

# Prescripciones de las materias de servicio

Motores de gas y grupos electrógenos de gas

**Motor de gas BR4000 – Aplicación marina**

**Motor de gas BR4000 – Aplicación en generador y grupo electrógeno**

**Motor de gas BR400 – Grupo electrógeno**

**A001072/01S**

© 2018 MTU Onsite Energy GmbH, Augsburg

La documentación original se redactó en lengua alemana.

La presente publicación, incluyendo todas sus partes, está protegida por derechos de autor. Cualquier uso o aprovechamiento de la misma requiere la aprobación previa por escrito de MTU Onsite Energy GmbH. Esto se aplica, especialmente, a la reproducción, difusión, edición, traducción, microfilmación y almacenamiento y/o procesamiento en sistemas electrónicos, incluidas bases de datos y servicios en línea.

Toda la información contenida en esta publicación se corresponde con la versión más reciente en el momento de publicarse. MTU Onsite Energy GmbH se reserva el derecho a realizar los cambios, eliminaciones y adiciones que considere oportunos en la información y en los datos facilitados.

# Índice

1	Prólogo			
1.1	Generalidades	5		
2	Productos lubricantes			
2.1	Generalidades	7		
2.1.1	Aceite de motor	7		
2.1.2	Intervalos de cambio del aceite de motor	8		
2.1.3	Compuestos de silicio en el gas combustible	10		
2.1.4	Colorantes fluorescentes para detección de fugas en el circuito de aceite lubricante	11		
2.1.5	Grasas lubricantes	12		
2.1.6	Grasas lubricantes para aplicaciones generales	13		
2.2	Motor de gas BR4000 – Aplicación en generador y grupo electrógeno – Aplicación marina	14		
2.2.1	Aceites de motor autorizados	14		
2.2.2	Grasas lubricantes para generadores	16		
2.2.3	Aceites para engranajes	17		
2.3	Motor de gas BR400 – Grupo electrógeno	18		
2.3.1	Aceites de motor autorizados	18		
2.3.2	Intervalos de cambio del aceite de motor	21		
2.3.3	Grasas lubricantes para generadores	23		
3	Líquidos refrigerantes			
3.1	Generalidades	24		
3.1.1	Definición de líquido refrigerante	24		
3.1.2	Vigilancia del servicio / Tratamiento del líquido refrigerante	26		
3.1.3	Estabilidad de almacenaje de los concentrados de líquido refrigerante	31		
3.1.4	Aditivos colorantes para el reconocimiento de fugas en el circuito de líquido refrigerante	32		
3.1.5	Prevención de daños en el sistema de refrigeración	33		
3.1.6	Materiales inapropiados en el circuito de líquido refrigerante	34		
3.1.7	Requerimientos al agua fresca en BR4000	35		
3.1.8	Requerimientos al agua fresca en BR400	36		
3.2	Motor de gas BR4000 – Aplicación marina	37		
3.2.1	Líquido refrigerante – Generalidades	37		
3.2.2	Líquido refrigerante sin anticongelante – Concentrados para sistemas refrigerantes que no contengan metales ligeros	38		
3.2.3	Líquido refrigerante sin anticongelante – Mezclas prefabricadas para sistemas refrigerantes que no contengan metales ligeros	40		
3.2.4	Anticongelante – Concentrados para sistemas de refrigeración que no contengan metales ligeros	41		
3.2.5	Agente anticongelante – Concentrados para aplicaciones especiales	43		
3.2.6	Anticongelante – Mezclas prefabricadas para sistemas de refrigeración que no contengan metales ligeros	44		
3.3	Motor de gas BR4000 – Aplicación en generador y grupo electrógeno	46		
3.3.1	Líquido refrigerante – Generalidades	46		
3.3.2	Líquido refrigerante sin anticongelante – Concentrados para sistemas refrigerantes que contengan metales ligeros	47		
3.3.3	Líquido refrigerante sin protección anticongelante – Mezclas prefabricadas para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros	48		
3.3.4	Anticongelante – Concentrados para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros	49		
3.3.5	Agente anticongelante – Concentrados para aplicaciones especiales	52		
3.3.6	Anticongelante – Mezclas prefabricadas para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros	53		
3.4	Motor de gas BR400 – Grupo electrógeno	55		
3.4.1	Líquidos refrigerantes autorizados	55		
4	Combustibles			
4.1	Generalidades	56		
4.1.1	Uso de combustibles/sustancias combustibles	56		
4.1.2	Componentes principales del gas natural y de gases combustibles de origen biógeno	57		
4.1.3	Liquid Natural Gas (LNG)	59		
4.1.4	Compuestos de silicio y de azufre en el gas combustible	60		
4.2	Motor de gas BR4000 – Aplicación marina	61		
4.2.1	Generalidades	61		
4.2.2	Requerimientos al gas combustible	62		
4.2.3	Prescripción para el medio en la envoltura del conducto de gas en la aplicación marina	65		
4.3	Motor de gas BR4000 – Aplicación en generador y grupo electrógeno	67		
4.3.1	Generalidades	67		
4.3.2	Gas natural – Requerimientos al gas natural	68		
4.3.3	Biogás – Requerimientos al gas combustible	71		
4.4	Motor de gas BR400 – Grupo electrógeno	76		
4.4.1	Gas natural – Valores del combustible	76		
4.4.2	Biogás – Valores del combustible	77		
4.4.3	Impurezas perjudiciales	78		

5	Sistemas de tratamiento posterior de gases de escape		8.2	Requerimientos al agua de calefacción	92
5.1	Generalidades	80	9	Confirmación de los fluidos de servicio	
5.2	Agente reductor de NOx AUS 32 para instalaciones de tratamiento posterior de gases de escape SCR	81	9.1	Confirmación del usuario de grupos electrógenos	94
5.3	Condensado de gases de escape	83	10	Anexo A	
6	Prescripciones de enjuague y limpieza para circuitos de líquido refrigerante del motor		10.1	Lista de abreviaturas	95
6.1	Generalidades	84	10.2	Tabla de conversión de unidades SI	96
6.2	Detergentes autorizados	85	10.3	MTU Onsite Energy - Persona de contacto/ Empresa de servicio asociada	97
6.3	Enjuagar los circuitos de líquido refrigerante del motor	86	11	Anexo B	
6.4	Limpieza de los circuitos de líquido refrigerante del motor	87	11.1	Índice alfabético	98
6.5	Limpiar los grupos constructivos	88			
6.6	Circuitos de refrigeración con infestación de bacterias, fermentos, hongos	89			
7	Aire de entrada y aire de combustión				
7.1	Generalidades	90			
8	Agua de calefacción				
8.1	Generalidades	91			

# 1 Prólogo

## 1.1 Generalidades

### Símbolos y pictogramas utilizados

Deben tenerse en cuenta las siguientes instrucciones resaltadas en el texto:

#### Importante

Este campo contiene información de producto importante o útil para el usuario. Indica las instrucciones, trabajos y tareas que han de cumplirse para evitar el deterioro o la destrucción del material.

#### Nota:

Las notas contienen información sobre aspectos que deben tomarse especialmente en consideración durante la realización de un trabajo.

### Sustancias de servicio

La vida operativa, la seguridad de servicio y el funcionamiento de las instalaciones propulsoras dependen en gran medida de las sustancias necesarias para el servicio empleadas. Por esta razón, la elección correcta y el cuidado adecuado de las sustancias de servicio son extraordinariamente importantes. Las mismas están indicadas en estas normas sobre sustancias de servicio.

Norma de prueba	Denominación
DIN	Deutsches Institut für Normung (Instituto alemán de normalización)
EN	Europäische Normung (normalización europea)
ISO	Norma internacional
ASTM	American Society for Testing and Materials
IP	Institute of Petroleum
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.

Cuadro 1: Normas de prueba para sustancias de servicio

#### Importante

No deben mezclarse los combustibles autorizados.

#### Importante

El cliente debe observar las fichas de datos de seguridad del fabricante respectivo.

### Actualización del presente manual

Las prescripciones sobre las sustancias necesarias para el servicio se modifican o complementan en caso de necesidad. Asegurarse antes del uso de que se dispone de la versión más actual. La última versión actualizada también está disponible en:

- <http://www.mtu-online.com/mtu/technische-info/index.de.html>
- <http://www.mtuonsiteenergy.com/technische-infos/tools-und-downloads/index.de.htm>

Para preguntas le ayuda gustosamente el interlocutor de MTU Onsite Energy.

### Prestación de garantía

El empleo de sustancias necesarias autorizadas para el servicio, de acuerdo con su denominación o con su especificación indicada, es parte integrante de las condiciones de garantía.

El proveedor de las sustancias de servicio se hace responsable de que la calidad de los productos mencionados sea permanente a escala universal.

#### Importante

Las sustancias de servicio para instalaciones propulsoras pueden ser sustancias peligrosas. Para el manejo, así como el almacenamiento y la eliminación de residuos de dichas materias, hay que atenerse a ciertas normas.

