

## Compresores – Su Funcionamiento y Mantenimiento

Por Richard Widman y Omar Linares

*Uno de los ítems más buscados entre las más de 600 páginas de mantenimiento en nuestro sitio es información sobre compresores de aire, compresores de amoníaco, o compresores de gases. Muchas preguntas son sobre la diferencia entre tipos de compresores y sus recomendaciones de mantenimiento. Mucha gente sigue usando aceite de motor para su lubricación en general o aceites Nafténicos para compresores de frío aunque básicamente son obsoletos. En este boletín trataremos de aclarar las dudas y sintetizar la información solicitada para compresores de aire y otros gases. Hablaremos de compresores de frío en otro boletín.*

*Este es el Boletín #56 de nuestro programa de Boletines Informativos mensuales. Todos los boletines están disponibles en formato Acrobat pdf en [www.widman.biz](http://www.widman.biz)*

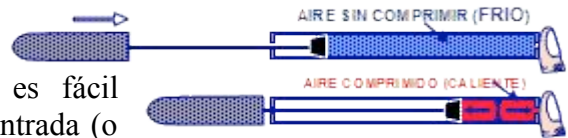
### El propósito

Los compresores pueden ser usados para aumentar la presión o flujo de un gas (aire, amoníaco, GNC, nitrógeno, CO<sub>2</sub>, etc.). A veces esto es intermitente (un taller, gomería, restaurante, planta procesadora pequeña, etc.) a veces continuo (bombeo de gasoductos, embotelladoras de gaseosas o cerveza, sopladores de bolsas y envases plásticos, etc.). El uso para aumentar presión puede ser para uso directo como inflar neumáticos (llantas), limpiar piezas, desempolvar, etc. o para accionar algún equipo como sistema de lubricación neumática, equipos de perforación, válvulas de control, etc. Cada tipo de compresor tiene ventajas para aplicaciones específicas, y los materiales utilizados en su construcción son compatibles con ciertos gases y/o aceites, limitando su inter cambiabilidad.

Los compresores en general son similares a bombas que utilizamos para bombear líquidos. Por lo que en general los líquidos no pueden ser comprimidos utilizando un equipo similar al compresor. La bomba aumenta presión o flujo en una relación directa.

### El funcionamiento básico

En su forma más simple, el inflador de bicicleta es un compresor. Al empujar un lado, el aire en el otro lado es comprimido si la salida es tapada o conectada al neumático. El aire frío entra el compresor donde la energía usada para comprimirlo es convertida a un aumento de presión y temperatura, reduciendo el volumen final. Para los que hemos inflado neumáticos a cuatro mil metros sobre el nivel del mar, es fácil comprender que entre más denso el aire de la entrada (o mayor presión), más presión saldrá de esta operación. Este concepto nos lleva a los compresores de dos etapas.



