

Los lubricantes y sus características técnicas

Por Mónica Vázquez, YPF S.A.

Un lubricante es toda aquella sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintética que se pueda utilizar para reducir la fricción entre piezas y mecanismos en movimiento.

Los aceites minerales se obtienen a partir de la destilación y posterior refinación de una parte del petróleo denominado "crudo reducido". El crudo reducido es destilado al vacío obteniéndose cortes bases de distintas viscosidades.

En el país existen sólo dos refinerías que producen bases lubricantes y ambas lo hacen a partir del petróleo de la cuenca neuquina, básicamente de Medanitos.

El presente trabajo desarrolla el concepto de las bases lubricantes, las formulaciones que son necesarias para cumplir con las exigencias de los fabricantes de maquinarias y equipos, los aditivos necesarios, la clasificación y las tendencias, describiendo además el esquema básico de una planta de elaboración y distribución de alta tecnología.

Mónica Vázquez es Ingeniera Química y ha desarrollado sus actividades en el Instituto Sidus y Ragor S.A. Desde hace 19 años se desempeña en YPF S.A. donde actualmente es Gerente de Operaciones y Distribución de Lubricantes, siendo la primera mujer con responsabilidades gerenciales en una refinería. Previamente se desempeñó como Gerente de Servicio Técnico de Lubricantes y también desarrolló tareas en Investigación y Desarrollo, Servicio Técnico y Marketing siempre relacionadas al tema de lubricantes. Además, fue Presidenta de la ex Comisión de Lubricantes del IAPG.

Un lubricante es toda aquella sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintética que se pueda utilizar para reducir la fricción entre piezas y mecanismos en movimiento.

Bases lubricantes

Los aceites minerales se obtienen a partir de la destilación y posterior refinación de una parte del petróleo denominado "crudo reducido", que queda en el fondo de las torres de destilación, luego de haberse extraído los gases y los combustibles. El crudo reducido es destilado al vacío obte-

niéndose por cada salida lateral, cortes bases de distintas viscosidades, conocidos como Neutral Oil, y quedando en el fondo un nuevo residuo, denominado **residuo de vacío**, de donde se obtienen las fracciones de lubricantes de mayor viscosidad, Bright y Cilindro.

Para eliminar compuestos indeseables que, de estar presentes, perjudicarían la performance del aceite terminado, estos cortes bases deben ser sometidos a distintos procesos de refinación. Uno de los más comúnmente utilizados es la refinación con solventes, que comprende:

- a) La extracción de compuestos aromáticos con **Furfural** (mejora la resistencia a la oxidación y el índice de viscosidad del corte).
- b) La extracción de parafinas con una mezcla de **Tolueno-Metil-Etil-Cetona** (mejora la fluidez del corte).
- c) En el caso del Bright y Cilindro, se les debe extraer previamente residuos asfálticos (precursores de formación de depósitos), operación que se realiza utilizando **Propano Líquido**.
- d) Aunque no forma parte del proceso habitual de Refino con solventes, muchas plantas completan el refino de bases con una etapa de **Hidroterminado o Hidrogenado Suave**, a través del cual se extraen compuestos polares, se mejora el color y en definitiva la estabilidad a la oxidación de las bases.

Vale la pena comentar que en el país existen sólo dos refinerías que producen bases lubricantes: la Refinería La Plata de YPF SA y la Planta Sola de Shell CAPSA. Ambas lo hacen a partir del petróleo de la cuenca neuquina, básicamente de Medanitos, que es el más apropiado para producir aceites. El proceso utilizado es el de Refino con solventes y una de ellas agrega la etapa de Hidroterminado que produce una mayor calidad al proceso: el Complejo Lubricantes de Refinería La Plata.



Mónica Vázquez

Formulaciones

Los fabricantes de maquinaria y equipamiento moderno necesitan que los lubricantes que se vayan a utilizar en ellos cumplan con las máximas exigencias generadas por las condiciones de diseño de sus máquinas. Por eso, así como un arquitecto cuando está diseñando una vivienda debe conocer a fondo las necesidades del grupo familiar que la va a habitar, el profesional que diseña lubricantes debe comprender en profundidad las demandas de los mecanismos a lubricar y los enemigos a los que deberá vencer para cumplir con éxito su tarea.

