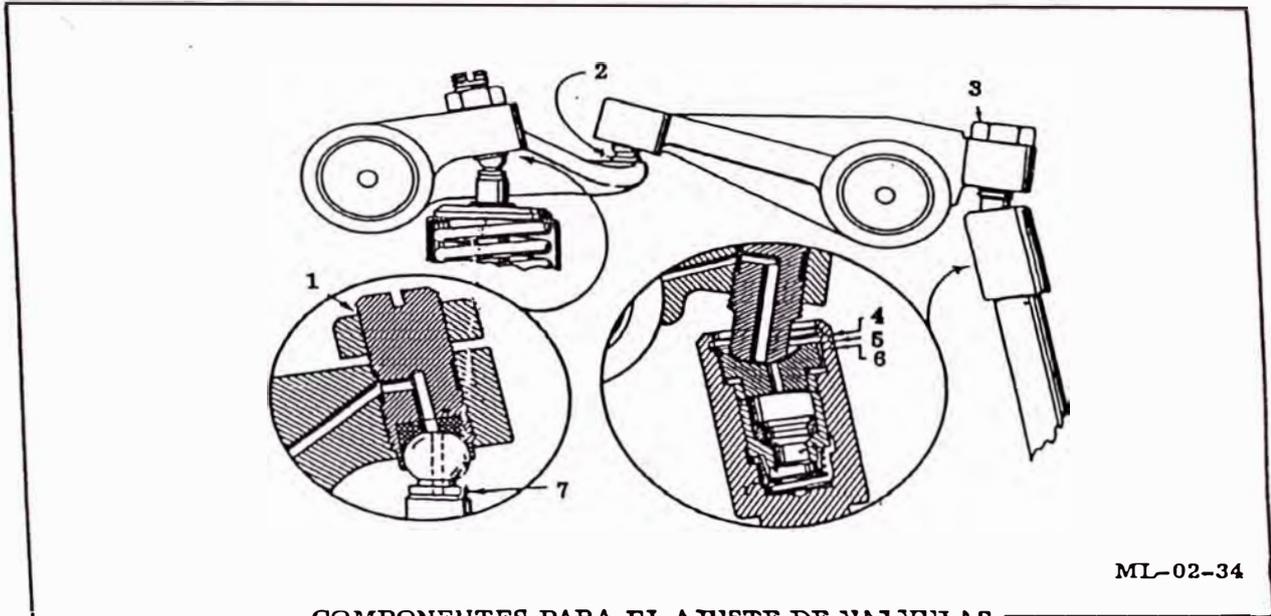
La camisa tiene tres ranuras externas en que se colocan los anillos selladores entre la camisa y el bloque. Los dos anillos superiores son de material sintético similar al caucho, y el anillo inferior es de teflon. Al instalar las camisas, no untar aceite en los anillos porque se deforman y al instalarlos se pueden dañar; lo que se debe usar jabón líquido que no deforma a los anillos y permite un deslizamiento suave de los anillos.

#### **4.1.4 Regulación de varillas hidráulicas.**

Este motor está equipado con varillas de empuje hidráulicas para aumentar los intervalos de ajuste de válvulas. La unidad hidráulica se encuentra en la parte superior de la varilla (ver figura 4-2).

4.1.4.1 Afloje las contratuercas y los tornillos de ajuste en las cuatro válvulas.

Nota: inspeccionar el contacto entre las caras planas de los tornillos de ajuste y las puntas de los vástagos de las válvulas. El contacto debe estar bastante bien cerrado sobre la punta del vástago de la válvula. Si no lo está, se puede hacer un pequeño ajuste aflojando el soporte del balancín y moviéndolo ligeramente.



— COMPONENTES PARA EL AJUSTE DE VALVULAS —

- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tornillo ajustable</li> <li>2. Cerciorarse de que cara plana para bola este en está posición al ajustar</li> <li>3. Tornillo fijo</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Arriba</li> <li>5. Ajuste</li> <li>6. Abajo</li> <li>7. Cara plana para bola en vástago</li> </ol> |
|--|--|

FIGURA 4-2

- 4.1.4.2 Afloje cuidadosamente 1/2 vuelta los dos tornillos fijos. Esta 1/2 vuelta es importante para establecer una precarga en las varillas de empuje hidráulicas. Si no se aplica el procedimiento correcto, los levantadores hidráulicos quedarán pegados a fondo.
- 4.1.4.3 Introduzca un calibrador de hoja de 0,005" y de 5" de longitud entre las caras planas del tornillo de ajuste y la punta del vástago de la válvula. Es importante usar el calibrador de hoja de 0,005" en este procedimiento, para tener holgura entre el primer tornillo ajustado y su vástago de válvula, de modo que la posición establecida del primer tornillo no interfiera con el ajuste del último tornillo que se apriete.
- 4.1.4.4 Apriete el tornillo de ajuste con la mano, hasta que el tornillo flojo apenas toque el alvéolo en el levantador, sin comprimirlo. Sujete el tornillo de ajuste con un destornillador para que no gire y apriete la contratuerca con una llave.
- 4.1.4.5 Quitar el calibrador de hoja. Volver a comprobar que ambos ajustes no variaron por haber girado los tornillos,

deslizando el calibrador de hoja de 0,005" debajo del tornillo, mientras sujeta el tornillo fijo en contacto con la varilla.

#### 4.1.4.6 Repetir los pasos anteriores para las válvulas de escape.

Cerciorarse de que el alvéolo interno del levantador hidráulico en cada varilla de empuje, está totalmente extendido contra el arillo en la parte superior de su recorrido y de que el levantador esté lleno con aceite de motor.

#### 4.1.4.7 Apretar ambos tornillos de ajuste fijos 1/2 vuelta a su posición asentada. Apriete estos dos tornillos a 60 LIBRAS-PIE. Esto hará que los ajustes queden en la gama superior de recorrido del levantador.

Antes de poner en marcha el motor, hacer girar el cigüeñal con una palanca para tener la seguridad de que no se ha omitido ningún ajuste que podría ocasionar interferencia entre las válvulas y los pistones. Después de poner en marcha el motor y antes de apretar las tapas de balancines, Observar el funcionamiento y la lubricación de cada grupo de balancines.

#### **4.1.5 Ajuste del carburador y del regulador**

Antes de hacer cualquier ajuste en el sistema de combustible, es muy importante que el varillaje entre las cubiertas de las mariposas y entre los carburadores, esté ajustado de modo que las mariposas estén sincronizadas para que abran y cierren simultáneamente. Si se requiere ajustar, afloje los tornillos del acoplamiento de las uniones universales y gire ligeramente las crucetas.

4.1.5.1 Ajustar el regulador primario o de línea para que haya una presión de 20 a 25 lbs/pulg<sup>2</sup> en la entrada al regulador montado en el motor.

4.1.5.2 Ajustar el regulador montado en el motor de modo que la presión de entrada al carburador sea de aproximadamente 5" de agua (ver figura 4-3).

4.1.5.3 Aplicar carga hasta que el manómetro de mercurio indique un vacío de 7" o menos en el múltiple de admisión.

4.1.5.4 Girar el tornillo de ajuste de carga unas 6 vueltas hacia mezcla rica.

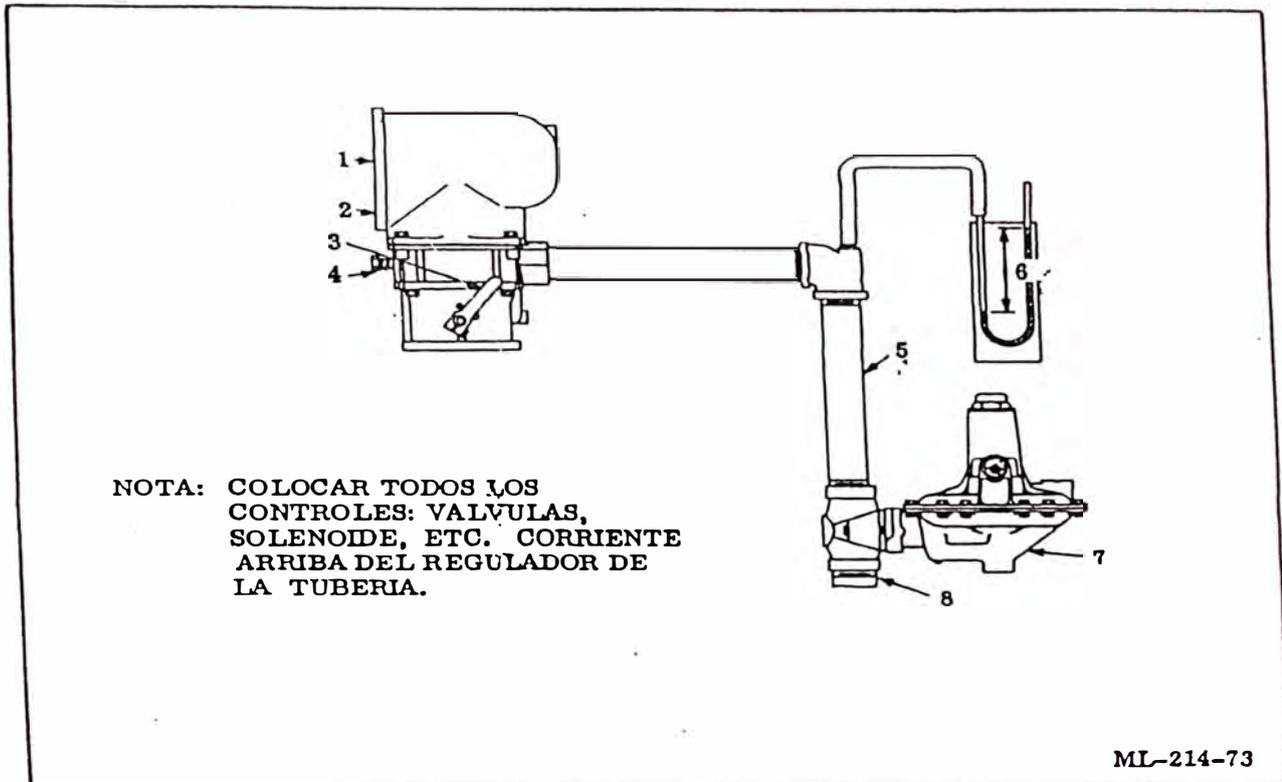


DIAGRAMA ESQUEMATICO PARA MOTOR TIPICO DE GAS NATURAL, DE ASPIRACION NATURAL, CON CARBURADOR IMPCO 600

- |  |   |
|--|---|
| <p>1. Toma de aire de carburador<br/>           2. Carburador Impeco 600<br/>           3. Palanca de acelerador<br/>           4. Ajuste<br/>           5. Tubo de 2.0"</p> | <p>6. Presión de gas al carburador: 127,0 ± 12,7mm (5.0" ± 0,5") de agua<br/>           7. Regulador para tubería de 50,8mm (2")<br/>           8. Entrada de gas natural desde válvula de corte de seguridad y válvula de paso</p> |
|--|---|

FIGURA 4-3

4.1.5.5 Girar el tornillo de ajuste de carga desde mezcla rica hacia mezcla pobre hasta que se obtenga la lectura más alta de vacío. Anotar esta lectura.

4.1.5.6 Seguir girando lentamente el tornillo de ajuste de carga hacia mezcla pobre, lo suficiente para que la lectura de vacío en el múltiple de admisión se reduzca en 0,25" de vacío. Repetir los pasos 4, 5 y 6 en el otro banco. Este ajuste nos dará un cambio total de 0.5" en cada banco más baja que la lectura anotada en el paso 5.

Nota: Con el motor a plena carga, la presión a la entrada del carburador no debe bajar más de 2" a 3" con relación al ajuste inicial de 5" de agua.

## **4.2 Armado del compresor.**

Para el armado del compresor, al igual que con el motor es necesario seguir las indicaciones y secuencia indicada recomendada por el fabricante, pero es necesario resaltar los siguientes puntos:

### **4.2.1 Instalación de los metales de bancada**

Los cojinetes de bancada vienen con calzas nuevas, las mismas que deben utilizarse al instalar los cojinetes. Los cojinetes nuevos

deben instalarse con el espacio libre correcto de acuerdo a las especificaciones técnicas (ver figuras 4-4 y 4-5).

Las calzas laminares utilizadas entre los cojinetes superior e inferior tienen dos propósitos: primero hacen posible el ajuste del espacio libre entre cojinete y cigüeñal mediante el cambio del espesor de la calza; y segundo, las lengüetas de guía incorporadas a cada extremo de la calza, sirven de sellos que minimizan las fugas de aceite en los puntos de unión entre las mitades de los metales de bancada.

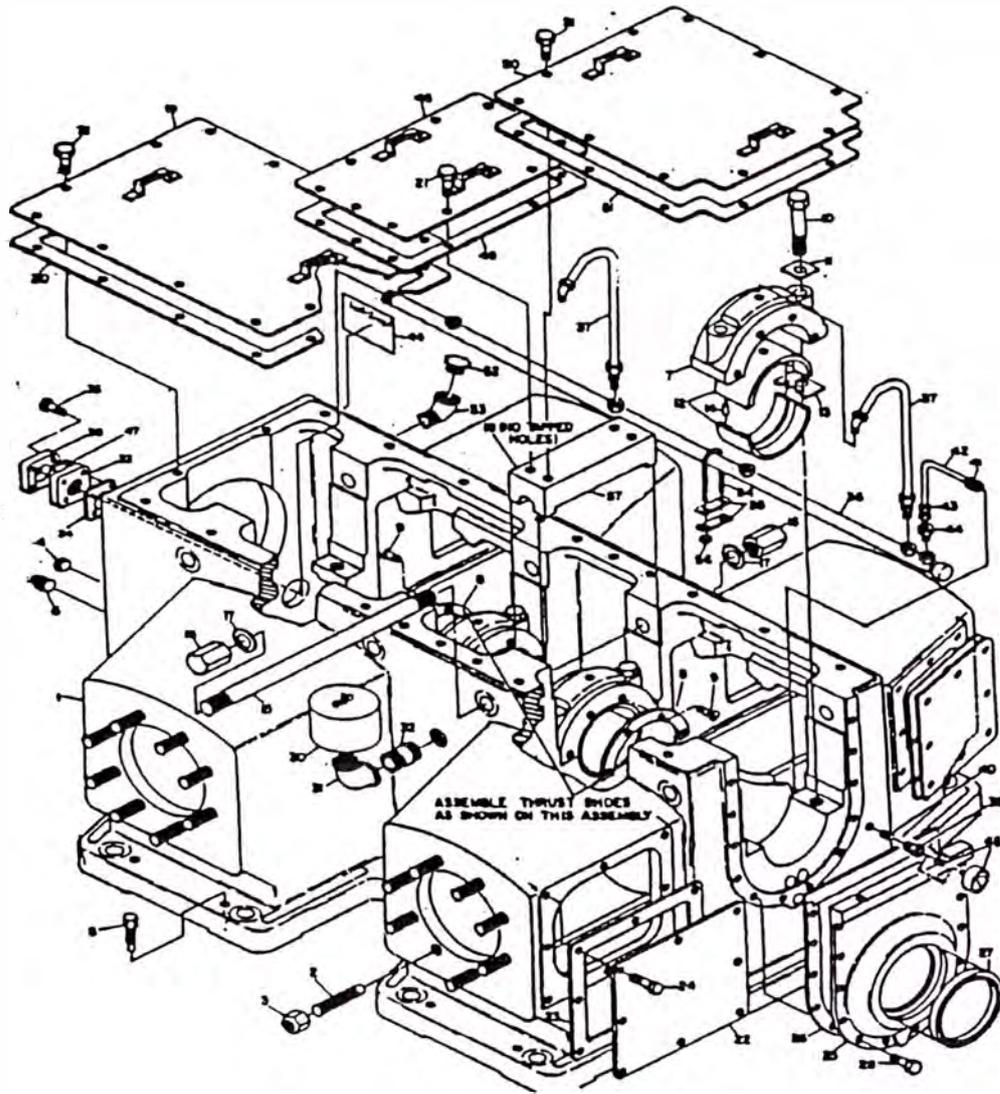
Nota: no intentar aumentar el espesor de una calza aumentando láminas. Si se necesita una calza mas gruesa, empezar con una calza nueva y despegar las láminas que sean necesarias hasta obtener el espesor deseado.

Es importante que las lengüetas guías de calza se coloquen con el correcto espacio libre entre la lengüeta y cigüeñal. Si las lengüetas no se instalan correctamente, tal cosa puede dar como resultado la reducción de la presión de aceite y el fallo prematuro de los cojinetes. Para la colocación correcta de las lengüetas de calza de cojinete se recomienda que se siga el siguiente procedimiento.

# PARTS LIST

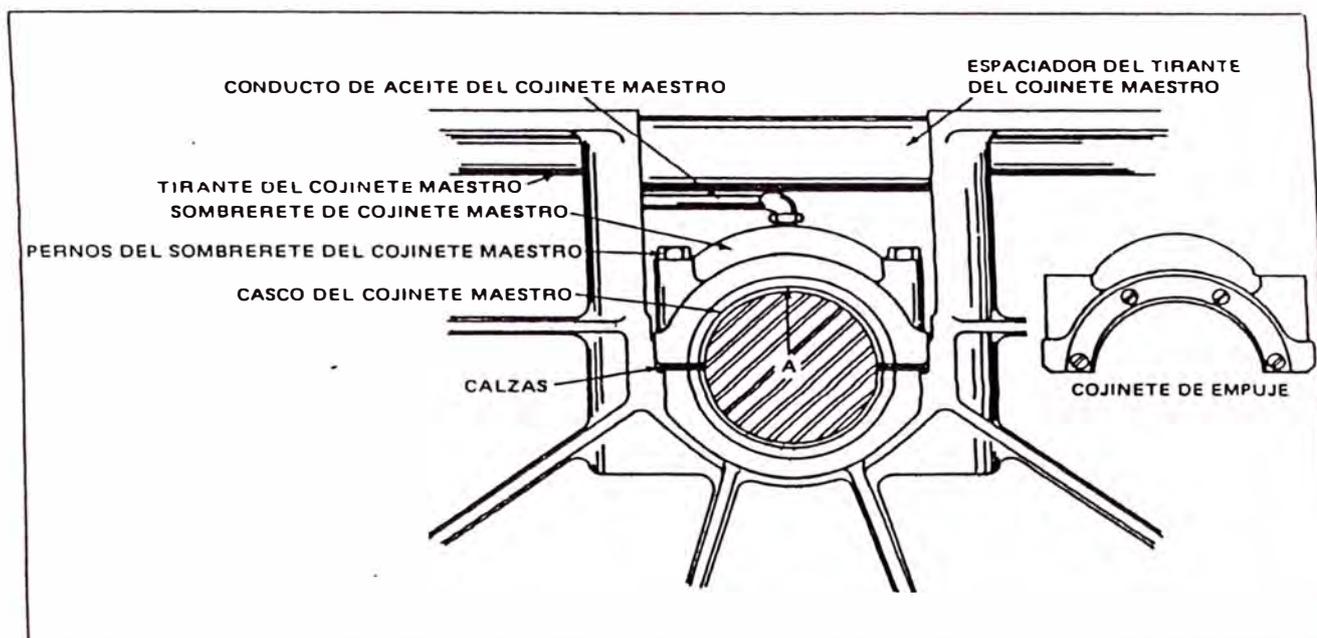
## FRAME ASSEMBLY

(A)

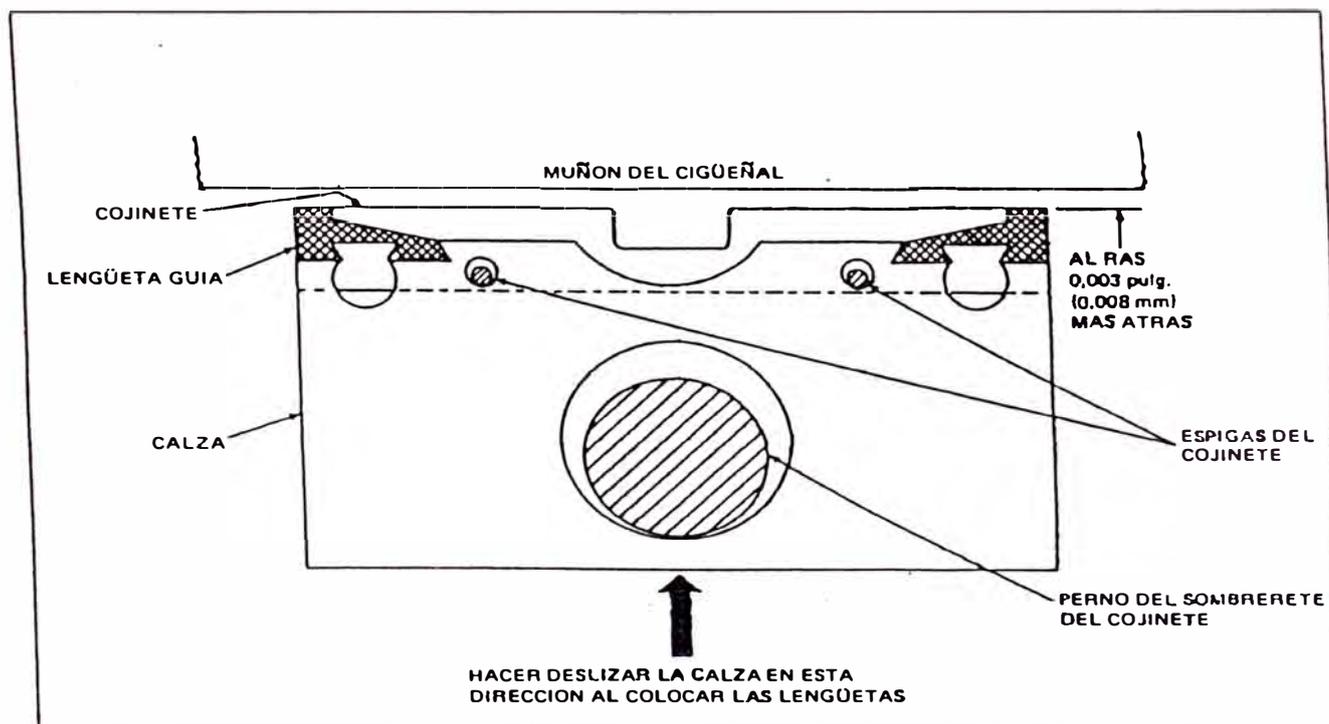


H-34622-B

FIGURA 4-4



Configuración de un cojinete maestro



Colocación de las lengüetas de las calzas de cojinete

FIGURA 4-5

4.2.1.1 Determinar el espesor requerido para la calza del cojinete instalado y despegar las láminas de la calza que sean necesarias para obtener este espesor. (El espesor de ambas calzas utilizadas en una bancada debe mantenerse igual.) después de que se han despegado las láminas de la calza, ajustar el espesor de las lengüetas de guía hasta obtener el mismo espesor de la parte laminar de la calza de manera que la guía no sobresalga hacia el espacio libre del cojinete cuando se apriete la tapa de la bancada.