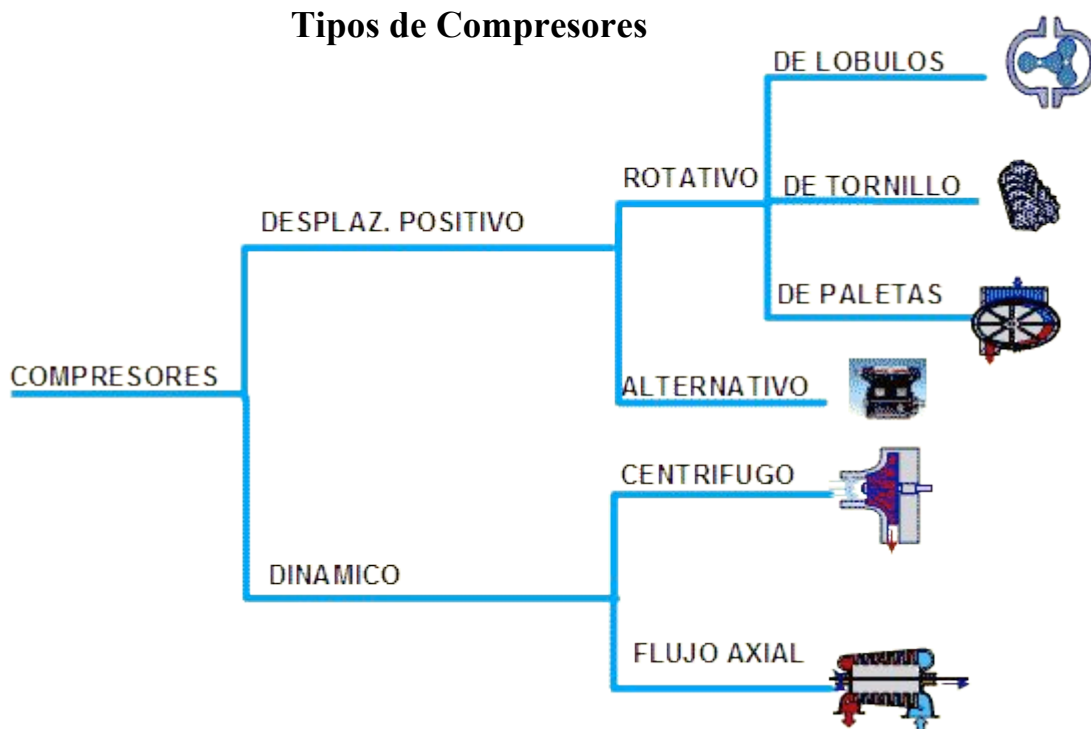
### Los tipos de compresores

El inflador de bicicleta es un tipo de compresor de **desplazamiento positivo**. Las dimensiones son fijas. Por cada movimiento del eje de un extremo al otro tenemos la misma reducción en volumen y el correspondiente aumento de presión (y temperatura). Normalmente son utilizados para altas presiones o poco volumen.

También existen **compresores dinámicos**. El más simple es un ventilador que usamos para aumentar la velocidad del aire a nuestro entorno y refrescarnos. Se utiliza cuando se requiere mucho volumen de aire a baja presión.



Estos dos tipos de compresores tienen variaciones o sub-categorías como se muestra en el siguiente gráfico.

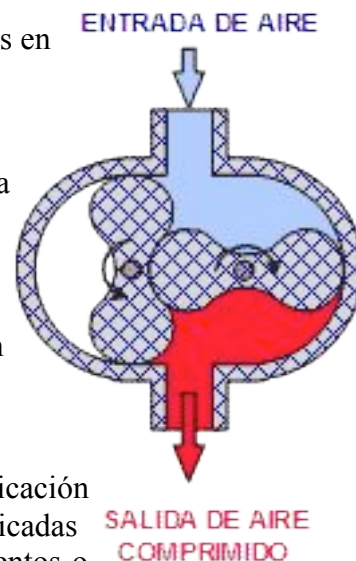


## El compresor de desplazamiento positivo

Estos compresores son los más conocidos y comunes. Para verlos aquí y observar sus diferencias los dividimos en dos tipos diferentes. Los **Rotativos** (lóbulo, tornillo o paletas) y los **Alternativos** (pistones).

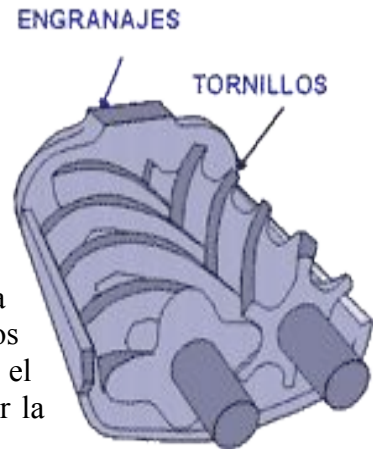
### Compresores rotativos de Lóbulos

- Los compresores de lóbulos tienen dos rotores simétricos en paralelo sincronizados por engranajes.
- Características
  - Producen altos volúmenes de aire seco a relativamente baja presión.
  - Este sistema es muy simple y su funcionamiento es muy parecido a la bomba de aceite del motor de un auto donde se requiere un flujo constante.
  - Tienen pocas piezas en movimiento.
  - Son lubricados en general en el régimen de lubricación hidrodinámica aunque algunas partes son lubricadas por salpicadura del aceite. A veces los rodamientos o cojinetes pueden estar lubricados por grasas.