Estas normas resultan de los datos del fabricante, de las disposiciones legales y de los reglamentos técnicos vigentes en el respectivo país. Debido a que entre los distintos países pueden existir diferencias importantes, en el marco de estas normas sobre sustancias de servicio con carácter de validez general, no es posible indicar qué normas deben tenerse en cuenta.

Por esta razón, el usuario de los productos aquí indicados está obligado a informarse él mismo sobre las disposiciones vigentes. MTU Onsite Energy no se hace responsable del uso incorrecto o inadecuado de las sustancias de servicio autorizadas por ella.

Durante la manipulación de sustancias de servicio deben respetarse las "Reglas sobre la protección del medio ambiente" (véanse el manual de servicio, los capítulos sobre la seguridad, el desmontaje y la eliminación), ya que éstos presentan riesgos para la salud y peligro de incendio.

Un uso inapropiado de las sustancias de servicio supone un riesgo de contaminación medioambiental:

- Las sustancias de servicio no deben ir a parar en tierra ni en la canalización.
- Las sustancias de servicio usadas deben desecharse para el reciclaje de aceites o como residuos especiales.
- Los adaptadores y cartuchos de filtro usados deben desecharse como residuos especiales.

#### Importante

El comprador / usuario es responsable del cumplimiento de los valores relativos al combustible/material combustible.

## Conservación

Toda la información relativa a la conservación, conservación posterior y desconservación, incluidas las sustancias de conservación homologadas, se pueden consultar en las prescripciones de conservación y de conservación posterior de MTU. La última versión actualizada también está disponible en:

<http://www.mtu-online.com/mtu/technische-info/index.de.html>

## 2 Productos lubricantes

### 2.1 Generalidades

#### 2.1.1 Aceite de motor

En la elección de un aceite de motor para motores de gas es de gran importancia la clase de gas con la que se haga funcionar el motor. El motor de gas se puede hacer funcionar únicamente con un aceite de motor autorizado.

Los aceites de motor autorizados están especificados en los siguientes capítulos:

- Para BR4000 (→ Página 14)
- Para BR400 (→ Página 18)

Un factor esencial es el porcentaje de suciedades perjudiciales en el gas combustible. Eso presupone controles regulares del gas por parte del usuario. Los aceites para motores de gas que han de utilizarse se caracterizan por un contenido de ceniza lo más bajo posible. De esta manera se previene la formación de depósitos de cenizas considerables, que pueden reducir el rendimiento del catalizador y provocar golpeteos durante la combustión.

En el funcionamiento con biogás puede contaminarse el aceite de motor con suciedad corrosiva que surge en la combustión de los contaminantes que contenga (compuestos de cloro, de flúor y de azufre). Los componentes corrosivos pueden neutralizarse mediante aditivos especiales en el aceite de motor, pero sólo limitadamente.

Los daños por corrosión en los componentes lubricados del motor pueden evitarse sólo mediante frecuentes cambios de aceite. Para poder atenuar mejor los picos de concentración de contaminación por suciedad corrosiva, se recomienda encarecidamente incrementar el volumen de aceite de motor.

#### Importante

Las sustancias de servicio usadas deben ser eliminadas conforme a las normas vigentes en el lugar de empleo.

#### Importante

Para los motores de gas está prescrita la clase de viscosidad SAE 40.  
No está autorizado el uso de aceites multigrado.

#### Importante

Por regla general no está permitido mezclar aceites de motor.

#### Importante

En el marco de un cambio del aceite de motor, es posible cambiar de aceite bajo ciertas condiciones en cada cambio de aceite. Ponerse para ello en contacto con el servicio técnico de MTU.

#### Importante

Cuando se utiliza biogás, gases de aguas residuales o gases de vertederos, no es suficiente la cantidad de aceite que contiene el cárter del motor. Se requiere de un mayor volumen de aceite.

## 2.1.2 Intervalos de cambio del aceite de motor

### Tiempo de servicio del aceite en motores de gas

En el tiempo de servicio del aceite influyen la calidad del aceite de motor, su cuidado, así como las condiciones de servicio y el combustible empleado.

Por esta razón, y en dependencia del volumen de aceite de motor, del tipo de gas y de la serie, ha de tomarse regularmente una muestra de aceite y de compararse el análisis del aceite con los valores límite de la tabla (→ Cuadro 2). Las muestras de aceite se deben tomar siempre bajo las mismas condiciones marco (motor a temperatura de servicio) y en el lugar previsto para este fin (racor de toma en la carcasa del filtro de aceite).

Cuando se hayan alcanzado o sobrepasado los valores límite según la tabla (→ Cuadro 2), debe realizarse inmediatamente un cambio de aceite.

Si se utiliza un mayor volumen de aceite, los valores límite de los elementos de desgaste se deben reducir en orden proporcionalmente inverso al incremento del volumen. La reducción máxima autorizada de los valores límite para los elementos de desgaste es del 50% del valor límite de la tabla (→ Cuadro 2).

Intervalos de cambio fijos sin análisis de aceite están permitidos tras haber consultado a MTU Onsite Energy.

### Valores límite para aceites de motores de gas usados SAE 40

	Método de comprobación	Valores límite BR4000	Valores límite BR400
Viscosidad a 100 °C (mm <sup>2</sup> /s)	ASTM D445	17,5 como máximo	Valor del aceite nuevo +30 % **
	DIN 51562	11,5 como mínimo	
Índice de basicidad total TBN (mgKOH/g)	ASTM D2896 ISO 3771	Mín. 2,5 y TBN > TAN	Valor del aceite nuevo -60 % **
Grado de acidez, TAN (mgKOH/g)	ASTM D664	Valor del aceite nuevo +2,5	A consultar en fábrica
Valor iph	ASTM D7946	4 como mínimo	4 como mínimo
Agua (% del volumen)	ASTM D6304 EN 12937 ISO 6296	0,2 como máximo	0,2 como máximo
Glicol (mg/kg)	ASTM D2982	100 como máximo	A consultar en fábrica
Oxidación (A/cm)	DIN 51453	20 como máximo	30 como máximo
Nitración (A/cm)	Procedimiento IR	20 como máximo	30 como máximo
Elementos de desgaste (mg/kg):	DIN 51399-1/-2		
Hierro (Fe)		30 como máximo	50 como máximo
Plomo (Pb)		20 como máximo	30 como máximo
Aluminio (Al)		10 como máximo	20 como máximo
Cobre (Cu)		máx. 20 ***	50 como máximo
Estaño (Sn)		5 como máximo	15 como máximo
Silicio (Si)		máx. 15 *	máx. 10 *

\*) El valor límite para el elemento de desgaste Si se refiere sólo al uso de gas natural.

\*\* Valor del aceite nuevo a consultar en fábrica

\*\*\* Durante el 1. cambio de aceite (máx. 3000 horas de servicio) el valor límite es de 50 ppm.

Cuadro 2: Valores límite para aceites de motores de gas usados SAE 40

### Análisis de aceites usados

Los resultados de los análisis de aceite tienen que archivarse.



De los métodos de comprobación y de los valores límite indicados (→ Cuadro 2) se deriva cuando ha de considerarse el resultado de análisis individual de una muestra de aceite como anormal. Un resultado anormal (p. ej. alto desgaste del aceite) requiere de una investigación inmediata y eliminación del estado operativo irregular detectado (p. ej. comprobación de la preparación del gas o analizar muestras de gas).

Los valores límite se refieren a muestras de aceite individuales. Cuando se hayan alcanzado o sobrepasado los valores límite, debe realizarse inmediatamente un cambio de aceite. Los resultados de los análisis de aceite no autorizan a concluir necesariamente que haya un desgaste en determinadas piezas o componentes.

Además de los valores límite analíticos, para un cambio de aceite, son también determinantes el estado, el estado operativo y posibles averías de funcionamiento del motor y de la periferia de la instalación.

### 2.1.3 Compuestos de silicio en el gas combustible

Los compuestos de silicio en el gas producen sedimentaciones y aumentan el desgaste. También producen la desactivación de los catalizadores. No se prestará garantía por daños causados por los compuestos de silicio.

#### Valor de servicio del silicio $Si_B$

En un servicio con gases que contengan silicio, debe prestarse atención explícitamente al incremento del contenido de silicio en el aceite. Para ello, debe calcularse el valor de servicio del silicio  $Si_B$  con ayuda de la siguiente fórmula.

$$Si_B = \text{Delta Si análisis de aceite B - A [ppm]} \times \frac{(\text{Cantidad de llenado de aceite + cantidad de rellenado}) [\text{litros}]}{\text{Energía eléctrica generada [kWh]}}$$

El usuario debe verificar el cumplimiento estricto de  $Si_B$  utilizando los análisis de aceite.

#### Límite del valor de servicio del silicio $Si_{BG}$

En los valores límite de servicio del silicio  $Si_{BG}$ , se distingue entre el funcionamiento con y sin limpieza catalítica de los gases de escape.