Nota: Al ajustar el espesor de las guías, no ahusar estas últimas hacia el extremo del eje porque tal cosa incrementaría la fuga de aceite más allá de las mismas.

4.2.1.2 Colocar la calza en el asiento de la tapa de bancada. Con el metal inferior en su lugar. La calza se coloca con ayuda de las dos espigas del extremo del casco inferior. Atornillar los pernos de la tapa de bancada unas cuantas vueltas.

4.2.1.3 Empujar la calza hacia delante hasta donde las espigas lo permitan y comprobar el espacio libre entre el extremo de las lengüetas de la calza y el cigüeñal.

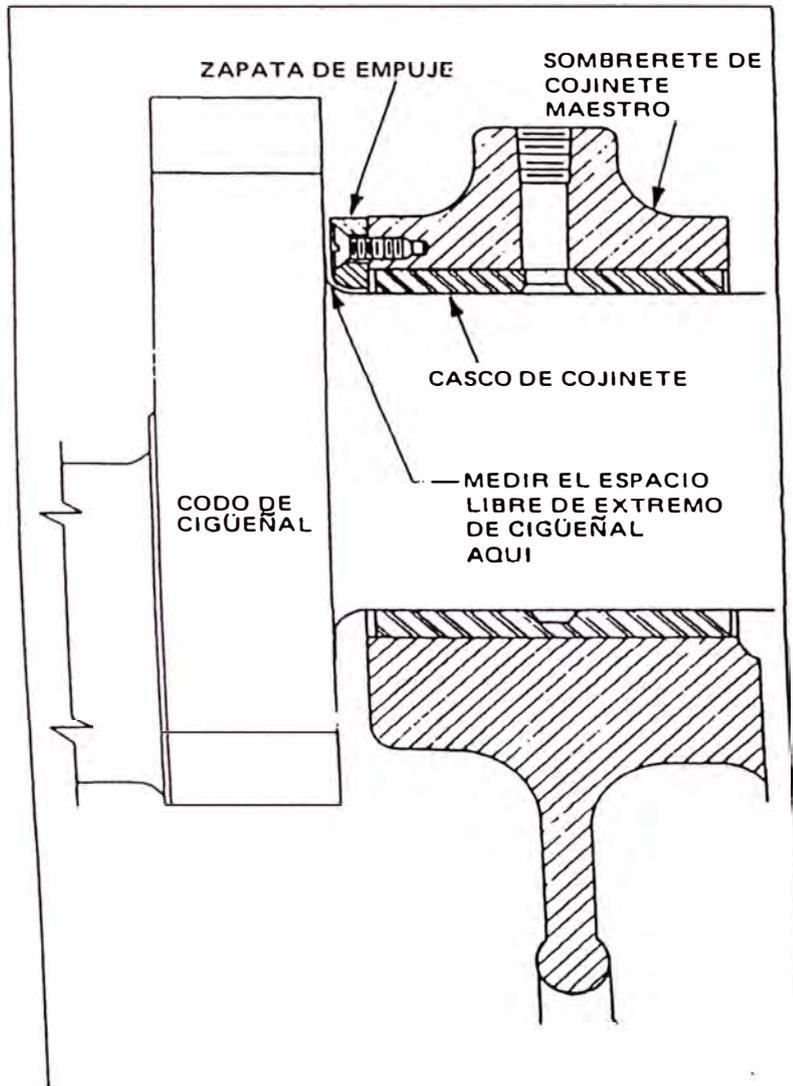
4.2.1.4 Si fuera necesario, extraer la calza y limar las lengüetas hasta que estén al ras con el cojinete, hasta 0.003 PULG. Más atrás del cojinete. Al limar la lengüeta, tener cuidado de mantener la cara del extremo perpendicular a la calza y paralela al cigüeñal.

4.2.1.5 Instalar la calza, la tapa de bancada con el metal superior, los seguros y los pernos de la tapa. Empujar cada calza hacia delante y ajustar los pernos de la tapa de bancada hasta obtener la torsión especificada.

4.2.1.6 Volver a comprobar el espacio libre entre la lengüeta y el cigüeñal en cada una de las calzas por medio de láminas calibradoras, para ver si la lengüeta está al ras con el cojinete.

#### **4.2.2 Ajuste del empuje del cigüeñal.**

El empuje del extremo del cigüeñal (ver figura 4-6) es recibido por zapatas de bronce empernadas en las caras de las tapas de bancada N° 2 y N° 3 a partir del extremo de impulsión de la unidad, quienes empujan contra los brazos de los codos del cigüeñal N° 2 y N° 3 respectivamente, contando a partir del extremo de impulsión.



Disposición del empuje del cigüeñal

FIGURA 4-6

Normalmente, el empuje del cigüeñal es despreciable, si el compresor se ha instalado apropiadamente con el cigüeñal nivelado. Las superficies de empuje primordialmente se utilizan para posicionar axialmente el cigüeñal.

El compresor se construye originalmente con un juego axial, comprendido dentro de las especificaciones técnicas. Si es necesario ajustar el juego axial, proceder de la siguiente manera:

El juego axial de cada zapata de empuje puede ajustarse aflojando y desplazando la tapa de bancada correspondiente según sea necesario. Debe haber un juego axial igual en cada cojinete de empuje, y el espacio libre total debe hallarse dentro de los límites prescritos. (Asegurarse de que el eje está en su posición normal de funcionamiento al ajustar el juego axial.).

#### **4.2.3 Ajuste de los patines de cruceta.**

Los patines deben tener el espacio libre indicado en las especificaciones técnicas, entre el patín superior y la guía superior de cruceta. Sin embargo, este espacio libre así como también el alineamiento de la barra de los pistones, deben comprobarse antes de poner en marcha una unidad, así como también después de

todo cambio de patines de cruceta, crucetas, barras de pistón, pistones y cilindros de compresor.

Se recomienda que se ajusten o reemplacen los patines de cruceta cuando se vuelvan ruidosos o cuando la desviación de la barra del pistón exceda los límites especificados.

Con el cilindro del compresor correctamente instalado y con la tuerca de seguridad de la barra del pistón ajustada, Revisar la cruceta para asegurarse de que descansa totalmente en la guía inferior. Hacer esto mediante la comprobación del espacio libre debajo del patín inferior de la cruceta; Una lámina calibradora de 0,0015 PULG. No debe penetrar entre el centro del patín inferior y la guía a ambos lados del patín.

Medir el espacio libre entre el patín superior y la guía superior en las cuatro esquinas. Anotar estos espacios libres para referencia futura.

Las instrucciones dadas a continuación describen el procedimiento recomendado para la comprobación y el ajuste de la desviación de la barra del pistón del compresor.

- 4.2.3.1 Montar un indicador de cuadrante en la horquilla del cilindro de manera que se pueda leer encima de la barra del pistón. Asegurarse de que el indicador esté firmemente montado, y colocar el cuadrante en la marca de cero.
- 4.2.3.2 Hacer girar el compresor una revolución completa, observando la fluctuación total en el cuadrante del indicador. El desplazamiento total hacia ambos lados del cero es la desviación vertical indicada de la barra del pistón.
- 4.2.3.3 La desviación vertical de la barra del pistón puede ajustarse añadiendo o disminuyendo calzas entre la cruceta y su patín inferior. Si la barra del pistón está elevada en el extremo del pistón, hay que añadir calzas debajo del patín inferior. Si la barra está elevada en el extremo de la cruceta, hay que quitar calzas de debajo del patín inferior. Tener siempre en cuenta que el espesor de calza aumentado o disminuido en un patín debe luego aumentarse o disminuirse en el otro patín, con el fin de mantener el espacio libre requerido entre el patín superior y la guía.

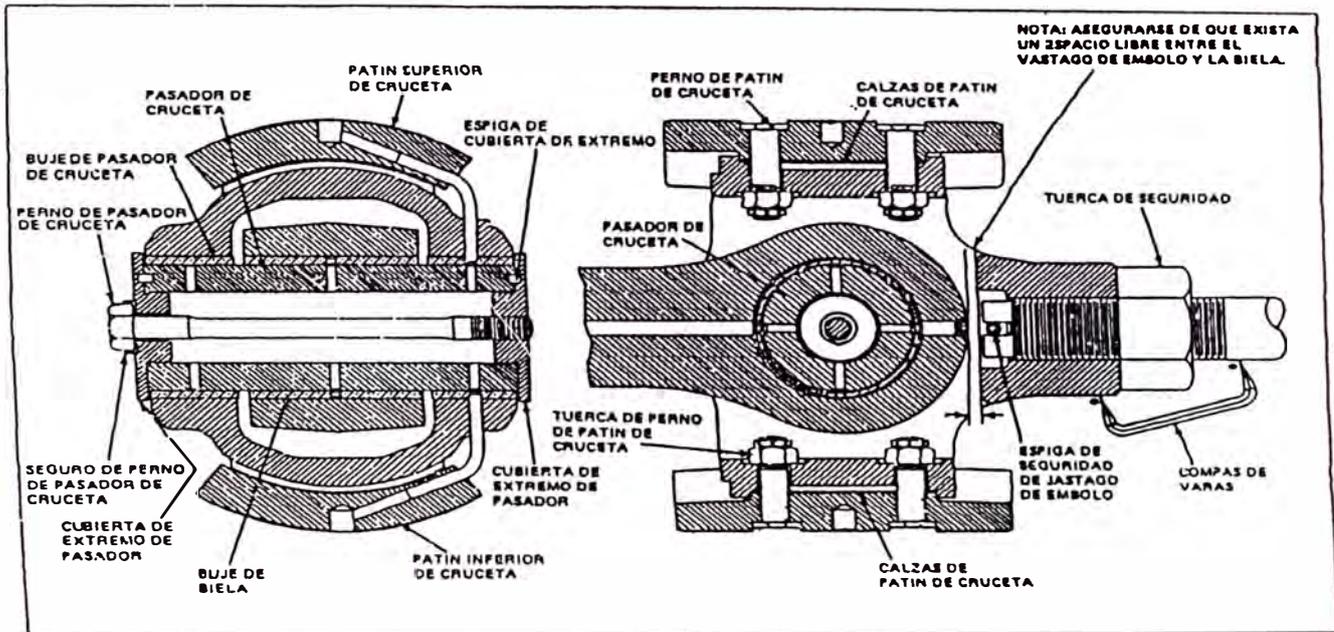
4.2.3.4 Debido a que la desviación de la barra del pistón se comprueba y ajusta inicialmente con las piezas frías, la barra normalmente debe colocarse un poco más bajo en el extremo del pistón con el fin de compensar la expansión del pistón durante el funcionamiento bajo condiciones normales de carga y temperatura. La diferencia de alturas entre la cruceta y el pistón es determinada por el tamaño y material del pistón. (Los pistones más grandes deben colocarse un poco más bajo para compensar el incremento de expansión; de igual manera, los pistones de aluminio se expandirán más que los pistones de hierro fundido.) Generalmente, el límite en la diferencia de alturas (El émbolo más abajo) debe ser de alrededor de 0,002 PULG. De la desviación indicada del vástago. Bajo ninguna circunstancia se debe colocar el émbolo más abajo de una desviación indicada de 0.003 PULG.

4.2.3.5 Para ajustar el espesor de las calzas (ver figura 4-7) es necesario extraerlas de debajo del patín de cruceta. Para extraer el patín, tirar del pasador de cruceta, entonces se pueden extraer las tuercas de perno del patín de cruceta, haciendo girar esta última en las guías para permitir la extracción del patín a través de la abertura lateral de

inspección de la extensión del block. Sacar el patín y añadir o quitar láminas, según se requiera. Generalmente el aumento o disminución de una lámina alterará la desviación indicada de la barra alrededor de 0,001 PULG. ; De lo que se deduce que para elevar la desviación indicada del vástago 0,002 PULG. En el extremo de cruceta, será necesario añadir dos láminas a la calza utilizada debajo del patín inferior. Siempre añadir o quitar el mismo número de láminas en el patín superior, con el fin de mantener el espacio libre requerido entre el patín y la guía.

4.2.3.6 Después de ajustar cada patín, Volver a comprobar la desviación de la barra del pistón con un indicador de cuadrante según lo explicado anteriormente. Comprobar siempre la desviación de la barra con la tuerca de seguridad de la cruceta de la barra del pistón, firmemente apretada, ya que una tuerca floja puede alterar la lectura de la desviación.

4.2.3.7 Después de ajustar la desviación del vástago, y antes de poner en marcha el compresor, Comprobar el espacio libre entre la barra del pistón y los prensaestopas.



Cruceta de compresor del tipo de pasador flotante

FIGURA 4-7

4.2.3.8 No hay ajuste para la desviación horizontal de la barra del pistón. Sin embargo, es importante medir esta desviación por medio de un indicador de cuadrante que lea a un lado de la barra. Si la desviación horizontal indicada de la barra es superior a 0,003 PULG. hay que localizar y corregir la causa. Revisar las superficies en contacto del cilindro, horquilla y block en busca de impurezas, rebabas o muescas. Otra causa posible para el desalineamiento es una tuerca de seguridad de cruceta mal ajustada o una tuerca que no está perfectamente asentada en la cruceta. También se debe investigar la posibilidad de que los apoyos o las tuberías del cilindro estén tirando de este último y causando la desviación.

4.2.3.9 Después de operar el compresor durante al menos cuatro horas, bajo condiciones de carga y temperatura totales, se deben comprobar tanto el alineamiento de la barra del pistón, como el espacio libre entre la guía y el patín superior de la cruceta. Estas comprobaciones deben efectuarse inmediatamente después de la detención del compresor y antes de que las piezas hayan tenido tiempo de enfriarse. La desviación de la barra del pistón debe ser tan cercana a cero como sea posible y no debe ser superior

a 0,003 PULG. En ningún plano. El mínimo espacio libre aceptable entre el patín superior de la cruceta y la guía con las piezas a temperatura de operación se da en las especificaciones técnicas.

Si es necesario quitar láminas para obtener este espacio libre, asegurarse de que las mismas se quitan de debajo del patín superior.

### **4.3 Armado del radiador.**

El armado del radiador es sencillo, es cuestión de armar el conjunto estructura, tinajas de enfriamiento y ventilador, con su respectivo templador de fajas y tanque auxiliar de agua.

### **4.4 Ensamble del conjunto compresor- motor- radiador.**

#### **4.4.1 Nivelación del compresor.**

Para ensamblar estos tres equipos en conjunto, primero nivelamos el compresor y su patín ( Nota: El block del compresor viene montado y cimentado en el patín, sobre este patín también se instalarán el motor y el radiador. ) usando un nivel de precisión en ambas direcciones e instalando calzas debajo del patín en donde sea necesario con la ayuda de pernos de nivelación.

#### **4.4.2 Nivelación del motor.**

De vez en cuando se ha determinado que algunos casos de daños al cigüeñal, bloque de cilindros y cojinetes, se deben a que el montaje incorrecto de los motores sobre los patines, ha producido una deformación definida en el motor.

No se puede considerar completa ninguna instalación hasta haber comprobado este factor.

Siempre es deseable colocar suplementos o calzas debajo del motor y del equipo impulsado, a fin de que cualquier futuro problema cuando se reconstruyan o reemplacen, no produzca una situación en la cual para lograr la alineación correcta, haya que rebajar metal de la parte inferior del motor o del patín, lo cual es impráctico.

Es recomendable realizar el siguiente procedimiento para calzar motores montados sobre patines o largueros.

##### **4.4.2.1 Tratar de obtener una imagen fiel de la deformación.**

Si es posible utilizar tres micrómetros de esfera; aflojar todos los tornillos de anclaje a un lado del motor. Si solo se tiene un micrómetro, tomar las lecturas en cada extremo y

en el centro; para ello, afloje y vuelva a apretar todos los tornillos de anclaje para cada lectura. Aunque esto significa trabajo adicional, es la única forma de localizar un patín combado con un solo micrómetro. Además, cerciorarse de que todo el patín esté sujeto en su soporte y que los tornillos en el lado opuesto estén apretados de manera uniforme.

Si el motor oscila lateralmente debido a que los tornillos están flojos en ambos lados, se tendrán lecturas incorrectas.

#### 4.4.2.2 Cerciorarse de que el motor apoya contra el patín.

En muchos casos en que parece en que el patín parece estar alto y que el motor descansa sobre ese punto alto, la causa son pedacitos de soldadura, rebabas, cuerpos extraños e incluso incrustaciones y pintura que hay entre la base del motor y el patín.

Es una pérdida de tiempo tratar de calzar el resto de la base del motor en un lado, para que coincida con un diminuto punto alto. El procedimiento correcto es aflojar los tornillos de anclaje, levantar el motor lo suficiente con gatos

y limar o pulir el patín o la base del motor hasta dejarlos planos y lisos.

#### 4.4.2.3 Hacer una prueba con suplementos y comprobarlos.

El procedimiento para instalación de calzas o suplementos es a base de cortarlos y probarlos. Utilice material para suplementos de acero o latón para formar un grupo de suplementos para prueba. Recordar que la superficie del grupo de los suplementos debe ser lo bastante grande para soportar el considerable peso y presión del motor cuando se aprietan los tornillos de anclaje.

Los suplementos muy pequeños o que no están correctamente apilados, tienden a desplazarse con la carga y a dar lecturas falsas. Cuando el espesor del grupo de suplementos está ya correcto, el apretamiento o aflojamiento de los tornillos de anclaje en ese motor, apenas producirá movimiento de la aguja del micrómetro, aunque se considera normal que los suplementos aumenten en espesor entre 0,0005" y 0,001" al liberar la compresión.

#### 4.4.2.4 Elaborar el grupo final de suplementos.

Hasta donde sea posible, los suplementos finales deben ser de placas de acero de tal espesor, que solo sea necesario llenar unas cuantas milésimas de pulgada con laminillas.

Use siempre suplementos de la anchura deseada, para que toda la superficie de montaje de la base apoye contra ellos. No limitarse a poner suplementos solo en el borde externo de la base del motor.

Si la brida del patín está deformada de modo que no se puede colocar el mismo espesor de suplementos en los bordes interno y externo de la superficie de montaje del motor en la base para el depósito de aceite, instalar el suplemento adicional necesario en el sitio en donde hay mayor abertura, debajo del suplemento grueso para que éste quede al ras contra el motor. No poner el suplemento grueso debajo del motor ni tratar de introducir trozos pequeños de material delgado entre el suplemento grueso y la superficie de la base del motor.

En esta clase de situación, es preferible levantar ligeramente el motor con gatos y colocar los suplementos necesarios en un grupo sólido y estable, con el suplemento más grueso en la parte superior y de un tamaño que se extienda a toda la anchura de la superficie para montaje del motor. Después, bajar el motor para que apoye contra el grupo de suplementos.

#### 4.4.2.5 Comprobar el trabajo en ambos lados.

Cuando se han colocado las calzas o suplementos en ambos lados como se recomienda, repita las comprobaciones con micrómetro a fin de tener la seguridad de que la colocación de suplementos en el segundo lado no afectó el resultado inicial obtenido en el primer lado.

### **4.4.3 Alineamiento Motor – Compresor**

Después de que se ha nivelado el motor y el compresor, se han colocado el espesor aproximado de suplementos y se han apretado los tornillos de anclaje, ya se puede alinear el equipo impulsado.

El procedimiento para alineación puede variar ligeramente según el tipo de equipo impulsado. En general el propósito es el mismo: Hacer que el eje de impulsión del equipo quede alineado con el

cigüeñal del motor, concéntrico y que la línea de centro del eje de impulsión quede paralela con la línea de centro del cigüeñal.

En nuestro caso usaremos dos micrómetros de esfera uno para medir la desviación radial y otro para medir la desviación angular.

4.4.3.1 Montar un indicador de cuadrante para lectura en el borde externo del cubo de acoplamiento del compresor y el otro indicador para lectura en la cara frontal del cubo.

4.4.3.2 Hacer girar los equipos una revolución y colocar ambos indicadores en la máxima posición vertical con respecto al volante del motor; luego utilizando un lápiz de marcar o una tiza, trazar una señal de referencia en el volante y en la caja del volante. Estas serán las señales de referencia "cero".

4.4.3.3 Trazar señales en la caja del volante a  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $270^\circ$ . Estas señales se utilizarán como puntos de referencia para tomar las lecturas de los indicadores de cuadrante.