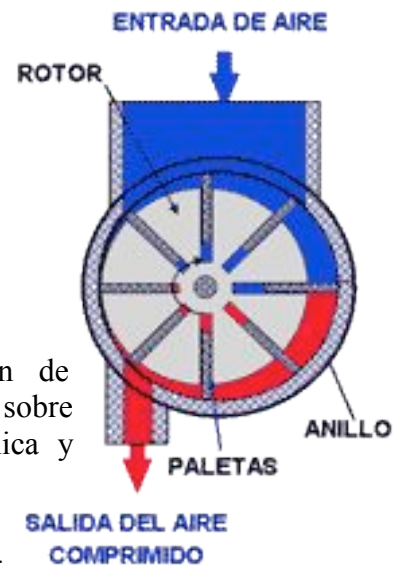
## Compresores rotativos tipo Tornillo

- Los compresores a tornillo tienen dos tornillos engranados o entrelazados que rotan paralelamente con un juego o luz mínima, sellado por la mezcla de aire y aceite.
- Características
  - Silencioso, pequeño, bajo costo
  - Flujo continuo de aire
  - Fácil mantenimiento
  - Presiones y volúmenes moderados
- Operación: Al girar los tornillos, el aire entra por la válvula de admisión con el aceite. El espacio entre los labios es progresivamente reducido al correr por el compresor, comprimiendo el aire atrapado hasta salir por la válvula de salida.
- En los compresores a tornillo **húmedos** los engranajes y tornillos son lubricados por el aceite que actúa también como sello. Típicamente tienen filtros coalescentes para eliminar el aceite del aire o gas comprimido.
- Los compresores a tornillo **secos** (“oil-free”) requieren lubricación de sus engranajes, cojinetes y/o rodamientos pero los tornillos operan en seco.
- Los tornillos normalmente operan en el régimen de lubricación límite y mixta mientras los engranajes trabajan con lubricación hidrodinámica.
- Lubricante: Los compresores lubricados con inyección de aceite utilizan aceites R&O (resistente a oxidación por lo que trabaja entre 80° C y 120° C y con aditivos contra la corrosión) y aceites hidráulicos AW (antidesgaste). Los engranajes son lubricados por salpicadura con aceite R&O. Típicamente utilizan viscosidades entre ISO 32 e ISO 68 de acuerdo a la temperatura del ambiente, la velocidad de giro y el tamaño de sus tornillos y luz.
  - El aceite tiene que tener una buena capacidad antiespumante y buenas características de enfriamiento por la alta velocidad y temperatura de operación.
  - El índice de viscosidad natural del aceite tiene que ser alto para evitar cizallamiento y sellar los tornillos. Un aceite que utiliza muchos polímeros para mantener su índice de viscosidad sufrirá más cizallamiento y no sellará tanto como uno con un índice natural alto (grupo II, sintetizado o sintético tradicional)
  - Los aceites hidráulicos (AW) formulados con aceite básico API grupo I no deberían ser utilizados sobre 70° C por su oxidación. Caso contrario se tendrá que cambiar aceite con mayor frecuencia y limpiar los residuos de oxidación, resinas y polímeros de las superficies y cojinetes. Estos depósitos son muy difíciles de eliminar de los enfriadores (intercambiadores de calor) del aceite.
  - En sistemas que tienen cojinetes de plata no se debe usar aceites AW con aditivos tradicionales de zinc y fósforo por el daño que hace el zinc a la plata.



