



INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

INFORME TÉCNICO IAPG

**Consideraciones técnicas para
el incremento del contenido de
biodiesel (FAME) en gas oil**

Resumen Ejecutivo

La experiencia técnico - operativa y de los consumidores, acumulada en Argentina durante más de diez años de utilización de biocombustibles, así como las tendencias tecnológicas a nivel mundial, ofrecen elementos contundentes para la revisión de la legislación vigente.

El uso de bioetanol en naftas (E12), no ha presentado mayores dificultades desde el punto de vista técnico-operativo, permitiendo alentar un aumento a E15, modernizando el sistema de comercialización.

Sin embargo, las mezclas con biodiesel evidencian que el principal desafío técnico para la confiabilidad del gas oil no está asociado únicamente al porcentaje de FAME incorporado, sino a la interacción entre:

- Calidad del biodiesel.
- Contenido de monoglicéridos saturados.
- Condiciones climáticas locales.
- Temperatura de almacenamiento y operación.
- Nivel de mezcla final.

En este sentido, la información técnica relevada por el IAPG, en consulta con empresas asociadas como Axion, YPF, Pan American Energy y otros actores de la industria, muestra evidencia consistente de:

- Reclamos recurrentes por taponamiento de filtros durante períodos invernales.
- Formación de precipitados y materiales insolubles.
- Pérdidas de operabilidad en maquinaria agrícola y transporte pesado.
- Elevada sensibilidad de las mezclas B10 frente a bajas temperaturas.
- Necesidad de introducir criterios climáticos regionales similares a los utilizados en Europa y Norteamérica, que son regiones de gran amplitud térmica territorial y estacional como Argentina.

La evidencia disponible indica que:

1. El contenido de FAME en gas oil no debería superar el 10% v/v como límite máximo nacional en las zonas de temperaturas templadas y altas, basado en evidencias locales e internacionales.
2. Debe redefinirse el concepto de “zona fría” incorporando criterios meteorológicos y operativos reales.
3. Deben modificarse las especificaciones del FAME incorporando límites específicos para monoglicéridos saturados y reduciendo el límite de monoglicéridos totales.
4. Deben establecerse requisitos diferenciados para combustibles destinados a regiones de bajas temperaturas.

1. Introducción y antecedentes

Contexto regulatorio

Argentina posee uno de los esquemas de incorporación de biodiesel más exigentes del mundo.

Mientras la mayoría de los países establecen contenidos máximos de biodiesel y aplican flexibilidades estacionales, Argentina ha utilizado históricamente porcentajes obligatorios mínimos de incorporación de FAME. Según antecedentes técnicos recopilados por IAPG y operadores del mercado, la implementación obligatoria de mezclas B10 constituyó una situación prácticamente inédita a nivel internacional.

La Ley 27.640 otorgó facultades a la autoridad de aplicación para establecer especificaciones de calidad y porcentajes de mezcla obligatorios, generando la oportunidad de actualizar criterios técnicos a partir de la experiencia acumulada.

Reclamos operativos observados

Durante los últimos años se registraron reiterados reclamos de consumidores, asociados al desempeño del gas oil en condiciones invernales.

Entre los principales síntomas observados se destacan:

- Taponamiento prematuro de filtros.
- Pérdida de potencia.
- Detención de motores.
- Dificultades de arranque.
- Formación de sedimentos.
- Presencia de material cristalino en filtros.

Hay documentación de más de 20 reclamos por año formales desde 2024 en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, todos vinculados a problemas de filtrabilidad y operación de maquinaria agrícola. Se observó que los reclamos aparecían típicamente entre mayo y agosto, en temperaturas comprendidas entre 0 °C y 15 °C.

Posteriormente, análisis de laboratorio detectaron presencia de compuestos compatibles con monoglicéridos residuales asociados al biodiesel.

Un dato particularmente relevante es que durante mayo de 2023 no se registraron reclamos equivalentes cuando el abastecimiento se realizó sin biodiesel por falta de disponibilidad del insumo.

Antecedentes sectoriales

Ya en 2019 Pan American Energy alertó a la Secretaría de Energía sobre:

- Reclamos por taponamiento de filtros.
- Problemas de arranque.
- Congelamiento parcial del combustible.
- Necesidad de modificar la especificación de biodiesel para B10.

