

### REDUCCIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN MEDIANTE IONIZACIÓN ELECTROQUÍMICA O ENLACE IÓNICO AVANZADO MEDIANTE HALOGENACIÓN ALTAMENTE ESTABLE LIBRE DE CORROSIÓN

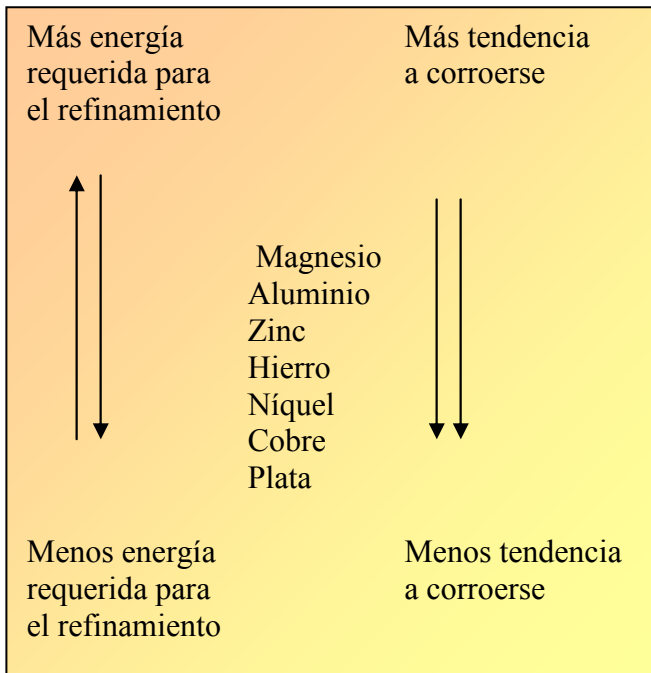
#### Teoría de corrosión.

Para entender la corrosión y la teoría de corrosión, primero se debe entender lo que es el metal. La mayoría de metales que se hallan en la naturaleza se encuentran en la forma de óxidos metálicos y sales. Para refinarlos y obtener metal puro se requiere la aplicación de una gran cantidad de energía en la forma de calor (hornos de fundición), cuando este proceso se lleva a cabo, la energía aplicada es absorbida por el metal y será usada por este para efectuar el proceso inverso, es decir, hacer posible que el metal vuelva a su estado original o estado corroído.

El fenómeno de la corrosión es un proceso electroquímico (reacción química que ocurre debido a la aplicación de corriente eléctrica o viceversa). Para que la corriente eléctrica fluya debe existir una fuerza impulsadora o fuente de voltaje y un circuito eléctrico completo.

#### Fuente de voltaje

La fuente de voltaje en el proceso de corrosión es la energía almacenada en el metal, durante el proceso de refinamiento. Metales diferentes, requieren diferentes cantidades de energía en su refinamiento y por lo tanto tiene diferentes tendencias de corrosión.



#### Circuito eléctrico

El circuito eléctrico en el proceso de corrosión consiste de 4 partes.

#### Ánodo.

Es el punto de carga positiva donde el metal se disuelve y hacia donde la corriente eléctrica fluye desde el cátodo. La reacción química para el hierro es:



#### Cátodo.

Es aquí donde ocurre la reacción química. Y es en este punto donde fluye la corriente eléctrica de carga negativa hacia el ánodo de carga positiva.

#### Electrolito.

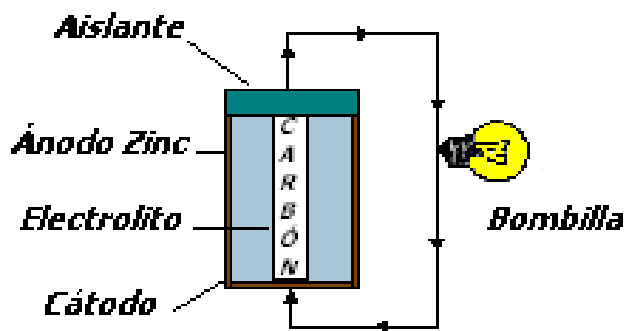
Es una solución capaz de conducir corriente eléctrica. El agua por ejemplo es un electrolito que incrementa su conductividad en proporción directa a la concentración de sales o iones.

