

Boletín 119

ACEITE DIELECTRICO PARA TRANSFORMADORES ALMACENAJE, TRANSPORTE Y PRUEBAS

Boletín técnico N°118

PARTE 2

Ing. Gregor Rojas

ACEITE DIELECTRICO PARA TRANSFORMADORES

PARTE 2

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADEO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. General.

El aceite dieléctrico es un fluido esencial en transformadores de potencia, desempeñando funciones fundamentales como aislamiento eléctrico, refrigeración y supresión de descargas parciales.

Un componente clave para el aislamiento, la disipación térmica y la fiabilidad operativa en sistemas eléctricos de potencia

Su comportamiento está condicionado por una combinación de propiedades fisicoquímicas críticas y su interacción con materiales como papel celulósico, bobinas y componentes metálicos.

En este boletín técnico vamos a detallar la composición, clasificación, propiedades técnicas, mecanismos de degradación, metodologías de análisis y consideraciones de selección para aplicaciones en sistemas de alta y muy alta tensión.

En los transformadores de potencia y distribución, el aceite dieléctrico cumple una función esencial como medio de aislamiento y disipación de calor. Su desempeño influye directamente en la vida útil del transformador, la estabilidad dieléctrica del sistema y la resistencia frente a fallas eléctricas o térmicas.

El aceite no solo actúa como aislante eléctrico entre los componentes internos (bobinados,

núcleo, conexiones), sino que además absorbe y transporta el calor generado, garantizando que el transformador opere dentro de los rangos térmicos especificados.

En la figura siguiente se puede observar un tambor de aceite dieléctrico de la prestigiosa marca HYUNDAI, comercializado por Gedisa, el cual usted lo puede adquirir en cualquiera de nuestras sucursales en Venezuela.



Figura 1. Envases para contener aceite dieléctrico

2. Criterios Técnicos para la Selección de Aceites Dieléctricos en Transformadores de Potencia y Distribución.

La selección de un fluido dieléctrico para transformadores de potencia o distribución representa una decisión técnica crítica que

trasciende los criterios de costo o disponibilidad logística.

Esta elección debe estar sustentada en un análisis multidimensional que contemple el comportamiento térmico, la interacción química con materiales del sistema, el impacto ambiental y los requerimientos de mantenimiento asociados. La naturaleza del fluido influye directamente en la confiabilidad operativa, la seguridad del sistema eléctrico y la longevidad del activo.

A continuación, se detallan los parámetros más relevantes que deben ser considerados en el proceso de evaluación y selección:

2.1 Comportamiento Térmico y Estabilidad a Alta Temperatura

El fluido dieléctrico cumple funciones simultáneas de aislamiento y enfriamiento. Por tanto, su desempeño térmico bajo condiciones de operación severas es un criterio fundamental. En transformadores con alta densidad de carga o perfiles térmicos exigentes, se pueden alcanzar temperaturas localizadas superiores a 120 °C.

- **Aceites minerales:** presentan buena estabilidad térmica hasta aproximadamente 105–110 °C. Más allá de este umbral, su tasa de oxidación se incrementa notablemente, generando subproductos que degradan las propiedades dieléctricas del fluido.
- **Ésteres naturales:** gracias a su estructura molecular, ofrecen una resistencia térmica superior (>140 °C), lo que los hace adecuados para transformadores herméticos o de diseño seco, extendiendo la vida útil del aislamiento sólido sin necesidad de sistemas de presurización.
- **Fluidos sintéticos (como siliconas o ésteres sintéticos tipo MIDEL):** diseñados para operar de manera segura por encima de los 150 °C, son ideales para

aplicaciones críticas con restricciones térmicas estrictas.

Es indispensable correlacionar la estabilidad térmica del fluido con la temperatura límite del sistema de aislamiento sólido (papel kraft, papel térmico o Nomex®), dado que la degradación conjunta aceite/papel acelera el envejecimiento del transformador.

2.2 Compatibilidad Físicoquímica con Materiales del Sistema

Todo fluido dieléctrico debe ser evaluado en cuanto a su compatibilidad con los materiales del sistema aislante, tanto en estado líquido como bajo presencia de vapor. La interacción química no controlada puede derivar en fallas prematuras, pérdida de propiedades dieléctricas o degradación de componentes.