La propuesta presentada incluía:

- Reducir monoglicéridos totales de 0,8% a 0,4%.
- Incorporar control de monoglicéridos saturados.
- Mejorar parámetros de contaminación total y estabilidad oxidativa.
- Flexibilizar el corte en zonas frías.

2. Desarrollo técnico

2.1 Situación internacional

La experiencia internacional demuestra que los países con condiciones climáticas severas aplican controles más estrictos sobre biodiesel y combustibles diesel en invierno.

El relevamiento internacional elaborado por Infineum sobre más de 53 países mostró que:

- Europa utiliza contenidos reales promedio cercanos al 4%.
- Estados Unidos y Canadá utilizan normalmente menos de 2% FAME real.
- Canadá suspende mezclas en períodos invernales críticos.
- Muchos países reducen o eliminan biodiesel durante invierno.

Europa limita normativamente el contenido de FAME en EN590 a un máximo de 7%.

Estados Unidos utiliza ASTM D975 con criterios regionales basados en temperaturas históricas mínimas, estableciendo especificaciones diferentes según zona climática.

En contraste, Argentina mantiene contenidos obligatorios cercanos a B10 si bien presenta condiciones meteorológicas comparables a regiones europeas y norteamericanas en gran parte de su territorio.

Otros países con mayor contenido de biodiesel como Colombia o Malasia, tienen climas cálidos todo el año.

2.2 Impacto del FAME sobre las propiedades del gas oil

Los estudios realizados por IAPG, coincidentemente con YPF muestran de manera consistente que el aumento de FAME deteriora propiedades críticas del combustible.

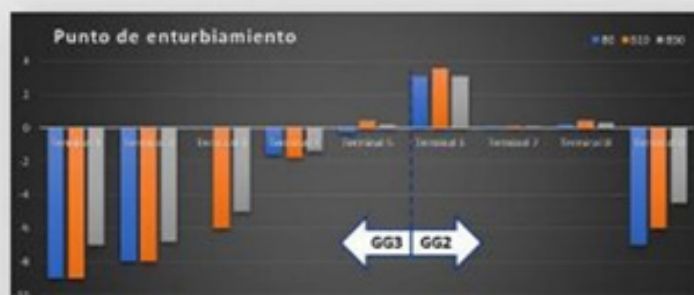
Entre los principales impactos identificados:

- Empeoramiento del punto de enturbiamiento.
- Empeoramiento del POFF (Punto de Obturación de Filtro Frío).
- Menor filtrabilidad.
- Menor estabilidad oxidativa.
- Mayor formación de espumas.
- Incremento de depósitos e insolubles.
- Mayor tendencia a degradación durante almacenamiento.

La evidencia experimental muestra que estas propiedades empeoran progresivamente a medida que aumenta el porcentaje de biodiesel desde B0 hacia B10 y B30.

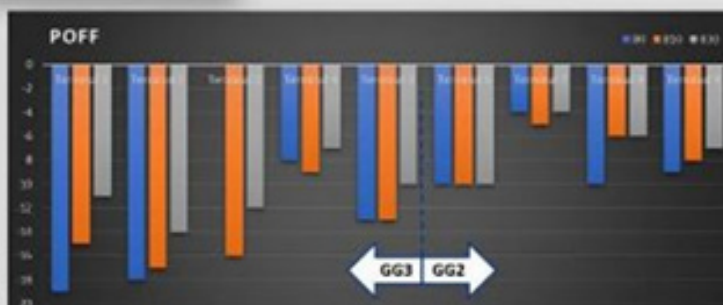
Consideraciones técnicas para el incremento del contenido de biodiesel (FAME) en gas oil