#### Conductor eléctrico.

El ánodo y el cátodo deben estar conectados por algo que conduzca la electricidad con el fin de completar el circuito y proveer un camino de paso para que fluya la corriente desde el cátodo de vuelta al ánodo. Un aparato bastante simple que opera basado en el fenómeno de corrosión lo

tenemos en la linterna eléctrica de pilas, cuyo diagrama se puede apreciar abajo.

### CIRCUITO ELÉCTRICO

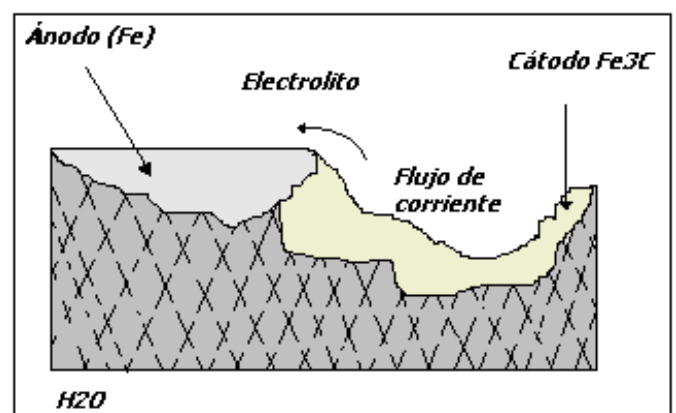


El cuerpo o caja de zinc de la batería ó pila, actúa como el ánodo (se corroe), el cloruro de amonio es el electrolito y el eje de carbón actúa como el cátodo (no se corroe), el cuerpo de zinc de la batería ó pila y el eje de carbón no están en contacto pues están aislados por un material no conductor o aislante. Sin embargo si se conecta a ambos con un trozo de alambre eléctrico, entonces se completa o cierra el circuito iniciándose un flujo de corriente eléctrica desde el cátodo hasta el alambre eléctrico y de allí hasta el cuerpo de zinc de la batería ó ánodo, y desde el ánodo a través del electrolito hasta el cátodo, completándose así el circuito. Dicha corriente eléctrica continuará fluyendo hasta que el cuerpo de zinc de la batería se consuma o hasta que desconectemos el alambre eléctrico interrumpiendo ó abriendo el circuito. Sin embargo, la cuestión es como todo esto aplica a un trozo de metal que se corroe.

### NATURALEZA DEL ACERO

El acero es fundamentalmente una aleación de hierro y carbono. El hierro puro es un metal dúctil relativamente débil. Pero cuando se combina con pequeñas cantidades de carbono de 0.2% a 1%, se crea un material mucho más fuerte. Sin embargo debido a la reacción de ambos, el nuevo material resultante o acero estará compuesto a hora de dos materiales; en primer lugar de hierro puro y en segundo lugar de carburo de hierro Fe<sub>3</sub>C.

El carburo de hierro se distribuye dentro del material nuevo, formando microceldas o islas microscópicas que poseen una tendencia más baja de corrosión que el hierro. Así, cuando el acero, compuesto de hierro y de microceldas de carburo de hierro, en íntimo contacto, es puesto en agua que es un electrolito, se completa el circuito eléctrico, produciéndose un flujo de electrones a través de todas las miles de microceldas en la superficie del acero.



El Fe actúa como el ánodo y se corroe ó consume, mientras que el carburo de hierro actúa como el cátodo. Si pudiéramos observar a través de un microscopio y concentrarnos en dos microceldas adyacentes, de hierro puro y de carburo de hierro sumergidas en agua, veríamos algo como el diagrama que se muestra arriba.

Lo más importante que debemos notar aquí, es que una corriente eléctrica fluye durante todo el proceso, que la cantidad de corriente que fluye está en proporción directa a la severidad de la corrosión, y que el fenómeno de corrosión depende tanto de la naturaleza del metal como del tipo de ambiente presente o electrolito. Un amperio de corriente que fluya por un año, representa aproximadamente la pérdida de 9 kilos de hierro.