Ello sólo se consigue a través de una **"Formulación"** de lubricantes que es, en definitiva, una mezcla de una o varias bases con uno o varios aditivos.

Sobre las bases se ha hecho una descripción en la Introducción. Se definirá ahora qué es un aditivo.

Aditivos

"Un aditivo es un compuesto químico que aporta o mejora una propiedad del aceite base y que retarda el deterioro del aceite durante su trabajo en los distintos mecanismos a lubricar."

A medida que los aditivos se van degradando con el uso, el aceite va perdiendo sus propiedades iniciales por lo cual es necesario respetar los períodos estipulados por los fabricantes de los distintos mecanismos para su recambio.

Existen distintos tipos de aditivos, pero sólo describiremos los que habitualmente se usan en un aceite para motor:

- **Antioxidantes.** La oxidación del aceite es un fenómeno de degradación generado por temperatura y/o por reacción química con contaminantes típicos del sistema a lubricar (metales de desgaste, impurezas provenientes de la cámara de combustión, etc.). Como resultado de este proceso, se forman ácidos y compuestos poliméricos que aumentan la viscosidad del aceite dificultando la lubricación, y que finalmente se separan formando los llamados "depósitos" que ensucian los mecanismos. Los antioxidantes actúan retardando o impidiendo dichas reacciones químicas.

- **Anticorrosivos.** Las superficies

no ferrosas, como los cojinetes de los motores, son atacadas por los productos ácidos provenientes de la descomposición del aceite. Para retardar este fenómeno se agregan aditivos anticorrosivos, cuya molécula se rompe en compuestos que forman una película protectora sobre la superficie del cojinete evitando la corrosión.

- **Antidesgastes.** Una de las principales funciones del lubricante es disminuir el desgaste que se genera por el roce de las superficies metálicas. Ello se consigue generando una **película hidrodinámica** de aceite que depende de su viscosidad y de la velocidad de movimiento de las superficies a lubricar. Sin embargo en ciertas zonas del motor es imposible generar esa película, ya sea porque no hay movimiento, (como ocurre entre el aro y la pared del cilindro en el punto muerto inferior o superior de la carrera del pistón) o porque la presión sobre una de las dos superficies es tan grande que la película se rompe indefectiblemente (como ocurre entre la leva y el botador, en la zona del árbol de levas). Estas zonas se conocen como de **lubricación límite** y la única forma de controlar la fricción es a través de aditivos antidesgaste cuyo mecanismo de acción es similar al de los anticorrosivos, es decir se descomponen formando compuestos que reaccionan física o químicamente con las superficies metálicas y que, durante el movimiento, son arrastrados en lugar del metal disminuyendo así el desgaste.

- **Dispersantes-Detergentes.** Otra de las funciones básicas de un lubricante moderno para motor es evitar que éste ensucie. Durante la operación del vehículo se forman depósitos que son partículas generadas a partir de compuestos de oxidación del aceite originados por las altas temperaturas de operación o por la reacción química con los contaminantes que bajan de la cámara de combustión; también pueden deberse al tipo de combustible utilizado. Se pegan sobre la superficie metálica en las zonas de alta temperatura (aros y falda del pistón, vástago de válvulas), formando los llamados **bar-nices o lacas**, o se depositan en las zonas frías (fondo del cárter, tapa de ba-

lancines) formando los llamados **lodos o barro**s, formando parte de su composición el vapor de agua que se origina durante la combustión y que condensa y pasa al cárter con los gases de compresión. Cuando se utiliza gas-oil como combustible se genera mayor cantidad de hollín que tiende a depositarse en las ranuras de los aros y que podría llegar a tapar filtros, conductos de lubricación y aumentar en forma desmedida la viscosidad, si no se busca el modo de controlar este fenómeno. Los aditivos dispersante-detergentes mantienen las partículas en suspensión recubriéndolas y evitando que se agreguen. De esta forma impiden que el tamaño de las mismas crezca descontroladamente y se separen del seno del aceite formando los depósitos. La diferencia básica entre ambos es el tamaño de partícula que pueden mantener en suspensión, asociándose los dispersantes a los de baja temperatura y los detergentes a los depósitos generados por altas temperaturas de trabajo. Los detergentes tienen normalmente en su molécula un exceso de alcalinidad, normalmente conocida como reserva alcalina o TBN, que sirve para neutralizar los productos ácidos provenientes de la combustión del combustible.