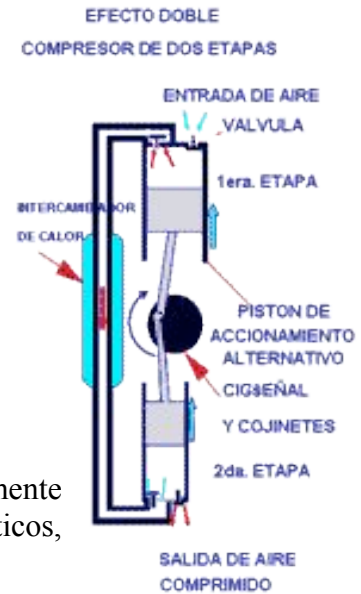
## Compresores rotativos tipo Paletas

- En el compresor rotativo a paletas el eje gira a alta velocidad mientras la fuerza centrífuga lleva las paletas hacia la carcasa (estator) de afuera. Por la carcasa ovalada, continuamente entran y salen por canales en su rotor. Este sistema es parecido a la bomba hidráulica a paletas como la bomba utilizada en la dirección hidráulica del auto.
- Por la excentricidad de la cámara, los compartimientos llenos de aire entre paletas se achican entre el orificio de entrada y el de salida, comprimiendo el aire.
- El lubricante sella las paletas en el rotor y contra el anillo de la carcasa.
- Características
  - Silencioso y pequeño
  - Flujo continuo de aire
  - Buen funcionamiento en frío
  - Sensibles a partículas y tierra
  - Fácil mantenimiento
  - Presiones y volúmenes moderados
- Los cojinetes del rotor trabajan en un régimen de lubricación hidrodinámica mientras las paletas frotan sobre el anillo de la carcasa en lubricación hidrodinámica y límite.
- Por lo que mucho del régimen de lubricación es límite, se requiere aceite con aditivos AW (anti-desgaste) inyectado o pasado por conductos con el aire. Típicamente se usa aceite hidráulico ISO (VG) 32, 46 o 68; aceite hidráulico SAE 10W; o aceite de motor. Los aceites de motor tienen la ventaja que absorben la humedad y condensado para llevarla con el aire, (evitando chupar agua decantada en el fondo) pero la desventaja que un exceso de humedad puede causar la precipitación de sus aditivos o corrosión si el compresor queda parado mucho tiempo con aceite contaminado.
- Adicionalmente a la necesidad de aditivos antidesgaste, se requiere un aceite de buena resistencia a la oxidación a altas temperaturas, ya que estos compresores pueden llegar a 200° C. Estas temperaturas requieren un índice de viscosidad natural muy alto para mantener su viscosidad y evitar cizallamiento. Cualquier depósito de barniz que resulta de la oxidación del aceite puede llenar las ranuras del rotor, evitando el suave y seguro movimiento de las paletas.
- Por lo que la fuerza centrífuga gira las partículas de tierra hacia la carcasa y el anillo (pista) de la carcasa, la vida útil depende mucho del filtro de aire, el grosor de la película de aceite y la cantidad de aditivos AW.
- La lubricación es a pérdida. Este aceite va con el aire y por ende es ideal para sistemas de lubricación a goteo, lubricación neumática, etc.



## Compresores de movimiento alternativo tipo pistón

- El compresor a pistón es semejante al motor de combustión del auto y puede ser de efecto **simple** para baja presión o **doble** para alta presión.
- Los pistones, cojinetes y válvulas requieren lubricación.
- Características
  - Ruidoso y pesado
  - Fluido de aire intermitente
  - Funciona en caliente (hasta 220° C)
  - Necesita mantenimiento costoso periódico
  - Alta presión con moderado volumen
- Son divididos en dos clases:
  - Los de efecto simple: Baja presión, normalmente usado en talleres para pintar, soplar, inflar neumáticos, operar herramientas neumáticas, etc.
  - Los de efecto doble (Duplex): Usados para altas presiones en sistemas de compresión de gases a licuados, etc.
- Los cojinetes trabajan en el régimen de lubricación hidrodinámica, mientras los pistones y las válvulas trabajan en el régimen de lubricación límite y mixta.
- Los compresores a pistón de efecto simple típicamente son lubricados por salpicadura del cárter con aceites R&O o aceites hidráulicos con aditivos AW. Estos aceites no deben tener detergentes/dispersantes (como tienen los aceites de motor) por lo que estos aditivos absorban la humedad condensada y causan herrumbre. Los aceites R&O e hidráulicos contienen aditivos demulsificadores que decantan el agua en el fondo del cárter para poder ser drenado.
- Los compresores a pistón de doble efecto (Duplex) típicamente tienen un sistema doble de lubricación, utilizando aceites R&O para los cojinetes y aceites hidráulicos AW sin cenizas para los pistones. Esto reduce la fricción en los cilindros donde ocurre más de 75% de la fricción, mientras la larga vida del aceite R&O es aprovechado en la lubricación hidrodinámica de los cojinetes.
  - El uso de aceites de baja calidad en los cilindros causa depósitos de barniz y carbonilla en las válvulas y ranuras de pistones, aumentando el mantenimiento.
  - Por las temperaturas en estos cilindros que pueden llegar hasta 120° C, los aceites utilizados deben tener alta resistencia contra la oxidación.
  - Notamos que los aceites baratos vendidos aquí normalmente pasan las pruebas de oxidación con solamente 2000 a 2500 horas, mientras los sintetizados pasan con más de 5000 horas y los sintéticos con más de 8000 horas. Esto no solo representa más que el doble de vida útil para el aceite, si no mayor limpieza, menos barniz, mayor lubricación, menor temperatura y menos consumo de energía.