### LUBRICANTES

Cualquier sustancia que se introduzca entre dos superficies con el fin de reducir la fricción o cambiar las propiedades friccionales es llamado lubricante.

### Tipos de lubricantes y sus propiedades

Aunque las sustancias más frecuentemente usadas como lubricantes, han sido aceites y grasas, muchos otros materiales totalmente diferentes pueden ser usados como tales. Aire, gases, así como también líquidos pueden encontrar aplicaciones y servir como lubricantes. La lubricación, frecuentemente puede tener una función múltiple, puede servir como un medio de transferencia de calor, como protección contra el óxido y la corrosión y también como un medio de sellar y neutralizar ó eliminar contaminantes.

La aplicación particular en sus muchos aspectos determina el lubricante a usarse. Los lubricantes son fabricados y modificados para que tengan ciertas características específicas que puedan ser definidas en términos de los usos a los que se va a someter al lubricante, ó en términos de propiedades físicas específicas.

## Lubricación

Lubricación es principalmente la reducción de la resistencia friccional que ocurre en las superficies de dos sólidos cuando uno se desliza en relación con el otro. Es necesario que los aceites lleven a cabo numerosas funciones para poder proveer una lubricación adecuada. Además de reducir la fricción y el desgaste, los lubricantes mantienen limpios y libres de polvo y corrosión a los mecanismos y pueden también actuar como refrigerantes y selladores. El lubricante pudiera ser sometido a altas temperaturas en presencias de polvo, agua y otras condiciones atmosféricas adversas así como también en presencia de materiales o sustancias formados debidos al calor. Deben ser también resistentes a la oxidación y formación de lodo. Por esta razón los lubricantes son compuestos que pueden contener uno o más agentes necesarios tales como:

Dispersantes: que mantienen a las sustancias insolubles en suspensión uniforme.

Depresores del punto de fluidez. Que inhiben la formación de cristales de cera a bajas temperaturas.

Detergentes. Que evitan la formación de depósitos.

Inhibidores de oxidación. Que descomponen los peróxidos, inhiben la formación de radicales libres y neutralizan el metal.

Inhibidores de corrosión. Que neutralizan los materiales ácidos y forman películas protectoras en las superficies metálicas.

Inhibidores de óxido que forman películas protectoras repelentes al agua.

Inhibidores de espuma o antiespumantes que reducen la tensión superficial y logran que las burbujas de aire se separen rápidamente.

Desactivadores metálicos que forman películas protectoras inactivas.

Agentes anti-desgaste, de presión extrema, oleicos y reforzadores de película que forman películas protectoras en la base metálica, reducen la fricción, previenen la soldadura y el espasmo del metal, como sucede cuando la película lubricante falla.

Se han desarrollado diversas clases de lubricantes para engranajes debido a la gran variedad de diseños que existen y a sus muy diversos usos en tantas diferentes aplicaciones, el lubricante para engranajes puede servir como disipador del calor y como lubricante de otros elementos de la maquinaria. La selección de un lubricante para engranajes está influenciada por el tipo de engranaje, el material de que está hecho, la velocidad de desplazamiento, el contacto de los dientes y la carga, las condiciones de trabajo, las temperaturas, los métodos de lubricación y el tipo de servicio.

En condiciones de velocidad moderada y carga ligera, un aceite mineral simple puede ser satisfactorio. Pero cuando las cargas y las condiciones de operación se hacen más severas, se hace necesario el uso de aditivos de presión extrema y uno o más modificadores que mejoren la estabilidad de oxidación o impartan otras características particulares.

## Sistemas de lubricación

Hay muchos sistemas de lubricación que aseguran una aplicación apropiada del lubricante. Pueden ser de baño o salpicado o sistemas automáticos que provean una lubricación continua o intermitente pero positiva. Existen lubricantes de nivel constante, botellas aceitadoras, aceitadores alimentados por gravedad, tazas engrasadoras, lubricadores de alimentación forzada, sistemas de lubricación centralizada, lubricadores de spray para

mencionar unos cuantos. La selección del método de aplicación del lubricante es tan importante como el lubricante mismo. La elección de un sistema de lubricación y la complejidad de este, depende de diferentes factores que incluyen el tipo y la cantidad de lubricante, la confiabilidad del funcionamiento de los elementos que conforman la máquina, el programa de mantenimiento y otras consideraciones económicas, así como las condiciones de operación.