- **Mejoradores de Índice de Viscosidad.** La viscosidad es una medida de la resistencia del aceite a fluir, y cuanto más alto sea su valor, mayor será el espesor de película formada. Sin embargo, esto no garantiza la ausencia de contacto entre las superficies metálicas, tal como se describió en el punto **Antidesgastes**. Contrariamente y sobre todo en el momento del arranque, cuando todo el sistema está frío, una excesiva viscosidad demandará demasiado tiempo en llegar a las partes más alejadas de la bomba y un esfuerzo excesivo de parte de ésta por vencer la fricción fluida generada entre las distintas capas de la película, lo cual se traduce definitivamente en una lubricación deficiente y un consumo extra de combustible. Por eso el aceite debe tener la viscosidad apropiada en el lugar apropiado y en el momento apropiado. Como la viscosidad disminuye a medida que



aumenta la temperatura, la mejor manera de conseguir un valor óptimo en todos los puntos es con la utilización de los llamados **mejoradores de índice de viscosidad**. Estos compuestos son moléculas poliméricas de gran longitud que permanecen con forma de ovillo mientras no hay temperatura, lo cual garantiza una rápida irrigación del motor. Cuando la temperatura crece, comienzan a desarrollarse, aumentan su tamaño y como consecuencia compensan en parte la caída normal de viscosidad generada por la temperatura. Estos compuestos son los utilizados para formular los llamados aceites multigrados.

• **Depresores de Punto de Escurrimiento.** El tratamiento de desparafinado al que se somete a las bases puede no ser suficiente para elaborar los aceites de motor modernos que exigen, como se ha dicho, una excelente fluidez a bajas temperaturas. Ello ocurre porque las parafinas que puedan quedar presentes, durante su precipitación forman redes internas que absorben aceite formando masas gelatinosas que restringen el flujo de aceite. Para disminuir estos inconvenientes se utilizan **depresores de punto de escurrimiento** que envuelven los cristales de parafinas haciendo que en la precipitación no absorban lubricante.

• **Antiespumantes.** El aceite en un motor es agitado violentamente en presencia de aire, el cual queda ocluido en forma de burbujas que se traducen como espuma. Las más pequeñas se quedan atrapadas en el seno del aceite, lo que puede ocasionar cavitación de la bomba, rotura de la película hidrodinámica y los consecuentes inconvenientes mecánicos. Este tipo de problemas se corrige con el agregado de antiespumantes que inte-

rumpen la continuidad de la película de aceite que envuelve la burbuja liberando el aire ocluido.

Evaluación

De todo lo expuesto se deduce que un lubricante para cárter, de máxima tecnología, deberá combinar una base de excelente calidad, con un adecuado balance del paquete de aditivos para controlar todos los fenómenos típicos del motor y fundamentalmente para mantenerlo libre de depósitos durante el mayor tiempo posible. Este es uno de los requerimientos más críticos, debido a todos los cambios que se han introducido en el diseño de motores modernos para mejorar la combustión, aumentar la economía de combustible y disminuir los compuestos contaminantes emitidos por el caño de escape. Todas estas mejoras con respecto al medio ambiente traen aparejado la eliminación de zonas estancas dentro del motor, lo cual significa una disminución importante de las luces entre las distintas partes del motor, especialmente entre la corona, los aros y el cilindro. Paralelamente ha subido la posición del aro superior y ello hace que el aceite sea expuesto a temperaturas más altas, lo que se traduce en lubricantes que tengan mayor resistencia a la degradación térmica (oxidación). Ello se debe no sólo por la razón antes expuesta, sino también porque ha disminuido el consumo normal de aceite y esto hace que la tasa de reposición sea cada vez menor, al igual que el lubricante nuevo que ingresa al cárter. Otro de los requerimientos que se han vuelto críticos a raíz de todo lo explicado es el control del desgaste adhesivo, agravado porque los motores deben entregar la misma potencia con tamaños cada vez más chicos. De ahí que se haya generalizado tanto la utilización de los aceites multigrados que aseguran un excelente control de la fricción tanto sólida (contacto metal-metal) como fluida (excesiva viscosidad).