Servicio	$Si_{BG}$
Con limpieza catalítica de los gases de escape	0
Sin limpieza catalítica de los gases de escape	< 0,01 (BR4000)
Sin limpieza catalítica de los gases de escape	< 0,02 (BR400)

Para el uso necesario de convertidores catalíticos de oxidación se debe solicitar, a la luz de la experiencia adquirida, la no verificabilidad ( $Si_B = 0$ ).

Sin embargo, y debido al alto nivel de sensibilidad del catalizador, es posible que se produzca una pérdida prematura de actividad, especialmente con formaldehído.

Importante
MTU Onsite Energy excluye de la garantía daños en el motor y el catalizador que se produzcan por silicio.

#### Ejemplo para calcular el valor de servicio del silicio $Si_B$

Ejemplo para calcular el valor de servicio del silicio $Si_B$		
Delta Si entre los análisis de aceite A y B	20	ppm (mg/kg)
Cantidad de llenado de aceite en circulación	800	dm <sup>3</sup>
Cantidad de aceite rellenada	200	dm <sup>3</sup>
Energía eléctrica generada entre los análisis de aceite A y B	2000000	kWh

$$Si_B = 20 \text{ [ppm]} \times \frac{(800 + 200) \text{ [dm}^3\text{]}}{2000000 \text{ [kWh]}} = 0,01$$

## 2.1.4 Colorantes fluorescentes para detección de fugas en el circuito de aceite lubricante

Los siguientes colorantes fluorescentes están autorizados para detectar fugas en el circuito de aceite lubricante.

Fabricante	Designación del producto	Concentración de uso	Número identificativo del producto	Tamaño del envase	Estabilidad de almacenamiento <sup>1)</sup>
Chromatech Europe B.V.	D51000A Chromatint Fluorescent Yellow 175	0,04 % - 0,07 %	X00067084	16 kg	2 años
Cimcool, Cincinnati	Producto YFD-100	0,5% - 1,0 %		5 galones (bidón) 55 galones (barril)	6 meses

Cuadro 3:

<sup>1)</sup> = Desde la entrega de fábrica, referido a envases originales y herméticos en almacenamiento sin heladas (> 5 °C).

La fluorescencia (color amarillo claro) de ambos colorantes se aprecia con una lámpara ultravioleta (365 nm).

## 2.1.5 Grasas lubricantes

Las condiciones de MTU para la autorización de grasas lubricantes están especificadas en la norma MTU, MTL 5050, pudiendo obtenerse bajo dicho número.

La autorización de una grasa lubricante se le confirma por escrito al fabricante.

### **Grasas lubricantes para aplicaciones generales**

Utilizar en todos los puntos de lubricación grasas saponificadas a base de litio.

Con excepción de:

- El compresor de derivación, montado entre el turbosobrealimentador de gases de escape y el refrigerador del aire de sobrealimentación
- Centrajes interiores de acoplamientos

### **Grasas lubricantes para aplicaciones a temperaturas más altas**

Para compresores de derivación que vayan montados entre el turbosobrealimentador de gases de escape y el refrigerador del aire de sobrealimentación deben emplearse grasas resistentes a temperaturas altas (hasta 250 °C):

- Aero Shell Grease 15
- Optimol Inertox Medium

Para compresores de derivación que vayan montados delante del turbosobrealimentador de gases de escape o después del refrigerador del aire de sobrealimentación valen las grasas lubricantes para aplicaciones generales.

### **Grasas lubricantes para centrajes interiores de acoplamientos**

Grasas lubricantes para centrajes interiores:

- Esso Unirex N 3 (resistente a temperaturas de hasta aprox. 160 °C)

### **Sustancias lubricantes para aplicaciones especiales (sólo BR4000)**

#### **Aceites para turbosobrealimentadores de gases de escape**

En general, los turbosobrealimentadores de gases de escape con suministro de aceite integrado están conectados al circuito de aceite de lubricación del motor.

Para los turbosobrealimentadores de gases de escape ABB, que no están conectados al circuito de aceite de lubricación del motor, deben emplearse aceites para turbinas sobre la base de aceite mineral de la clase de viscosidad ISO-VG 68.

#### **Lubricantes para acoplamientos de engranajes de dientes bombeados**

Para acoplamientos de engranajes de dientes bombeados se han autorizado según el caso de aplicación los siguientes lubricantes:

- Empresa Klüber: Structovis BHD MF (aceite lubricante de viscosidad intrínseca)
- Empresa Klüber: Klüberplex GE 1 1-680 (sustancia lubricante adhesiva de engranaje)

En las instrucciones de servicio o en los planes de mantenimiento correspondientes están especificados el respectivo lubricante a emplear y sus tiempos de servicio.

## 2.1.6 Grasas lubricantes para aplicaciones generales

Para detalles y particularidades, véase el capítulo “Grasas lubricantes”(→ Página 7)

Fabricante	Marca	Observaciones
Aral AG	Grasa de uso múltiple Arallub HL2	
BP p.l.c.	Energrease LS2	
Castrol Ltd.	Spheerol AP2	
Chevron	Multifak EP2	
SRS Schmierstoff Vertrieb GmbH	SRS Wiolub LFK2	
Shell Deutschland GmbH	Shell Gadus S2 V220 2	
Total	Total Multis EP2	
Veedol International	Multipurpose	

Cuadro 4:

## 2.2 Motor de gas BR4000 – Aplicación en generador y grupo electrógeno – Aplicación marina

### 2.2.1 Aceites de motor autorizados

Para detalles y particularidades, véase el capítulo “Generalidades” (→ Página 7).

#### Aceites de motor MTU para motores de gas BR4000

Fabricante	Marca	Clase de viscosidad SAE	Modelo de construcción						Observación / número del material
			4000L61 / L62 / L63	4000L64 / L64FNER	4000L32 / L33	4000L32FB	4000L62FB	4000Mx5xN	
MTU Friedrichshafen GmbH	GEO BG Power B2L	40				X	X		Envase de 20 l: X00072870 Envase de 205 l: X00072871 IBC: X00072872
	GEO NG Power X2L	40	X						Envase de 20 l: X00072874 Envase de 205 l: X00072875 IBC: X00072876
	GEO NG Power X3L	40	X	X	X			X	Envase de 20 l: X00072877 Envase de 205 l: X00072878 IBC: X00072879

X = Autorización para el modelo de construcción

Cuadro 5: Aceites de motor MTU para motores de gas BR4000

#### Importante

Para la determinación de los intervalos del cambio de aceite de motor tienen que tomarse y analizarse muestras de aceite cada 250 horas de servicio. Los valores límite deben respetarse (→ Página 8).

## Aceites de motor alternativos para motores de gas BR4000

Fabricante	Marca	Clase de viscosidad SAE	Modelo de construcción					
			4000L61 / L62 / L63	4000L64 / L64FNER	4000L32/L33	4000L32FB	4000L62FB	4000Mx5xN
Addinol	MG 40 Extra LA	40				X	X	
	MG 40 Extra Plus	40					X	
BayWa AG	Tectrol MethaFlexx HC Premium	40				X	X	
Castrol Ltd.	Castrol Duratec L	40	X		X *			
Chevron (Texaco)	Geotex LA 40	40	X		X *			
	HDX 7200	40	X	X	X			
Exxon Mobil Corporation	Mobil Pegasus 705	40	X		X *			
	Mobil Pegasus 805 (55 galones: 23538056)	40	X		X *			
	Mobil Pegasus 1005	40	X	X				X
Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH	Titan Ganymet Ultra	40				X	X	
	Titan Ganymet LA	40	X					
NILS S.p.A.	Burian	40					X	
Shell International Petroleum Company	Shell Mysella S3 N 40	40	X		X *			
	Shell Mysella S5 N 40	40	X	X	X			
SRS Schmierstoff Vertrieb GmbH	SRS Mihagrün LA 40	40	X		X *			
Total	Nateria MH 40	40	X		X *			
	Nateria MJ 40	40					X	
	Nateria MP 40	40	X	X	X	X	X	X
Pedro-Canada	Sentron CG 40	40				X	X	
	Sentron LD 5000	40	X					
	Sentron LD 8000	40	X	X	X			X

X = Autorización para el modelo de construcción  
 \* Con el uso de estos aceites de motor se reducen los periodos de servicio.

Cuadro 6: Aceites de motor alternativos para motores de gas BR4000

### Importante

Para la determinación de los intervalos del cambio de aceite de motor tienen que tomarse y analizarse muestras de aceite cada 250 horas de servicio. Los valores límite deben respetarse (→ Página 8).

## 2.2.2 Grasas lubricantes para generadores

Los cojinetes son prelubricados en fábrica por los fabricantes de generadores.

En la puesta en servicio debe emplearse una grasa lubricante adicional.

### Importante

La indicación puesta directamente en el generador es siempre determinante.  
Prestar atención a los datos del fabricante en la placa de características del generador.

Las siguientes informaciones van puestas por los fabricantes en los generadores:

- Grasa lubricante a emplear
- Cantidad de grasa lubricante
- Intervalo de lubricación

El plan válido de mantenimiento debe observarse.

Véanse informaciones adicionales en la documentación del fabricante.