4.4.3.4 Utilizando una palanca, mover el cigüeñal del motor hacia el frente (alejándolo del compresor) y el cigüeñal del

compresor hacia el lado de la bomba de aceite (alejándolo del motor).

4.4.3.5 Colocar en cero los indicadores de cuadrante, con el volante del motor en las señales de referencia verticales, hacer girar los equipos hasta la señal de 90° y tomar una lectura, hacer lo mismo en las señales de 180° y 270° y regresar luego al punto inicial. Volver a comprobar el ajuste de cero, en el punto inicial. Asegurarse primero de que los cigüeñales del motor y del compresor se han movido de acuerdo a lo indicado en el paso 4.4.3.4 antes de registrar las lecturas de los indicadores en cada punto de referencia.

4.4.3.6 Comparar las lecturas de los indicadores de cuadrante para determinar los puntos principales de desalineamiento.

El desalineamiento del acoplamiento debe ser tan cerca de cero como sea posible, y no debe sobrepasar 0,005 PULG. Si fueran necesarios mas ajustes del alineamiento, hacerlo quitando o aumentando calzas de los puntos de montaje del motor y, si fuese necesario, moviendo el motor hacia un lado, utilizando pernos de gato apoyados en los lados de la base del motor.

#### **4.4.4 Alineamiento Motor – Radiador.**

El alineamiento Motor - Radiador es más sencillo, solo debemos verificar que está nivelado y que la polea de varios canales del cigüeñal del motor esté alineada con las poleas del ventilador y del templador de fajas del radiador.

**CAPITULO 5**  
**EVALUACION DEL COSTO DE REPARACION.**

La reparación general de esta unidad ha costado aproximadamente 193 000 US dólares distribuidos de la siguiente manera:

Equipo	Servicios de terceros	Materiales y suministros	Total
Compresor	11 048	75 986	87 034
Radiador	1 728	12 368	14 096
Motor	3 345	88 000	91 345
Total	12 776	176 354	192 475

El costo aproximado de un equipo similar nuevo es de 800 000 US dólares.

La diferencia entre el costo de un equipo reparado y el de un equipo nuevo es abismal como se puede observar, Y por experiencia podemos decir que con el equipo reparado vamos a trabajar tan bien como con un equipo nuevo por las siguientes 40 000 horas de funcionamiento, que es lo que recomienda el fabricante (Nota: El compresor que va a ser reemplazado por esta unidad ya tiene mas de 67 000 horas de trabajo y también ha sido reparado en nuestros talleres.).

En el área de Lobitos Mar (que es a donde va a ir este equipo) hay 13 compresores que comprimen gas, el cual es usado para producir petróleo (Ver figura número 5-1.) por el sistema de Gas Lift.

La cantidad de petróleo producido en el área de Lobitos Mar es de un promedio de 3 411 barriles de petróleo por día.

El precio del petróleo está sujeto a variaciones pero para nuestro análisis, podemos considerar un valor de 30 US. dólares por barril.

De esto se deduce que la participación en la producción de cada compresor es de  $3\,411 / 13 = 262$  barriles de petróleo por compresor por día, o lo que es igual,  $262 \times 30 = 7\,860$  US. Dólares por compresor por día.

La rentabilidad de estos equipos es bastante alta, es por eso que no nos podemos permitir el lujo de tener cualquiera de estos equipos inoperativos por mucho tiempo, solo lo estrictamente necesario.

Para ejecutar la evaluación económica, tenemos que considerar también el costo de la instalación del equipo reparado en reemplazo del equipo existente; para ello se usa 1 día de barcaza el cual asciende a 4 300 U.S. Dólares, 1 día de remolcador a un costo de 1 900 U.S. Dólares, trabajos de gasfitería, corte y soldadura por un valor de 3 000 U.S. Dólares, 4 000 U.S. Dólares por transporte terrestre y materiales varios, y una semana de parada del compresor, lo cual equivale a 55 020 U.S. Dólares por pérdida de producción; todo esto suma 68 220 U.S. Dólares, lo cual viene a ser el costo de la instalación.

El valor de la inversión será por lo tanto la suma del costo de la instalación mas el costo de la reparación de equipo, esto nos da como resultado, la suma de 260 695 U.S. Dólares.

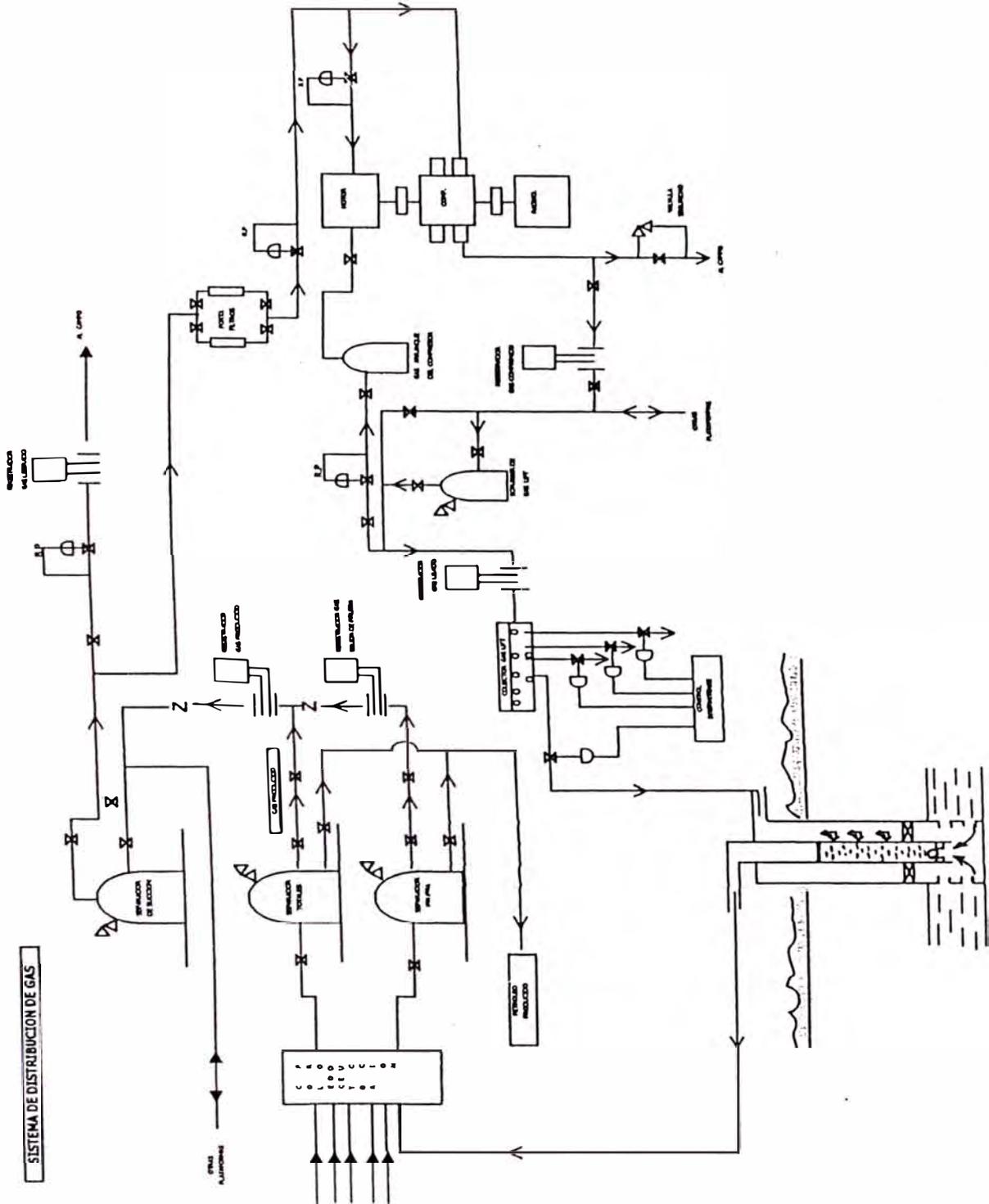
Si dividimos el costo de la inversión entre lo producido en dólares por el compresor cada día, obtenemos el tiempo en que vamos a recuperar la inversión, o sea  $260\ 695 / 7\ 860 = 33$  días.

la ganancia la calculamos multiplicando la producción diaria del compresor por 30 US. Dólares por 365 días, lo cual nos da la cantidad de 2 868 900 US. Dólares anuales.

El costo de mantenimiento promedio real lo obtenemos de los gastos registrados en nuestro sistema contable el cual asciende a 22 000 US. Dólares anuales.

Vamos a considerar para nuestros cálculos una tasa de impuesto del 30 % y una tasa de descuento del 15 %.

40 000 horas de funcionamiento equivalen aproximadamente a 5 años y consideramos un valor de recuperación de cero porque al final de los 5 años hay que volver a invertir la misma cantidad en el equipo.



SISTEMA DE DISTRIBUCION DE GAS

FIGURA 5-1

**EVALUACION ECONOMICA.**

**PROYECTO.**

**REPARACIÓN GENERAL DE UNA UNIDAD COMPRESORA DE GAS NATURAL DE 2 500 000 PCPD DE TRES ETAPAS PARA LA PLATAFORMA “YY” DE LA EMPRESA “PETROTECH PERUANA S.A.”**

	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1 – 5</b>
<b>INVERSIÓN</b>	260 695	
<b>GANANCIA</b>		2 868 900
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>		- 22 000
<b>DEPRECIACION</b>		- 52 139
<b>GANANCIA ANTES DE IMPUESTOS</b>		2 794 761
<b>GANANCIA DESPUÉS DE IMPUESTOS</b>		1 956 332
<b>FLUJO DE CAJA</b>		2 008 471
<b>VALOR ACTUAL</b>		6 732 706
<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>		7.7

## CONCLUSIONES.

La reparación de un equipo completo Compresor – Motor – Radiador resulta mas económico que comprar un equipo nuevo, salvo que los Cuerpos del Motor, Compresor y Radiador, estén totalmente inutilizados y su reparación no garantice un funcionamiento libre de problemas del equipo lo cual puede ocurrir pero es poco frecuente.

Del análisis económico se desprende que la reparación general de un equipo que ha cumplido sus horas de trabajo está plenamente justificada, siendo preferible efectuar la reparación a tiempo, en lugar de postergarla ya que nos arriesgamos a que el equipo sufra desperfectos mayores, lo cual implica una reparación mas cara y una mayor perdida de producción por no tener una unidad de reemplazo.

En esta empresa así como en muchas otras, siempre hay que estar listos y prevenidos ante cualquier eventualidad, es por eso que siempre procuramos tener una máquina o equipo de cada tipo disponible y listo para su instalación. Esto como hemos visto, está plenamente justificado económicamente.

La pérdida de producción por cada día de parada del equipo es bastante alta, esto nos obliga a efectuar una buena reparación del equipo de tal manera que las paradas solamente sean para cambiar los componentes de vida corta como son filtros de aceite, filtros de aire, bujías, etc. Y para efectuar algunos ajustes y correcciones menores.

El sistema de reparación simultanea de los componentes por grupos diferentes da excelentes resultados en cuanto a calidad y rapidez del trabajo, siempre y cuando se trabaje de acuerdo a las especificaciones técnicas dictadas por el fabricante. En nuestro caso cada equipo dispone de las especificaciones técnicas del equipo que se está reparando.

Es interesante resaltar que durante toda la reparación, no se contamina el ambiente porque todos los residuos de aceite del equipo se drenan en unas pozas sin desfogue las cuales una vez que están llenas, son vaciadas por una camión cisterna el cual lleva estos líquidos que son derivados del petróleo a un punto en donde se mezcla con el petróleo producido.

## BIBLIOGRAFIA.

MARKS' Standard Handbook for Mechanical Engineers Eighth Edition.

VIRGIL MORING FAIRES, Termodinámica primera edición en español.

M. S. JOVAJ y G. S. MASLOV, Motores de Automóvil, Teoría, cálculo y estructura de los motores de combustión interna. Segunda edición

WAUKESHA VHP SERIES, operation and service catalog.

INGERSOLL RAND, 5 1/2" stroke RDS compressor operation and service catalog.

## **PLANOS**

# PLANO 1



# PLANO 2

# PLANO 3

# PLANO 4

# PLANO 5

# PLANO 6

## **APENDICE**

## **RECOMENDACIONES TECNICAS DEL MOTOR**

**WAUKESHA SERIE VHP**

**RECOMENDACIONES GENERALES DE TORSION**

Los valores especificados en la tabla sólo se deben usar en ausencia de instrucciones específicas sobre torsión y no son una autorización para cambiar los valores de torsión existentes. Es permisible una tolerancia de  $\pm 3\%$  en estos valores, que son para roscas aceytadas.

MATERIAL TRATADO TERMICAMENTE, GRADO SAE 5 Y GRADO SAE 8				
MEDIDA DE ROSCA	NOTA: AUMENTAR LOS VALORES EN 30% PARA ROSCAS SECAS			
	GRADO 5 (3 marcas radiales en la cabeza del tornillo)		GRADO 8 (5 marcas radiales en la cabeza del tornillo)	
	Kgm	Pies-Libras	Kgm	Pies-Libras
1/4-20	0,8	6	1,2	9
1/4-28	0,9	7	1,5	11
5/16-18	1,8	13	2,5	18
5/16-24	2,1	15	2,9	21
3/8-16	3,3	24	4,7	34
3/8-24	3,7	27	5,3	38
7/16-14	5,3	38	7,5	54
7/16-20	5,8	42	8,7	60
1/2-13	7,9	58	11,3	82
1/2-20	8,9	65	12,4	90
9/16-12	11,7	84	16,6	120
9/16-18	12,9	93	18,3	132
5/8-11	15,7	115	22,8	165
5/8-18	17,9	130	25,6	185
3/4-10	28,4	205	40,1	290
3/4-16	31,8	230	44,3	320
7/8-9	42,2	305	62,9	455
7/8-14	46,3	335	71,2	515
1-8	62,9	455	96,1	695
1-14	70,5	510	108,6	785
1-1/8-7	84,4	610	136,9	990
1-1/8-12	94,7	685	153,5	1110
1-1/4-7	118,9	860	193,6	1400
1-1/4-12	132,1	955	214,4	1550
1-3/8-6	156,3	1130	253,1	1830
1-3/8-12	178,4	1290	288,4	2085
1-1/2-6	207,5	1500	336,1	2430
1-1/2-12	233,7	1690	377,5	2730
1-3/4-5	327,8	2370	526,9	3810
2-4-1/2	490,9	3550	796,6	5760

**AJUSTES Y HOLGURAS**



ML-2-93

Los tornillos de las culatas siempre se deben apretar en el orden correcto ilustrado. La primera vez que apriete, aplique el 25% de la torsión en orden; luego, en cada ocasión sucesiva, aumente la torsión otro 25% del valor total, hasta llegar a la torsión final. Para tener la seguridad de que se llegó a la torsión correcta, repita el orden de apretamiento con la llave de torsión graduada al valor total de torsión. Recuerde volver a apretar todas las culatas de cilindros que se hayan reemplazado, después de haber tenido en marcha el motor, ya sea en marcha mínima o después de las pruebas con carga.

**ORDEN PARA APRETAR TUERCAS DE LA CULATA. SE ILUSTRA TAMBIEN POSICION DE VALVULAS DE ADMISION Y ESCAPE.**

**RECOMENDACIONES DE TORSION**

Los valores expresados son para roscas aceitadas.

	<u>Kgm</u>	<u>Pies-Libras</u>
Culatas de cilindros. (Consulte la ilustración en esta página para el orden de apretamiento de las tuercas de la culata)		
Espárragos de 25,4mm (1.0"), diseño actual . . . . .	86,4-89,9	625-650
Espárragos de 22,2mm (7/8") . . . . .	61,7-62,2	446-450
Cojinetes principales. (Consulte en la página anterior el orden de apretamiento de tuercas de tapas de cojinetes principales y de tornillos transversales.)		
Tuercas "Elastic Stop" . . . . .	37,5-38,6	271-279
Tornillos transversales de tapas . . . . .	33,5-34,6	242-250
Bielas . . . . .	24,2-26,6	175-192
Inyectores:		
Filtro tipo de "hoja" al inyector . . . . .	8,9-9,9	65-72
Tapón de salida de combustible . . . . .	6,2-6,9	45-50
Tapón del resorte . . . . .	8,0-9,9	58-72
Contratuercas del tornillo de ajuste . . . . .	0,96-1,1	7-8
Tuercas de tapón de tobera . . . . .	10,4-13,9	75-100
Tapa de balancines, de aluminio . . . . .	4,1-4,8	30-35
Inyector a culata (cabeza) . . . . .	2,63-3,11	19-23

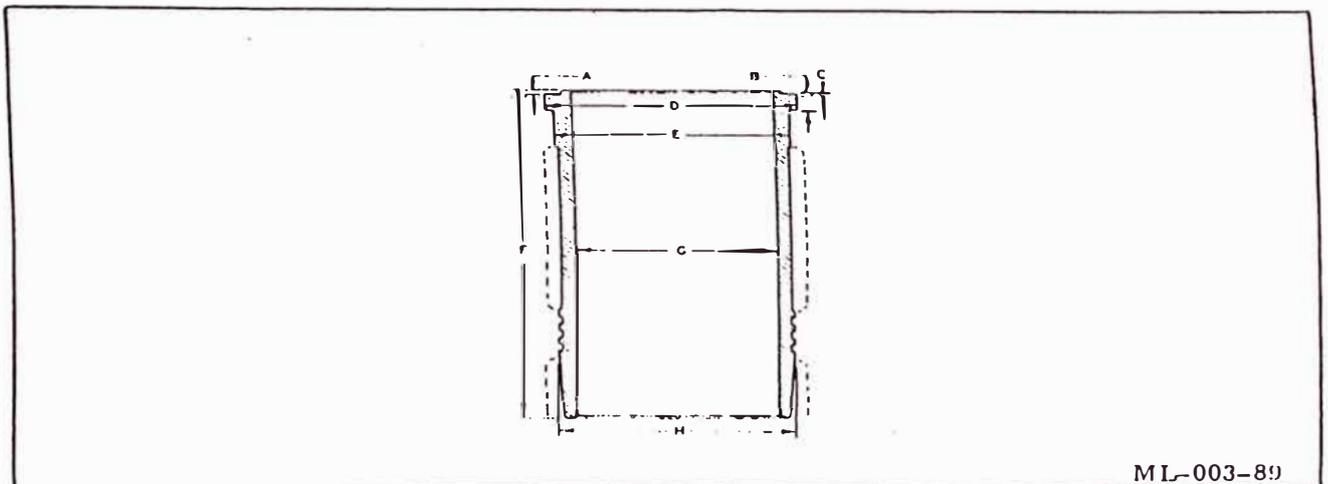
## WAUKESHA SERIE VHP

### RECOMENDACIONES DE TORSION (Cont.)

	<u>Kgm</u>	<u>Pies- Libras</u>
Tuerca de engrane de árbol de levas . . . . .	59,8-62,2	433-450
Tuerca de engrane loco (en el bloque de cilindros, rosca izquierda):		
Tuerca de auto-sujeción . . . . .	92,9-94,5	667-683
Tuerca normal (standard) . . . . .	103,7-107,7	750-779
Tuerca de engrane loco (en tapa de cojinete, husillo sólido) . . . . .	24,2	175
Tuerca de engrane loco (en tapa de cojinete, husillo hueco) . . . . .	41,5-44,3	300-320
Amortiguador de vibración . . . . .	12,1-12,7	87.5-92.0
Volante del Motor . . . . .	16,7-17,3	121-125
Depósito de aceite:		
Tornillos de 3/4-10 . . . . .	27,7-28,8	200-208
Tornillos de 1/2-13 . . . . .	16,6-17,4	120-126
Tornillos de tapas de balancines . . . . .	4,15-4,84	30-35
Tornillos de levantadores hidráulicos, Motores de gas (tipo fijo) . . . . .	8,3	60
Contrapesos del cigüeñal* . . . . .	66,8-69,2	483-500

\*NOTA: Comprobar torsión de los contrapesos entre 30 a 60 días después del arranque inicial y repetirlo a intervalos de un año.