La capacidad del lubricante formulado para prevenir todos estos fenómenos nocivos, se evalúa a través de ensayos de laboratorio en lo que hace a

sus propiedades físico-químicas (viscosidad, espuma, punto de escurrimiento, etc.) y a través de ensayos de motor hechos en banco de prueba. Estos ensayos representan condiciones exigidas de operación en motores representativos del parque y generan todos los problemas descriptos anteriormente. Al final de cada uno de ellos las distintas piezas se miden, pesan o califican según su limpieza. Los ensayos se realizan en condiciones absolutamente normalizadas y repetitivas de forma tal de asegurarse que los resultados obtenidos sólo se deben a la performance del lubricante y asegurar de esta forma que un aceite que supera los límites definidos, no tendrá absolutamente ningún problema en el mercado.

Clasificación

El tipo de ensayos y los límites están definidos por normas, desarrolladas en conjunto por los fabricantes de motores (SAE, MVMA, ACEA), la industria petrolera y de aditivos (API, ATIEL, CMA, ATC) y organismos de estandarización (ASTM, CEC). Las más importantes son las clasificaciones API (Estados Unidos) y ACEA (Europa). En la década pasada tenían mucho peso las normas MIL emitidas por las Fuerzas Armadas de Estados Unidos pero ya han caído en desuso y han sido reemplazadas por las emitidas por el API.

Clasificación API

Se divide en dos categorías denominadas

- **S:** para vehículos de pasajeros (autos) que combustionan nafta
- **C:** para vehículos de transporte de carga (camiones) y de pasajeros (ómnibus) que combustionan gas-oil.

Cada una de esas letras está acompañada por una segunda que va creciendo a medida que crece la calidad. En la actualidad el nivel más alto es el **API SJ** para servicio naftero y **API CG-4** para servicio de transporte.

La clasificación API no contempla ninguna categoría de aceites para autos gasoleros debido a que el parque americano no posee este tipo de vehículos.

Una planta de máxima tecnología de Elaboración y Distribución de aceites terminados deberá caracterizarse por asegurar: a) la suficiente versatilidad y flexibilidad como para asegurar una rápida respuesta al usuario final, b) un mínimo stock para garantizar costos óptimos, c) procesos limpios para eliminar la generación de residuos que afecten el medio ambiente, d) operaciones confiables para construir la calidad en línea y disminuir el riesgo de accidentes e insatisfacción del personal, e) un sistema de distribución basado en la filosofía *just in time* que respete el FIFO (*first in - first out*).

Para cubrir estos objetivos lo ideal es contar con una **planta de blending** (mezcla) del tipo "*in line blending*" (ILB), con control electrónico, automatización total y medidores másicos que permitirán asegurar una precisión de 0,3% en la dosificación de los componentes de la formulación. La instalación de *blending* se complementa con la de envasado que obviamente deberá incluir la posibilidad de llenar envases plásticos de 1 y 4 litros, baldes y tambores. Una **línea de envasado** por peso, de alta tecnología suele tener alrededor de 15 equipos tales como ordenadores de envases, orientadores, probadores, detectores de microfisuras, llenadoras, colocadores de insertos y de tapas, detectores infrarrojos de falta de tapas/insertos, controladores de peso, inyectoras de tinta de micro y macrocaracteres, paletizadoras, envolvedoras de *stretch*, etc. Al igual que en el caso del *blending*, el gerenciamiento de las líneas de envasado es electrónico con sistema de autodiagnóstico que señalan permanentemente las alternativas que se producen durante la operación para garantizar la calidad de la misma.

Para asegurar una excelente performance de este tipo de instalaciones, la operación y el mantenimiento de ellas debe ser realizada por equipos de trabajo que operen y se encarguen del mantenimiento de las mismas.

Finalmente, el sistema de almacenamiento debe estar a la altura de las instalaciones antes descriptas, para lo cual es ideal una instalación totalmente automatizada con transelevadores similares a los empleados en la industria automotriz o de la alimentación, con la inclusión de un sistema automatizado de transporte robotizado que lleve los productos envasados desde la línea de producción hasta los almacenes.

