

## Queroseno de Aviación JET A-1 con CO-PROCESADO de: mono, di y tri-glicéridos, ácidos grasos y ésteres de ácidos grasos

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	LÍMITES		MÉTODOS DE ENSAYO (1)	
				NORMAS ASTM	NORMAS IP
Aspecto visual		claro y brillante; no se debe apreciar visualmente materia en suspensión ni agua libre a temperatura ambiente		Visual	
Color Saybolt (2)	escala norma	informar		D 156 D 6045	
Contaminación por partículas (3) o Partículas por canal (4)	mg/l	máximo 1,0		D 5452	IP 423
≥ 4 µm(c) ≥ 6 µm(c) ≥ 14 µm(c) ≥ 21 µm(c) ≥ 25 µm(c) ≥ 30 µm(c)	Partículas por canal & Código ISO	Partículas canal informar informar informar informar informar	Código ISO Máximo 19 Máximo 17 Máximo 14 informar informar Máximo 13		IP 565 IP 577
Acidez total	mg KOH/g	máximo 0,015		D 3242	IP 354
Típos de hidrocarburos aromáticos: (5 y 6)					
Aromáticos o	% V/V	máximo 25,0		D 1319	IP 156
Aromáticos totales	% V/V	máximo 26,5		D 6379	IP 436
Contenido de azufre total	% m/m	máximo 0,30			IP 336
Azufre mercaptano (7) o Doctor Test	% m/m	máximo 0,0030 Doctor Negativo		D 3227	IP 342 IP 30
Componentes de refino, en el punto de fabricación (8):					
Componentes no hidroprocesados	% V/V	informar			
Componentes severamente hidroprocesados	% V/V	informar			
Componentes sintéticos (9)	% V/V	informar			
Componentes co-procesado (9)	% V/V	informar			
Destilación (10):				D 86	IP 123
Punto inicial	°C	informar			
10 % V/V recogido	°C	máximo 205,0			
50 % V/V recogido	°C	informar			
90 % V/V recogido	°C	informar			
Punto final	°C	máximo 300,0			
Residuo	% V/V	máximo 1,5			
Pérdida	% V/V	máximo 1,5			
Punto de inflamación	°C	mínimo 38,0			IP 170
Densidad a 15 °C	kg/m³	775,0 a 840,0		D 4052	IP 365
Punto de congelación (11)	°C	máximo -47,0		Aplica tabla 2	Aplica tabla 2
Viscosidad a -20 °C	mm²/s	máximo 8,000		D 445	IP 71
Punto de humo (12) o	mm	mínimo 25,0		D 1322	IP 598
Punto de humo (12) y	mm	mínimo 18,0		D 1322	IP 598
Naftalénicos	% V/V	máximo 3,00		D 1840	
Calor de combustión	MJ/kg	mínimo 42,80		(13)	
Corrosión al cobre (14)	escala norma	máximo 1b		D 130	IP 154

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	LÍMITES	MÉTODOS DE ENSAYO (1)	
			NORMAS ASTM	NORMAS IP
Estabilidad térmica (JFTOT) (15): Temperatura de ensayo Evaluación del tubo, uno de los siguientes requisitos tiene que cumplirse (16) (17): 1) VTR o  2) ITR o ETR, media sobre un área de 2,5 mm <sup>2</sup>	°C  escala norma  nm	mínimo 260  máximo <3. No pavo real (P) o depósitos anormales (A)  máximo 85	D 3241	IP 323
Presión diferencial	mm Hg	máximo 25		
Gomas actuales	mg/100 ml	máximo 7		IP 540
Índice de separación de agua en punto de fabricación (refinería): (18) Índice de separación de agua sin SDA o Índice de separación de agua con SDA		mínimo 85 mínimo 70	D 3948	
Índice de separación de agua aguas abajo del punto de fabricación (refinería): (18) Índice de separación de agua Índice de separación de agua		mínimo 85 mínimo 88	D 7224 D 8073	IP 624
Conductividad eléctrica (19) (20)	pS/m	50 a 600	D 2624	IP 274
Lubricidad (21)	mm	máximo 0,85	D 5001	
Contenido de FAME (22) (23)	mg/kg	Inferior a 5,0		IP 585 IP 590 IP 599
Contenido de DRA (23) (24)	µg/l	nulo	D 7872	
Aditivos (25)		(25)		

EDICIÓN: 2	28/04/2022
VER NOTAS EN LA SIGUIENTE HOJA	

## NOTAS:

- (0) El producto obtenido a partir del co-procesado de mono-, di y triglicéridos, ácidos grasos libres y ésteres de ácidos grasos no puede ser expedido como JP-8 conforme a la última especificación vigente MIL-DTL-83133K.