### Importante

La temperatura de los cojinetes debe supervisarse durante las primeras horas de servicio del generador.

### Importante

Una lubricación insuficiente puede conllevar una sobretemperatura y el daño de los cojinetes.

## Grasas lubricantes para generadores en BR4000 Gas

Fabricantes de generadores	Grasa lubricante (nro. de producto de MTU)
Leroy-Somer	Shell Gadus S3 V220C2 (X00067217) *
	Mobil Polyrex™ EM: grade NLGI 2 (X00071899) *
Cummins	KLUEBER ASONIC GHY72 (09110145007)
Hitzinger	LUKOIL SIGNUM EPX2 (X00071900)

\* Un servicio mixto con ambas grasas lubricantes no es posible según el fabricante y no está, por ello, permitido. Prestar atención a los datos del fabricante en la placa de características del generador.



## 2.2.3 Aceites para engranajes

### Aceites lubricantes autorizados

Válido sólo para aplicaciones de 60 Hz.

Fabricante / proveedor	Denominación	SAE clase de viscosidad	Observación
Mobil	Mobilgear SHC XMP320	40	S
Mobil	SHC 632	40	S
Klüber	GEM4-320N	40	S
Total	Carter SH320	40	S

**S = Aceite lubricante sintético**

Cuadro 7: Aceites lubricantes autorizados

Importante
Solo se permiten clases de aceite para engranajes sintéticos.

### Cantidades de llenado

Tipo de engranaje	Motor	Litros
GU 320	8V4000Lx 12V4000Lx	65
GU 395	16V4000Lx 20V4000Lx	92

Cuadro 8: Cantidades de llenado

La marcha de ensayo se realiza en MTU-Onsite Energy con Mobil SHC 632.

Nro. de producto de MTU:

- 09110149525 – Aceite para engranaje MOBIL SHC 632 (barril)
- 09110149555 – Aceite para engranaje MOBIL SHC 632 (bidón)

Intervalos del cambio de aceite:

- Véase también el plan de mantenimiento MTU-Onsite Energy y el manual de servicio del fabricante de engranajes
- Primer cambio de aceite: 300 ... 5000 horas de servicio
- Sigüientes cambios de aceite tras 4000 horas de servicio o después de 24 meses
- Análisis de aceite (muestra de aceite > 1 litro) cada 2000 horas de servicio

Rellenar el aceite para engranaje en estado frío exactamente hasta la mitad de la mirilla. Durante el servicio baja primeramente el nivel de aceite en la mirilla, pero puede subir después por encima debido a la dilatación por temperatura. La aireación se efectúa a través de la junta laberíntica en los árboles.

## 2.3 Motor de gas BR400 – Grupo electrógeno

### 2.3.1 Aceites de motor autorizados

#### Aceites de motor de MTU para motores de aspiración BR400

Fabricante / proveedor	Marca	Clase de viscosidad SAE	Observación	
MTU Friedrichshafen GmbH	GEO NG POWER X2L <sup>2)</sup>	40 <sup>1)</sup>	M	E, P

Cuadro 9: Aceites de motor de MTU para motores de aspiración BR400

- 1) Homologación limitada a temperatura ambiente del motor > +10 °C  
 2) Envase de 20 l: X00072874 / envase de 205 l: X00072875 / IBC: X00072876  
 M Aceite de motor de origen mineral  
 E Gas natural  
 P Propano

#### Aceites de motor alternativos para motores de aspiración BR400

Fabricante / proveedor	Marca	Clase de viscosidad SAE	Observación	
Addinol Lube Oil GmbH	ECO GAS 4000 XD	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
	MG 40 Extra LA	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
AUTOL	ELA 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
AVIA Mineralöl AG	LA 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
	LA Plus 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
Castrol	Duratec HPL 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
	Duratec XPL	40 <sup>1)</sup>	S	E, P
Chevron Texaco	HDAX 7200	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
BayWa AG	TECTROL Methaflexx HC Premium	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
	TECTROL Methaflexx NG	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
ExxonMobil	SHC Pegasus	40 <sup>1)</sup>	S	E, P
	Pegasus 605	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
	Pegasus 705	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
	Pegasus 805	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
	Pegasus 1005	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH	Titan Ganymet LA	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
	Titan Ganymet Ultra	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
Kuwait Petroleum	Q8 Mahler MA	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
Petro Canada Europe	Sentron LD 5000	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
Shell International Petroleum Company	Shell Mysella S5 N 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
Total Deutschland	Nateria MP40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P
WIPA Chemicals International	Ecosyn GE 4004	40 <sup>1)</sup>	S	E, P

Cuadro 10: Aceites de motor alternativos para motores de aspiración BR400

- 1) Homologación limitada a temperatura ambiente del motor > +10 °C  
 S Aceite de motor sintético  
 M Aceite de motor de origen mineral  
 E Gas natural  
 P Propano

## Aceites de motor de MTU para turbomotores BR400

Fabricante / proveedor	Marca	Clase de viscosidad SAE	Observación		
MTU Friedrichshafen GmbH	GEO NG POWER X2L <sup>2)</sup>	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	GEO BG POWER B2L <sup>3)</sup>	40 <sup>1)</sup>	M	B	K

Cuadro 11: Aceites de motor de MTU para turbomotores BR400

- 1) Homologación limitada a temperatura ambiente del motor > +10 °C  
 2) Envase de 20 l: X00072874 / envase de 205 l: X00072876 / IBC: X00072875  
 3) Envase de 20 l: X00072870 / envase de 205 l: X00072872 / IBC: X00072871  
 M Aceite de motor de origen mineral  
 E Gas natural  
 P Propano  
 B Biogás  
 K Apto para catalizador

## Aceites de motor alternativos para turbomotores BR400

Fabricante / proveedor	Marca	Clase de viscosidad SAE	Observación		
AUTOL	BGJ 40	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	ELA 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
AVIA Mineralöl AG	HA 40	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	LA 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	LA Plus 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
Addinol Lube Oil GmbH	ECO GAS 4000 XD	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	MG 40 Extra Plus	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	MG 40 Extra LA	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
NILS	Burian	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
BayWA AG	TECTROL Methaflexx D	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	TECTROL Methaflexx HC Plus	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	TECTROL Methaflexx HC Premium	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	TECTROL Methaflexx HC Premium	40	M	B	SRK
	TECTROL Methaflexx NG	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
Castrol	Duratec HPL	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	Duratec XPL	40 <sup>1)</sup>	S	E, P	K
Chevron Texaco	Geotex LA 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	Geotex LF 40	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	HDAX 7200	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K

Fabricante / proveedor	Marca	Clase de viscosidad SAE	Observación		
ExxonMobil	SHC Pegasus	40 <sup>1)</sup>	S	E, P	K
	Pegasus 605	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	Pegasus 610	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	Pegasus 705	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	Pegasus 710	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	Pegasus 805	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH	Titan Ganymet	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	Titan Ganymet LA	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	Titan Ganymet Plus	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	Titan Ganymet Ultra	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
	Titan Ganymet Ultra	40 <sup>1)</sup>	M	B	SRK
Hessol Lubrication GmbH	Hessol Gasmotorenöl	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
Kuwait Petroleum	Q8 Mahler HA	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	Q8 Mahler MA	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
Petro Canada Europe	Sentron CG 40	40 <sup>1)</sup>	M	B	K
	Sentron LD 5000	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
Shell International Petroleum Company	Shell Mysella S5 N 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
Total Deutschland	Nateria MP 40	40 <sup>1)</sup>	M	E, P	K
WIPA Chemicals International	Ecosyn GE 4004	40 <sup>1)</sup>	S	E, P	K

Cuadro 12: Aceites de motor alternativos para turbomotores BR400

- 1) Homologación limitada a temperatura ambiente del motor > +10 °C  
S Aceite de motor sintético  
M Aceite de motor de origen mineral  
E Gas natural  
P Propano  
B Biogás  
K Apto para catalizador  
SRK Catalizador resistente al azufre

## 2.3.2 Intervalos de cambio del aceite de motor

### Aceite mineral – Sistema de aceite de motor con rociado de aceite y volumen adicional

En caso de aumento del volumen adicional, como p. ej. 800 l para E3066Dx, aumenta también el intervalo de cambio del aceite en 4 veces de lo indicado para un volumen adicional de 200 l.

También en estos casos son necesarios análisis regulares del aceite.