La planta se completa con un parque de tanques de recepción de materias primas (bases y aditivos) y de producto terminado que garanticen la flexibilidad de la operación integral de la planta.

En la actualidad no se puede hablar de excelencia en la operación si no se incluye un sistema de aseguramiento de calidad certificado bajo Norma ISO. Es importante comentar que en el caso de la División LUBRICANTES DE YPF SA, no sólo la planta sino todos los procesos del negocio (diseño de productos y envases, compras, elaboración, envasado, almacenamiento, distribución, comercialización y asistencia técnica de post-venta) han sido certificados según norma ISO 9001, siendo por lo tanto la única petrolera en el país que ostenta dicha certificación.

Clasificación ACEA

Es la que nuclea a los fabricantes de vehículos europeos y la que mejor define las necesidades del parque argentino y que mayoritariamente es europeo.

Se divide en tres categorías denominadas

- **A:** para vehículos de pasajeros (autos) que combustionan nafta.
- **B:** para vehículos de pasajeros (autos) que combustionan gas-oil.
- **E:** para vehículos de transporte de carga (camiones) y de pasajeros (ómnibus) que combustionan gas-oil.

Cada una de esas letras está acompañada por un número que va creciendo a medida que crece la calidad. En la actualidad la clasificación para motores nafteros se divide en **ACEA A1** (aceites multigrados de máxima calidad que demuestran economía de combustible), **ACEA A2** (aceites multigrados de máxima calidad sin performance de economía de combustible) y **ACEA A3** (aceites multigrados de máxima calidad formulados con bases sintéticas).

El mismo criterio sigue la clasificación para motores gasoleros de autos que se divide en **ACEA B1, B2 y B3**, aunque en este caso no es necesario incluir bases sintéticas en la formulación, sino asegurar a través de los ensayos de motor una gran capacidad para mantener en suspensión el hollín generado por la combustión de

una mezcla excesivamente rica.

La clasificación para motores gasoleros de transporte se divide en **ACEA E1, E2 y E3**, siendo esta última la que define los llamados aceites de "long drain" o de largo período de drenaje. Esto significa que el aceite puede utilizarse durante recorridos de hasta 45.000 km, según el servicio que preste el vehículo.

Clasificación SAE

Es un sistema de clasificación basado en la viscosidad, excluyendo cualquier otra consideración de calidad o de performance. Fue desarrollada por la Society of Automotive Engineers y establece una serie de números (**SAE 20, 30, 15W-40**) que relacionan las viscosidades máximas permitidas para garantizar una buena irrigación del motor junto con un buen comportamiento de la bomba de aceite en el momento del arranque, como así también una película mínima en las zonas de altas temperaturas, para evitar de esa forma un desgaste excesivo de las distintas partes del motor.

Tendencias

Para terminar es importante recalcar que la fuerza impulsora de los cambios que se producirán en lubricantes será, como en la última década, **la calidad del aire**, lo que se traduce como **un mayor control de emisiones**. Para ello la industria automotriz profundizará

los cambios en el diseño de motores aumentando la hermeticidad del sistema, disminuyendo las luces para eliminar zonas estancas, incrementando las temperaturas de operación, recirculando gases de escape y generalizando el retardo a la inyección. Esto traerá como consecuencia una menor tolerancia a los depósitos para el motor y mayores cargas térmicas para el aceite, por lo tanto los motores deberán tener mayor resistencia a la oxidación, mayor poder dispersante, mejor control del hollín en suspensión y menor pérdida por volatilidad.

El otro desafío para la industria lubricantera es diseñar aceites que aporten a la **economía de combustible** general que produzca el vehículo. Por ello aumentará sensiblemente la demanda de aceites multigrados y sobre todo de los livianos (**5W-30, 5W-40, 10W-30**) controlando permanentemente las propiedades antidesgaste para no comprometer la durabilidad del motor.

Sólo de esta forma se podrá cumplir con el objetivo básico de satisfacer al cliente final y contribuir al cuidado del medio ambiente —las premisas básicas para mantener funcionando el negocio— ya que si se obtiene la confianza del **cliente** y el reconocimiento de la **comunidad**, los resultados para la **compañía** están asegurados y por lo tanto los **empleados** que la componen pueden crear con mayor libertad.