**WAUKESHA SERIE VHP**



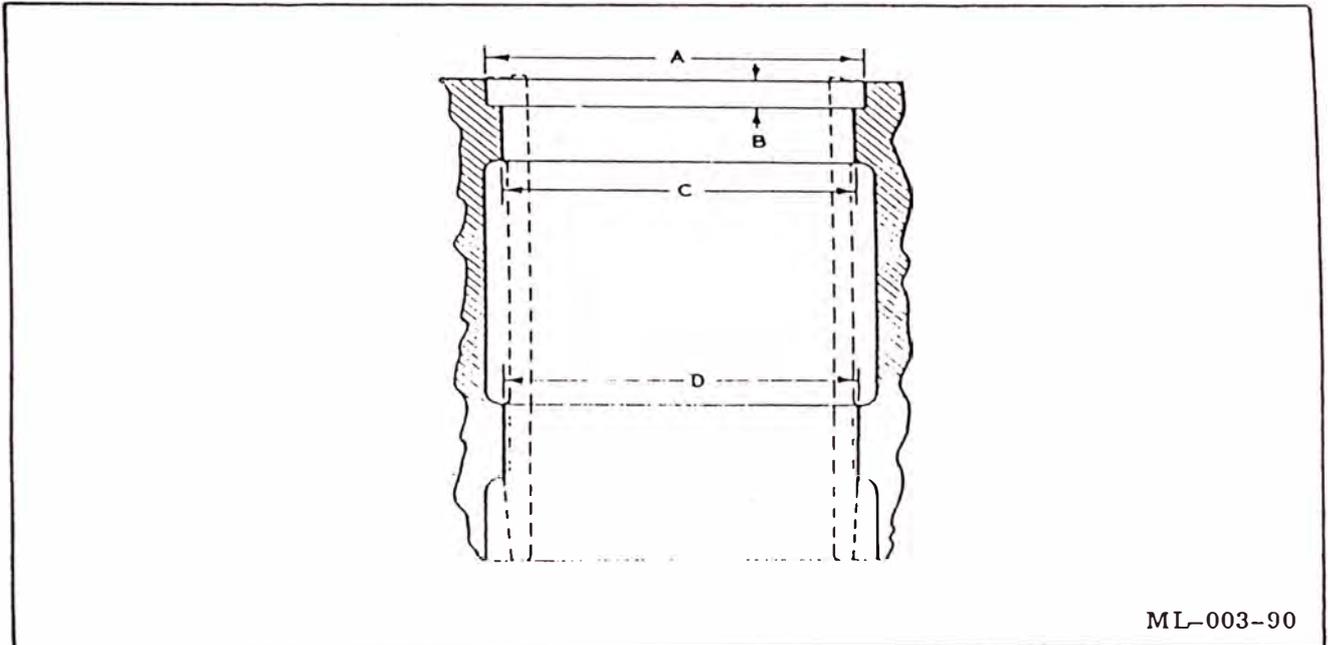
MI-003-89

**CAMISA DE CILINDROS TIPICA**

**CAMISAS DE CILINDROS - GAS**

	<u>Pulgadas</u>	<u>Milímetros</u>
Tipo . . . . .		Húmedo, Reemplazable
(A) Saliente de represa de calor . . . . .	0.045-0.049	1,14-1,24
(B) Altura de la ceja (camisas con anillo sellador para la ceja) . . . . .	0.5345-0.5365	13,57-13,62
Altura de la ceja (camisas actuales para motores de 8-1/2" de diámetro sin anillo sellador para la ceja) . . . . .	0.5635-0.5655	14,31-14,36
(C) Prominencia de la camisa sobre el bloque, con anillo sellador de 0,71-0,76mm (0.028-0.030") para la ceja . . . . .	0.000-0.006	0,000-0,152
Prominencia de la camisa sobre el bloque, motores actuales de 8-1/2" de diámetro sin anillo sellador para la ceja . . . . .	0.001-0.005	0,025-0,127
(D) Diámetro de la ceja:		
F2895, L5108G y L5790G (camisas originales) . . . . .	9.864-9.868	250,46-250,64
F2895, L5108G y L5790G (camisas actuales) . . . . .	10.188-10.190	258,77-258,82
F3521, L7042G . . . . .	10.616-10.618	269,64-269,69
(E) DE de camisa (debajo de la ceja):		
F2895, L5108G y L5790G (camisas originales) . . . . .	9.4375	239,72
F2895, L5108G y L5790G (camisas actuales) . . . . .	9.6875	246,05
F3521 y L7042G . . . . .	10.250	260,35
(F) Longitud de la camisa . . . . .	18.6250	473,07
(G) Diámetro interior de la camisa:		
F2895, L5108G y L5790G . . . . .	8.5003-8.5008	215,90-215,92
F3521 y L7042G . . . . .	9.3753-9.3758	238,13-238,14
(H) Diámetro de la camisa (área del sello inferior):		
F2895, L5108G y L5790G (camisas originales) . . . . .	9.4345-9.4380	239,63-239,72
F2895, L5108G y L5790G (camisas actuales) . . . . .	9.675-9.677	245,74-245,79
F3521 y L7042G . . . . .	10.243-10.245	260,17-260,22
Límite de ovalación de camisa (medida instalada) . . . . .	0.001	0,025
Holgura entre área de sello de camisa y bloque de cilindros . . . . .	0.000-0.0055	0,000-0,140

**WAUKESHA SERIE VHP**



ML-003-90

**CORTE SECCIONAL TIPICO DEL BLOQUE DE CILINDROS**

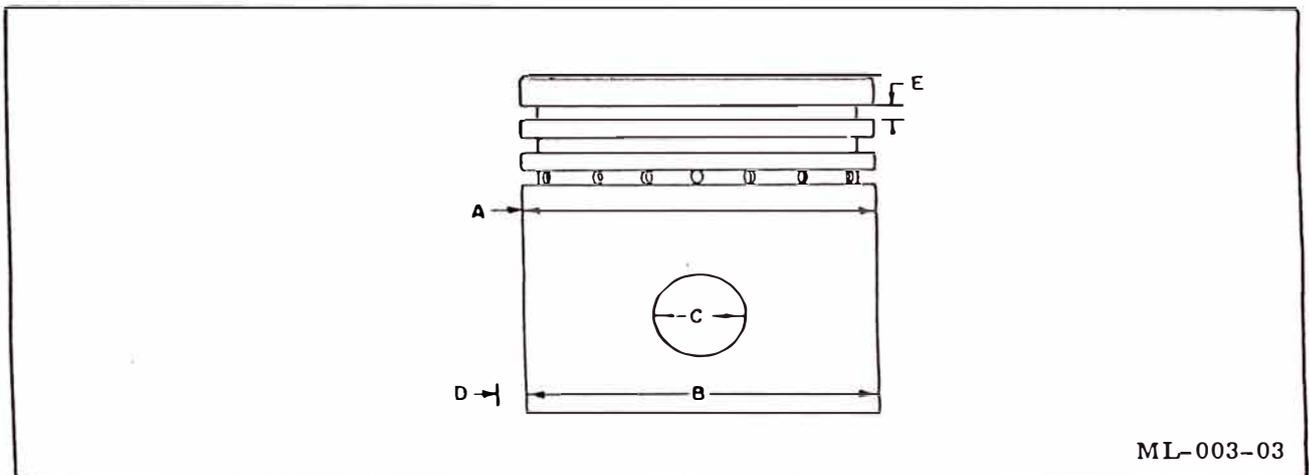
**BLOQUE DE CILINDROS - GAS**

	<u>Pulgadas</u>	<u>Milímetros</u>
(A) Diámetro de rebajo para camisas:		
F2895, L5108G y L5790G (camisas originales) . . .	9.875-9.877	250,82-250,85
F2895, L5108G y L5790G (camisas actuales) . . .	10.199-10.202	259,05-259,13
F3521 y L7042G . . . . .	10.625-10.628	269,87-269,95
(B) Profundidad de rebajo para camisa . . . . .	0.5605-0.5625	14,23-14,28
(C) Diámetro de parte superior de bloque de cilindros:		
F2895, L5108G y L5790G (camisas originales) . . .	9.500-9.510	241,30-241,55
F2895, L5108G y L5790G (camisas actuales) . . .	9.750-9.760	247,65-247,90
F3521 y L7042G . . . . .	10.312-10.317	261,92-262,05
(D) Diámetro de parte inferior de bloque de cilindros:		
F2895, L5108G y L5790G (camisas originales) . . .	9.438-9.440	239,72-239,77
F2895, L5108G y L5790G (camisas actuales) . . .	9.678-9.680	245,82-245,87
F3521 y L7042G . . . . .	10.246-10.248	260,24-260,29
Diámetro de cavidad para muñón de cojinete principal	6.615-6.630	169,20-169,24
Diámetro de cavidad para cojinete de árbol de levas:		
6 Cilindros . . . . .	3.752-3.753	95,30-95,32
12 Cilindros . . . . .	3.7495-3.7510	95,23-95,27

**WAUKESHA SERIE VHP**

**PASADOR DE PISTON - GAS**

	<u>Pulgadas</u>	<u>Milímetros</u>
Diámetro de pasador de pistón:		
Rojo . . . . .	2.9991-2.9994	76,17-76,18
Azul . . . . .	2.9994-2.9997	76,18-76,19
Longitud del pasador de pistón:		
F2895, L5108G y L5790G . . . . .	7.33375-7.34375	186,27-186,53
F3521 y L7042G . . . . .	8.33375-8.34375	211,67-211,93
Ajuste de pasador de pistón: (Seleccionar por color) para tener un ajuste flojo, empujándolo con la mano, a la temperatura ambiente . . . . .	0.0010-0.0015	0,025-0,038



PISTON TIPICO

**PISTONES - GAS**

	<u>Pulgadas</u>	<u>Milímetros</u>
Material del pistón . . . . .	Aluminio fundido, con baño de estaño	
Tipo de pistón . . . . .	Pulido excéntrico	
Pistones se sacan por: . . . . .	Parte superior del bloque	
Variación permisible en peso, por juego . . . . .	227 gramos (8 onzas)	
Centro de agujero para pasador hasta cabeza de pistón:		
Relación de compresión normal (standard)		
L5108G (8,25:1) . . . . .	6.245-6.255	158,62-158,87
F2895, L5790G (8,25:1) . . . . .	5.620-5.630	142,74-143,00
F3521, L7042G (8,00:1) . . . . .	5.465-5.475	138,81-139,06
Relación de compresión de 10,0:1:		
F2895, L5108G . . . . .	6.587-6.597	167,31-167,56
F3521, L5790G y L7042G . . . . .	6.087-6.097	154,61-154,86

## WAUKESHA SERIE VHP

### PISTONES - GAS (Cont.)

	<u>Pulgadas</u>	<u>Milímetros</u>
(A) Diámetro de la falda (parte superior): En línea con el agujero para el pasador:		
F2895, L5108G y L5790G . . . . .	8.461-8.462	214,90-214,93
F3521, L7042G . . . . .	9.336-9.337	237,13-237,16
A 90° del agujero para el pasador:		
F2895, L5108G y L5790G . . . . .	8.477-8.478	215,31-215,34
F3521, L7042G . . . . .	9.352-9.353	237,54-237,56
(B) Diámetro de la falda (parte inferior):		
En línea con el agujero para el pasador:		
F2895, L5108G y L5790G . . . . .	8.480-8.481	215,39-215,41
F3521, L7042G . . . . .	9.354-9.355	237,59-237,61
A 90° del agujero para el pasador:		
F2895, L5108G y L5790G . . . . .	8.488-8.489	215,59-215,62
F3521, L7042G . . . . .	9.362-9.363	237,79-237,82
(C) Diámetro de agujero para pasador:		
Rojo . . . . .	3.0004-3.0006	76,210-76,215
Azul . . . . .	3.0007-3.0009	76,217-76,222
(D) Holgura entre pistón y camisa (área de empuje):		
F2895, L5108G y L5790G . . . . .	0.0113-0.0128	0,2870-0,3251
F3521, L7042G . . . . .	0.0123-0.0138	0,3124-0,3505
(E) Anchura de ranuras:		
Superior, 2a. y 3a.:		
F2895, L5108G y L5790G . . . . .	0.189-0.190	4,80-4,82
Superior:		
F3521, L7042G . . . . .	0.1915-0.1925	4,86-4,88
2a. y 3a.:		
F3521, L7042G . . . . .	0.190-0.191	4,82-4,85
4a. y 5a.:		
F2895, L5109G y L5790G . . . . .	0.313-0.314	7,95-7,97
F3521, L7042G . . . . .	0.376-0.377	9,550-9,576

### PASADOR DE PISTON - DIESEL

Diámetro de pasador de pistón:		
Rojo . . . . .	2.9991-2.9994	76,17-76,18
Azul . . . . .	2.9994-2.9997	76,18-76,19
Ajuste de pasador de pistón (seleccionar por color) para tener un ajuste flojo, empujándolo con la mano, a la temperatura ambiente . . . . .	0.0010-0.0015	0,025-0,038
Longitud del pasador de pistón	7.437	186,52

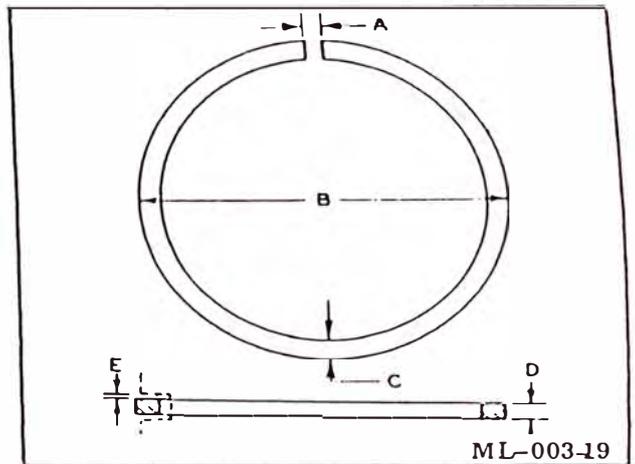
# WAUKESHA SERIE VHP

## ANILLOS DE PISTON - GAS

Anillo Superior . . Compresión, con corona, revestido con plasma

Segundo y Tercer Compresión, cara anillos . . . . . biselada (Marcados "Top" o "UP" en cara superior)

Cuarto anillo . . Anillo de aceite conformable, con expansor (Marcado "Top" o "UP" en cara superior)



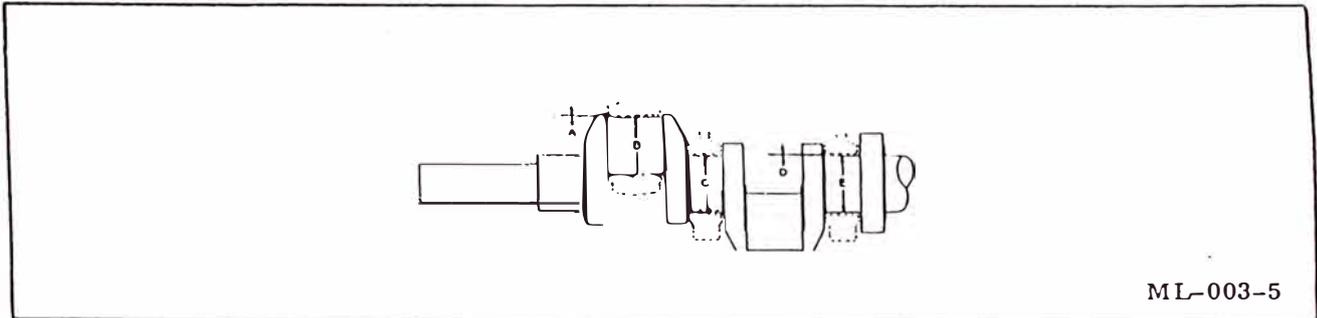
ANILLO DE PISTON TIPICO

NOTA: Las medidas en pulgadas aparecen entre paréntesis debajo de las medidas en milímetros

	Superior	2o. y 3o.	4o.	5o. (Si se usa)*
(A) Abertura entre puntas				
F2895, L5108G, L5790G	1,01-1,27 (0.040-0.050)	0,63-1,01 (0.025-0.040)	0,38-0,88 (0.015-0.035)	0,63-1,01 (0.025-0.040)
F3521, L7042G	1,14-1,39 (0.045-0,055)	0,76-1,14 (0.030-0.045)	0,38-0,88 (0.015-0.035)	0,38-0,88 (0.015-0.035)
(B) Diámetro de los anillos				
F2895, L5108G, L5790G	215,9 a 13,6 kilos mínimo (8.500 a 30 lbs. mfn)	215,9 a 6,8 kilos mínimo (8.500 a 15 lbs. mfn)	215,9 a 12,9 kilos (8.500 a 15 lbs. mfn)	215,9 a 7,7 kilos mínimo (8.500 a 17 lbs. mfn)
F3521, L7042G	238,1 a 9,9 kilos mínimo (9.375 a 22 lbs. mfn)	238,1 a 6,8 kilos mínimo (9.375 a 15 lbs. mfn)	238,1 a 10,8 kilos mínimo (9.375 a 24 lbs. mfn)	238,1 a 11,3 kilos mínimo (9.375 a 25 lbs. mfn)
(C) Pared del anillo				
F2895, L5108G, L5790G	7,62-8,00 (0.300-0.315)	7,62-8,00 (0.300-0.315)	5,71-6,09 (0.225-0.240)	7,72-8,10 (0.304-0.319)
F3521, L7042G	7,67-8,05 (0.302-0.317)	7,67-8,05 (0.302-0.317)	7,36-7,87 (0.290-0.310)	8,30-8,68 (0.327-0.342)
(D) Anchura del anillo				
F2895, L5108G, L5790G	4,69-4,73 (0.1850-0.1865)	4,66-4,69 (0.1835-0.1850)	7,83-7,87 (0.3085-0.3100)	7,86-7,89 (0.3095-0.3100)
F3521, L7042G	4,69-4,73 (0.1850-0.1865)	4,69-4,73 (0.1850-0.1865)	9,44-9,48 (0.3720-0.3735)	9,44-9,48 (0.3720-0.3735)
(E) Holgura lateral				
F2895, L5108G, L5790G	0,063-0,127 (0.0025-0.005)	0,101-0,165 (0.004-0.0065)	0,076-0,139 (0.003-0.0055)	0,051-0,114 (0.002-0.0045)
F3521, L7042G	0,127-0,190 (0.005-0.0075)	0,088-0,152 (0.0035-0.006)	0,063-0,127 (0.0025-0.005)	0,063-0,127 (0.0025-0.005)

\*Nota: No se usa en motores de producción y no se surte en los juegos para repuesto.

**WAUKESHA SERIE VHP**



ML-003-5

**CIGUEÑAL TIPICO**

**CIGUEÑAL**

	<u>Pulgadas</u>	<u>Milímetros</u>
Juego longitudinal del cigüeñal . . . . .	0.005-0.016	0,12-0,40
Ajuste del juego longitudinal (Anillos de empuje de sobremedida) . . . . .	0.010	0,25
Espesor de anillos de empuje (normal) . . . . .	0.216-0.218	5,48-5,53
(A) Holgura de funcionamiento de cojinete de biela (teórica) . . . . .	0.0026-0.0060	0,066-0,15
(B) Diámetro de muñón de cojinete de biela . . . . .	6.2485-6.2500	158,72-158,79
Modelo L5108G anterior . . . . .	5.749-5.750	146,02-146,05
Bajomedida máxima de muñón de cojinete de biela . . . . .	0.040	1,01
(C) Bajomedida máxima de muñón de cojinete principal . . . . .	0.040	1,01
(D) Holgura de funcionamiento de cojinete principal (teórica) . . . . .	0.0035-0.0074	0,088-0,188
(E) Diámetro de muñón de cojinete principal . . . . .	6.2485-6.2500	158,72-158,75

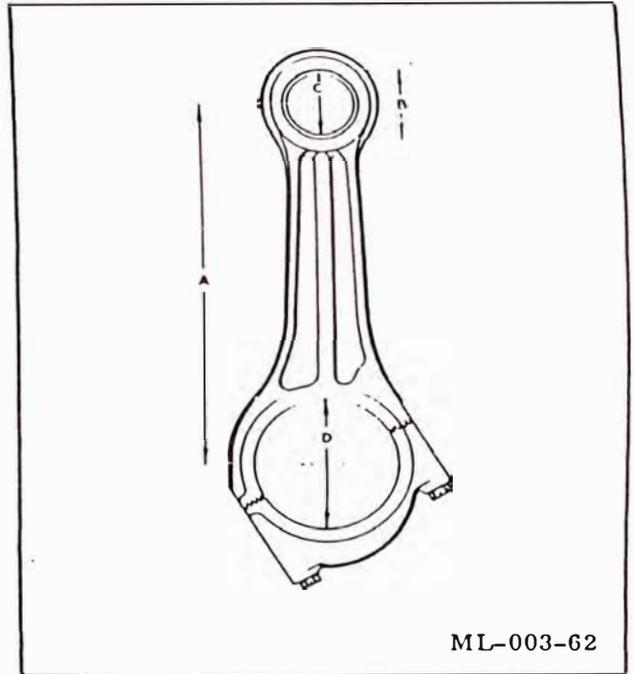
**ARBOL DE LEVAS**

Diámetro de muñones del árbol . . . . .	3.498-3.499	88,84-88,87
DI de buje para repuesto instalado (Motores de 6 Cilindros) (Se deben instalar con la palabra "FRONT" y la flechita hacia el frente) . . . . .	3.5010-3.5035	88,82-88,98
Holgura de funcionamiento de muñones del árbol de levas (teórica): Motores de 6 cilindros . . . . .	0.002-0.0055	0,051-0,150
Motores de 12 cilindros . . . . .	0.003-0.0056	0,076-0,142
Juego longitudinal del árbol de levas:		
Motores de 6 cilindros . . . . .	0.005-0.017	0,127-0,432
Motores de 12 cilindros . . . . .	0.005-0.008	0,127-0,203
Ajuste del juego longitudinal:		
Motores de 6 cilindros . . . . .	Reemplazar placa de empuje	
Motores de 12 cilindros . . . . .	Suplementos de 0,051mm (0.002")	
Espesor de placa de empuje: Motores de 6 cilindros . . . . .	0.515-0.525	13,08-13,33
Espesor de arillo de empuje: Motores de 12 cilindros . . . . .	0.154-0.156	3,91-3,96
Alzada de levas (Admisión y Escape) . . . . .	0.670	17,01
Relación de balancines . . . . .	1.0926:1	1,0926:1

**WAUKESHA SERIE VHP**

**VOLANTE DEL MOTOR Y CUBIERTA**

	<u>Lectura Total de Micrómetro</u>	
Desviación de cojinete de gufa . . . . .	0.005	0,12
Desviación de cara del volante:		
Volantes de 60 a 76cm (24" a 30") . . . . .	0.012	0,30
Volantes de 76cm (30") o mayores . . . . .	0.015	0,38
Desviación de agujero de cubierta . . . . .	0.015	0,38
Desviación de cara de cubierta . . . . .	0.010	0,25