## ADITIVOS

Muchos lubricantes industriales están modificados o mejorados con aditivos que son compuestos químicos que mejoran propiedades inherentes del lubricante o le imparten nuevas características. En general los modificadores de lubricantes caen en dos categorías.

- 1- Aquellas que afectan características físicas como el índice de viscosidad y el punto de fluidez.
- 2- Aquellos que afectan la naturaleza o composición química del aceite, como por ejemplo los inhibidores de corrosión y óxido o detergentes. Sin embargo, aunque los aditivos son capaces de mejorar las propiedades del lubricante, es necesario tener presente que los aditivos no transforman lubricantes de mala calidad en lubricantes de buena calidad, Por eso es necesario comenzar usando lubricantes de la mejor calidad posible. Los aditivos que se usan en los aceites industriales son similares a aquellos que se usan en lubricantes para la automoción y otros aceites del motor.

## OXXE KOTE TRATAMIENTO DE METAL

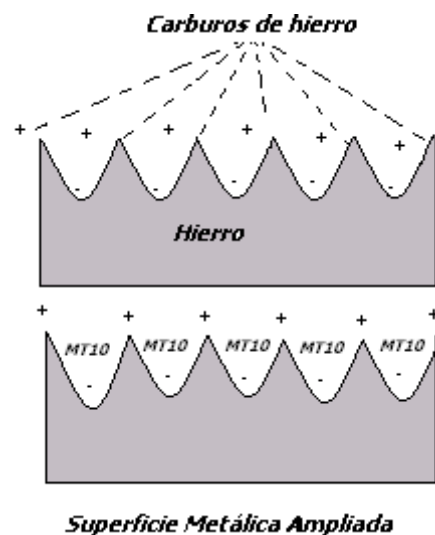
Oxxe Kote tratamiento de metal, es una mezcla petroquímica de halógenos complejos y agentes acondicionadores de metal especialmente diseñado para usarse con lubricantes derivados del petróleo, lubricantes minerales y otros de base sintética. Oxxe Kote tiene estabilizadores y neutralizadores de corrosión patentados que protegen al metal contra la formación de ácidos y sales perjudiciales. Cuando se usa según las instrucciones (aproximadamente 1.5 onzas por ¼ de galón) Oxxe

Kote aumenta dramáticamente la lubricidad entre las superficies y las parte móviles metálicas disminuyendo el desgaste exponencialmente. Oxxe Kote se añade al lubricante existente, el cual lo transporta a todas partes que se mueven dentro del sistema.

Oxxe Kote alisa y mejora las superficies metálicas y por lo tanto reduce el desgaste y el calor producidos por la fricción sin el peligro de acumulación de material en las superficies o una alteración de las tolerancias críticas.

Esta acción resulta en una significativa reducción del desgaste y una operación sumamente mejorada del sistema.

Oxxe Kote reacciona electroquímicamente con los carburos de hierro (cordilleras), los cuales desarrollan un enlace iónico con el metal puro (valle).

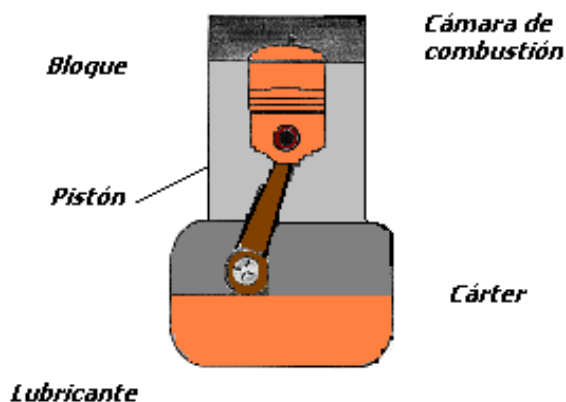


Los metales que estén formados de carburos metálicos que forman las cordilleras o partes altas de la superficie que tienen características de polaridad positiva, mientras que los valles son las partes bajas del metal que tienen polaridad negativa.