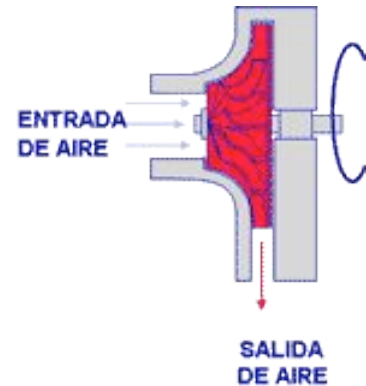


## Los compresores dinámicos

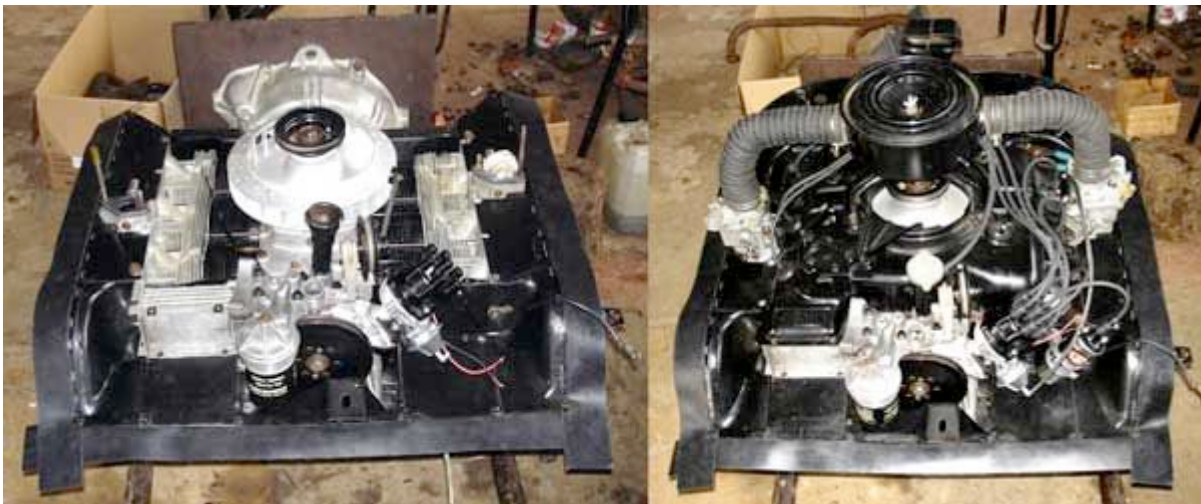
Los compresores dinámicos pueden ser **Radiales** (centrífugos) o de **Flujo Axial**. Una de las ventajas que tienen ambas es que su flujo es continuo. Estos compresores tienen pocas piezas en movimiento, reduciendo la pérdida de energía con fricción y calentamiento.

### Compresores Radiales (Centrífugos)

- Una serie de paletas o aspas en un solo eje que gira, chupando el aire/gas por una entrada amplia y acelerándolo por fuerza centrífuga para botarlo por el otro lado.
- Funciona en seco. La única lubricación es de sus cojinetes o rodamientos.
- Características:
  - El gas o aire sale libre de aceite
  - Un flujo constante de aire
  - Caudal de flujo es variable con una presión fija
  - El caudal es alto a presiones moderadas y bajas
- Régimen de lubricación es hidrodinámico.
- La lubricación es por aceite de alta calidad R&O o Grasa.



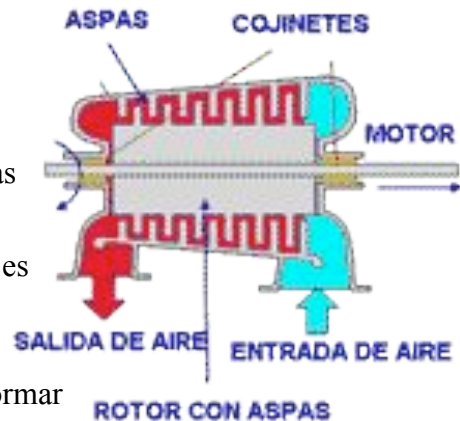
Aquí podemos ver un compresor centrífugo en el enfriamiento del motor de mi auto. A la izquierda vemos su instalación antes de montar los ductos, y a la derecha con la instalación final, canalizando el aire por los cilindros, el enfriador de aceite y las culatas. El rodamiento es lubricado por grasa de alta calidad.



### Compresores de Flujo Axial

- Contiene una serie de aspas rotativas en forma de abanico que aceleran el gas de un lado al otro, comprimiéndolo. Esta acción es muy similar a una turbina.
- Funciona en seco. Solo los cojinetes requieren lubricación.

- Características:
  - Gas/Aire libre de aceite
  - Flujo de aire continuo
  - Presiones variables a caudal de flujo fijo
  - Alto caudal de flujo. Presiones moderadas y bajas
- Régimen de lubricación de cojinetes y engranajes es hidrodinámica.
- Requiere aceite R&O de alta calidad para soportar los ejes en régimen hidrodinámica sin formar depósitos ni cizallar.