BIODIESEL – Mezclas B0, B10 y B30 – FLUJO EN FRÍO

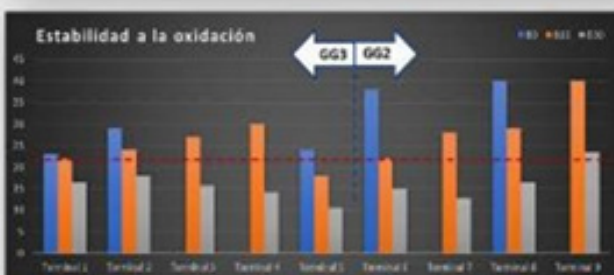
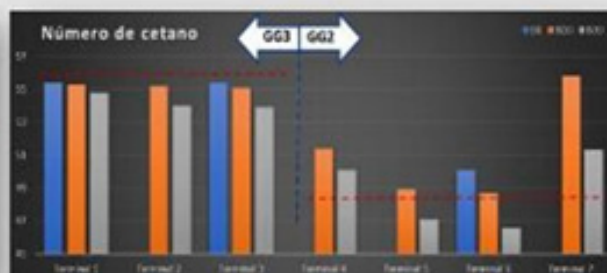
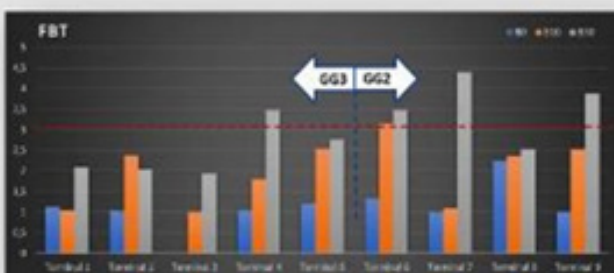


Por lo general, el punto de enturbiamiento tiende a empeorar a medida que aumenta la cantidad de biodiésel en la mezcla

También el POFF empeora en mezclas con mayores cortes con biodiésel



BIODIESEL – Mezclas B0, B10 y B30 – FILTRABILIDAD, CETANO Y ESTABILIDAD



Estas tres propiedades, que son de gran relevancia a la hora de evaluar la calidad de un gasoil, empeoran drásticamente a medida que incrementa el porcentaje de biodiésel en la mezcla.

Particularmente la estabilidad a la oxidación (método Rancimat) comienza a caer rápidamente desde el momento en que se mezcla el gasoil base con el biodiésel. Sólo un biodiésel de calidad adecuada mantiene estable a la mezcla.

2.3 Monoglicéridos como factor crítico

Los monoglicéridos constituyen compuestos residuales provenientes de la transesterificación incompleta del aceite durante la producción del biodiesel.

La especificación argentina actualmente admite hasta:

- 0,8 % m/m de monoglicéridos totales.

En comparación, los máximos admitidos por otros países y normas internacionales son:

- Brasil: 0,5 %.
- ASTM: 0.4 %.

Los análisis realizados sobre proveedores nacionales mostraron que prácticamente ninguno cumpliría de manera sostenida un límite de 0.4 % de monoglicéridos.

Más importante aún, la evidencia internacional indica que el parámetro realmente asociado al problema es el contenido de monoglicéridos saturados.

La norma EN 14214 evolucionó incorporando criterios específicos para monoglicéridos saturados por su relación con la formación de cristales y obstrucción de filtros en invierno.

Los estudios realizados por YPF muestran explícitamente que:

- Los monoglicéridos saturados aumentan el riesgo de obturación de filtros.
- Su efecto se potencia con el aumento del porcentaje de FAME.

■ Análisis de monoglicéridos saturados

Basado en la norma EN 14214:

Tabla 19 – Requisitos dependientes del clima y métodos de ensayo para FAME como componente de mezcla

Tabla 20 – Opciones para las propiedades de flujo frío

Propiedad	Unidad	Temperatura						Método de ensayo ^a
		Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5	Grado 6	
Punto de congelamiento	°C, máx.	15	12	9	5	0	-3	EN 13017
POCF	°C, máx.	12	10	5	0	-3	-10	EN 13017 (10) (15) EN 13017 (10) (15)

^a Véase también el apartado 5.1.1.
^b Véase también el apartado 5.1.1.
^c Véase también el apartado 5.1.1.
^d Véase también el apartado 5.1.1.

Tabla 20 – Opciones del contenido en monoglicéridos

Propiedad	Unidad	Temperatura						Método de ensayo ^a
		Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5	Grado 6	
Contenido de monoglicéridos	% (m/m), máx.	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	EN 13017

^a Véase también el apartado 5.1.1.
^b Véase también el apartado 5.1.1.