Denominación	Sistema de aceite de motor con rociado de aceite y volumen adicional		
	Módulos / grupos con tipo de motor	Cambio de aceite tras horas de servicio	Volumen mínimo del volumen adicional
E3066D1-D3		2500	200 l
E3066D4		3000	200 l
E3066Lx/Zx		1000	120 l
E3042D1-D3		1250	200 l
E3042D4		1500	200 l
E3042Lx/Zx		1000	200 l
E3042Lx/Zx		5000 (o análisis de aceite)	1000 l
B3066Lx/Zx		1000	200 l
B3042Lx/Zx		1000	300 l

Cuadro 13: Aceite mineral – Sistema de aceite de motor con rociado de aceite y volumen adicional

### Aceite mineral – Sistema de aceite de motor sólo con rellenado de aceite nuevo (sin rociado de aceite)

Denominación	Sistema de aceite de motor sólo con rellenado de aceite nuevo (sin rociado de aceite)		
	Módulos / grupos con tipo de motor	Cambio de aceite tras horas de servicio	Volumen recomendado del depósito de aceite nuevo
E3066D1-D3		600	60 l
E3066Lx/Zx		300	60 l
E3042D1-D3		600	60 l
E3042Lx/Zx		300	60 l

Cuadro 14: Aceite mineral – Sistema de aceite de motor sólo con rellenado de aceite nuevo (sin rociado de aceite)

### Aceite sintético – Sistema de aceite de motor con rociado de aceite y volumen adicional

En caso de un aumento del volumen adicional, como p. ej. 800 l para E3066Dx, aumenta también el intervalo de cambio del aceite en 4 veces de lo indicado para un volumen adicional de 200 l.

También en estos casos son necesarios análisis regulares del aceite.

Denominación	Sistema de aceite de motor con rociado de aceite y volumen adicional	
Módulos / grupos con tipo de motor	Cambio de aceite tras horas de servicio	Volumen mínimo del volumen adicional
E3066Lx/Zx	2000	200 l
E3042Lx/Zx	1000	160 l
E3042Lx/Zx	8000 (o análisis de aceite)	1000 l

*Cuadro 15: Aceite sintético – Sistema de aceite de motor con rociado de aceite y volumen adicional*

### **Aceite sintético – Sistema de aceite de motor sólo con rellenado de aceite nuevo (sin rociado de aceite)**

Denominación	Sistema de aceite de motor sólo con rellenado de aceite nuevo (sin rociado de aceite)	
Módulos / grupos con tipo de motor	Cambio de aceite tras horas de servicio	Volumen recomendado del depósito de aceite nuevo
E3066D1-D3	1250	50 l
E3066D4	1500	50 l
E3066Lx/Zx	600	50 l
E3042D1-D3	1250	100 l
E3042D4	1500	100 l
E3042Lx/Zx	600	100 l

*Cuadro 16: Aceite sintético – Sistema de aceite de motor sólo con rellenado de aceite nuevo (sin rociado de aceite)*

### 2.3.3 Grasas lubricantes para generadores

#### Grasas lubricantes para generadores BR400

Fabricantes de generadores	Grasa lubricante
Leroy-Somer	Vida útil lubricado

  

Importante
Prestar atención a los datos del fabricante en la placa de características del generador.

# 3 Líquidos refrigerantes

## 3.1 Generalidades

### 3.1.1 Definición de líquido refrigerante

#### Importante

Cerciorarse de que las sustancias de servicio se recojan en recipientes colectores de suficiente tamaño. Prestar atención a las hojas de datos de seguridad y eliminar las sustancias de servicio según las normas específicas del país.

Líquido refrigerante =

aditivo de líquido refrigerante (concentrado) + agua fresca en un porcentaje de mezcla determinado

- Listo para emplearlo en el motor

Anticongelante =

Inhibidor de corrosión + glicol + aditivos + agua

- En la versión precedente de las prescripciones para las sustancias de servicio MTU se ha utilizado el término "Producto anticorrosivo y de protección contra la congelación". Para una mejor comprensión se utiliza ahora el término "Anticongelante".

El empleo de anticongelantes es imprescindible en motores en lugares de servicio donde puedan presentarse temperaturas inferiores al punto de congelación.

El respectivo margen de concentración para la aplicación figura en el apartado vigilancia del servicio.

Líquido refrigerante sin protección anticongelante =

Inhibidor de corrosión + aditivos + agua

- En las versiones precedentes de las prescripciones para las sustancias de servicio MTU se ha venido utilizando el término "Agente anticorrosivo soluble en agua". Esta denominación se sustituye desde ahora por la denominación "Líquido refrigerante sin protección anticongelante".

Los líquidos refrigerantes autorizados por MTU poseen una buena protección anticorrosiva siempre que se empleen en una concentración suficiente. El respectivo margen de concentración para la aplicación figura en el apartado vigilancia del servicio.

Los aditivos de líquido refrigerante autorizados están especificados en los siguientes capítulos:

- Para el motor de gas BR4000 - Aplicación marina (→ Página 38)
- Para el motor de gas BR4000 - Aplicación en generador y grupo electrógeno (→ Página 47)
- Para el motor de gas BR400 - Grupo electrógeno (→ Página 55)

Los acuerdos especiales existentes siguen siendo válidos.

#### Importante

No está permitido utilizar aditivos de líquido refrigerante que contengan nitrito en refrigeradores que contengan latón.

#### Importante

Con cada cambio de líquido refrigerante a otro producto deberá efectuarse una marcha de enjuague con agua. Para las prescripciones de enjuague y limpieza de los circuitos de líquido refrigerante de motores, véase (→ Página 84).



### Importante

En algunos campos de aplicación está prescrito el empleo de anticongelantes sobre la base de glicol propélico. Dichos productos poseen una conductibilidad térmica más baja que los productos usuales de glicol etilénico. Por consiguiente se produce en el motor un aumento del nivel de temperatura. Para el uso a temperaturas muy bajas (< -40 °C) está disponible el producto BASF G206.

Los efectos protectores contra la corrosión del líquido refrigerante están sólo garantizados, si está completamente lleno el circuito de refrigeración.

Únicamente los productos protectores contra la corrosión autorizados para la conservación interior del circuito de refrigeración aportan una protección anticorrosiva suficiente estando asimismo vaciado el medio. Quiere decir, que tras vaciar el líquido refrigerante debe realizarse una conservación del circuito de refrigeración, si no se lleva a cabo un nuevo llenado de líquido refrigerante. La forma de proceder está descrita en la normativa de conservación de MTU A001070/... .

La carga de líquido refrigerante debe prepararse a base de agua fresca apropiada y de un aditivo de líquido refrigerante autorizado por MTU. La preparación del líquido refrigerante debe efectuarse fuera del motor.

### Importante

No están permitidas las mezclas de diferentes aditivos de líquido refrigerante, así como aditivos adicionales (tampoco en los filtros de refrigeración de agua y en los filtros tras componentes de la instalación).

### Importante

En las mezclas prefabricadas se nombra siempre primero el porcentaje de aditivo de líquido refrigerante (concentrado).

Ejemplo: Coolant AH 40/60 Antifreeze Premix = 40 % en vol. de aditivo de líquido refrigerante / 60 % en vol. de agua fresca

### 3.1.2 Vigilancia del servicio / Tratamiento del líquido refrigerante

El control previo del agua fresca y la vigilancia del líquido refrigerante son muy importantes para un funcionamiento sin fallos del motor. El control del líquido refrigerante debe efectuarse, como mínimo, una vez al año o en cada carga, y puede realizarse con ayuda del maletín de pruebas de MTU. El maletín de pruebas contiene todos los instrumentos necesarios para ello, así como los productos químicos y unas instrucciones de empleo.

Con el maletín de instrumentos de comprobación de MTU se pueden efectuar los siguientes análisis:

- Determinación de la dureza total (°d)
- Determinación del valor pH
- Determinación del contenido de cloruros del agua fresca
- Determinación de la concentración de anticongelante
- Determinación de la concentración de líquido refrigerante sin protección anticongelante

El análisis del agua fresca y de los líquidos refrigerantes puede encargarse a MTU. Para ello deben ponerse a disposición como mínimo 0,25 l.

#### Concentraciones de anticongelantes permitidas

	Mínimo			Máximo
Anticongelante sobre la base de glicol etilénico	35% del volumen	40 % del volumen	45 % del volumen	50 % del volumen
Con protección anticongelante hasta*	-20 °C	-25 °C	-31 °C	-37 °C
BASF G206	65 Vol.-% para la aplicación con temperaturas de hasta -65 °C en regiones árticas			
* = especificaciones sobre la protección anticongelante determinadas según ASTM D 1177				

Cuadro 17: Concentraciones de anticongelantes permitidas

Importante
La concentración de anticongelante no debe quedar por debajo de 35 % del volumen tras el enjuague del circuito de agua refrigerante del motor.

Los anticongelantes han de añadirse al agua fresca en una concentración de al menos 35 % del volumen, cuando sea suficiente una protección anticongelante de hasta menos - 20 °C. Cuando se esperen temperaturas ambiente inferiores, tiene que aumentarse la concentración correspondientemente. No debe producirse una concentración superior al 50 % del volumen.

Las mezclas en las que el porcentaje de anticongelante está por debajo del 35% del volumen no garantizan una protección suficiente contra la corrosión.

Utilizar el agua tratada en servicio de verano e invierno. Compensar las pérdidas de refrigerante de manera de que se mantenga la concentración de anticongelante.