## Resumen

Antes de considerar el uso de cualquier tipo de compresor y sus beneficios, hay que pensar en la calidad del aire o gas que será comprimido. Esto requiere la localización del compresor donde se minimiza la influencia del ambiente y la colocación de filtros secadores, eliminadores de malos olores o vapores de aceite y otros productos. La colocación del compresor de aire al lado del alcantarillado mandará los gases de las aguas servidas al aire comprimido.

Después hay que determinar si requerimos un flujo constante o periódico, y cuanto de presión necesitamos.

## Lubricación

- Todavía hay catálogos e información técnica que recomienden el uso de aceites nafténicos para evitar la acumulación de ceras provenientes de aceites parafínicos que podría causar problemas en las ranuras, bordes y otras partes del compresor. Vale notar que esto solo vale para los aceites parafínicos baratos. Los aceites API grupo II, sintetizados o sintéticos son libres de ceras. Los aceites nafténicos normalmente tienen bajos índices de viscosidad y disuelven o hinchan los retenes y sellos.
- En muchos casos una pequeña parte del lubricante será llevado con el aire al destino final. Esto no causa problemas en equipos neumáticos, limpieza general, ni muchos trabajos comunes, pero tiene que ser considerado para el soplado de botellas de alimentos, uso en hospitales, etc. Además de filtros coalescentes, estos compresores deberían usar aceites de Grado Alimenticio (alimentario) aprobados por la USDA/FDA.
- Entre más puro y de más alta calidad es el aceite que colocamos al compresor, menos depósitos, menos temperatura, menos desgaste y menos mantenimiento tendremos.
- El proceso de compresión de aire siempre resultará en la condensación de su humedad y la acumulación del mismo en el compresor, tanque de almacenamiento o tuberías. Por ende debería tener trampas de separación del agua y purgadores.
- La elección del aceite a utilizar depende de varios factores:

- El tipo, la velocidad y el tamaño del compresor
- El tipo de gas a ser comprimido (reactivo o inerte)
- Presiones y temperaturas
- Condiciones operativas (tiempo parado, arranque, planta alimenticia, hospital garaje, fuera de autopista).
- Medio ambiente (humedad, rango de temperatura, temperatura mínima al arranque)
- Tipo de sistema de lubricación.
- Las propiedades requeridas en un aceite para compresores son:
  - Viscosidad correcta para el tipo de compresor: Controla desgaste y temperatura.
  - Estabilidad de oxidación para evitar la formación de depósitos, bloqueo de filtros, fuego.
  - Baja tendencia a la formación de carbón/carbonilla para evitar el clavado de válvulas, excesivo desgaste, fuego y explosiones.
  - Protección contra la herrumbre y la corrosión.
  - Protección antidesgaste para evitar la pérdida de eficiencia y altos gastos de mantenimiento.
  - Alto resistencia a la formación de espuma para evitar el rebalce de aceite, la cavitación de cojinetes y desgaste.
  - Alto punto de inflamación y punto de autoencendido para evitar fuego.
  - Compatibilidad con el gas a ser comprimido para evitar reacciones o absorción.
  - En la mayoría de los compresores el aceite debería tener buena demulsibilidad.
  - Compatibilidad con los sellos y retenes para evitar pérdidas y reparaciones.

Revise las fichas técnicas del aceite que compra y tenga cuidado con términos como:

- “Alto índice de viscosidad”: para algunos 90 es alto, para otros 250 es alto.
- “Larga vida”: para algunos esto es 2500 horas en la prueba ASTM D-943, para otros es >5000.

*Widman International SRL contribuye a la capacitación de los ingenieros y usuarios en Bolivia para mejorar su competitividad. Para mayores informaciones prácticas, visite nuestra página Web: [www.widman.biz](http://www.widman.biz)*

Si usted conoce a otra persona que estará interesada en recibir estos boletines, favor responder a [scz@widman.biz](mailto:scz@widman.biz) Si no quiere recibir estos boletines mensualmente, favor responder a [scz@widman.biz](mailto:scz@widman.biz) con “**remove**” en el asunto.

*La información de este boletín técnico es de única y completa propiedad de Widman International S.R.L. Su reproducción solo será permitida a través de una solicitud a [scz@widman.biz](mailto:scz@widman.biz) no permitiendo que esta altere sus características ni su totalidad.*