- **Papel celulósico y aramidas:** la impregnación debe ser homogénea y no inducir fenómenos de hinchamiento, pérdida de integridad mecánica ni aceleración de procesos de hidrólisis.
- **Elastómeros (NBR, EPDM, Viton):** se debe verificar la estabilidad volumétrica y dureza del material en contacto prolongado con el fluido, mediante ensayos normalizados (ASTM D471, ISO 1817).
- **Metales activos (cobre, hierro, zinc, estaño):** pueden actuar como catalizadores de procesos oxidativos si el fluido contiene compuestos corrosivos como DBDS. Se recomienda utilizar aceites que cumplan con las recomendaciones de CIGRE A2.40 y superen los ensayos de corrosión del cobre.

En transformadores con diseño compacto y alta impregnación de papel aislante, la compatibilidad fluido-aislante es aún más crítica para evitar formación de microburbujas o zonas secas que disminuyan la rigidez dieléctrica.

2.3 Consideraciones Ambientales y Seguridad Operativa

En contextos donde la normativa ambiental es estricta —como zonas urbanas, áreas protegidas o instalaciones sensibles—, el uso de aceites con bajo impacto ecológico es una exigencia técnica y legal.

- **Ésteres vegetales:** poseen alta biodegradabilidad (superior al 95 % en 28 días según OECD 301B), baja ecotoxicidad y elevado punto de inflamación (>300 °C), lo cual reduce el riesgo de incendio.
- **Aceites minerales convencionales:** presentan baja tasa de biodegradabilidad y su derrame representa un riesgo significativo de contaminación del suelo y aguas subterráneas.
- **Normativa técnica aplicable:** IEC 62770 establece criterios para evaluar fluidez a bajas temperaturas, resistencia a la oxidación y biodegradabilidad de aceites naturales.

Adicionalmente, debe analizarse el comportamiento del fluido frente a eventos térmicos severos, considerando la formación de productos tóxicos durante la combustión. Los fluidos con punto de ignición elevado son preferibles en instalaciones con alta densidad de equipos eléctricos.

2.4 Mantenibilidad y Requisitos de Diagnóstico

El tipo de aceite influye directamente en la estrategia de mantenimiento predictivo y la frecuencia de monitoreo de condiciones dieléctricas.

- **Aceites minerales:** requieren vigilancia continua de parámetros como acidez, tensión de ruptura, contenido de humedad y gases disueltos. En sistemas abiertos, la oxidación es acelerada, lo que obliga al uso de inhibidores y mantenimiento con sistemas de purificación.
- **Ésteres naturales:** presentan mayor tolerancia a la humedad y capacidad de absorción, pero es necesario controlar la viscosidad y el índice de acidez por efecto del envejecimiento.
- **Fluidos sintéticos (como siliconas):** tienen una elevada estabilidad química, aunque con el tiempo pueden absorber contaminantes que afectan su desempeño dieléctrico.

El análisis cromatográfico de gases (DGA) debe estar adaptado al tipo de fluido utilizado, ya que los perfiles de generación de gases difieren sustancialmente entre aceites minerales, ésteres y siliconas. Es recomendable establecer curvas de referencia específicas para cada tipo de fluido en función de la tecnología de transformador.

2.5 Comportamiento del Fluido Dieléctrico en Condiciones Operativas Extremas

La operación de transformadores en entornos complejos y exigentes —como regiones de gran altitud, climas extremos o atmósferas con riesgo de explosión— plantea desafíos adicionales en la selección del fluido dieléctrico. Bajo estas condiciones, no solo se compromete el rendimiento térmico y dieléctrico del aceite, sino también la integridad del sistema de aislamiento y la seguridad de la instalación.