## Concentraciones permitidas – Líquido refrigerante sin protección anticongelante para todas las aplicaciones

Margen de concentración permitido	Fabricante	Marca	Valor leído en el refractómetro manual <sup>1)</sup> a 20 °C (= índice de Brix) % del vol.					
			7	8	9	10	11	12
9 a 11 % del volumen	MTU Friedrichshafen	Coolant CS 100 Corrosion Inhibitor Concentrate	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
		Coolant CS 10/90 Corrosion Inhibitor Premix	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	MTU América	Power Cool® Plus 6000	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	Arteco	Freecor NBI	Utilizar el kit de comprobación del fabricante					
	BASF SE	Glysacorr G93 green	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	BP Lubricants	Castrol Extended Life Corrosion Inhibitor	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	CCI Corporation	A 216	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	CCI Manufacturing IL Corporation	A 216	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	Chevron	Texcool A -200	Utilizar el kit de comprobación del fabricante					
	Detroit Diesel Corporation	Power Cool Plus 6000	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	Drew Marine	Drewgard XTA	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	Ginouves	York 719	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	Old World Industries Inc.	Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A 216)	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	Valvoline	Zerex G-93	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

<sup>1)</sup> = Determinación de la concentración mediante refractómetro manual adecuado

*Cuadro 18: Concentraciones permitidas – Líquido refrigerante sin protección anticongelante para todas las aplicaciones*

El refractómetro portátil ha de calibrarse con agua clara a la temperatura del líquido refrigerante. La temperatura del líquido refrigerante debe ser de 20 °C. Deben respetarse los datos del fabricante.

### Importante

La concentración de anticongelante no debe quedar por debajo del 9 % del volumen tras el enjuague del circuito de agua refrigerante del motor.

## Concentraciones permitidas – Líquidos refrigerantes adicionales sin protección anticongelante exclusivamente para la marina (sin metales ligeros)

Margen de concentración permitido	Fabricante	Marca	Valor leído en el refractómetro manual <sup>1)</sup> a 20 °C (= índice de Brix) % del vol.					
			7	8	9	10	11	12
7 a 11 % del volumen	Arteco	Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor XLI [EU 32765]	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,4
	Nalco	Alfloc (Maxitreat) 3443	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
		Alfloc (Maxitreat) 3477	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
	PrixMax Australia Pty. Ltd.	PrixMax RCP	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,4
	Total	WT Supra	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,4
5 a 6 % del volumen	Fleetguard	DCA-4L	Utilizar el kit de comprobación del fabricante					
3 a 4 % del volumen	Detroit Diesel Corporation	Power Cool 2000	Utilizar el kit de comprobación del fabricante					
	Nalco	Alfloc 2000						
		Nalco 2000						
		Nalcool 2000						
		Trac 102						
Penray	Pencool 2000							

<sup>1)</sup> = Determinación de la concentración mediante refractómetro manual adecuado

Cuadro 19: Concentraciones permitidas – Líquidos refrigerantes adicionales sin protección anticongelante exclusivamente para la marina (sin metales ligeros)

El refractómetro portátil ha de calibrarse con agua clara a la temperatura del líquido refrigerante. La temperatura del líquido refrigerante debe ser de 20 °C. Deben respetarse los datos del fabricante.

## Concentraciones permitidas – Anticongelantes sobre la base de glicol etilénico

La determinación de la concentración se realiza mediante el refractómetro de glicol adecuado y la lectura directa del valor de escala en % del vol.

### Tabla de contraste para anticongelantes en aplicaciones especiales

Valor leído en el refractómetro manual a 20 °C (=índice de Brix)		Corresponde a una concentración del
I. Anticongelante de glicol propénico	II. BASF G206	
26,3	24,8	35% del volumen
26,9	25,5	36% del volumen
27,5	26,1	37% del volumen
28,2	26,7	38% del volumen
28,8	27,4	39% del volumen
29,5	28,0	40 % del volumen

Valor leído en el refractómetro manual a 20 °C (=índice de Brix)		Corresponde a una concentración del
I. Anticongelante de glicol propénico	II. BASF G206	
30,1	28,6	41% del volumen
30,8	29,2	42% del volumen
31,3	29,8	43% del volumen
31,9	30,4	44% del volumen
32,5	30,9	45 % del volumen
33,1	31,5	46% del volumen
33,7	32,1	47% del volumen
34,2	32,6	48% del volumen
34,8	33,2	49% del volumen
35,3	33,8	50 % del volumen
	34,4	51% del volumen
	34,9	52% del volumen
	35,5	53% del volumen
	36,1	54% del volumen
	36,7	55 % del volumen
	37,2	56% del volumen
	37,8	57% del volumen
	38,3	58% del volumen
	38,9	59% del volumen
	39,4	60 % del volumen
	39,9	61% del volumen
	40,5	62% del volumen
	41,0	63% del volumen
	41,5	64% del volumen
	42,0	65 % del volumen

Cuadro 20: Tabla de contraste para anticongelantes en aplicaciones especiales

### Valores límite para líquidos refrigerantes

Valor pH con empleo de		
- Anticongelante	7,5 como mínimo	9,0 como máximo
- Líquido refrigerante sin protección anticongelante para motores con componentes de metal ligero	7,5 como mínimo	9,0 como máximo
- Líquido refrigerante sin protección anticongelante para motores sin componentes de metal ligero	7,5 como mínimo	11,0 como máximo
Silicio (válido para líquidos refrigerantes con contenido de Si)	25 mg/l como mínimo	

### Importante

Para evaluar de forma global el funcionamiento de un líquido refrigerante, además de los valores límite antes indicados, deben tenerse en cuenta los datos característicos del líquido refrigerante, así como la calidad del agua fresca utilizada.

### 3.1.3 Estabilidad de almacenaje de los concentrados de líquido refrigerante

Los datos especificados para la estabilidad de almacenaje se refieren a envases herméticamente cerrados de origen almacenados a una temperatura de hasta un máximo de 30 °C.

Observar las instrucciones del fabricante.

Concentrado de líquido refrigerante	Valor límite	Marca / Observaciones
Anticongelante	aprox. 3 años	Observar las especificaciones del fabricante
Productos con contenido de glicol propénico	3 años	BASF G206
Líquido refrigerante sin protección anticongelante	6 meses	Nalco Trac 102
	2 años	Arteco Freecor NBI – Chevron Texcool A-200 Detroit Diesel Corp. Power Cool 2000 Nalco Alfloc 2000 Nalco Nalcool 2000 Nalco Nalco 2000 Penray Pencool 2000 PrixMax RCP
	3 años	BASF Glyscorr G93 green Drew Marine Drewgard XTA Ginouves York 719 MTU Friedrichshafen Coolant CS100 MTU America Power Cool® Plus 6000 Nalco Alfloc (Maxitreat) 3477 Valvoline ZEREX G-93
	5 años	Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor [EU Code 032765] (XLI) BP Castrol Extended Life Corrosion Inhibitor CCI Corporation A216 CCI Manufacturing IL A216 – Chevron Texaco Extended Life Corrosion Inhibitor Nitrite Free [US 236514] Detroit Diesel Corp. Power Cool Plus 6000 ExxonMobil Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor Fleetguard DCA-4L Old World Industries Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A216) Total WT Supra

Cuadro 21: Estabilidad de almacenaje de los concentrados de líquido refrigerante

#### Importante

- El almacenamiento no debe efectuarse en recipientes galvanizados por motivos de protección anticorrosiva. Esto debe tenerse en cuenta en caso de necesidades de trasvase.
- Los recipientes deben almacenarse cerrados herméticamente en un lugar fresco y seco. En invierno ha de prestarse atención a la protección anticongelante.
- Informaciones adicionales se encuentran en las hojas de datos de producto y de seguridad de cada uno de los líquidos refrigerantes.

### 3.1.4 Aditivos colorantes para el reconocimiento de fugas en el circuito de líquido refrigerante

El siguiente colorante fluorescente está autorizado como aditivo en líquidos refrigerantes y agentes anticongelantes para la detección de fugas.

Fabricante	Designación del producto	Número identificativo del producto	Tamaño del envase	Estabilidad de almacenamiento <sup>1)</sup>
Chromatech Inc. Chromatech Europe B.V.	D11014 Chromatint Uranine Conc	X00066947	20 kg	2 años

Cuadro 22: Aditivos colorantes autorizados

<sup>1)</sup> = referido a envases originales y herméticamente cerrados, en almacenamiento sin heladas (> 5 °C)

#### **Aplicación:**

Deben añadirse aprox. 40 g de colorante a 180 l de líquido refrigerante.

La cantidad de colorante indicada está generosamente calculada y no debe superarse.

La fluorescencia (color amarillo) se reconoce bien con luz natural. En espacios oscuros puede utilizarse una luz ultravioleta con una longitud de onda de 365 nm.