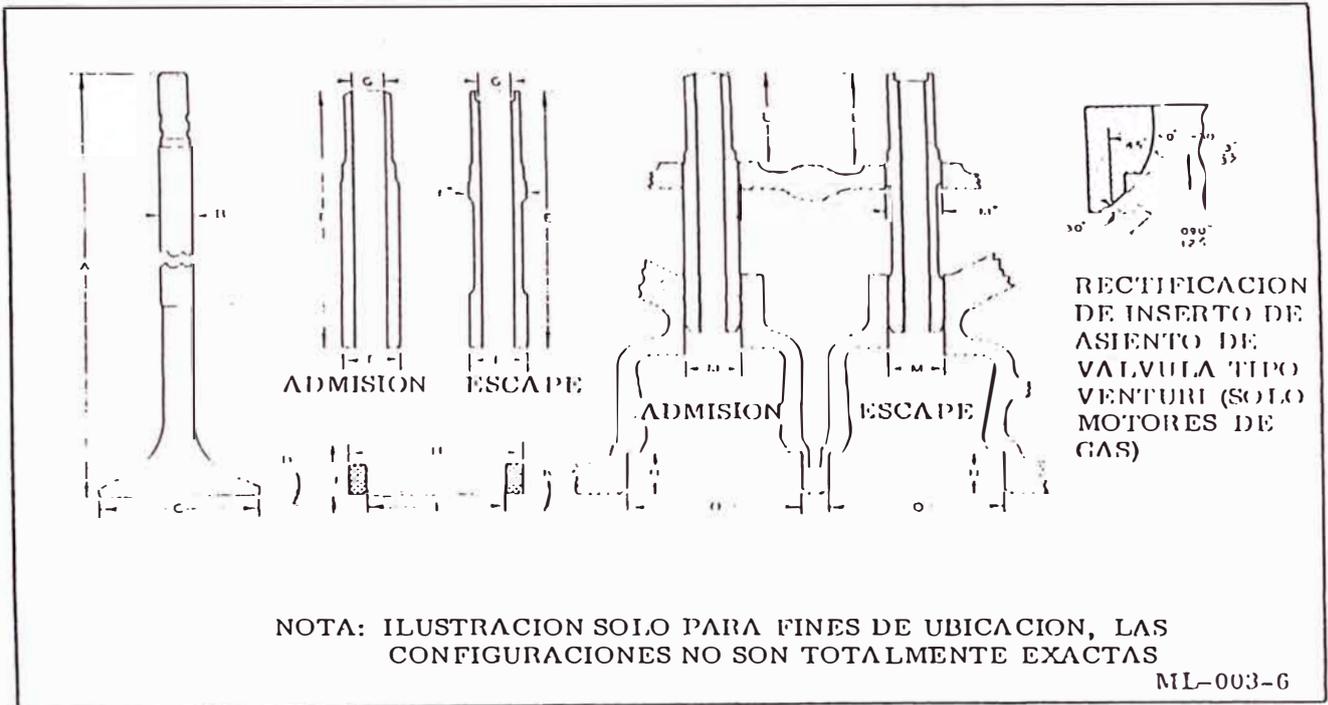
ML-003-62

**BIELA Y BUJE TÍPICOS**

**BIELAS, BUJE Y COJINETES**

	<u>Pulgadas</u>	<u>Milímetros</u>
Material de las bielas . . . . .	Forja de acero, tratado térmicamente	
Variación permisible en peso por juego . . . . .	2 onzas	56.7 gramos
(A) Longitud de biela, centro a centro . . . . .	18.001-18.003	457,22-457,25
(B) Tamaño acabado de ojo de biela . . . . .	3.250-3.251	82,55-82,57
(C) Diámetro de buje de biela (rectificado con diamante) (Instalar los 2 bujes con lados abiertos de las ranuras hacia dentro) . . . . .	3.0015-3.0020	76,23-76,50
Distancia del buje dentro del ojo de la biela . . . . .	0.0035-0.0065	0,08-0,16
Holgura de pasador en el buje . . . . .	0.0018-0.0029	0,04-0,07
(D) Tamaño acabado de parte inferior de biela . . . . .	6.625-6.626	168,27-168,30
Anchura de parte inferior de biela . . . . .	2.799-2.802	71,09-71,17
Anchura de cojinete de biela . . . . .	2.490-2.500	63,24-63,50
Holgura lateral de biela . . . . .	0.011-0.025	0,28-0,63
Holgura de funcionamiento de biela (teórica) . . . . .	0.0026-0.0060	0,06-0,15

WAUKESHA SERIE VHP



HOLGURAS DE MECANISMO DE VALVULAS Y ORIFICIOS DE VALVULAS

HOLGURAS DE MECANISMO DE VALVULAS Y ORIFICIOS DE VALVULAS - DIESEL

	Admisión y Escape	
	Pulgadas y/o Libras	Milímetros y/o Kilos
(A) Longitud de válvulas . . . . .	10-57/64	276,62
(B) Diámetro del vástago: Admisión . . . . .	0.557-0.558	14,14-14,70
Escape . . . . .	0.5593-0.5598	14,20-14,21
Conicidad hasta . . . . .	0.5575-0.5580	14,16-14,17
(C) Diámetro de cabeza de válvula . . . . .	2.825-2.835	71,75-72,00
(D) Angulo de cara de válvula . . . . .	44°30' ± 15'	44°30' ± 15'
(E) Longitud de la guía . . . . .	5-3/16	131,76
* (F) Diámetro superior exterior de guía de escape (Ver NOTA en la siguiente página) . . . . .	0.997-0.998	25,32-25,31
(G) Diámetro interior de guía (escariado) . . . . .	0.5608-0.5615	14,24-14,26
Holgura entre DI de guía y vástago: Admisión . . . . .	0.0028-0.0045	0,071-0,114
(H) Diámetro exterior de inserto . . . . .	3.128-3.129	79,45-79,47
(I) Diámetro interior de inserto . . . . .	2.360-2.365	59,94-60,07
(J) Profundidad del inserto . . . . .	0.706-0.710	17,93-18,03
(K) Angulo de asiento de inserto . . . . .	45° + 30' -0'	45° + 30' -0'
(L) Prominencia de guía en la culata . . . . .	1-3/4 ± 1/32	44,4 ± 0,79
(M) Agujero para guía en la culata . . . . .	1.000-1.0001	25,40-25,42
* (M) Cavidad superior para guía de escape en la culata (Ver NOTA en la página siguiente) . . . . .	0.995-0.996	25,27-25,29
(N) Profundidad de avellanado de inserto . . . . .	0.8245-0.8285	20,94-21,04
(O) Diámetro de avellanado de inserto . . . . .	3.124-3.125	79,34-79,37

**WAUKESHA SERIE VHP**

	<u>Admisión y Escape</u>	
	<u>Pulgadas y/o Libras</u>	<u>Milímetros y/o Kilos</u>
Anchura mínima de asiento de Inserto . . . . .	5/32	3,96
Anchura de cara de válvula . . . . .	5/32 ± 1/32	3,96 ± 0,79
Longitud libre de resorte de válvula: 204035 (interno) . . . . .	3-25/32 ± 1/16	96,04 ± 1,5
204135 (externo) . . . . .	4-9/32 ± 1/16	108,74 ± 1,5
Longitud de resorte, válvula cerrada: 204035 (interno) . . . . .	3.0 a 56.7 ± 3 libras	76,2 a 25,7 ± 1,3 kilos
204135 (externo). . . . .	3-27/64 a 111 ± 5 libras	86,91 a 50,3 ± 2,2 kilos
Longitud de resorte, válvula abierta: 204035 (interno) . . . . .	2-17/64 a 110 ± 5 libras	57,54 a 49,8 ± 2,2 kilos
204135 (externo) . . . . .	2-11/16 a 205 ± 10 libras	68,26 a 93,1 ± 4,5 kilos
*DI de buje de balancín (Ver NOTA) . . . . .	1.375-1.376	34,92-34,95
(Ajuste a presión en el balancín, rectificado con diamante)		
DE de eje de balancines . . . . .	1.3735-1.3745	34,88-34,91
Holgura de funcionamiento entre el buje del balancín y el eje . . . . .	0.0005-0.0025	0,012-0,063

\*NOTA: El buje del balancín de admisión se debe instalar al ras con el cubo, con las ranuras del buje situadas en la parte inferior del balancín (la muesca del buje en la línea horizontal de centro). Además, con el tornillo de ajuste del levantador quitado, los agujeros para aceite se deben taladrar en el buje antes de rectificarlo con diamante. Los agujeros plano para lubricación de la bola y el de lubricación del tornillo de ajuste del balancín se taladran con una broca No. 11 (de 0.191" o 4,85mm); pero están obturados con remaches y se deben volver a abrir antes de taladrar el buje. Estos agujeros se deben volver a obturar después de taladrar los agujeros para aceite en el buje. En forma similar, el balancín de escape tiene un agujero para aceite taladrado con broca No. 11 (0.191" o 4,85mm) hasta el tornillo de ajuste del levantador, que está obturado con un remache; este agujero y el agujero para aceite, de 1/8" (3,2mm) de diámetro a través del agujero para el tornillo de ajuste de válvula en el otro lado de la palanca se deben taladrar a través de los bujes (con los tornillos quitados) antes de rectificarlos con diamante. Cerciórese de obturar el agujero de aceite para el tornillo de ajuste del levantador después de haber taladrado el buje. Los bujes en los balancines de admisión y escape se deben instalar al ras con los extremos de los cubos y con las ranuras de los bujes situadas en la parte inferior de los balancines, con los extremos abiertos de las ranuras hacia el centro del balancín (la muesca del buje en la línea horizontal de centro). No se requiere taladrar agujeros para aceite en los bujes de los balancines de admisión antes de rectificarlos con diamante.

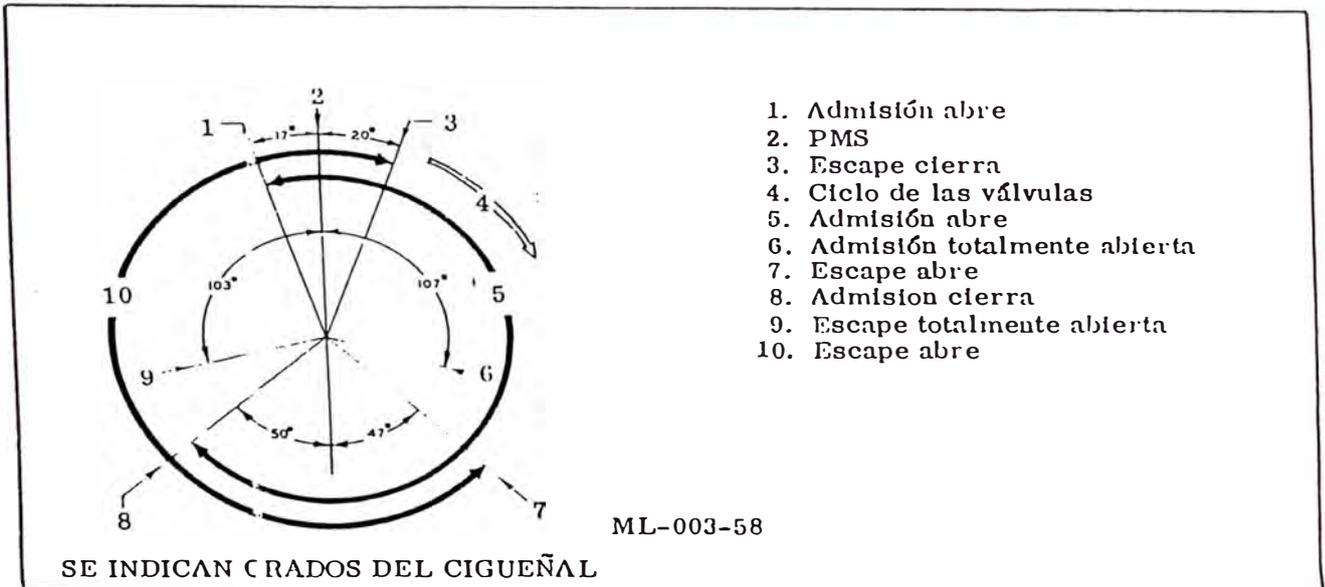
**WAUKESHA SERIE VHP**

**HOLGURAS DE MECANISMO DE VALVULAS Y ORIFICIOS DE VALVULAS - GAS**

	<u>Admisión y Escape</u>	
	<u>Pulgadas y/o Libras</u>	<u>Milímetros y/o Kilos</u>
(A) Longitud de válvulas . . . . .	10-57/64	276,62
(B) Diámetro del vástago (admisión) . . . . .	0.557-0.558	14,14-14,17
(escape 45°, aspiración natural)	0.555-0.556	14,09-14,12
(escape 45°, turbo, y 30° escape)	0.5593-0.5598	14,20-14,21
conicidad hasta . . . . .	0.5575-0.5580	14,16-14,17
(C) Diámetro de cabeza de válvula . . . . .	2.825-2.835	71,75-72,00
(D) Angulo de cara de válvula, anteriores . . . . .	44° 30' ± 15'	44° 30' ± 15'
Angulo de cara de válvula, actuales . . . . .	30° ± 15'	30° ± 15'
(E) Longitud de la gufa . . . . .	5-3/16	131,76
(F) Diámetro exterior de la gufa . . . . .	1.0015-1.0025	25,43-25,46
* (F) Diámetro superior exterior de gufa de escape . . . . .	0.997-0.998	25,32-25,34
(G) Diámetro interior de gufa (escariado) . . . . .	0.5608-0.5615	14,24-14,26
Holgura entre DI de gufa y vástago: (admisión) . . . . .	0.0028-0.0045	0,071-0,114
(escape 45°, aspiración natural)	0.0048-0.0065	0,12-0,16
(escape 45°, turbo, y 30° escape)	0.001-0.004	0,025-0,101
(conicidad)		
(H) Diámetro exterior de inserto (45°) . . . . .	3.128-3.129	79,45-79,47
Diámetro exterior de inserto (30°) . . . . .	3.126-3.127	79,40-79,42
(I) Diámetro interior de inserto (45°) . . . . .	2.640-2.650	67,05-67,31
Diámetro interior de inserto (30°) . . . . .	2.441-2.451	62,00-62,25
(J) Profundidad del inserto (45°) . . . . .	0.605-0.610	15,36-15,49
Profundidad del inserto (30°) . . . . .	0.550-0.555	13,97-14,09
(K) Angulo de asiento de inserto, anteriores . . . . .	45° 30' ± 15'	45° 30' ± 15'
Angulo de asiento de inserto, actuales . . . . .	30° + 30' - 0'	30° + 30' - 0'
(L) Prominencia de gufa en la culata . . . . .	1-3/4 ± 1/32	44,4 ± 0,79
(M) Agujero para gufa en la culata . . . . .	1.000-1.001	25,40-25,42
* (M) Cavidad superior para gufa de escape en la culata . . . . .	0.995-0.996	25,27-25,29
(N) Profundidad de avellanado de inserto . . . . .	0.8245-0.8285	20,94-21,04
(O) Diámetro de avellanado de inserto . . . . .	3.124-3.125	79,35-79,37
Anchura de asiento de inserto (45°) . . . . .	5/32 ± 1/64	3,96 ± 0,39
Anchura de asiento de inserto (30°) . . . . .	3/16 ± 1/64	4,76 ± 0,39
Anchura de cara de válvula (45°) . . . . .	5/32 ± 1/64	3,96 ± 0,39
Anchura de cara de válvula (30°) . . . . .	17/64 Mfn.	6,74 Mfn.
Longitud libre de resorte de válvula: 204035 (interno) . . . . .	3-25/32 ± 1/16	96,04 ± 1,5
204135 (externo) . . . . .	4-9/32 ± 1/16	108,74 ± 1,5
Longitud de resorte, válvula cerrada: 204035 (interno). . . . .	3.0 a 56.7	76,2 a 25,7
± 3 libras . . . . .		± 1,3 kilos
204135 (externo). . . . .	3-27/64 a 111	86,91 a 50,3
± 5 libras . . . . .		± 2,2 kilos
Longitud de resorte, válvula abierta: 204035 (interno) . . . . .	2-17/64 a 110	57,54 a 49,8
± 5 libras . . . . .		± 2,2 kilos
204135 (externo) . . . . .	2-11/16 a 205	68,26 a 93,1
± 10 libras . . . . .		± 4,5 kilos
*DI de buje de balancín . . . . .	1.375-1.376	34,92-34,95
(Ajuste a presión en el balancín, rectificado con diamante)		
DE de eje de balancines . . . . .	1.3735-1.3745	34,88-34,91
Holgura de funcionamiento entre el buje del balancín y el eje . . . . .	0.0005-0.0025	0,012-0,063

**WAUKESHA SERIE VHP**

\*NOTA: El buje del balancín de admisión se debe instalar al ras con el cubo, con las ranuras del buje situadas en la parte inferior del balancín (la muesca del buje en la línea horizontal de centro). Además, con el tornillo de ajuste del levantador quitado, los agujeros para aceite se deben taladrar en el buje antes de rectificarlo con diamante. Los agujeros plano para lubricación de la bola y el de lubricación del tornillo de ajuste del balancín se taladran con una broca No. 11 (de 0.191" o 4,85mm); pero están obturados con remaches y se deben volver a abrir antes de taladrar el buje. Estos agujeros se deben volver a obturar después de taladrar los agujeros para aceite en el buje. En forma similar, el balancín de escape tiene un agujero para aceite taladrado con broca No. 11 (0.191" o 4,85mm) hasta el tornillo de ajuste del levantador, que está obturado con un remache; este agujero y el agujero para aceite, de 1/8" (3,2mm) de diámetro a través del agujero para el tornillo de ajuste de válvula en el otro lado de la palanca se deben taladrar a través de los bujes (con los tornillos quitados) antes de rectificarlos con diamante. Cerciórese de obturar el agujero de aceite para el tornillo de ajuste del levantador después de haber taladrado el buje. Los bujes en los balancines de admisión y escape se deben instalar al ras con los extremos de los cubos y con las ranuras de los bujes situadas en la parte inferior de los balancines, con los extremos abiertos de las ranuras hacia el centro del balancín (la muesca del buje en la línea horizontal de centro). No se requiere taladrar agujeros para aceite en los bujes de los balancines de admisión antes de rectificarlos con diamante.



**CICLO DE LAS VALVULAS**

**HOLGURA DE VALVULAS - GAS**

Holgura de válvulas	Levantadores hidráulicos
Alzada de lóbulos de levas (medida en la varilla)	0.670" (17,01mm)

## WAUKESHA SERIE VHP

### LEVANTADORES DE VALVULAS - GAS

	<u>Pulgadas</u>	<u>Milímetros</u>
Holgura entre cuerpo del levantador y gufa del levantador . . . . .	0.002-0.004	0,051-0,101
DE de cuerpo de levantador . . . . .	1.4965-1.4975	38,01-38,03
DI de gufa de levantador . . . . .	1.4995-1.5005	38,08-38,11

### HOLGURA DE VALVULAS - DIESEL

Holgura de válvulas:		
Levantadores hidráulicos . . . . .	No se aplica	
Varillas sólidas (admisión) . . . . .	0.004-0.006	0,10-0,15
(escape) . . . . .	0.020-0.022	0,51-0,56
Alzada de lóbulos de levas (medida en la varilla) . . . . .	0.670	17,01

### LEVANTADORES DE VALVULAS - DIESEL

Holgura entre cuerpo del levantador y gufa del levantador . . . . .	0.002-0.004	0,051-0,101
DE de cuerpo de levantador . . . . .	1.4965-1.4975	38,01-38,03
DI de gufa de levantador . . . . .	1.4995-1.5005	38,08-38,11

### BOMBA DEL ACEITE

Juego entre dientes de engranes de presión . . . . .	0.012-0.015	0,30-0,38
Juego longitudinal entre engrane(s) de presión y la tapa . . . . .	0.005-0.011	0,12-0,27
DI de buje de eje de mando (escariado): En la tapa . . . . .	1.2515-1.2525	31,78-31,81
En el cuerpo . . . . .	1.376-1.377	34,95-34,97
DE de superficie externa de eje de mando: En la tapa . . . . .	1.248-1.2485	31,69-31,71
En el cuerpo . . . . .	1.372-1.3725	34,84-34,86
Holgura de funcionamiento de eje de mando:		
En el buje de la tapa . . . . .	0.003-0.0045	0,076-0,114
En el buje del cuerpo . . . . .	0.0035-0.005	0,08-0,12
DI de buje de engrane loco (intermedio) . . . . .	1.0005-1.0015	25,41-25,43
DE de eje loco (intermedio) . . . . .	0.9980-0.9985	25,34-25,36
Holgura de funcionamiento de engrane loco en el eje . . . . .	0.002-0.0035	0,050-0,088
Holgura radial entre dientes de engranes de la bomba y pared de cámara de la bomba . . . . .	0.002-0.003	0,050-0,076
Espaciar engrane de mando al armar, 0,79mm (1/32") del cuerpo. Taladrar en 6,3mm (1/4")		
Instalar a presión engrane mandado en el eje a 38,1mm (1-1/2") del extremo. Taladrar y escariar 6,3mm (1/4") al armar		
Instalar buje de eje de mando en el cuerpo de modo que el agujero en el buje alinee con el agujero de la cavidad.		
DI de buje de engrane intermedio de mando del cigüeñal a la bomba del aceite . . . . .	1.4995-1.5005	38,08-38,11

## WAUKESHA SERIE VHP

### BOMBA DEL ACEITE (Cont.)

	<u>Pulgadas</u>	<u>Milímetros</u>
DE de espárrago (birlo) de engrane intermedio (superficie de funcionamiento) . . . . .	1.4975-1.4980	38,03-38,04
Holgura de funcionamiento de engrane intermedio de mando del cigüeñal a la bomba del aceite . . . . .	0.0015-0.003	0,03-0,07
Juego longitudinal de engrane intermedio de mando del cigüeñal a la bomba del aceite . . . . .	0.010-0.016	0,25-0,40

### JUEGO ENTRE DIENTES DE ENGRANE DE SINCRONIZACION

Entre engrane intermedio de mando del cigüeñal a la bomba del aceite y engrane de mando de la bomba . . . . .	0.015-0.020	0,38-0,50
Entre todos los demás engranes de sincronización . . . . .	0.008-0.012	0,20-0,30

### CAPACIDADES

#### Sistema de Lubricación

Llene el motor a la capacidad indicada. Ponga en marcha el motor; compruebe el nivel en la varilla y agregue el aceite necesario para que el nivel llegue a la marca "Lleno". Anote la cantidad total requerida para futura referencia.