Para el cumplimiento como Jet A-1, conforme a la especificación DEF STAN 91-091 Issue 14, sigue tabla 2 con las propiedades adicionales y sus límites tal y como recoge el Anexo B.4 de dicha especificación:

**Tabla 2: Requisitos adicionales para los combustibles que incorporan ácidos grasos y ésteres de ácidos grasos co-hidroprocesados.**

CARACTERÍSTICAS (I)(II)	UNIDADES	LÍMITES	MÉTODOS DE ENSAYO	
			NORMAS ASTM	NORMAS IP
Estabilidad térmica (JFTOT): Temperatura de ensayo (III) Evaluación del tubo, uno de los siguientes requisitos tiene que cumplirse (IV): 3) VTR o 4) ITR o ETR, media sobre un área de 2,5 mm <sup>2</sup> Presión diferencial	°C  escala norma  nm  mm Hg	mínimo 280  máximo <3. No pavo real (P) o depósitos anormales (A)  máximo 85  máximo 25	D 3241	IP 323
Punto de congelación	°C	máximo -47,0	D 5972 (V) D 7153 D 7154	IP 435 (V) IP529 IP 528
Viscosidad a -40 °C (VI)	mm <sup>2</sup> /s	máximo 12,0	D 445 (VII) D 7945	IP 71 (VII)
Ácidos grasos y ésteres no convertidos	mg/kg	máximo 15	D 7797 (VIII)	IP 583 (VIII)

- (I) Solo aplica en el punto de fabricación.
- (II) Aplica al lote terminado de combustible de aviación.
- (III) Se ha seleccionado una temperatura de 280°C en los métodos IP323/ASTM D 3241 para garantizar que se limitan los componentes reactivos introducidos en el co-procesado de ácidos grasos y ésteres de ácidos grasos y ácidos grasos. No se puede utilizar desactivador de metales (MDA), como se describe en el Anexo A de la DEF STAN 91-091 Issue 14, para cumplir este requisito.
- (IV) La evaluación visual del tubo utilizando el VTR o la medida del espesor de los depósitos utilizando el ETR o ITR se realizará dentro de los 120 minutos de la finalización del ensayo.
- (V) IP 435/ASTM D 5972 son los métodos de referencia.
- (VI) El límite máximo de 12,0 mm<sup>2</sup>/s a -40°C mitiga el riesgo potencial de incremento de la viscosidad por el aumento de las n-parafinas. Comparado con los hidrocarburos convencionales, la corriente de co-hidro procesado de ésteres y ácidos grasos puede contener una concentración mayor de n-parafinas.
- (VII) IP 71/ASTM D 445 permiten medir la viscosidad a -40°C, sin embargo, los valores de precisión se establecieron hasta -20°C. Está en proceso su determinación.
- (VIII) Se reconoce la capacidad de IP 583 / D7797 para identificar compuestos que contienen carbonilo además del FAME. El valor informado puede corregirse con un sesgo específico del análisis de una muestra de combustible convencional para detectar trazas de especies de carbonilo inherentes a los combustibles convencionales (según apartado 4 de la DEF STAN 91-091 Issue 14). Los valores corregidos se identificarán como tales.