A continuación, se detallan los principales factores ambientales y sus implicaciones técnicas:

- **Altitud geográfica elevada:** La disminución de la presión atmosférica reduce el nivel de aislamiento externo y el voltaje disruptivo efectivo del sistema. En estos casos, es indispensable utilizar aceites con alta rigidez dieléctrica intrínseca y baja tendencia a la ionización, con validación específica bajo normas como IEEE Std 1310 o IEC 60076-1 para condiciones de altitud.
- **Ambientes con elevada humedad relativa:** Los fluidos con propiedades higroscópicas en especial los ésteres naturales pueden absorber humedad atmosférica si el sistema no está completamente sellado. Esto puede provocar saturación del fluido y degradación acelerada del aislamiento. En tales casos, se recomienda el uso de transformadores herméticos y monitoreo estricto del contenido de agua.
- **Zonas clasificadas ATEX (atmósferas explosivas):** La selección del fluido debe centrarse en parámetros de **seguridad frente al fuego**, como el punto de inflamación, la temperatura de autoignición y la volatilidad. Los **ésteres biodegradables** ofrecen una ventaja significativa al presentar bajos niveles de emisión de vapores inflamables y puntos de inflamación superiores a los 300 °C, reduciendo así el riesgo de ignición en presencia de fuentes de calor externas.
- **Condiciones de temperatura ambiente extremadamente baja (< -20 °C):** Requieren aceites con un **punto de fluidez optimizado**, que eviten la solidificación o aumento de viscosidad que limite la circulación. Los **fluidos sintéticos o aceites minerales desaromatizados con base parafínica** son preferidos en estas condiciones. La norma IEC 61099

especifica los ensayos de comportamiento a baja temperatura requeridos.

En aplicaciones altamente especializadas, puede justificarse el empleo de mezclas formuladas o aceites híbridos, combinando ésteres, aceites minerales hidrogenados o siliconas, a fin de alcanzar un balance óptimo entre propiedades dieléctricas, térmicas y medioambientales.

2.6 Síntesis Técnica para la Toma de Decisión

La elección del fluido dieléctrico debe sustentarse en un enfoque sistemático de ingeniería, soportado por una matriz de evaluación multicriterio que integre:

- Las **condiciones térmicas, eléctricas y ambientales** de operación.
- El **diseño constructivo** del transformador, incluyendo su sistema de sellado y los materiales del aislamiento sólido.
- Los **requisitos regulatorios y ambientales** locales o contractuales (zonas protegidas, criterios de biodegradabilidad, clasificación ATEX, etc.).
- La **estrategia de mantenimiento y monitoreo operativo**, considerando la infraestructura disponible y la criticidad del activo.

Una selección incorrecta o insuficientemente evaluada del aceite dieléctrico puede ocasionar efectos adversos como reducción prematura de la vida útil del transformador, aumento del riesgo térmico o eléctrico, incumplimiento de normativas ambientales, o disminución del rendimiento en condiciones límite.

Por tanto, la decisión debe estar sustentada en:

- Resultados de **ensayos de laboratorio normalizados** (oxidación, compatibilidad, biodegradabilidad, inflamabilidad).
- Experiencia de campo y **desempeño comprobado** en aplicaciones equivalentes.
- Conformidad con estándares internacionales aplicables según el tipo de fluido:
 - ❖ **IEC 60296** para aceites minerales refinados o inhibidos.
 - ❖ **IEC 61099** para ésteres sintéticos.
 - ❖ **IEEE C57.147** para fluidos dieléctricos naturales biodegradables.

La aplicación de esta metodología garantiza que la elección del aceite no solo cumpla con los requisitos técnicos y normativos, sino que también contribuya activamente a la confiabilidad, eficiencia y sostenibilidad del sistema eléctrico.

3. Almacenamiento, Manejo y Aseguramiento de Calidad de Fluidos Dieléctricos

La preservación de las propiedades dieléctricas, térmicas y químicas de los aceites aislantes requiere una gestión rigurosa en cada etapa de su ciclo de vida: almacenamiento, transporte, manipulación, filtración y eventual revalorización.

Un inadecuado control en cualquiera de estas fases puede inducir contaminaciones irreversibles, acelerar procesos de oxidación o hidrólisis, y comprometer tanto la confiabilidad operativa del equipo como la conformidad con normativas internacionales y ambientales.

Normas técnicas como **IEC 60296** (aceites nuevos), **IEC 60422** (aceites en servicio), **IEEE C57.106** (manejo de aceites minerales), así como regulaciones del transporte internacional de mercancías peligrosas (como ADR, IATA, IMDG), establecen los lineamientos fundamentales para garantizar la calidad y seguridad del fluido.