Requisitos dependientes del clima: la norma ofrece opciones para definir los grado estacionales a nivel país.

Cada país debe detallar los requisitos para un grado en verano y en invierno, que deben justificarse mediante datos meteorológicos nacionales.

Además, la experiencia ha demostrado que, cuando el FAME está sujeto a bajas temperaturas durante periodos más largos, puede ocurrir la obstrucción de los filtros, si no se controlan factores adicionales, como el contenido de monoglicéridos saturados.

Contenidos máximos recomendados en monoglicéridos saturados para mezclas hasta BX (basadas en experiencia en el mercado):

Región sugerida	Verano y verano e invierno	Invierno mediterráneo	Verano mediterráneo	Invierno norte Europa	Verano norte Europa	Invierno sur Europa	Verano sur Europa
Contenido de monoglicéridos saturados máx. máx.	20	30	70	55	90	70	90

• Análisis de monoglicéridos saturados

BASADO EN LA NORMA EN 14214

Monoglicéridos saturados: al día de hoy no existe ningún método adecuado para la determinación de su contenido en el FAME. Se ha desarrollado un modelo de correlación para estimar un contenido aproximado:

$$\mu_{\text{SATFA}} = ((2,248 \text{ CP}) + 17,657)$$

MGS en B100 $\rightarrow \mu_{\text{SMG}} = \mu_{\text{MG}} \times \left(\frac{\mu_{\text{SATFA}}}{100} \right) \rightarrow \mu_{\text{SMG}} = \mu_{\text{MG}} \times \frac{((2,248 \text{ CP}) + 17,657)}{100}$

MGS en BX $\rightarrow \mu_{\text{DSMG}} = \left(10\,000 \times \mu_{\text{SMG}} \times \left(\frac{\rho_{\text{FAME}}}{1000} \right) \right) \times \left(\frac{B_x}{100} \right)$

Donde:

- μ_{SMG} = contenido en monoglicéridos saturados, en % (m/m).
- μ_{MG} = contenido en monoglicéridos medido según la Norma EN 14105, en % (m/m).
- μ_{SMG} = contenido de ésteres metílicos de ácidos grasos saturados, %m/m
- CP = punto de enturbiamiento, en °C.
- μ_{DSMG} = contenido de monoglicéridos saturados en el combustible diésel (mg/l).
- ρ_{FAME} = densidad del FAME, Kg/m³.
- BX = porcentaje de mezcla, en volumen, de biodiesel en el diésel, en % (V/V).

2.4 Correlación clima argentino – norma EN 14214

Los análisis realizados para el sudeste bonaerense (como por ej. Tandil) mostraron que presentan perfiles térmicos comparables a Londres y París.

Por lo tanto, desde la perspectiva de operabilidad, amplias zonas de Argentina deberían recibir un tratamiento equivalente al aplicado en Europa para combustibles invernales.

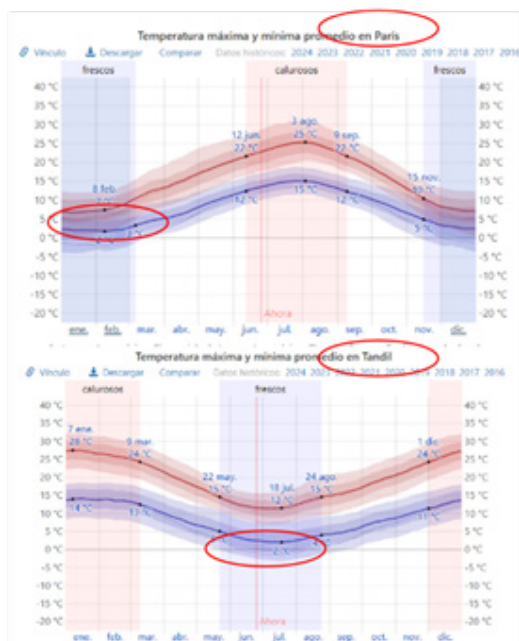
Los criterios actuales de zona fría resultan insuficientes porque:

- No contemplan amplitud térmica.
- No contemplan almacenamiento en instalaciones aéreas.
- No contemplan temperaturas reales de operación agrícola.
- No contemplan logística de distribución.