- (1) Los métodos de ensayo a aplicar serán los correspondientes a la última versión publicada.  
Otros métodos aceptables están referenciados en DEF STAN 91-091 Issue 14:  
Tabla 1: Límites especificados.  
Anexo E: Tabla 5: Métodos de ensayo alternativos.
- (2) La determinación del color Saybolt en refinería permite cuantificar la evolución del color en la cadena de distribución. Colores atípicos o inusuales deberían informarse. Para más información, ver el Anexo F.4 de DEF STAN 91-091 Issue 14.
- (3) Estos límites son de aplicación sólo en refinería. Para información adicional sobre contenido de partículas se remite al Anexo F.1 de la DEF STAN 91-091 Issue 14.
- (4) Este requisito es de aplicación sólo en refinería. Si las partículas por canal/código ISO exceden el límite establecido se puede aplicar lo establecido en el Anexo B de la IP 565 o Anexo B de IP 577 para eliminar las trazas de agua libre. En estos casos, se deben informar los resultados antes y después de la aplicación de dicho Anexo. Para cumplir con los requisitos se debe cumplir bien la contaminación por partículas o las partículas por canal. Para el combustible militar JP-8 el método gravimétrico es el de referencia conforme a lo establecido en la especificación MIL-DTL-83133K.
- (5) Los métodos de ensayo ASTM D 1319/IP 156 son los métodos requeridos para la medida del contenido de aromáticos. Desafortunadamente, el colorante necesario para la realización del ensayo de los lotes 3000000975, 3000000976, 3000000977, 3000000978, 3000000979 y 3000000980 no era apropiado y no proporcionaba resultados precisos en la medida de la concentración de aromáticos.

Cuando sea necesario determinar el contenido de aromáticos en un JET A-1 conforme a los requisitos de la DEF STAN 91-091 estos deben cumplir:

- El contenido de aromáticos se debe determinar conforme a ASTM D1319/IP 156 con un colorante de número de lote diferente a los siguientes: nº de lotes de 3000000975 a 3000000982. El número de lote debe informarse en el certificado de análisis.
- El contenido de aromáticos se debe determinar conforme a los métodos alternativos ASTM D6379/IP 436.

No son aceptables otros métodos alternativos.

- (6) Por ensayos interlaboratorio se ha demostrado la existencia de una correlación entre el contenido de aromáticos totales medido por IP 156/ASTM D1319 e IP 436/ASTM D6379. La existencia de un error sistemático entre ambos métodos hace necesario el establecimiento de límites distintos para cada método. En caso de conflicto el método IP 156 es el método de referencia.
- (7) El ensayo Doctor es una alternativa a la determinación del azufre mercaptano. En caso de conflicto, prevalece la determinación del azufre mercaptano.
- (8) El porcentaje en volumen de los componentes de refinería utilizado en la fabricación del lote debe figurar en el Certificado de Calidad de dicho lote.
- (9) El porcentaje en volumen de cada componente sintético se informará junto con su correspondiente especificación, número de anexo de ASTM D7566, fabricante del producto y la referencia del certificado de calidad de origen.

Para estos componentes la especificación de calidad y los porcentajes de mezcla están definidos en el Anexo B de la DEF STAN 91-091 Issue 14.

En el caso específico del co-procesado (Anexo B.4), el certificado de calidad de refinería CoQ (RCQ) debe informar que el lote puede incorporar hasta un 5%V/V de queroseno sintético co-hidroprocesado.

- (10) En los métodos IP 123 y ASTM D86 todos los combustibles certificados según esta especificación serán clasificados como grupo 4 con una temperatura del condensador entre 0 °C y 4 °C.
- (11) Para esta propiedad aplica lo recogido en la Tabla 2: "Requisitos adicionales para los combustibles que incorporan ácidos grasos y ésteres de ácidos grasos co-hidroprocesados".