### 3.1.5 Prevención de daños en el sistema de refrigeración

- Al efectuar un relleno (tras una pérdida de líquido refrigerante) debe tenerse en cuenta que no se debe añadir solamente agua sino también el concentrado. Debe alcanzarse la protección anticongelante o anticorrosiva prescrita.
- No emplear más del 50 % en volumen Utilizar anticongelante. En caso contrario disminuirá la propiedad de protección anticongelante y empeorará la evacuación del calor. Única excepción: BASF G206 (aplicación especial)
- El líquido refrigerante no debe contener ningún residuo de aceite o de cobre (en forma sólida o diluida).
- Los anticorrosivos autorizados actualmente para la conservación interior del circuito de refrigeración están fabricados principalmente con una base acuosa y no ofrecen una protección anticongelante. Debido a que después de vaciar el medio todavía permanece un volumen residual en el motor, debe tenerse en cuenta que los motores conservados han de almacenarse asegurados contra la congelación.
- Por lo general, el circuito de líquido refrigerante no puede vaciarse por completo, por lo que quedan restos en el motor de líquido refrigerante usado y agua fresca de la operación de limpieza. Estas cantidades residuales pueden provocar un efecto diluidor en el líquido refrigerante que se rellene (premezclado de concentrado o uso de una mezcla prefabricada). Este efecto diluidor será tanto más grande cuanto más componentes adicionales se encuentren montados al motor. Ha de prestarse atención a un control, y en caso dado, a un ajuste de la concentración de líquido refrigerante en el circuito de líquido refrigerante.

#### Importante

Todos los medios de refrigeración autorizados en esta prescripción de sustancias de servicio se refieren en general sólo a circuitos de líquido refrigerante de motores / sistemas MTU. En las instalaciones de propulsión completas ha de tenerse en cuenta adicionalmente la autorización de sustancias de servicio de los fabricantes de componentes.

#### Importante

Por razones de protección anticorrosiva, no está permitido poner en servicio un motor con agua pura sin adición de un inhibidor de protección anticorrosiva autorizado.

### 3.1.6 Materiales inapropiados en el circuito de líquido refrigerante

#### **Componentes de cobre, cinc y latón**

Si no se tienen en cuenta distintos requisitos, los componentes de cobre, cinc y latón, o con superficies galvanizadas, del circuito de líquido refrigerante (incluidos los conductos de entrada y salida) pueden causar una reacción electroquímica al entrar en contacto con metales comunes (p. ej. aluminio). A consecuencia de lo anteriormente descrito, se oxidarán o picarán los componentes de metales comunes. El circuito de líquido refrigerante dejará de ser estanco en esos puntos.

#### **Materiales no metálicos**

- No utilizar elastómeros de silicón o de EPDM cuando se empleen aceites anticorrosivos u otros aceites en el circuito de líquido refrigerante.

#### **Filtro del agua de refrigeración / filtro tras los componentes de la instalación**

- Si se utilizan tales filtros está sólo permitido emplear productos que no contengan aditivos. Los aditivos adicionales como silicatos, nitritos, etc pueden reducir el efecto de protección, o bien el tiempo útil de un líquido refrigerante y llevar eventualmente a una corrosión de los materiales que van montados en el circuito de agua de refrigeración.

#### **Información:**

En caso de dudas sobre el uso de combustible en el motor y las piezas de montaje/los componentes en circuitos de líquido refrigerante, ha de consultarse al departamento correspondiente de MTU.

### 3.1.7 Requerimientos al agua fresca en BR4000

Para el tratamiento del líquido refrigerante con y sin protección anticongelante debe emplearse únicamente agua limpia y clara que tenga los valores indicados en las siguientes tablas. Si se exceden los valores límite para el agua puede agregarse agua desalinizada para reducir la dureza o el contenido de sal.

Parámetros	Mínimo	Máximo
Suma de las tierras alcalinas*) (dureza del agua)	0 mmol/l 0°d	2,7 mmol/l 15°d
Valor pH a 20 °C	5,5	8,0
Iones de cloruro		100 mg/l
Iones de sulfato		100 mg/l
Suma de aniones		200 mg/l
Bacterias		10 <sup>3</sup> UFC (unidades formadoras de colonias)/ml
Hongos, fermentos	son inadmisibles	

Cuadro 23: Requerimientos al agua fresca en BR4000

\*) Designaciones usuales para la dureza del agua en distintos países:

1 mmol/l = 5,6°d = 100 mg/kg CaCO<sub>3</sub>

- 1°d = 17,9 mg/kg CaCO<sub>3</sub>, dureza EE.UU.
- 1°d = 1,79° dureza francesa
- 1°d = 1,25° dureza inglesa

### 3.1.8 Requerimientos al agua fresca en BR400

Para el tratamiento del líquido refrigerante debe emplearse únicamente agua limpia y clara que tenga los valores indicados en las siguientes tablas. Si se exceden los valores límite para el agua puede agregarse agua desalinizada para reducir la dureza o el contenido de sal.

Requerimientos generales	Clara, incolora y libre de sustancias no diluidas	
Valor pH (25 °C)	7,4 a 8,5	
Conductividad eléctrica (25 °C)	< 300	µS/cm
Suma de alcalinotérreos	0,9 a 1,3 5 a 7	mmol/l °dH
Cloruros	< 80	mg/l
Sulfatos	< 70	mg/l
Hierro	< 0,2	mg/l
Bacterias	< 10 <sup>3</sup>	KBE (unidad formadora de colonias)/ml
Hongos, fermentos	son inadmisibles	

Cuadro 24: Requerimientos al agua fresca en BR400

## 3.2 Motor de gas BR4000 – Aplicación marina

### 3.2.1 Líquido refrigerante – Generalidades

#### Importante

El cambio de líquido refrigerante depende del tiempo de servicio (horas/año) del motor, según que tiempo de servicio se alcance primero.

Tiempo de servicio = tiempo de precalentamiento + tiempo de servicio del motor

#### Importante

Todos los datos se refieren al circuito del líquido refrigerante, las piezas de montaje externas del lado motor no se consideran.

#### Importante

Si el circuito de líquido refrigerante del motor está libre de metales ligeros, pero las piezas sí que contienen este tipo de metales (p. ej. el equipo de refrigeración externo), se recomiendan las autorizaciones de líquidos refrigerantes para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros. En caso de dudas sobre el uso del líquido refrigerante, consulte a su persona de contacto en MTU.

#### Importante

El uso de productos distintos a los enumerados supone una pérdida de la garantía.

Para detalles y particularidades véanse los capítulos "Generalidades" (→ Página 24) y "Materiales inapropiados en circuitos de líquido refrigerante" (→ Página 34).

Los acuerdos especiales entre el cliente y MTU-Friedrichshafen GmbH que difieran de ello siguen siendo válidos.

### 3.2.2 Líquido refrigerante sin anticongelante - Concentrados para sistemas refrigerantes que no contengan metales ligeros

Para detalles y particularidades véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24)

#### Líquido refrigerante sin anticongelante – Concentrados

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número identificativo del producto
		Orgánicos	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant CS100 Corrosion Inhibitor Concentrate		X				6000 / 2	X00057233 (20 l) X00057232 (210 l) X00070455 (1000 l) También obtenible a través de MTU Asia
MTU America Inc.	Power Cool®Plus 6000 Concentrate		X				6000 / 2	Con tinte verde 23533526 (1 galón) 23533527 (5 galones) Obtenible a través de MTU América
Artego NV	Freecor NBI		X				6000 / 2	
	Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor [EU Code 32765] (XLI)	X					6000 / 2	
BASF SE	Glyscorr G93 green		X				6000 / 2	X00054105 (Barril) X00058062 (Bidón)
BP Lubricants	Castrol Extended Life Corrosion Inhibitor	X				X	6000 / 2	
CCI Corporation	A 216	X				X	6000 / 2	
CCI Manufacturing IL Corporation	A 216	X				X	6000 / 2	X00051509 (208 l)
Chevron Corp.	Texcool A - 200		X				6000 / 2	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus 2000		X	X			6000 / 2	
	Power Cool Plus 6000	X				X	6000 / 2	Con tinte rojo
Drew Marine	Drewgard XTA		X				6000 / 2	
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor	X				X	6000 / 2	
Fleetguard	DCA-4L		X	X	X		2000 / 1	
Nalco	Alfloc (Maxitreat) 3477	X					6000 / 2	
	Alfloc 2000		X	X			6000 / 2	
	Nalco 2000		X	X			6000 / 2	
	Nalcool 2000		X	X			6000 / 2	
	Trac 102		X	X			6000 / 2	
Old World Industries Inc.	Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A 216)	X				X	6000 / 2	
Penray	Pencool 2000		X	X			6000 / 2	

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número identificativo del producto
		Orgánicos	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
PrixMax Australia Pty. Ltd.	PrixMax RCP	X					6000 / 2	
Total	Total WT Supra	X					6000 / 2	
Valvoline	Zerex G-93		X				6000 / 2	
YORK SAS	York 719		X				6000 / 2	

Cuadro 25:

### 3.2.3 Líquido refrigerante sin anticongelante – Mezclas prefabricadas para sistemas refrigerantes que no contengan metales ligeros

Para detalles y particularidades véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24)

#### Líquido refrigerante sin anticongelante – Mezclas prefabricadas

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número identificativo del producto
		Orgánicos	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant CS 10/90 Corrosion Inhibitor Premix		X				6000 / 2	X00069385 (20 l) X00069386 (210 l) X00069387 (1000 l) (Área de distribución: Italia)
Nalco	Alfloc (Maxitreat) 3443 (7 %)	X					6000 / 2	

Cuadro 26:



### 3.2.4 Anticongelante - Concentrados para sistemas de refrigeración que no contengan metales ligeros

Para detalles y particularidades, véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24).