3.1 Condiciones Técnicas para el Almacenamiento Prolongado

El almacenamiento prolongado de aceites dieléctricos bien sea mineral, ésteres naturales o fluidos especiales, exige condiciones controladas que prevengan el ingreso de agentes externos como humedad, oxígeno, partículas, compuestos polares y contaminantes orgánicos volátiles que puedan alterar su comportamiento aislante y su estabilidad a largo plazo.

- **Contención hermética con atmósfera inerte:** Se recomienda el uso de tanques metálicos recubiertos internamente con barnices epoxídicos o poliuretánicos, diseñados para operar bajo atmósfera controlada con **nitrógeno seco de alta pureza ($\geq 99.999\%$)**. El sistema debe mantener una sobrepresión constante (5–15 kPa) para evitar ingreso de aire atmosférico, el cual acelera la oxidación, especialmente en aceites sin inhibidor.
- **Control termo-higrométrico del entorno:** El recinto de almacenamiento debe mantenerse a temperaturas estables ($< 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa inferior al 50%. Esto es crítico en fluidos con alta afinidad por el agua (como los ésteres naturales), cuyo equilibrio de absorción varía exponencialmente con la temperatura.
- **Protección frente a radiación UV:** La exposición a luz solar o fuentes de radiación ultravioleta puede inducir reacciones fotoquímicas que degradan aditivos fenólicos, antioxidantes o componentes polares del aceite. Se deben emplear tanques opacos, carpas técnicas o recubrimientos anti-UV para mitigar este riesgo.
- **Instrumentación para monitoreo continuo:** En instalaciones industriales, se recomienda integrar sistemas de medición en línea de parámetros críticos (contenido de humedad disuelta, presión de gas inerte, temperatura,

niveles de oxígeno disuelto), integrados a plataformas de control SCADA. Esto permite auditorías continuas y alarmas ante desviaciones operativas.

En la figura 1 se aprecias algunas formas usuales de almacenar el aceite dieléctrico, en tote, pailas, tambores, etc.



Figura 1. Envases para contener aceite dieléctrico

3.2 Transporte Técnico y Prevención de Contaminación Cruzada

El transporte de aceites dieléctricos nuevos, reciclados o regenerados requiere medidas especializadas para evitar alteraciones fisicoquímicas durante su traslado.

Todo el proceso debe cumplir con los requisitos legales y técnicos para sustancias inflamables de clase 3, conforme al sistema de clasificación de las Naciones Unidas (UN).

➤ **Contenedores certificados y trazabilidad logística:**

El fluido debe transportarse en IBCs, bidones metálicos o cisternas certificados según normas UN/ADR (UN1993), diseñados para aceites inflamables. Cada unidad debe estar correctamente etiquetada con información técnica: lote, viscosidad cinemática, número ácido (TAN), rigidez dieléctrica (BDV), fecha de producción, entre otros.

➤ **Compatibilidad química de los materiales de contacto:**

Las mangueras, válvulas y empaques deben ser resistentes a la acción prolongada de hidrocarburos dieléctricos. Se recomienda el uso de nitrilo (NBR), Viton®, teflón (PTFE), o acero inoxidable AISI 316L. Materiales inadecuados como PVC o EPDM pueden absorber compuestos del aceite, comprometiendo su funcionalidad.

➤ **Protocolos de descontaminación previa:**

Antes de reutilizar cisternas o equipos que hayan transportado otros productos (como combustibles, solventes, aceites industriales), deben aplicarse protocolos CIP (Clean-In-Place) con solventes neutros o secado térmico. Cualquier traza de compuestos polares, metales traza o agua residual puede inducir reacciones catalíticas adversas.

➤ **Documentación técnica obligatoria:**

El transporte debe acompañarse de una hoja de seguridad (SDS), un certificado de análisis (CoA) conforme a **IEC 60296**, e indicadores de cumplimiento ambiental según las regulaciones locales (EPA, OSHA, DOT o sus equivalentes internacionales).

En la figura 2 podemos observar una forma de transportar aceite dieléctrico en grandes volúmenes.



Figura 2. Transporte en flexitank

3.3 Regeneración y Reacondicionamiento de Aceites Dieléctricos

La regeneración y reacondicionamiento de aceites dieléctricos constituyen procesos fundamentales en la gestión técnica del sistema de aislamiento de transformadores de potencia y distribución.