	<u>Galones</u>	<u>Litros</u>
Depósito de aceite (nivel bajo en la varilla) . . . . .	35	132,5
Depósito de aceite (nivel alto en la varilla) . . . . .	43	163
Depósito de aceite (motores marinos) . . . . .	120	454
Filtro de aceite (4 elementos) . . . . .	9	34
Filtro de aceite (7 elementos) . . . . .	15	56,8
Filtro de aceite (14 elementos) . . . . .	30	113,6
Filtro de aceite (motores marinos) . . . . .	13.5	51
Bomba de inyección de combustible . . . . .	1 quart	0,946
Enfriador de aceite de 15 cm (6") . . . . .	2.5 o 5.0	9,4 o 20,5
Enfriador de aceite de 20 cm (8") . . . . .	8	30,3

#### Sistema de Lubricación - Presiones

	<u>Lbs/pulg<sup>2</sup></u>	<u>Kg/cm<sup>2</sup></u>
Presión de aceite recomendada antes de soltar la palanca del control de seguridad durante el arranque . . . . .	20-30	1,4-2,1
Presión normal estabilizada del aceite en marcha mínima	15-40	1,0-2,8
Presión baja del aceite (El control de seguridad parará el motor) . . . . .	10	0,70
Presión normal estabilizada del aceite, con motor con carga . . . . .	40 ± 5	2,8 ± 0,35
Presión mínima de aceite en el turboalimentador . . . . .	10	0,70
Presión normal de aceite del motor FC para arranque . . . . .	15	1,0

## WAUKESHA SERIE VHP

aparecen en las tablas, usará su buen criterio tanto para los ajustes mecánicos como para la evaluación del rendimiento obtenido.

Como medida precautoria, estos ajustes son generales y en determinadas instalaciones se utilizan ajustes especiales para los cuales se puede solicitar la cooperación del Departamento de Ingeniería de Waukesha.

### DATOS DE LA IGNICION

Medida de las bujías: . . . 18mm; alcance  
12,7mm (1/2")

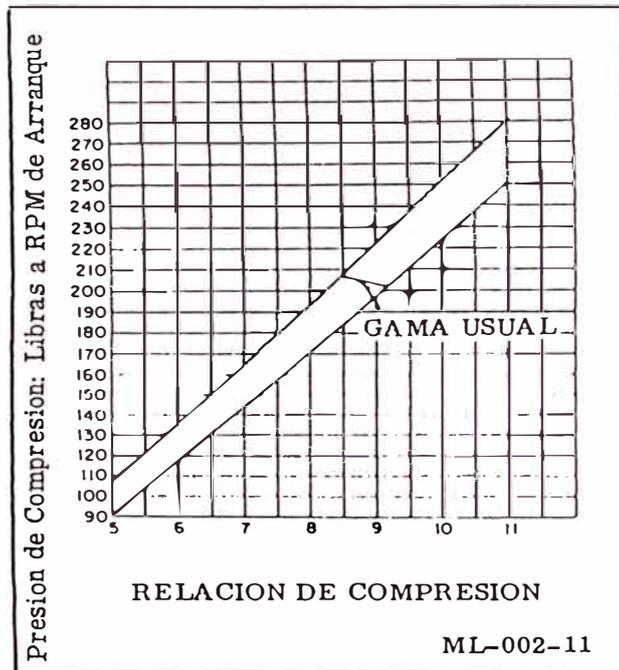
Torsión: 5,5-6,2 kgm (40-45 pies-libras)  
con rosca seca  
4,1-4,7 kgm (30-34 pies-libras)  
con rosca acotada

Tipo de Bujía: Normal . . . Waukesha 69512  
Punta de Platino . . . Waukesha 60999-B  
Blindada . . . . . Waukesha 60999-E

Abertura de electrodos  
("luz") . . . 0,33-0,40mm (0.013-0.016")  
Punta de Platino . . . 0,28mm (0.011")

Abertura de Contactos del  
Magneto. . . 0,40-0,45mm (0.016-0.018")

### PRESION DE COMPRESION DE MOTORES DE GAS



PRESION VS RELACION DE COMPRESION

### SINCRONIZACION DE LA IGNICION

Relación de Compresión	RPM	Gas Natural	LPG
7.0:1	600-899	24° APMS	24° APMS
7.0:1	900-1200	28° APMS	28° APMS
8.0:1	600-899	20° APMS	18° APMS
8.0:1	900-1200	24° APMS	18° APMS
8.25:1	600-899	21° APMS	18° APMS
8.25:1	900-1200	24° APMS	18° APMS
10.0:1	600-899	22° APMS	12° APMS
10.0:1	900-1200	24° APMS	14° APMS

## **RECOMENDACIONES TECNICAS DEL COMPRESOR**

## V PARTE DATOS GENERALES

Las especificaciones de esta sección se aplican a compresores estándar RDS, de último modelo. Las recomendaciones son generales y podrían requerir modificaciones para aplicarlas a una instalación específica. Si tiene alguna pregunta con respecto a cualquier especificación o recomendación de este libro, consulte con la sucursal más cercana de Ingersoll-Rand.

### 5-1. DATOS DE OPERACION

Temperatura del aceite (colector del armazón);

Normal ..... 150° a 160°F  
(65,6° a 71,1°C)

Máxima ..... 165°F (73,9°C)

Presión de aceite;

Normal ..... 50 PSIG (345 kPa)

Mínima ..... 40 PSIG (276 kPa)

Punto de detención ..... 23 PSIG (159 kPa)

La rotación del cigüeñal, vista desde el extremo de la bomba de aceite, es en sentido contrario a la de las manecillas del reloj.

### 5-2. TOLERANCIAS Y AJUSTES DE ENSAMBLAJE

En la Tabla 5-1, se da una lista de los espacios libres y huelgos de ensamblaje para piezas nuevas; en la Tabla 5-1A se dan los equivalentes en el sistema métrico. Todos son para piezas en sus posiciones ensambladas y para piezas a temperatura ambiente, a menos que se especifique lo contrario. Los huelgos de los anillos de émbolo y de los émbolos de compresor, dependen del tamaño y tipo de cilindro; por lo tanto, la lista de estos huelgos se entrega en una hoja separada que se prepara para cada compresor.

### 5-3. REQUISITOS DE APRIETE

#### ADVERTENCIA

**Para asegurar el funcionamiento seguro y eficiente del equipo, es necesario apretar correctamente hasta la precarga de diseño, los sujetadores utilizados en los motores y compresores.**

La precarga de los sujetadores (apriete inicial) se calcula para evitar la separación de las partes conec-

Sección	INDICE	Página
5-1.	DATOS DE OPERACION .....	5-1
5-2.	TOLERANCIAS Y AJUSTES DE ENSAMBLAJE .....	5-1
5-3.	REQUISITOS DE APRIETE ...	5-1
5-3-1.	Empernamiento del tren rodante .	5-4
5-3-2.	Empernamiento de los cilindros de compresor .....	5-5

tadas, cuando las mismas están sujetas a las fuerzas de operación y, en casos de carga cíclica, para proteger a los sujetadores de los efectos de la fatiga causada por los esfuerzos tensores y de compresión alternativos.

Los sujetadores que se han apretado apropiadamente durante el ensamblaje inicial o después de las obras de mantenimiento, pueden aflojarse cuando la máquina está en funcionamiento, debido a las temperaturas y presiones de operación, compresión de empaques, relajamiento de juntas y sujetadores y otros factores. **POR ESTE MOTIVO, ES MUY IMPORTANTE QUE TODOS LOS SUJETADORES CRITICOS Y OTROS SUJETADORES EXPUESTOS A LAS CONDICIONES ANTERIORES, SEAN REVISADOS PERIODICAMENTE PARA COMPROBAR QUE ESTEN CORRECTAMENTE APRETADOS.** (Se debe prestar particular atención a todos los pernos y tuercas de las horquillas y cilindros del compresor y a los pernos que los unen con el armazón.) El apriete de los sujetadores debe comprobarse durante el periodo de adaptación y nuevamente después de la primera semana de funcionamiento. Luego, efectuar una comprobación mensual durante un periodo de tres meses y luego trimestralmente hasta que se haya cumplido un año de operación. De allí en adelante, la experiencia dictaminará cuán a menudo se deben efectuar las comprobaciones del apriete. En todo caso, se debe efectuar una comprobación anual. Para comprobar el apriete de un sujetador, primero marcar la posición de la cabeza del perno o de la tuerca y luego aflojarlos; luego volver a apretar el sujetador según el valor de torsión requerido. Observar si la cabeza del perno o la tuerca ha sobrepasado el punto de referencia. Si es así, esto significa que el sujetador estaba flojo y que debe revisarse cuidado-

**DATOS GENERALES**

**Table 5-1. Tolerancias y ajustes de ensamblaje del tren rodante**

(Todas las dimensiones se dan en pulgadas) <u>Nombre de la pieza</u>	<u>Espacio libre original</u>	
	<u>Micrómetro</u>	<u>Lámina calibradora</u>
Cojinete maestro (vertical — medido entre la parte superior del cigüeñal y el casco del cojinete maestro) . . . . .	0,008 a 0,010 pulg.	0,007 a 0,009 pulg.
Lengüeta de calza del cojinete maestro a cigüeñal . . . . .	—	(Véase Capítulo IV)
Empuje total de cigüeñal . . . . .	—	0,018 a 0,023
Cojinete de biela a espiga de cigüeñal, diametral . . . . .	0,009 a 0,012	0,008 a 0,011
Compresión total de cojinete de espiga de cigüeñal . . . . .	—	0,004 a 0,011*
Espacio libre lateral total entre biela y brazo de cigüeñal . . . . .	0,016 a 0,024	0,015 a 0,023
Pasador de cruceta a buje de cruceta, diametral . . . . .	0,004 a 0,007	0,003 a 0,006
Buje de pasador de cruceta a cruceta ( <u>Interferencia</u> ) . . . . .	0,002 a 0,0035	—
Pasador de cruceta a buje de biela, diametral . . . . .	0,004 a 0,007	0,003 a 0,006
Buje de pasador de cruceta a biela ( <u>Interferencia</u> ) . . . . .	0,002 a 0,0035	—
Bujes de pasador de cruceta a tapas de extremo de pasador — total . . . . .	—	0,030 a 0,060
Patín de cruceta a guía		
1. En frío . . . . .	0,014 a 0,019	0,013 a 0,018
2. En caliente (mínimo) . . . . .	—	0,007
Engranajes de bomba de aceite — Huelgo de extremo total;		
Armazón de 2 cilindros . . . . .	—	0,002 a 0,003
Armazón de 4 cilindros . . . . .	—	0,004 a 0,006
Armazón de 6 cilindros . . . . .	—	0,006 a 0,009
Espacio libre de extremo de acopladura motriz de la bomba de aceite . . . . .	—	0,063
Espaciador de tirante de cojinete maestro a armazón		
( <u>Interferencia</u> — Longitud del espaciador menos la abertura grabada en el armazón) . . . . .	0,003 a 0,005	—
Desviación del vástago de émbolo de compresor, máxima . . . . .	0,003	—
Ajuste entre cojinete maestro y cigüeñal (medido en el fondo del casco de cojinete maestro y el eje) . . . . .		0,0015
La lámina calibradora no debe moverse		

\* Consultar la Sección 4-9

**DATOS GENERALES**

**Tabla 5-1A. Tolerancias y ajustes de ensamblaje del tren rodante (Sistema métrico)**

(Todas las dimensiones se dan en milímetros) <u>Nombre de la pieza</u>	<u>Espacio libre original</u>	
	<u>Micrómetro</u>	<u>Lámina calibradora</u>
Cojinete maestro (vertical — medido entre la parte superior del cigüeñal y el casco del cojinete maestro) . . . . .	0,20 a 0,25 mm	0,18 a 0,23 mm
Lengüeta de calza del cojinete maestro a cigüeñal . . .	—	(Véase Capítulo IV)
Empuje total de cigüeñal . . . . .	—	0,46 a 0,59
Cojinete de biela a espiga de cigüeñal, diametral . . . .	0,23 a 0,30	0,20 a 0,28
Compresión total de cojinete de espiga de cigüeñal . . .	—	0,10 a 0,28
Espacio libre lateral total entre biela y brazo de cigüeñal . . . . .	0,41 a 0,61	0,38 a 0,59
Pasador de cruceta a buje de cruceta, diametral . . . .	0,10 a 0,18	0,08 a 0,15
Buje de pasador de cruceta a cruceta ( <i>Interferencia</i> ) . . .	0,05 a 0,09	—
Pasador de cruceta a buje de biela, diametral . . . . .	0,10 a 0,18	0,08 a 0,15
Buje de pasador de cruceta a biela ( <i>Interferencia</i> ) . . .	0,05 a 0,09	—
Bujes de pasador de cruceta a tapas de extremo de pasador — total . . . . .	—	0,76 a 1,52
Patín de cruceta a guía		
1. En frío . . . . .	0,36 a 0,48	0,33 a 0,46
2. En caliente (mínimo) . . . . .	—	0,18
Engranajes de bomba de aceite — Huelgo de extremo total;		
Armazón de 2 cilindros . . . . .	—	0,05 a 0,08
Armazón de 4 cilindros . . . . .	—	0,10 a 0,15
Armazón de 6 cilindros . . . . .	—	0,15 a 0,23
Espacio libre de extremo de acopladura motriz de la bomba de aceite . . . . .	—	1,60
Espaciador de tirante de cojinete maestro a armazón ( <i>Interferencia</i> — Longitud del espaciador menos la abertura grabada en el armazón) . . . . .	0,08 a 0,13	—
Desviación del vástago de émbolo de compresor, máxima . . . . .	0,08	—
Ajuste entre cojinete maestro y cigüeñal (medido en el fondo del casco de cojinete maestro y el eje) . . . . .	—	0,04
La lámina calibradora no debe moverse		

samente en todas las comprobaciones de apriete posteriores.

El método más utilizado para aplicar la precarga en un sujetador, es por medio de una llave de torsión. Para obtener resultados satisfactorios es esencial disponer de una llave de torsión correctamente calibrada. También es muy importante la preparación de las roscas y de las caras de asentamiento. En la mayoría de aplicaciones de torsión, más del 80 por ciento de la torsión aplicada se emplea en el vencimiento de la fricción y el resto en apretar el sujetador. Es por tanto muy importante que las roscas estén limpias y libres de rebabas y muescas, que las superficies de asentamiento de las tuercas o las cabezas de pernos y las superficies corres-

pondientes sean lisas, planas y paralelas, y que las roscas y las caras de contacto estén bien lubricadas.

Todos los sujetadores utilizados en juntas multi-sujetador, requieren un procedimiento de apriete que permita que los sujetadores se aprieten uniforme y alternadamente, en incrementos graduales, hasta obtener la torsión especificada. Esto impide la distorsión de las superficies de aparejamiento y el "desalineamiento" de las conexiones embridadas.

Observar cuidadosamente los requisitos de apriete específicos y volver a comprobar periódicamente el apriete de los sujetadores, en conformidad con las condiciones locales de operación.

## DATOS GENERALES

**Tabla 5-2. Requisitos de apriete para ciertos pernos**

Ubicación de perno o perno prisionero	Tamaño	Alargamiento de perno*	Torsión	
			Pies-libras	N·m
Perno de sombrerete de cojinete maestro	1-8NC		400 a 420	542 a 569
Tuerca de tirante de armazón	1-1/4-10		500 a 515	678 a 698
Perno de biela	1-1/2-12N	0,012 a 0,013 pulg. (0,30 a 0,33 mm)	1220 a 1240	1654 a 1681
Perno de pasador de cruceta	3/4-10NC		100 a 110	136 a 149

\* Debido a que el alargamiento es una medida más exacta de la tensión, debe siempre utilizarse en preferencia a la torsión.

### NOTAS

- (1) Todos los valores de torsión son para roscas limpias, bien lubricadas, libres de muescas y rebabas. En combinaciones de pernos prisioneros (o pernos) y tuercas, la tuerca debe girar libremente en la rosca del perno prisionero. Los tornillos de tapa deben girar fácilmente al menos hasta la profundidad final de montaje. (En algunos sujetadores auto-inmovilizados, es normal una cierta interferencia de rosca). Se debe aplicar y distribuir uniformemente una capa de lubricante en las roscas internas y externas. También se debe aplicar una capa uniforme de lubricante en los sujetadores y en las superficies de asentamiento.
- (2) Las llaves de torsión pueden producir variaciones de pre-carga en los sujetadores de más o menos 35 por ciento, dependiendo en el grado de lubricación o no lubricación y también en la condición de las superficies de asentamiento.
- (3) A menos que se especifique lo contrario, las torsiones de apriete dadas en este Manual se aplican a sujetadores lubricados con aceites lubricantes comunes derivados del petróleo. La utilización de lubricantes con di-sulfuro de molibdeno u otros productos similares, que posean características anti-fricción muy elevadas, puede dar como resultado un aumento en la precarga de los sujetadores cuando se apliquen estas torsiones.
- (4) Las llaves con cabezal de engranajes (multiplicadores de torsión) no producirán todo el rendimiento mecánico de los engranajes reductores. En el cabezal se producen pérdidas mecánicas y por fricción de alrededor del 10%. Para determinar el porcentaje exacto de reducción de un multiplicador de torsión, se deben consultar las instrucciones del fabricante de la herramienta. Luego, la torsión requerida debe incrementarse en el mismo porcentaje.

### NOTA

Las especificaciones de apriete dadas a continuación, se aplican a todos los pernos de motor y compresor, a menos que se indique lo contrario en este Manual de Instrucciones. Al trabajar en el equipo accesorio, seguir las recomendaciones de apriete del fabricante correspondiente.

#### 5-3-1. Empernamiento del tren rodante

En la Tabla 5-2 se proporcionan los requisitos específicos de apriete para ciertos pernos y pernos

prisioneros utilizados en el armazón y el tren rodante. Las torsiones estándar que se dan en la Tabla 5-3, deben utilizarse en todos los sujetadores para los que no se da un valor específico de torsión. Prestar particular atención a las siguientes notas que se aplican a las Tablas 5-2 y 5-3.

### NOTA

Para las posiciones de pernos y pernos prisioneros que no aparecen en la Tabla 5-2, obtener las torsiones de la Tabla 5-3, la cual es una lista de las torsiones estándar. Los niveles de tensión de apriete para aplicaciones específicas, deben determinarse de la siguiente manera:

## DATOS GENERALES

- Para conexiones con contacto entre metal-y-metal, utilizar un nivel de tensión de 30 000 PSI.
- Para conexiones con empaquetaduras no-metálicas, utilizar un nivel de tensión de 20 000 PSI.

### 5-3-2. Empernamiento de los cilindros de compresor

Para el empernamiento de los cilindros de compresor, utilizar los valores de torsión de la Tabla 5-3 para obtener los niveles de tensión de perno, indicados a continuación:

<u>Aplicación</u>	<u>Tensión de perno</u>		
<b>Prisioneros<sup>1</sup> de válvula y descargador</b>			
Menos de 1000 PSI de presión nominal <sup>2</sup> .....	20 000	PSI	(138 MPa)
1000 PSI de presión nominal <sup>2</sup> y más elevadas .....	25 000	PSI	(172 MPa)
<b>Tornillos de tapa y pernos prisioneros de cubierta de válvula</b>			
Menos de 1000 PSI de presión nominal <sup>2</sup> .....	20 000	PSI	(138 MPa)
De 1000 a 2000 PSI de presión nominal <sup>2</sup> .....	25 000	PSI	(172 MPa)
2000 PSI de presión nominal <sup>2</sup> y más elevadas .....	30 000	PSI	(207 MPa)
Tuercas de pernos prisioneros de brida de botella de espacio muerto y culata externa .....	25 000	PSI	(172 MPa)
Empernamiento entre los cilindros y el armazón <sup>3</sup> .....	40 000	PSI	(276 MPa)
Todos los demás pernos de los cilindros .....	20 000	PSI	(138 MPa)

<sup>1</sup> Los prisioneros de los descargadores de las válvulas de admisión podrían ser un poco más grandes para dar cabida a un agujero pasante para la varilla del actuador de válvula. Esto puede determinarse comparando el diámetro del prisionero del descargador con el del prisionero de la válvula de descarga del mismo cilindro. SI EL PRISIONERO ES MAS GRANDE, LA APLICACION DEL VALOR DE TORSION DE LA TABLA, PRODUCIRA UN EXCESO DE APRIETE DEL PRISIONERO. Los prisioneros de mayor tamaño de los descargadores se aprietan apropiadamente de la siguiente manera: (1) determinando la torsión correcta que aparece en la tabla para el prisionero de la válvula de DESCARGA y (2) AÑADIENDO UN 50 POR CIENTO a ese valor de la torsión. Hay que tener en cuenta que esto solo se aplica a prisioneros de MAYOR TAMAÑO que el normal.