- (12) IP 598/ASTM D1322 incluyen el método manual y automático. El método automático es el método de referencia.
- (13) Será aceptable cualquiera de los métodos que figuran en el Anexo E de la norma DEF STAN 91-091 Issue 14 para la determinación de esta característica.
- (14) La muestra se analizará en recipiente a presión a  $100 \pm 1$  °C durante 2 horas  $\pm$  5 min.
- (15) La estabilidad térmica es una propiedad crítica y si bien se debe fomentar la competencia entre los fabricantes/proveedores de equipos, la seguridad de las aeronaves debe seguir siendo primordial. Se sabe que existen proveedores de tubos calentadores que no son los fabricantes de equipos originales (OEM). Hasta que se demuestre que los tubos de fabricantes alternativos son equivalentes a los tubos originales, no pueden usarse para satisfacer requisitos de AFC. La lista de fabricantes cuyos tubos se ha encontrado son técnicamente adecuados son: PAC-Alcor y Falex.
- (16) La evaluación de los depósitos se medirá conforme a los métodos indicados en la tabla 1 (ASTM D3241 e IP 323) descritos en los anexos correspondientes de dichos métodos. La evaluación de los depósitos se medirá por el método interferométrico (ITR) o el elipsométrico (ETR) cuando se disponga de ellos. Si el equipo ITR informa el resultado como "N/A" el análisis será fallido y se informará como  $>85$  nm. Si se informan los valores ITR o ETR el valor de VTR no se requiere. En caso de conflicto entre los resultados del método visual (VTR) y los metrológicos (ITR/ETR) los métodos metrológicos son los métodos de referencia.
- (17) La evaluación visual del tubo utilizando el VTR o la medida del espesor de los depósitos utilizando el ETR o ITR se realizará dentro de los 120 minutos de la finalización del ensayo.
- (18) Cuando el SDA se añade en el punto de fabricación (refinería) aplica el límite de 70. No existen datos de precisión para combustibles que contengan SDA; La sola razón del incumplimiento de estos límites en la cadena de distribución no descalifica el producto. Ver el boletín 121 de JIG (Joint Inspection Group) para el protocolo de actuaciones en caso de incumplimiento de estos límites en la cadena de distribución. Cuando el SDA se añade aguas abajo del punto de fabricación se sabe que pueden obtenerse resultados inferiores a 70.
- (19) Los límites de conductividad son obligatorios para que el producto cumpla esta especificación. Sin embargo, se sabe que en algunos sistemas de fabricación y distribución resulta más práctico incorporar el SDA aguas más abajo. En estos casos en el certificado de calidad del lote deberá figurar: "El producto cumple los requisitos de la DEF STAN 91-091 Issue 14 excepto en conductividad eléctrica". Para más información ver Anexo F.2.
- (20) En las entregas al Sistema CLH no se incorporará SDA al queroseno y, por tanto, no tendrá que cumplir esta especificación. Las refinerías (o plantas) entregarán en estos casos dos litros de SDA por cada mil metros cúbicos de queroseno.
- (21) Esta determinación sólo se aplica en el punto de fabricación (refinería) a los querosenos en cuya composición se incluya: a) menos de un 5% V/V de componentes no hidroprocesados y al menos el 20% V/V de componentes severamente hidroprocesados (ver nota 8) o b) incluyan componentes sintéticos (ver nota 9).
- (22) En caso de conflicto el método IP 585 es el método de referencia.
- (23) Se debe hacer una evaluación del riesgo para cuantificar la posibilidad de que exista contaminación del combustible de aviación. Si existe un riesgo potencial se deben introducir controles de calidad adicionales para mitigar el riesgo. Si el riesgo persiste se debe analizar
- (24) El DRA no es un aditivo aprobado para el combustible de aviación en ninguna concentración. La dilución de combustibles con niveles conocidos DRA no está permitido incluso si se deja por debajo de los límites de detección. Cuando se desconoce el nivel de DRA y se obtienen resultados  $\leq$  de 72  $\mu\text{g/l}$  se supone que no se ha incorporado al combustible.

(25) Aditivos:

Los aditivos se pueden presentar: diluidos con un diluyente hidrocarburado (SDA y LIA) o sin diluir (aditivo antioxidante, MDA, FSII y aditivo detector de fugas). En el primer caso la cantidad de aditivo a incorporar se calcula sobre la base del aditivo ya diluido y en el segundo caso sobre la concentración de componente activo.

La relación de aditivos permitidos se encuentra recogida en el Anexo A de la DEF STAN 91-091 Issue 14

Cuando sea necesario diluir un aditivo para su manipulación, el disolvente utilizado debe ser derivado de hidrocarburos según se detalle en el apartado 4 MATERIALES de la DEF STAN 91-091 Issue 14. En este caso el fabricante/proveedor deberá dar las instrucciones para el cálculo de la dosis. Esta información tiene que estar recogida en el certificado de análisis documentación de calidad del aditivo.

Antioxidantes:

Los antioxidantes pueden usarse para impedir la formación de peróxidos y gomas durante el almacenamiento.

El uso de antioxidantes o mezcla de antioxidantes es opcional para combustibles fabricados de fuentes del petróleo. (ver 4.1.1 de la DEF STAN 91-091 Issue 14). Los antioxidantes permitidos se detallan en A.2.4 de la DEF STAN 91-091 Issue 14.

En el anexo B.2 de la DEF STAN 91-091 Issue 14 figuran los requisitos de los antioxidantes para combustibles producidos según ASTM D7566.