Estos procedimientos tienen como objetivo la restauración de parámetros fisicoquímicos y eléctricos esenciales, tales como la rigidez dieléctrica, la estabilidad térmica, la tensión interfacial y la resistencia a la oxidación, extendiendo de manera significativa la vida útil del fluido en servicio.

Las prácticas deben ejecutarse conforme a los lineamientos establecidos en las normas internacionales **IEC 60422** e **IEEE C57.106**, que regulan el mantenimiento y la evaluación de aceites minerales en equipos eléctricos.

3.4 Regeneración Térmica-Adsorptiva Principio de operación

Ing. Gregor Rojas

Este proceso se fundamenta en la remoción de compuestos polares de degradación como ácidos orgánicos, alcoholes y carbonilos mediante su adsorción en medios sólidos de alta capacidad, tales como tierras activadas, zeolitas o silicoaluminas modificadas.

El tratamiento se realiza bajo condiciones de vacío térmico (usualmente entre 90 y 100 °C), lo que favorece la descomposición de enlaces débilmente retenidos y la transferencia de contaminantes hacia los medios adsorbentes. Posteriormente, el aceite es sometido a un proceso de desgasificación, que permite eliminar gases disueltos y volátiles indeseables.

Desempeño del proceso

- **Reducción del TAN (Número Ácido Total):** Superior al 80%, con un descenso significativo de los niveles de acidez que impactan directamente la estabilidad química del aceite.
- **Recuperación de rigidez dieléctrica (BDV):** Valores superiores a 60 kV, restituyendo la capacidad aislante del fluido.
- **Incremento de la tensión interfacial:** Supera los 30 mN/m, indicador clave de la remoción de agentes polares que afectan la estabilidad del sistema.

Disposición de residuos.

Los medios adsorbentes utilizados en el proceso, una vez saturados, deben ser clasificados como residuos peligrosos bajo el código LER 13 03 07, debido a su alto contenido de contaminantes orgánicos oxidados, hidrocarburos degradados y metales traza.

La gestión de estos residuos debe cumplir con la normativa ambiental vigente y ejecutarse mediante gestores autorizados.

4. Reacondicionamiento In Situ del Aceite Dieléctrico.

4.1 Aplicación mediante Unidades Móviles de Tratamiento

El reacondicionamiento in situ se lleva a cabo utilizando equipos móviles de tratamiento de aceite bajo vacío, los cuales permiten intervenir transformadores sin necesidad de vaciado ni interrupción del servicio.

En la figura 3 se puede ver una unidad para el reacondicionamiento de los aceites dieléctricos.



Figura 3. Unidad de diálisis de aceites

Este enfoque es especialmente valioso en sistemas críticos o en transformadores en estado de stand-by, ya que reduce los tiempos de indisponibilidad y minimiza los costos logísticos asociados al transporte de equipos.

4.2 Etapas Técnicas del Proceso:

1. Filtración Primaria

Eliminación de partículas sólidas mayores a 5 μm mediante sistemas de filtración de alta eficiencia, reduciendo la contaminación mecánica del fluido.

2. Deshidratación Térmico-Vacuum

Mediante la aplicación de calor (hasta 70 °C) y vacío profundo (<1 mbar), se logra disminuir el contenido de agua disuelta en el aceite a niveles inferiores a 20 ppm, protegiendo la integridad dieléctrica del sistema.

3. Desgasificación Multietapa

Eliminación de gases disueltos (O_2 , N_2 , CO_2 , H_2 , entre otros) mediante torres de vacío multietapa, lo que mejora tanto la rigidez dieléctrica como la estabilidad del aceite frente a la oxidación.

4. Recirculación y Monitoreo Continuo

Se realiza un control en tiempo real de parámetros clave como la rigidez dieléctrica (BDV), el factor de disipación dieléctrica ($\tan \delta$) y el contenido de humedad, permitiendo validar el cumplimiento de los objetivos de calidad durante todo el ciclo de reacondicionamiento.

En la figura siguiente se puede apreciar como se realiza el proceso de reacondicionamiento del aceite.



Figura 4. Unidad de reacondicionamiento en operación

4.3 Ventajas Técnicas y Operativas del Reacondicionamiento In Situ.

- **Mantenimiento sin desconexión del transformador:** No requiere interrupción del suministro eléctrico, lo que resulta crucial en instalaciones de alta criticidad.
- **Reducción de costos operacionales:** Al evitar el vaciado, transporte y reconfiguración

del equipo, se disminuyen significativamente los costos logísticos y de operación.