<sup>2</sup> Las presiones nominales se refieren a la máxima presión de trabajo permisible del cilindro (MAWP) que aparece en la placa de fabricante del cilindro.

<sup>3</sup> El empernamiento entre los cilindros y el armazón incluye los pernos prisioneros del armazón y la pieza de separación (horquilla), pernos prisioneros del armazón culata/horquilla y pieza de separación, y pernos prisioneros de cilindro y armazón culata/horquilla. Observar que no todas estas ubicaciones de pernos se aplicarán a un compresor específico.

**DATOS GENERALES**

**Tabla 5-3. Valores estándar de torsión de llave para varios tamaños de pernos y niveles de tensión**

TAMAÑO NOMINAL DEL PERNO (pulgadas)	20 000 PSI (138 MPa)		25 000 PSI (172 MPa)		30 000 PSI (207 MPa)		40 000 PSI (278 MPa)	
	TENSION DE PERNO		TENSION DE PERNO		TENSION DE PERNO		TENSION DE PERNO	
	Torsión		Torsión		Torsión		Torsión	
	lb. pies	N·m	lb. pies	N·m	lb. pies	N·m	lb. pies	N·m
1/4	3	4	3	4	4	6	5	7
5/16	5	7	7	10	8	11	11	15
3/8	9	12	12	16	14	19	19	26
7/16	15	20	16	24	22	30	29	39
1/2	22	30	28	36	33	45	44	60
9/16	31	42	39	53	47	64	63	85
5/8	44	60	55	75	66	90	88	119
3/4	78	103	95	129	114	155	152	208
7/8	120	163	150	203	180	244	240	325
1	175	237	220	300	265	360	350	475
1-1/8	260	355	330	450	390	530	520	705
1-1/4	360	490	450	610	530	720	710	965
1-3/8	480	650	600	815	710	965	950	1290
1-1/2	620	840	770	1045	920	1250	1230	1670
1-3/4	950	1290	1190	1615	1420	1925	1890	2565
2	1470	1990	1830	2480	2200	2980	2930	3970
2-1/4	2130	2890	2670†	3620†	3200	4340	4270	5790
2-1/2	2950	4000	3650†	4950†	4400	5970	5850	7930
2-3/4	3950	5360	4900†	6640†	5900	8000	7850	10640
3	5150	6980	6400†	8680†	7700	10440	10250	13900

• Observar lo siguiente al utilizar esta tabla de torsiones:

- Toda la información y las instrucciones dadas en REQUISITOS DE APRIETE deben revisarse cuidadosamente antes de aplicar las torsiones especificadas.
- Las torsiones dadas se aplican tanto a las series National Fine (fileteado fino) como a National Coarse (fileteado grueso). Toda diferencia en los valores de torsión debido a la serie del fileteado está dentro de la variación normal de la precisión de la llave de torsión.
- Cuando se aprietan sujetadores que poseen un dispositivo de auto-inmovilización, se pierde una cierta cantidad de la torsión aplicada debido a la fricción adicional generada por el dispositivo de auto-inmovilización. Para apretar debidamente este tipo de sujetadores, utilizar una llave de torsión para medir la "pérdida de torsión" y añadir luego este valor al valor de la lista.

† Para prisioneros de cubierta de válvula (2-1/4 y mayores) utilizar el 85 POR CIENTO de los valores dados en la tabla.

**ANILLOS DE EMBOLO DE COMPRESOR**  
**(Tipo metálico lubricado)****GENERALIDADES**

Estos anillos de émbolo deben cambiarse cuando se hayan desgastado hasta la mitad de su espesor original. Cuando los anillos se han desgastado hasta este extremo, se producirán escapes excesivos y una reducción en el rendimiento del cilindro, si los mismos no se cambian.

El huelgo de extremo de un anillo puede medirse por medio de un calibre anular, o se puede insertar el anillo en el orificio central del cilindro, colocarlo perpendicularmente al mismo y medir el huelgo de extremo por medio de láminas calibradoras. El huelgo de extremo de los anillos nuevos de émbolo se especifica en una hoja especial de huelgos que se prepara para cada compresor. Si el huelgo es demasiado pequeño, limar los extremos de los anillos lo suficiente como para obtener el huelgo apropiado. Si el huelgo excede los límites de diseño, los anillos todavía pueden usarse pero puede esperarse un incremento de los escapes más allá de los anillos. Debido a que no hay un arreglo para un huelgo de extremo excesivo, los anillos de émbolo deben reemplazarse a la primera oportunidad.

Con la debida lubricación los anillos metálicos de émbolo mantendrán una estanqueidad eficaz de aceite entre el émbolo y el orificio central del cilindro durante largos períodos de funcionamiento del compresor. Un programa periódico de inspección, basado en las condiciones locales de operación, asegurará un óptimo rendimiento de los cilindros y una larga duración de los anillos de émbolo. Después de que un compresor ha trabajado durante el tiempo suficiente como para establecer un índice de desgaste de los anillos de émbolo, a menudo se puede establecer un programa periódico de reemplazo de los anillos con el fin de asegurar el máximo rendimiento de los cilindros en todo momento.

Para instalar los anillos de émbolo se debe seguir el siguiente procedimiento. Consultando la hoja especial de huelgos (Página 3) que se prepara para los cilindros de compresor se obtendrá información sobre el tipo de anillo utilizado en un émbolo específico. Además, al instalar un émbolo y/o anillos de émbolo nuevos, siempre es recomendable comprobar los huelgos de montaje con los que se especifican en la hoja de huelgos.

**PEDIDO DE ANILLOS DE REPUESTO**

Para hacer un pedido de anillos nuevos de émbolo, hay que medir el diámetro interior del cilindro por medio de un micrómetro interior adecuado, de manera que se pueda determinar si se necesitan anillos "estándar" o "extra grandes". Medir el diámetro interior en varios puntos para comprobar que no esté ovalizado. Proporcionar a la fábrica las lecturas del micrómetro al hacer el pedido de anillos.

Generalmente, los anillos estándar pueden utilizarse en cilindros de hasta, e incluyendo,  $\frac{1}{16}$  pulg. (1,6 mm) de sobre medida del diámetro interior. En los cilindros con diámetros interiores más de  $\frac{1}{16}$  pulg. (1,6 mm) más grandes que el diámetro interior original, se deben usar anillos de émbolo "extra grandes".

**INSTALACION DE LOS ANILLOS DE EMBOLO DE UNA SOLA PIEZA**

1. Comparar el número de pieza de los anillos con los de la lista de piezas para asegurarse de que se utilizan las piezas correctas.
2. Asegurarse de que las ranuras para anillos de émbolo están limpias y lisas.
3. Evitar estirar los anillos más de lo necesario al montarlos en el émbolo.

## ANILLOS METALICOS DE EMBOLOS DE COMPRESOR

4. Para hacer deslizar los anillos sobre las ranuras intermedias del émbolo, utilizar tres tiras laminas de bronce de  $\frac{1}{16}$  pulg. (1,6 mm) de espesor, colocadas a lo largo del émbolo y espaciadas  $120^\circ$  alrededor del mismo. Estas tiras deben ser de un ancho aproximado de  $\frac{3}{4}$  a 1 pulg. (19 a 25 mm) y de la longitud que sea necesaria.
5. Con los anillos correctamente montados en las ranuras del émbolo, proceder a instalar el conjunto de émbolo y vástago en el cilindro. Comprimir cada anillo a medida que se introduce en el orificio central del cilindro.
6. Cuando el último anillo ha entrado en el cilindro, hacer deslizar el émbolo completamente dentro del orificio central del cilindro y conectar el vástago de émbolo con la cruceta. Consultar las instrucciones correspondientes que se dan en el Libro de Instrucciones.
7. Cerrar el cilindro de compresor.

### INSTALACION DE ANILLOS DE EMBOLO DE DOS Y TRES PIEZAS

1. Estos anillos segmentados de émbolo se utilizan con un anillo expansor y deben montarse en las ranuras del émbolo a medida que éste se introduce en el cilindro.
2. Comparar los números de pieza de los anillos con los de la lista de piezas para asegurarse de que se utilizan las piezas correctas.
3. Asegurarse de que las ranuras para anillos del émbolo estén limpias y lisas.
4. Utilizando un metal blando o calzas laminas construir un manguito simple que sostenga los segmentos del anillo de émbolo en las ranuras mientras se instala el émbolo. Hacer deslizar este manguito dentro del cilindro hasta que se asiente en el orificio central del cilindro.
5. Introducir el émbolo en el cilindro hasta que alcance un punto en el que se pueda instalar el primer juego de segmentos de anillo de émbolo.
6. Colocar el anillo expansor y los segmentos del anillo de émbolo en la primera ranura para anillo del émbolo y luego hacer deslizar cuidadosamente el émbolo en el manguito de introducción. Continuar con la instalación de los anillos segmentados de émbolo en cada ranura sucesiva de esta misma manera, hasta que todas las ranuras del émbolo tengan su complemento de anillos.
7. Después de que todos los anillos estén en su lugar, hacer deslizar el émbolo completamente dentro del orificio central del cilindro y conectar el vástago de émbolo en la cruceta. Consultar las instrucciones correspondientes que se dan en el Libro de Instrucciones.
8. Retirar el manguito de introducción del émbolo y cerrar el cilindro.

### ADAPTACION DE ANILLOS DE EMBOLO NUEVOS

Al hacer funcionar el compresor inmediatamente después de haber instalado anillos de émbolo nuevos, es necesario aumentar la velocidad de alimentación de aceite hacia el orificio central del cilindro, hasta que los anillos nuevos hayan tenido la oportunidad de adaptarse. Cuando sea posible en las aplicaciones de alta presión, se recomienda que inicialmente se apliquen presiones parciales a las piezas nuevas. Además, estar atentos a la posibilidad de señales de piezas sobrecalentadas durante el período de adaptación, después de lo cual la velocidad de alimentación de lubricante puede reducirse hasta el nivel normal.

## ANILLOS METALICOS DE EMBOLOS DE COMPRESOR

### HUELGOS DE EMBOLO Y ANILLO (PIEZAS NUEVAS)

MATERIAL Y DIAMETRO DEL EMBOLO	HUELGO DIAMETRAL ENTRE EL EMBOLO Y EL ORIFICIO CENTRAL (NOMINAL)	HUELGO DE EXTREMO DEL ANILLO DE EMBOLO (MEDIDO CON EL ANILLO EN EL ORIFICIO CENTRAL)	HUELGO LATERAL TOTAL DEL ANILLO DE EMBOLO EN LA RANURA	FONDO DEL ANILLO DE EMBOLO A FONDO DE RANURA DE EMBOLO (MINIMO DE DIBUJO)	MATERIAL Y TIPO DEL ANILLO DE EMBOLO
23.00 ALUM.	.069	.240	to 005 .008	0.020	MICARTA X-1687
11.50 C. I.	.017	.120	"	"	"
7.50 C. I.	.012	.090/.070 TOTAL	"	"	"
4.50 C. I.	.012	.018/.027 TOTAL	"	"	"
*Sobre cabezador de metal anti-fricción                      **Sobre cabezador de bronce					

### ESPACIOS MUERTOS DE EXTREMO ENTRE EL EMBOLO Y LA CULATA

TAMAÑO DEL CILINDRO	ESPACIO MUERTO DE EXTREMO DE ARMAZON	ESPACIO MUERTO DE EXTREMO EXTERNO
23.00	.040	.062
11.50	to	to
7.50	.062	.094
4.50		

### ALIMENTADORES DE LUBRICADOR Y UBICACIONES (CADA CILINDRO)

TAMAÑO DE CILINDRO	NUMERO DE ALIMENTADORES DE LUBRICADOR			
	PARTE SUPERIOR DEL CILINDRO	FONDO DEL CILINDRO	EMPAQUETADURA	OTROS*

5/10/82 PG-737 (Página 3 de 3)

053-82108 NYO: Fecha:

## **RECOMENDACIONES TECNICAS DEL RADIADOR**

# air-x-changers

post office box 1804 • tulsa, oklahoma 74101 • 918-462-0136

JOB

Purchase No.	801557
Date	10-8-80
Page	1 of 1

Purchaser	BELCO		
Ref. No.	P.O. E-10-7925-80-A	Destination	PERU
	1 Model	96AEH	Air-x-changer
<b>PERFORMANCE</b>			
1 Service	JW	AW	IC-1
2 Flow	271GPM	108GPM	3.52MMSCFD
3 Fluid	WATER	WATER	.815SPGR
4 Temperature In, °F	180.0	155.0	210.0
5 Temperature out, °F	165.0	140.0	115.0
6 Pressure, PSI			125PSIA
7 Pressure Drop, PSI	1.8	7.8	3.0
8 Heat Load, BTU/HR	2034000	808200	444268
9 True MTD	62.2	44.2	55.1
0 Overall Rate	193.9	199.6	68.6
1 Fouling Factor	.0010	.0010	.0020
12 Tube Surface, Sq. Ft.	173	92	121
13 Total Surface, Sq. Ft.	2754	1467	1932
14 Sections, No. of	-1 COMBINED	-	1
15 Connected	SINGLY	SINGLY	SINGLY
16 No. Passes	1	2	1
17 Design Temp. °F	300	300	300
18 Design Press. PSIG	150	150	175
19 Test Press. PSIG	225	225	263
20 Nozzles	6-15ORF	2-15ORF	6-15ORF
21 Tubes, OD x BWG	5/8X19BWG	5/8X19BWG	5/8X16BWG
22 Material	ADM	ADM	SA214 STEEL
23 No./Section, Length	77, 14	41, 14	54, 14
24 No. Rows	3	3	4
25			
26 Fins, Type	WHEEL	WHEEL	WHEEL
27 Material	AL	AL	AL
28			
29			
30 Headers, Type	BOX	BOX	BOX
31 Material	STEEL	STEEL	STEEL
32 Counterflow			
33 Corrosion Allowance			
34 Grvd Tube Sheet			
35 Plugs, Type	TAPER	TAPER	TAPER
36 Material	BRASS	BRASS	STEEL
37 Retarders			
38 Accelerators			
39 ASME Code Stamp			
40 Total SCFM	105114	Temp. In °F. 85	Temp. Out °F 120.6
			Elev. 0
<b>MECHANICAL EQUIPMENT • STRUCTURES</b>			
41 No. Fans	1HP/Fan 31.7	RPM 557	Die. 96 No. Blades 6 Material ALUMINUM Make AEROVENT
42 Drive	V-BELT BY OTHERS		
43			
44 Draft Type	FORCED	No. of Boys	Overall Width
45 Guards	FAN		Length
46	FAN PITCH 24 DEGREE @ 2/3 RADIUS		Height
47 Est. Shipping Weight		Assembly	PACKAGED
48 Accessories			
49			
50			

**AIR-X-CHANGERS**

**PARTS LIST**

PARTS LIST (Sheet 1 of 1 )

JOB NO. 801557 CUSTOMER Belco Petroleum P. O. NO. E-10-7925-80A

ORDER COVERS: 1-Model 96AEH Air-x-changer PER DRWG: \_\_\_\_\_

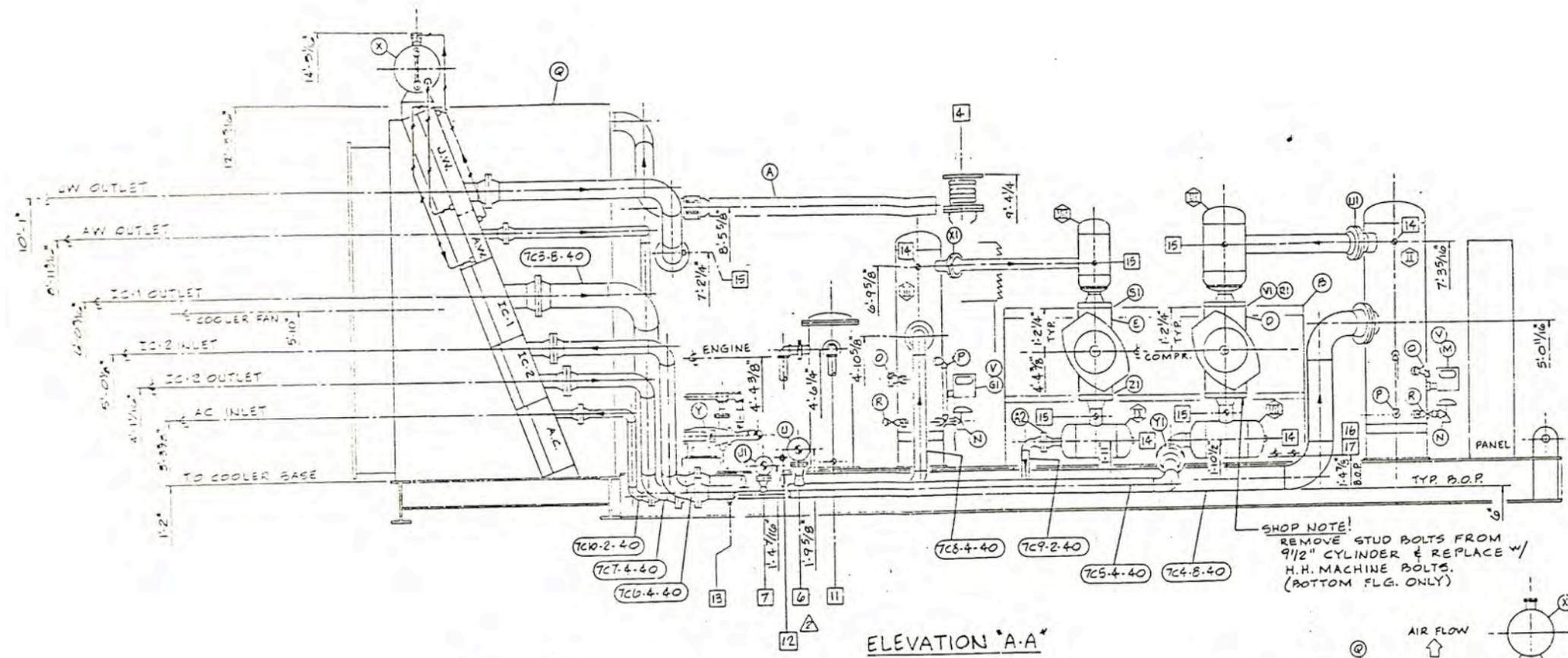
FINISH Galvanized

CHG. NO.	BY	DATE	NATURE OF CHANGE
	TJM	10-8	INITIATED PARTS LIST

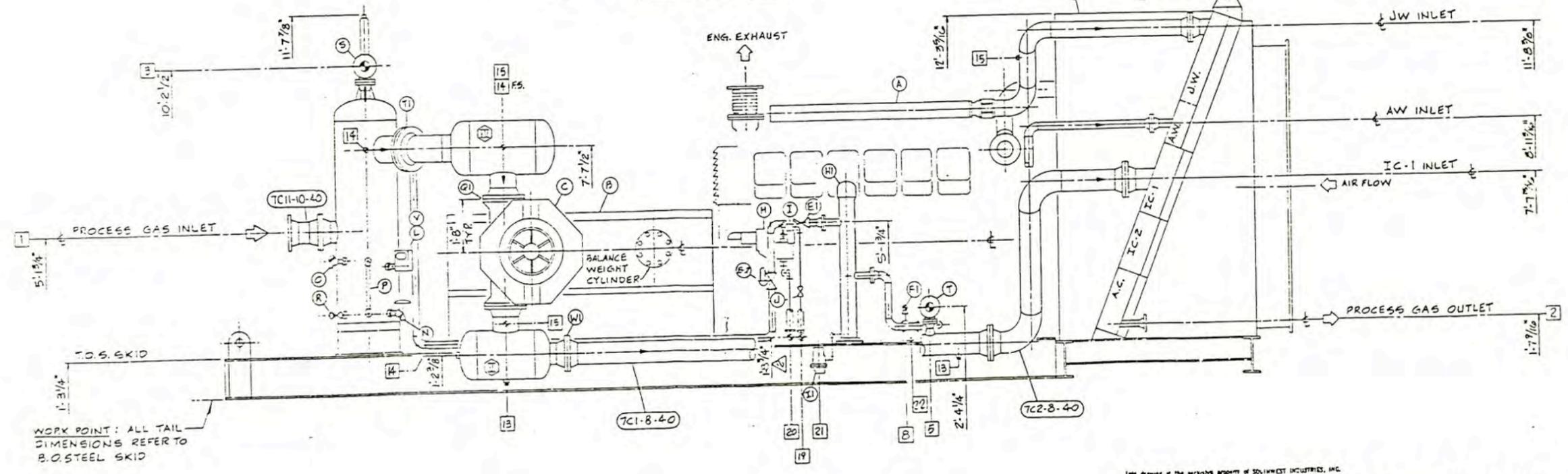
P. O.	QUAN.	DESCRIPTION OF COMPONENTS
	3	Section(s), in accordance with the attached Specification Sheet (dated) <u>10-8-80</u>
	1	Drwg. Nos.: <u>96AEH</u> Structure(s) _____
	1	Set(s) Shutters _____
	*1	Set(s) Turning Vanes <u>over all services</u>
	*1	Fan(s) <u>96</u> " Dia. <u>6</u> Blades <u>Left Hand</u> <u>AXC</u> Make <u>24</u> * Angle @ <u>2/3</u> Radius
	*1	<u>2-7/16</u> " Bore with <u>5/8</u> " x <u>5/16</u> " Keyway. <u>Adj. pitch-FRP blades</u>
	*1	Fan Shaft(s) <u>2.437</u> " Dia. x <u>36</u> " Long. CRS, with <u>5/8</u> " Sq. Keys <u>each</u> End.
	*2	Keyway length <u>6</u> " _____
	*2	<u>2-7/16</u> " Fan Bearing(s) <u>Link-Belt P339</u>
	*1	" Fan Bearing(s) _____
	*1	<u>2-3/16</u> " Idler Bearing(s) <u>Dodge Fan &amp; Blower</u>
	*1	Idler Shaft(s) <u>2.187</u> " Dia. x <u>19</u> " Long. CRS, with <u>1/2</u> " Sq. Key
		<u>4-1/2</u> " long one end.
		Idler Pivot Shaft(s) _____ " Dia. x _____ " long, CRS, with one hole
	1	drilled for 1/4" cotter pin 1/4" from each end.
		Set(e) <u>Adj. Dodge Blk</u> Type Idler Frame Parts; Pullrod Length _____ " Minimum
		Thread Length _____ "
		V-BELTS _____ Type _____ " Center Dist. _____ HP Ea. Matched sets of _____
		SHEAVE SET(S)
		Grooves Fan Sheave: _____ " OD _____ " Bore _____ Keyway.
		Type Motor Sheave: _____ " OD _____ " Bore _____ Keyway.
		MOTOR(S) _____ Make _____ HP _____ RPM _____ Phase _____ Cycle _____
		Volts _____ Encl. Variable Torque _____ Winding _____
		Shaft _____ Mounting _____ Frame Size _____ Slidebase.
		AIR MOTOR(S) _____ Make _____ Model. Air Regulator _____
		Positioner _____
		TEMP. CONTROLLER(S) _____ Make _____ Model. Length of tubing _____
		Temp. Range °F _____ Regulator _____
		CPLG. _____ Make _____ Model _____ " Bore _____ Kwy _____ " Bore _____ Kwy _____
		CPLG. _____ Make _____ Model _____ " Bore _____ Kwy _____ " Bore _____ Kwy _____
		GEAR(S) _____ Make _____ Model _____ Ratio. _____ AGMA HP.
		Input Shaft: _____ Hand Rotation _____ " Dia. _____ Keyway _____
		Output Shaft: _____ Hand Rotation _____ " Dia. _____ Keyway _____







ELEVATION "A-A"



ELEVATION "B-B"

This drawing is the exclusive property of SOUTHWEST INDUSTRIES, INC. as acceptance constitutes an agreement that it is to be used as a property of the purchaser and not to be reproduced, copied, or otherwise used without the written consent of SOUTHWEST INDUSTRIES, INC. Reproduction of this drawing or unauthorized use of patented or patentable features described herein is prohibited.