Cuando Oxxe Kote se enlaza iónicamente con las áreas bajas o valles, se produce un intercambio de iones positivos en la superficie creándose un estado de polaridad positiva en el sistema. Si todas las partes que se mueven dentro de un sistema tienen cargas de polaridad idénticas en su superficie, sucederá entonces una reducción parcial en la fricción debido a la ley de Faraday que dice que cargas iguales repelen y cargas diferentes se atraen,

de hecho las cargas iguales se repelerán de tal manera hasta que en el punto en que si dos partes se mueven en direcciones opuestas la carga estática de ionización positiva contribuirá a un mejor deslizamiento debida a la fuerza electromagnética repelente de igual carga de las superficies en fricción. Esto producirá automáticamente una reducción del calor, la fricción y el desgaste durante todo el proceso y un aumento en fuerza, ya que la energía que anteriormente se desperdiciaba en vencer la fricción excesiva, se usará ahora en efectuar trabajo útil. Esta reestructuración de la superficie bipolar combinada con el mejoramiento de la superficie física del metal que favorece una mejor circulación del aceite, mejorará la resistencia del mismo y al mismo tiempo la resistencia de la película lubricante. Proceso que difícilmente va a ser mejorado por otro producto que se conoce hasta la fecha.

## Polaridad de las superficies



## LUBRICACIÓN POR PELÍCULA LIMÍTROFE MEDIANTE TÉCNICAS AVANZADAS DE HALOGENACIÓN REMOCIÓN DEL ÁCIDO OXIRANICO Y SUSTITUCIÓN ORGANO-METÁLICA.

La tecnología de Oxxe Kote, se basa en métodos tribológicos que mejoran la capacidad de lubricación y de carga mediante el mejoramiento de las características de superficie y creando una película química halídica, limítrofe, estable y no corrosiva. La pieza clave es Oxxe Kote, una solución de aceites altamente refinados y aditivos patentados que no contienen lubricantes sólidos,

disolventes clorados ni compuestos fosfatados. Sus componentes activos reaccionan entre sí y con las asperezas en contacto con las superficies metálicas para aportar 5 mecanismos de mejoramiento en la superficie.

- 1- Formación de película limítrofe electroquímica por ionización (IEQ)
- 2- Apertura de anillo, remoción de ácido oxiránico e inhibición de la corrosión
- 3- Sustitución organometálica de los reactivos metálicos de la superficie
- 4- Suavidad mejorada de la superficie y enrollamiento de las asperezas
- 5- Reendurecimiento de las superficies inicialmente en contacto

El proceso de formación electroquímica de película limítrofe mediante ionización se lleva a cabo con una avanzada combinación de halógenos que nos son corrosivos sobre los metales de base del sistema y no presentan ninguna amenaza a la capa de ozono ni al sistema de recuperación de aceites de automotores. Estos halógenos inicialmente reaccionan bajo condiciones térmicas apropiadas con los reactivos organometálicos para formar compuestos que se adhieren a la superficie, eliminando por lo tanto la formación de hálidos a partir de los mismos metales base. Si se forman de los mismos metales base iniciales, estos hálidos serían corrosivos y contrarios a las intenciones de las técnicas antidesgaste, haciendo que aparezca un síndrome de desgaste corrosivo. Estos aditivos adherentes a la superficie buscan y se fijan por si mismos a las áreas más inferiores de la superficie conocida como microporos y fisuras. Este complejo proceso también incorpora fuerzas de VAN DER WALL y reacciones superficiales de dipolo a dipolo.

Durante este proceso de IEQ, ocurre otro proceso de dobleje de la superficie o enrollamiento de las asperezas. Debido al incremento de dureza de la película ocasionado por el relleno de los microporos y fisuras. Junto con la modificación térmica de las asperezas, el proceso resultante es un enrollamiento gradual o allanamiento de las asperezas del metal en vez de un proceso de arrancamiento que crearía desechos metálicos suspendidos en el aceite conducente al desgaste abrasivo, debido a las partículas de metal

desgastado. El mejoramiento resultante de las superficies metálicas, incrementa aún más la fuerza de la película de fluido, que es dependiente del grado de rugosidad de la superficie y de la viscosidad. La viscosidad, sin embargo, es una consideración de menor importancia cuando se incorporan aditivos de frontera o técnicas de halogenación.