Por ello se recomienda redefinir las zonas frías utilizando:

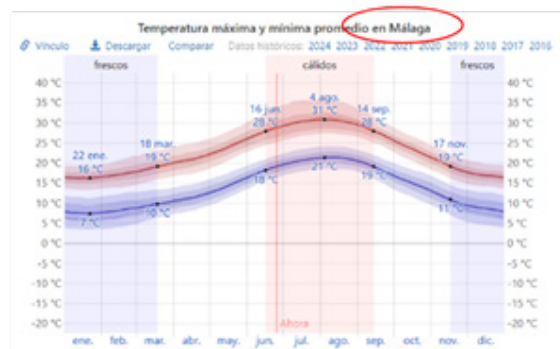
- Temperatura mínima histórica.
- Percentil de temperaturas mínimas.
- Frecuencia de heladas.
- Altitud.
- Tiempo de almacenamiento.
- Tipo de uso final.

Definición de correlación climática con NORMA EN 14214

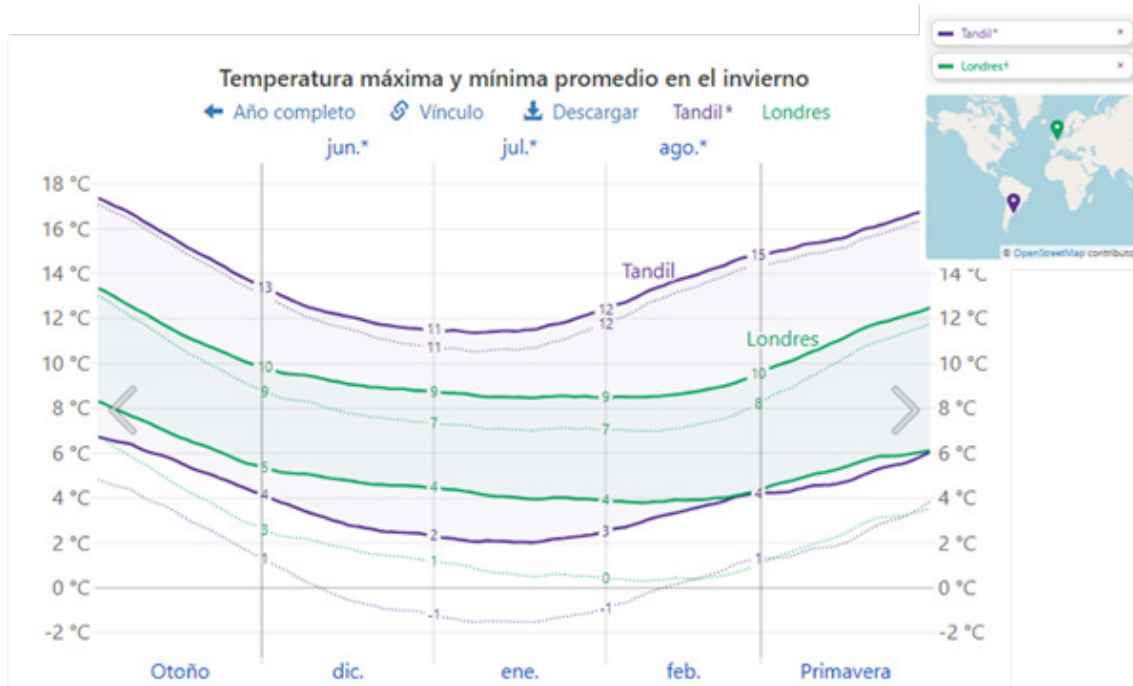


Región sugerida	Suecia verano e invierno	Invierno nórdico	Verano nórdico	Invierno norte Europa	Verano norte Europa	Invierno sur Europa	Verano sur Europa
Contenido de monoglicéridos saturados mg/l. mín.	20	30	70	55	90	70	90

Recomendado



Comparación climática Tandil - Londres



2.5 Evidencia analítica

Los cálculos desarrollados aplicando criterios derivados de EN 14214 mostraron que:

Con el FAME actual de estas características:

- Monoglicéridos $\approx 0,7\%$
- Cloud Point $\approx 1^{\circ}\text{C}$
- B10

Se obtiene una concentración equivalente de monoglicéridos saturados (DMGS) cercana a 123 mg/kg en el combustible final.