- **Restauración funcional del fluido:** Mejora sustancial de las propiedades aislantes y termodinámicas del aceite, extendiendo su vida útil sin necesidad de reemplazo.
- **Impacto ambiental positivo:** Minimiza la generación de residuos peligrosos y reduce la demanda de nuevos recursos, promoviendo la sostenibilidad del sistema eléctrico.



Figura 5. Ciclo de reacondicionamiento del aceite dieléctrico

La gestión técnica del ciclo de vida del aceite dieléctrico desde su recepción inicial hasta su reacondicionamiento o regeneración representa una disciplina crítica dentro del mantenimiento predictivo y confiabilidad operativa de los sistemas de potencia.

Este enfoque exige una integración rigurosa de conocimientos en ingeniería química,

electrotecnia, seguridad industrial, normativa ambiental y tecnologías de monitoreo en línea.

La adecuada preservación de las propiedades dieléctricas, termoquímicas y fisicomecánicas del aceite no solo previene fallas catastróficas del sistema de aislamiento, sino que garantiza la continuidad operativa de instalaciones estratégicas, optimizando el desempeño de activos eléctricos de alta inversión y contribuyendo a una infraestructura energética más resiliente y sostenible.

5. Conclusiones y Proyecciones Futuras

El aceite dieléctrico no debe ser percibido como un simple medio aislante o de transferencia térmica, sino como un elemento funcional crítico e inseparable del diseño electromecánico de los transformadores de potencia.

Su comportamiento influye directamente en la fiabilidad operativa, la eficiencia energética y la seguridad del sistema de aislamiento en entornos de alta tensión.

Por tanto, su selección, evaluación y gestión deben abordarse bajo una perspectiva multidisciplinaria e integrada, considerando variables de naturaleza química, eléctrica, térmica, ambiental, normativa y económica.

Los avances en formulaciones han propiciado el surgimiento de aceites dieléctricos biodegradables (como los ésteres naturales y sintéticos) y fluidos base sintética de alta resistencia térmica, los cuales ofrecen ventajas tangibles en términos de sostenibilidad ambiental, seguridad frente al fuego y biodegradabilidad.

Sin embargo, su incorporación en sistemas tradicionales plantea desafíos operativos que requieren redefinir los protocolos de monitoreo, análisis de condición y criterios de mantenimiento, ya que sus curvas de envejecimiento y mecanismos de degradación difieren

significativamente de los aceites minerales convencionales.

En paralelo, el horizonte tecnológico del mantenimiento predictivo se está redefiniendo mediante la convergencia de sensorica avanzada en línea, algoritmos de inteligencia artificial (IA) y modelos de aprendizaje automático, que permiten interpretar datos dieléctricos, fisicoquímicos y operacionales en tiempo real.

Esta transformación digital habilita una nueva era de diagnóstico inteligente, capaz de anticipar fallos, optimizar intervenciones y extender la vida útil del sistema aislante con base en modelos prescriptivos y de pronóstico.

Asimismo, se proyecta una evolución hacia formulaciones de fluidos dieléctricos de nueva generación, con propiedades autodepurativas, mayor resiliencia térmica, menor tendencia a la oxidación y compatibilidad con materiales emergentes en la construcción de transformadores.

Estas innovaciones abrirán camino a nuevas arquitecturas de diseño, mayores densidades de potencia y menores impactos ambientales en el ciclo de vida del equipo.

En este boletín técnico hemos visto que el aceite dieléctrico debe ser tratado como un componente activo del sistema, y no como un insumo fungible. De igual forma, la transición hacia fluidos ecoeficientes y sintéticos debe acompañarse de una adaptación de metodologías y criterios técnicos. Un punto muy interesante fue las tecnologías de diagnóstico inteligente que jugarán un papel protagónico en la gestión de activos eléctricos del futuro. Además, la integración de soluciones sostenibles y digitales permitirá maximizar la confiabilidad operativa, optimizar recursos y reducir el impacto ambiental de las infraestructuras eléctricas.

En el próximo boletín veremos la forma de probar y diagnosticar los aceites dieléctricos, concentrándonos en el triángulo de Duval.