En general, la fricción límite consta de 2 componentes, un componente de cizallamiento o adhesión y un componente de arado o deformación. Considerando la siguiente ecuación

$$F_s = S \cdot A_r$$

Donde  $F_s$  es la componente de cizallamiento que predomina, excepto cuando las asperezas de las superficies se hunden demasiado profundo en la película de lubricante o en una superficie lisa contrapuesta. Cuando hay movimiento o deslizamiento, la fuerza de fricción por cizallamiento depende de la resistencia de cizallamiento por unidad de superficie:  $S$ , de cualquier película límite ubicada en el área real de soporte de carga entre las asperezas superficiales. Dividiendo por la carga  $W$ , resulta la contribución al coeficiente de fricción que viene a ser independiente de la carga total y del área aparente de contacto.

$$F_s = S \cdot A_r / W = S / P_b \text{ ó } S / P_e$$

La resistencia de cizallamiento de la película límite;  $S$  se asume igual a la tensión de cizallamiento de flujo plástico:  $T_p$ , de un sólido plástico idealmente elástico. Tal sólido proporciona una tensión de cizallamiento independientemente del esfuerzo y de la tasa de esfuerzo, a niveles del mismo lo suficientemente grandes como para dar lugar a flujo plástico. Las transiciones que producen la transición vítrea del comportamiento líquido al cuasi-plástico son dependientes de la viscosidad del material a temperaturas y presiones normales y de la variación de viscosidad con la temperatura y la presión. En otras palabras la transición vítrea depende de la composición química.

Estos resultados muestran que los lubricantes líquidos actúan como sólidos plásticos en las

películas ubicadas entre asperezas. Por lo tanto en la ecuación anterior  $S = T_p$  y el coeficiente de fricción es  $T_p / P_p$  o también  $T_p / P_e$ . Puesto que  $T_p$  es una débil función de la temperatura y de la fricción es  $T_p / P_p$  son independientes de la carga de contacto aparente, el coeficiente de fricción para una combinación dada de lubricante y de superficie deslizante.

La lubricación elasto-dinámica (LED) deposita una película de material a nivel de las asperezas, entre las superficies deslizantes en lubricación, micro-rehodinámica, a medida que una superficie se desliza, cada aspereza lleva consigo un agregado de Oxxe kote. Dentro de la película se desarrolla la suficiente presión y temperatura para deformar elásticamente la aspereza y para forzar el Oxxe kote a penetrar entre las superficies o dentro de los microporos o fisuras.

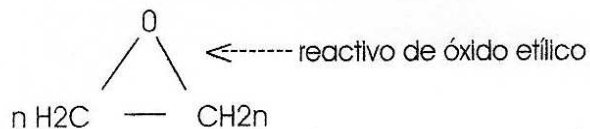
Durante este periodo, las altas condiciones térmicas implicadas en la presión y el contacto entre asperezas, inician el endurecimiento de las superficies y el refrescado y el enfriamiento provisto por el aceite para estabilizar el proceso. La reestructuración térmica de estas áreas de contacto de asperezas origina una desviación de la estructura cristalina del metal, dotándola de nuevas propiedades de fricción y de dureza una vez enfriado.

La sustitución organo-metálica es una técnica desarrollada por Oxxe kote para inhibir el proceso de formación de hálidos a partir de los metales base del sistema bajo reacción. Por ejemplo en vez de una reacción del halógeno con el hierro del sistema para formar hálidos de hierro, una sal de superficie límite, este reacciona con un reactivo que tiene muchas propiedades similares a las del átomo del hierro mismo, formando por lo tanto un complejo organo-metálico sin arrancar material de la superficie misma del metal objetivo ni deteriorarlo en un síndrome de desgaste corrosivo. El proceso es muy similar a la saponificación de compuestos organo-metálicos en la fabricación de las grasas. Durante esta reacción de saponificación, los compuestos reaccionan a una clara temperatura catalítica e intercambian componentes característicos para formar nuevos compuestos, estos nuevos compuestos químicos son luego utilizados para colaborar en un régimen de frontera,

en cuanto a aportar una protección añadida a las mismas superficies que estén siendo lubricadas.