Las concentraciones de los antioxidantes son las siguientes:

- Combustible sintético: ver el anexo correspondiente en ASTM D7566.
- Combustibles derivados del petróleo: la concentración total de material activo en el lote final máximo 24,0 mg/l.

La concentración de antioxidante añadida al combustible deberá informarse en el certificado de calidad de refinería de las dos formas que se indica a continuación:

- a) Como concentración de antioxidante incorporado en la fracción hidroprocesada y sintética para asegurar que se ha alcanzado la cantidad mínima efectiva  
y
- b) Como concentración de antioxidante en el lote final de combustible mezcla de todos los componentes para asegurar que no se ha excedido el límite máximo permitido.

Si el antioxidante se añade aguas abajo del punto de fabricación, informar de la concentración total en lote final del combustible en el certificado de análisis y nota de envío.

Desactivador de metales (MDA):

Los MDA permitidos se detallan en A.3.3 de la DEF STAN 91-091 Issue 14.

El MDA puede añadirse al combustible de aviación en las siguientes condiciones:

- En el punto de fabricación:
  - a) No más del 5% de los lotes de combustible de aviación producidos en un periodo de 12 meses pueden tratarse con MDA para cumplir con los requisitos de la estabilidad térmica a la oxidación (temperatura de ensayo 260°C).
  - b) Antes de añadir el MDA el lote de combustible de aviación tiene que cumplir con los requisitos de la estabilidad térmica a la oxidación a la temperatura de ensayo de 245°C.

- c) Después de añadir el MDA (concentración máxima de MDA de 2 mg/l) el lote de combustible de aviación tiene que cumplir con los requisitos de la estabilidad térmica a la oxidación a la temperatura de ensayo de 275°C.
  - d) En el certificado de refinera tiene que figurar el resultado de la estabilidad térmica a la oxidación a la temperatura de 245°C antes de añadir el MDA, el resultado inicial a la temperatura de 260°C antes de añadir el MDA, el resultado a la temperatura de 275°C después de añadir el MDA y la concentración de MDA añadida.
- Durante la distribución:
    - a) El MDA puede añadirse al combustible de aviación en el sistema de distribución para cumplir con el requisito de la estabilidad térmica a la oxidación debido a su pérdida durante la distribución (después de su expedición desde refinera). El certificado de análisis tendrá la información del resultado inicial de la estabilidad térmica a la oxidación, el resultado después de añadir el MDA y la concentración de MDA añadida.

Las concentraciones de MDA son las siguientes:

- Primera aditivación de MDA máximo 2,0 mg/l
- Readitivación de MDA, concentración acumulada máximo 5,7 mg/l

Está permitida la aditivación inicial de más de 2 mg/l de MDA, a combustibles de aviación que cumplen los requisitos de la estabilidad térmica a la oxidación (temperatura de ensayo 260°C) antes de la aditivación de MDA, cuando el combustible transportado en la cadena de distribución puede contaminarse con cobre. El requisito de acumulado total de MDA aplica también en estos casos.

Disipador antiestático (SDA):

Los SDA permitidos se detallan en A.4.2 de la DEF STAN 91-091 Issue 14.

Las concentraciones de SDA son las siguientes:

- Primera aditivación de SDA máximo 3,0 mg/l
- Readitivación de SDA, concentración acumulada (incluyendo la inicial) máximo 5,0 mg/l

Un método adecuado para determinar el contenido de SDA en el punto de fabricación es el IP 568/ASTM D7524.

En las entregas al Sistema CLH no se incorporará este aditivo.

Mejorador de lubricidad (LIA):

Los LIA permitidos y su concentración se detallan en A.5.4 de la DEF STAN 91-0911 Issue 14. Más información sobre los LIA se recoge en el anexo F de la DEF STAN 91-0911 Issue 14.

Los aditivos permitidos y sus concentraciones son las siguientes:

- |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| • Hitec 580    | mínimo 15 mg/l | máximo 23 mg/l |
| • Octel DCI-4A | mínimo 9 mg/l  | máximo 23 mg/l |
| • Octel DCI-6A | mínimo 9 mg/l  | máximo 15 mg/l |
| • Nalco 5403   | mínimo 12 mg/l | máximo 23 mg/l |
| • Unicor J     | mínimo 9 mg/l  | máximo 23 mg/l |
| • Nalco 5405   | mínimo 9 mg/l  | máximo 23 mg/l |