Las conclusiones técnicas obtenidas fueron contundentes:

- **El estándar actual de calidad del FAME no resulta adecuado para extensas regiones del país,** incluyendo las de mayor demanda de gas oil.
- **La calidad del biodiesel es el principal factor asociado a los problemas observados.**
- **Debe reducirse el contenido de monoglicéridos totales en el biodiesel.**
- **Debe limitarse el porcentaje de FAME o eliminarse durante períodos invernales críticos.**

3. Conclusiones

1. La experiencia argentina demuestra una correlación consistente entre aumento de FAME, bajas temperaturas y reclamos operativos.
2. Las mezclas B10, en la medida que se mejore la calidad del biodiesel, constituyen un límite técnico para la argentina, excepto para regiones más frías donde ese límite técnico debería ser menor.
3. Tomando en cuenta lo anterior, no existe evidencia técnica suficiente que justifique incrementos obligatorios superiores a B10 para uso general.
4. Las condiciones climáticas de gran parte de Argentina son equiparables a regiones europeas donde se aplican restricciones estacionales y controles reforzados más estrictos que los nuestros.
5. La especificación argentina de monoglicéridos totales resulta peligrosamente más permisiva que la de los principales países desarrollados.
6. Los monoglicéridos saturados constituyen actualmente uno de los principales factores asociados a la cristalización y obturación de filtros, generando innumerables problemas a los usuarios.
7. Debe incorporarse un límite específico más estricto de monoglicéridos saturados dentro de la regulación nacional.
8. Debe redefinirse técnicamente el concepto de zona fría sobre criterios meteorológicos y operativos objetivos.
9. Debe facultarse a la autoridad de aplicación a reducir o exceptuar el uso de FAME en zonas frías durante períodos invernales.

ANEXO – Producción de FAME y mitigación de monoglicéridos saturados

Proceso de producción

El FAME se obtiene mediante transesterificación de aceites vegetales o grasas animales con metanol.

Secuencia:

1. Recepción y acondicionamiento de aceite.
2. Transesterificación.
3. Separación de glicerina.
4. Recuperación de metanol.
5. Lavado o purificación.
6. Secado.
7. Filtración final.

Origen de los monoglicéridos

Los monoglicéridos son productos intermedios de la reacción:

Triglicéridos → Diglicéridos → Monoglicéridos → Glicerina

Cuando la reacción es incompleta o la purificación insuficiente, permanecen monoglicéridos residuales en el FAME.

Los más problemáticos son:

- Monopalmitina
- Monoestearina

Debido a su alto punto de fusión.

Medidas recomendadas

Para cumplir una especificación adecuada para Argentina se recomienda:

1. Reducir límite de monoglicéridos totales de 0,8% a 0,4% m/m.
2. Incorporar límite específico para monoglicéridos saturados.
3. Exigir control de Cloud Point del FAME.
4. Exigir caracterización estacional del biodiesel.
5. Implementar winterización del FAME.
6. Incrementar eficiencia de transesterificación.
7. Incorporar destilación de biodiesel cuando sea técnicamente viable.
8. Mejorar separación de glicerina y compuestos polares.
9. Introducir ensayos de desempeño en frío basados en EN 14214.
10. Certificar biodiesel específico para zonas frías.

La evidencia analítica y operativa disponible indica que una combinación de:

- FAME máximo 10%.
- Monoglicéridos totales $\leq 0,4\%$.
- Control de monoglicéridos saturados.
- Especificaciones diferenciados para zonas frías.

constituye actualmente la alternativa técnicamente más robusta para continuar usando FAME vs. otras alternativas que lo están reemplazando a nivel mundial, como HVO y coprocesamiento; y así poder asegurar confiabilidad operativa, protección de motores, reducción de reclamos y compatibilidad con la realidad climática argentina.