La apertura del anillo, la extracción de ácido oxiránico y la inhibición de la corrosión con otra técnica desarrollada por Oxxe kote, para neutralizar los ácidos e inhibir la oxidación y la corrosión.

Esta técnica conlleva el uso de anillo complejo oxiránicos de óxido de etileno, que poseen agentes reactivos que causan la apertura del anillo en presencia de ácidos o de agentes fuertemente alcalinos. Estas reacciones ocurren tanto en presencia de catalizadores de tipo aniónico como catiónico. Los catalizadores aniónicos pueden incluir ionosalcóxilos, hidrófilos, óxidos metálicos y algunas derivaciones organo-metálicas. Las reacciones catiónicas son iniciadas por ácido de Lewis y aditivos protónicos.



La totalidad de este proceso funciona en su conjunto de una manera que no es igualada por ningún otro proceso o producto del mercado. La lubricación, capacidad de carga, mejoramiento de la superficie y reducción del desgaste mejoran enormemente al tiempo que los aspectos corrosivos de la halogenación con virtualmente eliminados.

### ESPECIFICACIONES DE OXXE KOTE

Punto de ebullición	>380°F
Punto de inflamación	280°F PMCC
Gravedad específica a 60°F	1.081
Densidad del vapor (aire=1)	N/A
Presión del vapor (mmHg) a 25°C	<1
Proporción de evaporación	<0.01
Extrema presión de carga	60+
Punto de autoencendido	>1000F
Punto de derrame	>-60°F
Fuerza dieléctrica	>39.000volts
Olor	Petróleo aromático
Color	Luz ambarina
Apariencia	Líquido de baja viscosidad
Solubilidad en el agua	insoluble
Sin DOT I.D.	N/A
Clasificación para flete	Aceite lubricante

Clasificación peligrosa No es peligroso  
Pruebas ASTM D-93, D-92, D-88, D-70 y D2509