286-364-19022

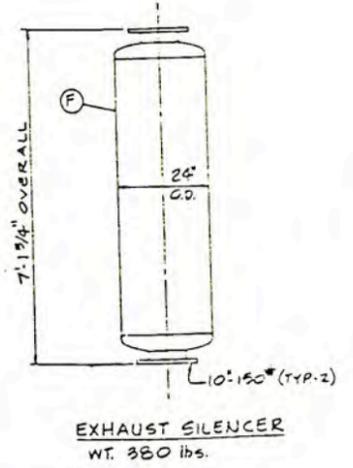
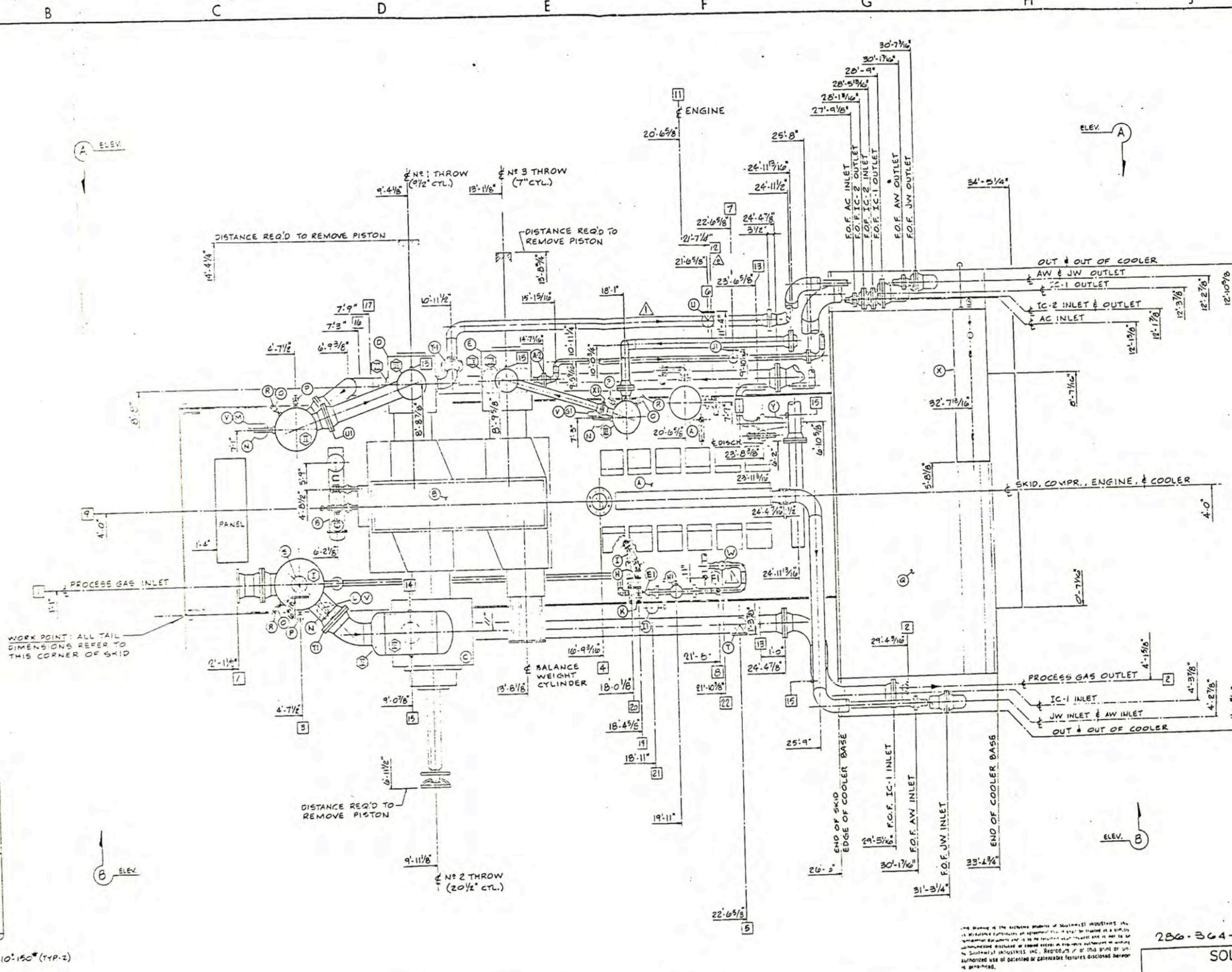
SOUTHWEST INDUSTRIES  
HOUSTON, TEXAS

REVISIONS					REVISIONS					TAG.	DATE
MARK	DATE	BY	CKD.	DESCRIPTION	MARK	DATE	BY	CKD.	DESCRIPTION		
▲	6-29-77	Z.F.R.	S	REVISED FUEL GAS & GAS TILLS TCS & TCG						DRAWN BY	2/21/77
▲	7-27-77	L.A.S.	S	REV. ELEV. DIM MK 19 & 20 MOVE MK 12 FR ELEV						CHECKED BY	L.A.S. 6-8-77
▲				TO ELEV A-A ISSUED CERTIFIED						APPROVED BY	
										CUST. PO. NO.	10-77-17
										NO. REQUIRED	SIX (6)
										SCALE	1/2" = 1'-0"

ITEM ELEVATIONS "A-A" & "B-B" BRDS-B  
WAUKESHA L-7042-GU  
PURCHASER I.R.S.A./BELCO PETROLE  
I.R.O.  
S/O 77-1371142 SH. 2 OF 3 DWG. NO.

ITEM NO. DESCRIPTION MATERIAL SCALE  
BILL OF MATERIAL





EXHAUST SILENCER  
WT. 380 lbs.

THE DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF SOUTHWEST INDUSTRIES, INC. IT IS TO BE KEPT IN CONFIDENCE AND IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM. WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SOUTHWEST INDUSTRIES, INC. REPRODUCTION OF THIS PRINT OR UNAUTHORIZED USE OF PATENTED OR PATENTABLE FEATURES DISCLOSED HEREON IS PROHIBITED.

286-364-19022  
SOUTHWEST INDUSTRIES  
DIVISION OF INDEPENDENT  
HOUSTON, TEXAS

REVISIONS					TAG.	DATE
MARK	DATE	BY	CKD.	DESCRIPTION	DRAWN BY	DATE
▲	6-29-77	RFR	S/T.S.	REVISED GAS EPOLS. FUEL GAS & GENERAL ZENITH-33.	JEE	6-5-77
▲	7-27-77	LAS	S/T.S.	MOVED CONN. NK 12 TO OTHER SIDE OF UNIT	LAS	6-8-77
▲					APPROVED BY	6-17-77
▲					CUST. PO. NO.	10-77-17
▲					NO. REQUIRED	SIX (6)
▲					SCALE	1/2" = 1'-0"

ITEM PLAN LAYOUT - 3RD-3 COMPRESSOR  
WAUKESHA L-7042-GU  
PURCHASER I.R.S.A./BELCO PETROLEUM  
I.R. DWG. NO.  
S/O 77-137142 SH. 1 OF 3 DWG. NO. 23A

ITEM NO.	DESCRIPTION	MATERIAL SPEC.
1	BILL OF MATERIAL	

MASTER BILL OF MATERIAL

DESCRIPTION

ITEM NO. QUANTITY

MASTER BILL OF MATERIAL (CONTINUED)

DESCRIPTION

MR. DWG. NO.

DIA.

DESIGN PRESS.

VESSEL LEGEND

DESIGN TEMP.

DESCRIPTION

CODE

1	Waukesha L-7042 DU/HC naturally aspirated gas engine with std. accessories (fast pack #745) engine to have 13" water pump sheave code #1105	T1	1
1	IR ARDS compressor frame with std. accessories	U1	1
1	IR 20 1/2" dia bore double acting compressor cylinder - ptn no. G-3731 complete and to include a hand operated variable volume clearance pocket.	V1	1
1	IR 9 1/2" dia bore double acting compressor cylinder - ptn no G-2820 complete with clearance bottle conn.	W1	1
1	IR 7" dia bore double acting compressor cylinder ptn no GH-2863 complete with clearance bottle conn.	X1	1
1	Vanec 114-10A industrial exhaust outletter with 10" 125# flg conn spark arresting - (WT - 380#) (Ship loose)	Y1	1
1	Twentieth Century 60 FSH coupling with 22 1/2" OD adapter & 8 - 1 1/32" Ø holes on 20 1/2" Ø bolt circle - nub bore = 5.748 - .0017 - .000 w/ 3/4" x 5/8" full keyway	Z1	1
1	IR SH-660-RB-991301 starter w/strainer - IR mdl no SM-450-A-251A	A2	1
1	Morgren lubricator #10-003-012 w/ 1/2" F-NPT conn & left to right flow	B2	1
1	Jenkins #121W quick opening valve w/ 1/2" F-NPT conn.		
1	Nordstrom #142 semi-steel plug valve w/E-7 wrench - 1 1/2" F-NPT conn		
1	Morriseal style 1001A pilot mdl #25M60-SRDV-BE w/ 7/8" x 10" PVC horiz. displ., 12 1/2" 303 SS float arm, Sp.Gr. = .80, K = 1.20, T = 100°F, 2" F-NPT conn.		
1	Morriseal style 1001A pilot mdl #25M60-SLDV-BE w/ 7/8" x 10" PVC horiz. displ., 12 1/2" 303 SS float arm, Sp.Gr. = .80, K = 1.20, T = 100°F, 2" F-NPT conn.		
3	Kilway 1" NPT 140CSMA (angle) motor valve w/3/8" inner valve std trim - 20 PSI diaphragm spring press to open		
3	Automation controls #580-1 Std 1" M-NPT Spr. Gr. = .80, T = 100°F		
3	Daniel gauge glass # 91 R w/gauge cocks #1-S - 3/4" M-NPT		
1	Afr-I-Changer - cooler per Eads quote no 774025A per SWI request		
3	Yost gate valve mdl no TT-2801 3/4" MF-NPT conn		
1	Farris relief valve #26EA10 w/ 150# RF inlet & 4" 150# RF outlet - valve to be set @ 100 PSI Cap - 3620 SCFM, K = 1.20, Sp.Gr. = .80, T = 100°F		
1	Farris relief valve #26EA10 w/ 150# RF inlet & 3" 150# RF outlet - valve to be set @ 175 PSI - Cap = 9053, K = 1.20, Sp.Gr. = .80, T = 190°F		
1	Farris relief valve #26EA10 w/ 1 1/2" 300# RF inlet & 2 1/2" 150# RF outlet valve to be set @ 400 PSI, Cap = 3609 SCFM, K = 1.20, Sp.Gr. = .80, T = 230°F		
3	Fisher 1/4" 67 FR regulator w/5-30 PSI spring		
1	Murphy - M-50 series 70 EP fuel valve w/202-M pig.		
1	SWI std 16" Ø water surge tank part no 5451		
1	IR aux water pump mdl # 2 1/2 x 1 1/2 - 10 HC w/2 1/2" 150# RF suction & 1 1/2" 150# RF discharge to turn @ 1750 RPM, 136 GPM, 80 ft/head w/9 1/2" impeller heavy base - unit wt - 165 lbs		
1	Ft. Worth 1 - "E" groove 7.4" PD sheave type D-2 w/SDS bushing A 1 1/8" bore w/1/4" x 1/8" x full lg. keyway		
1	Ft. Worth "B" groove belt no 8-105 w/106.8 PL super grip		
1	Ft. Worth 20" PD sheave 4-C groove, type A-3 w/"E" bushing & 2 7/16" bore w/5/8" x 5/16" x full lg. keyway		
1	Ft. Worth 9" PD sheave 4-C groove type A-1 w/"E" bushing 2 3/16" bore w/1/2" x 1/4" x full lg keyway		
4	Ft. Worth "C" groove belts no C-150 w/108.5 PL - matched set - super grip		
1	Nordstrom #142 semi-steel plug valve 2" F-NPT w/J-7 wrench		
1	Farris relief valve #1870-set @ 25 PSI - 3/4" M-NPT inlet - 1" F-NPT outlet		
1	Morriseal style 1001 A pilot mdl #25M60-SLDV-BE w/ 7/8" x 12" PVC vert. displ., 15" 303 SS float arm, Sp. Gr. = .80, K = 1.20, T = 100°F, 2" F-NPT conn.		
1	Peco fuel filter #85-1-FR24		
1	Armstrong #3LD dump trap w/3/16" orifice (1/2" NPT conn)		
1	Farris relief valve #26EA13 set @ 1000 PSI cap = 3787 SLFH, K = 1.20, Sp.Gr. = .80, & T = 230°F		
5	Ren automatic oil level controller mdl RAS-K & hose kit w/shutdown switch		
1	Ren 55 gal. oil supply reservoir complete and to include stand		
1	Ren 30 gal. oil supply reservoir complete and to include stand		
	Void		
1	Trabon block distribution system, per Gerhardt's inc. quote #1151 to be mounted to McCord lubricator by SWI		
1	Bendix - S-1800 solid state non-shielded ignition system per Gerhardt's inc. quote # 1153 - installed by Gerhardt's		
1	Fab - Services Inc. basket strainer type 11 for 10" 150# RF flg per IR spec		
1	Fab - Services Inc. basket strainer type 11, for 4" 600# RF flg conn per IR spec		
1	Fab Services Inc. basket strainer type 11 for 4" - 900# RF flg. conn per IR spec.		

INSTRUMENTATION

1	Murphy switch gauge mdl 20TD 250 range 100-250°F complete w/3/4" NPT x 4" thermowell	1	1
1	Murphy switch gauge, mdl 20TD 250 range 100-250°F, complete w/3/4" NPT x 4" thermowell	2	1
1	Murphy switch gauge, mdl 20TD 250 range 100-250°F, complete w/3/4" NPT x 4" thermowell	3	1
1	Murphy switch gauge, mdl 20TD 250 range 100-250°F, complete w/3/4" NPT x 4" thermowell	4	1
1	Murphy switch gauge, mdl SDB-EX-500 range 100-500°F, complete w/3/4" NPT x 4" thermowell	5	1
1	Murphy switch gauge, mdl SDB-EX-500 range 100-500°F, complete w/3/4" NPT x 4" thermowell	6	1
1	Murphy switch gauge, mdl SDB-EX-500 range 100-500°F, complete w/3/4" NPT x 4" thermowell	7	1
1	Murphy switch gauge, mdl 20P range 0-100 PSIG	8	1
1	Murphy switch gauge, mdl 20P range 0-100 PSIG	9	1
1	Murphy vibration switch, mdl VS-2	10	1
1	Murphy vibration switch mdl VS-2	11	1
1	Murphy vibrationswitch mdl VS-2	12	1
1	Marsh pressure gauge mdl E-2654 4 1/2" dial, range 0-200 PSIG 1/2" BM	13	1
1	Marsh pressure gauge mdl E-2664 4 1/2" dial range 0-600 PSIG 1/2" BM	14	1
1	Marsh pressure gauge mdl E-2648 4 1/2" dial 0-100 PSIG range, 1/2" BM	15	1
1	Marsh valve, 1/2" NPT needle valve, mdl N-1534	16	9
1	Weston thermometer, mdl 4303 range 20-240°F, 4" stem, complete w/3/4" NPT thermowell	17	1
1	Weston thermometer mdl 4303, range 20-240°F, 4" stem, complete w/3/4" NPT thermowell	18	2
1	Murphy panel as per quote	19	1

SCHEDULE OF OPENING

HK	SIZE	RATING	DESCRIPTION
1	10"	150# RF	Process Gas Inlet
2	2"	600# RF	Process Gas Outlet
3	4"	150# RF	Suction Scrubber Relief Valve Outlet
4	10"	150# RF	Engine Exhaust
5	3"	150# RF	1st Interstage Relief Valve Outlet
6	2 1/2"	150# RF	2nd Interstage Relief Valve Outlet
7	2"	150# RF	3rd Stg. After Cooling Relief Valve Outlet
8	1"	NPT	Fuel Gas Relief Valve Outlet
9	1 1/2"	NPT	Compressor Oil Crankcase Drain
10	2"	NPT	Engine Oil Crankcase Drain
11	1"	NPT	Engine Oil Filter Drain
12	3/4"	NPT	Fuel Gas Piping Drain
13	3/4"	NPT	Gravity Drain Plugged Press. Conn.
14	1/2"	NPT	Temperature Conn
15	3/4"	NPT	Pecking Vent
16	3/4"	NPT	Distance Piece Drain
17	3/4"	NPT	Fuel Gas Inlet
18	2"	NPT	Starting Gas Inlet
19	1 1/2"	NPT	Starting Gas Outlet
20	2"	NPT	Fuel Gas Filter Drain
21	1/2"	NPT	Fuel Gas Valve Vent
22	1/2"	NPT	Fuel Gas Valve Vent

PAINTING AND CLEANING INSTRUCTIONS

- Clean all surfaces of rust, weld slag and any other particles before painting.
- Engine, compressor, and cylinders and primed by manufacturer paint with 1 coat SWI std gray pain: F-65A4 Sherwin Williams.
- Exhaust silencer to be painted w/one coat 2 mils min. (High temperature aluminum)
- Cooler to galvanized by vendor.
- Skid, scrubbers, drums and process piping to be sandblasted to white metal and have 1 to 2 mils Dimetecote for primer. Once finish coat of Sherwin Williams F65A4 1 to 2 mils.
- All other surfaces, to have 1 coat SWI Std. primer Sherwin Williams EGYT10 1 to 2 mils and 1 coat SWI Std. gray finish Sherwin Williams F-65A4 1 to 2 mils.
- Recommended drying time between coats 24 hours.

GENERAL NOTES

- All bolt holes to straddle int'l horizontal and vertical centerlines.
- All process piping and vessels to be hydrotested at 1.5 times the design pressure.
- All piping to be adequately braced and supported.
- Drive coupling must be aligned before setting unit.
- See Dwg. 23A2 for Foundation.
- See Dwg. 26A1 for Flow Diagram.

SOUTHWEST INDUSTRIES  
HOUSTON, TEXAS

REVISIONS				REVISIONS				TAG.	DATE
MARK	DATE	BY	CKD.	MARK	DATE	BY	CKD.	DRAWN BY	
△	7-27-7	L.O.S.	FAS	△				R.F.R.	6-9-77
△				△				CHECKED BY	L.A.S. 6-9-77
△				△				APPROVED BY	R.S. 6-27-77
△				△				CUST. PO. NO.	
△				△				NO. REQUIRED	SIX (6)
△				△				SCALE	NONE

ITEM: BILL OF MATERIAL, VESSEL LEGEND, SCHEDULE OF OPENING & CLEANING INSTRUCTIONS & GENERAL NOTES  
PURCHASER I.R.S.A./BELCO PETROLEUM  
I.R.O.  
I.R. DWG. NO  
DWG. NO. 23A1 77-137/142 SH. 3 OF 3

NO.	DESCRIPTION	MATERIAL SPEC.
1	BILL OF MATERIAL	