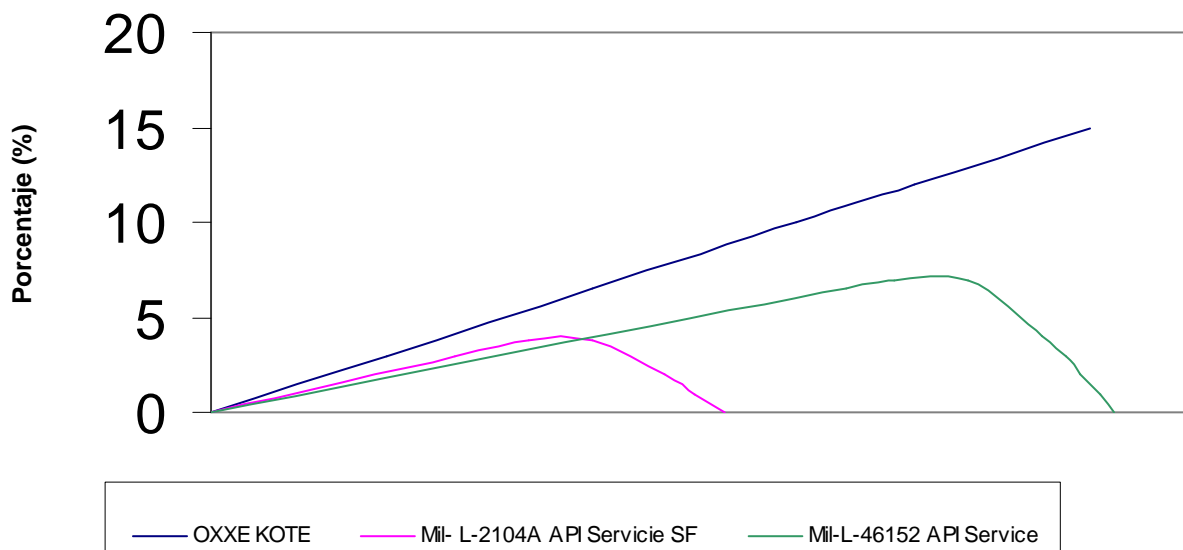
### MÉTODO DE LAS CUATRO BOLAS

El laboratorio independiente Southwest Research Institute de San Antonio Texas, elaboró pruebas para determinar las medidas de las propiedades de extrema presión, de seis aditivos populares de tratamiento para motor. La prueba conocida como el método de las cuatro bolas, emplea tres bolas de acero unidas y cubiertas con lubricantes ya evaluados, mientras una cuarta bola es presionada en la cavidad formada por las 3 bolas unidas. la temperatura alcanza 18.3°C a 35°C y la bola restante es rotada a 1760RPM. Una serie de pruebas de 10 segundos de duración. Son hechas con incrementos de carga hasta que se solden las 4 bolas.

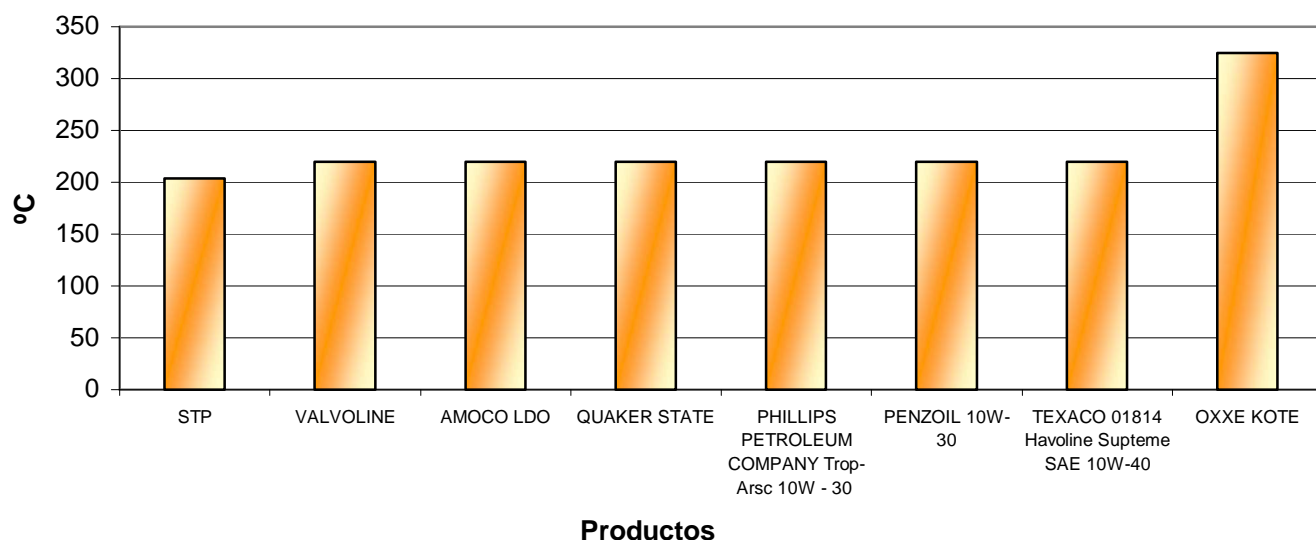
Los resultados de cada muestra fueron obtenidos en el punto de soldadura bajo la carga en kg, cuando las bolas rotan en un mismo punto y el índice de desgaste bajo carga usando diferentes lubricantes. Esta información está proporcionada en estas gráficas.

MUESTRA	INDICE DE CARGA	PUNTO DE SOLDADURA
T-PLUS teflón	43,7	200
Supreme plus	59,9	250
Slick 50	42,5	200
STPEngine treatment	58,5	315
STPEngine treatment	49	250
Oxxe Kote	246,4	>800

DISPERSANTES Porcentaje de contaminantes



## PUNTO DE EBULLICIÓN



Oxxe Petroleum Corporation S.A. C.I.  
Calle 79B No. 52-11  
Bogotá, D.C. Colombia  
Línea Nacional 01 900 331 4525  
Tel: (571) 2253247  
e-mail: [oxxe@oxxe1.com](mailto:oxxe@oxxe1.com)  
[www.oxxe1.com](http://www.oxxe1.com)