**Importante**

En los motores de buque se permite el empleo de anticongelantes únicamente en caso de temperaturas del agua de mar de hasta 25 °C como máximo. Esto tiene validez para todos los motores que se refrigeren con agua de mar.

#### Anticongelantes - Concentrados

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrito	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant AH100 Antifreeze Concentrate	X	X				9000 / 5	X00057231 (20 l) X00057230 (210 l) X00068202 (1000 l) También obtenible a través de MTU Asia
Avia Mineralöl AG	Antifreeze APN	X	X				9000 / 5	
	Antifreeze APN-S	X					9000 / 3	
BASF SE	Glysantin G48 blue green	X	X				9000 / 5	X00058054 (25 l) X00058053 (210 l)
	Glysantin G30 pink	X					9000 / 3	X00058072 (bidón) X00058071 (barril)
BayWa AG	Tectrol Coolprotect	X	X				9000 / 5	
BP Lubricants	ARAL Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
	Castrol Heavy Duty Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
Bucher AG Langenthal	Motorex Coolant G48	X	X				9000 / 5	
Castrol	Castrol Radicool NF	X	X				9000 / 5	
CCI Corporation	L415	X				X	9000 / 3	
CCI Manufacturing IL Corporation	C521	X				X	9000 / 3	
Classic Schmierstoff GmbH + Co. KG	Classic Kolda UE G48	X	X				9000 / 5	
Comma Oil & Chemicals Ltd.	Comma Xstream® G30® Antifreeze Coolant Concentrate	X					9000 / 3	
	Comma Xstream® G48® Antifreeze Coolant Concentrate	X	X				9000 / 5	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus Coolant	X				X	9000 / 3	

TIM-ID: 0000080984 - 001

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
	Mobil Antifreeze Advanced	X					9000 / 3	
	Mobil Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
	Esso Antifreeze Advanced	X					9000 / 3	
	Esso Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
Finke Mineralölwerk GmbH	AVIATICON Finkofreeze F30	X					9000 / 3	
	AVIATICON Finkofreeze F48	X	X				9000 / 5	
Fuchs Petrolub SE	Maintain Fricofin	X	X				9000 / 5	
	Maintain Fricofin G12 Plus	X					9000 / 3	X00058074 (bidón) X00058073 (barril)
Gaszpromneft Lubricants Ltd.	BELAZ G-Profi Antifreeze Red	X					9000 / 3	X00058075 (barril)
Kuttenkeuler	Kuttenkeuler Antifreeze ANF KK48	X	X				9000 / 5	
	Glyostar® ST48	X	X				9000 / 5	
INA Maziva Ltd.	INA Antifriz AI Super	X	X				9000 / 5	
Mitan Mineralöl GmbH	Alpine C48	X	X				9000 / 5	
Nalco Australia	Nalcool NF 48 C	X	X				9000 / 5	
Old World Industries Inc.	Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
	Final Charge Global Extended Life Coolant Antifreeze	X				X	9000 / 3	
OMV	OMV Coolant Plus	X	X				9000 / 5	
	OMV Coolant SF	X					9000 / 3	
Panolin AG	Panolin Anti-Frost MT-325	X	X				9000 / 5	
Raloy Lubricantes	Antifreeze Long Life NF-300 Concentrate	X	X				9000 / 5	
SMB - Sotragal / Mont Blanc	Antigel Power Cooling Concentrate	X	X				9000 / 5	
Total	Glacelf MDX	X	X				9000 / 5	
Valvoline	Zerex G-48	X	X				9000 / 3	
	Zerex G-30	X					9000 / 5	
YORK SAS	York 716	X	X				9000 / 5	
ZAO Obninskorgsintez	Lukoil Antifreeze HD G12 K	X					9000 / 3	

Cuadro 27:

### 3.2.5 Agente anticongelante – Concentrados para aplicaciones especiales

Para detalles y particularidades véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24)

#### Concentrados para aplicaciones especiales

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número identificativo del producto
		Orgánicos	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
BASF SE	G206	X	X				9000 / 3	Para empleo en regiones árticas (< -40 °C)

Cuadro 28:

### 3.2.6 Anticongelante – Mezclas prefabricadas para sistemas de refrigeración que no contengan metales ligeros

#### Anticongelante – Mezclas prefabricadas

Para detalles y particularidades, véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24).

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant AH 35/65 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00069382 (20 l) X00069383 (210 l) X00069384 (1000 l) (Área de distribución: Italia)
	Coolant AH 40/60 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00070533 (20 l) X00070531 (210 l) X00070532 (1000 l) (Área de distribución: Inglaterra, España)
	Coolant AH 50/50 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00070528 (20 l) X00070530 (210 l) X00070527 (1000 l) (Área de distribución: Inglaterra)
	Coolant RM 30 (40 %)	X					9000 / 3	X00073922 (20 l) X00073916 (205 l) X00073923 (1000 l)
MTU America Inc.	Power Cool® Universal 35/65 mix	X	X				9000 / 5	800085 (5 galones) 800086 (55 galones)
	Power Cool® Universal 50/50 mix	X	X				9000 / 5	800071 (5 galones) 800084 (55 galones)
Bantleon	Avilub Antifreeze Mix (50 %)	X	X				9000 / 5	X00049213 (210 l)
BayWa AG	Tectrol Coolprotect Mix 3000	X					9000 / 3	Protección anticongelante hasta -24 °C
BP Lubricants	Castrol Heavy Duty Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
Bucher AG Langenthal	Motorex Coolant G48 ready to use (50/50)	X	X				9000 / 5	
Castrol	Castrol Radicool NF Premix (45 %)	X	X				9000 / 5	
CCI Corporation	L 415 (50 %)	X				X	9000 / 3	
CCI Manufacturing IL Corporation	C 521 (50 %)	X				X	9000 / 3	
Cepsa Comercial Petróleo S.A.U	Xtar Super Coolant Hybrid NF 50 %	X	X				9000 / 5	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
Finke Mineralölwerk GmbH	AVIATICON Finkofreeze F30 RM 40:60 +	X					9000 / 3	
	AVIATICON Finkofreeze F48 RM 50:50	X	X				9000 / 5	
Old World Industries Inc.	Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
	Final Charge Global Extended Life Prediluted Coolant / Antifreeze (50/50)	X				X	9000 / 3	
Raloy Lubricantes	Antifreeze Long Life NF-300 Ready-to-Use (50/50)	X	X				9000 / 5	
SMB - Sotragal / Mont Blanc	L.R.-30 Power Cooling (44 %)	X	X				9000 / 5	
	L.R.-38 Power Cooling (52 %)	X	X				9000 / 5	
Total	Coolelf MDX (-26 °C)	X	X				9000 / 5	
Tosol-Sinzez	Glystantin Alu Protect/G30 Ready Mix	X					9000 / 3	
	Glystantin Protect Plus/G48 Ready Mix	X	X				9000 / 5	
Valentin Energie GmbH	Valentin Coolant Plus -25 °C Ready	X					9000 / 3	
ZAO Obninskorgsintez	Lukoil Antifreeze HD G12 (50 %)	X					9000 / 3	

Cuadro 29:

## 3.3 Motor de gas BR4000 – Aplicación en generador y grupo electrógeno

### 3.3.1 Líquido refrigerante – Generalidades

#### Importante

El cambio de líquido refrigerante depende del tiempo de servicio (horas/año) del motor, según que tiempo de servicio se alcance primero.

Tiempo de servicio = tiempo de precalentamiento + tiempo de servicio del motor

#### Importante

Todos los datos se refieren al circuito del líquido refrigerante, las piezas de montaje externas del lado motor no se consideran.

#### Importante

Si el circuito de líquido refrigerante del motor está libre de metales ligeros, pero las piezas sí que contienen este tipo de metales (p. ej. el equipo de refrigeración externo), se recomiendan las autorizaciones de líquidos refrigerantes para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros. En caso de dudas sobre el uso del líquido refrigerante, consulte a su persona de contacto en MTU.

#### Importante

El uso de productos distintos a los enumerados supone una pérdida de la garantía.

Para detalles y particularidades véanse los capítulos "Generalidades" (→ Página 24) y "Materiales inapropiados en circuitos de líquido refrigerante" (→ Página 34).

Los acuerdos especiales entre el cliente y MTU-Friedrichshafen GmbH que difieran de ello siguen siendo válidos.

### 3.3.2 Líquido refrigerante sin anticongelante – Concentrados para sistemas refrigerantes que contengan metales ligeros

Para detalles y particularidades, véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24).

#### Líquido refrigerante sin protección anticongelante – Concentrados

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrógeno	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant CS100 Corrosion Inhibitor Concentrate		X				6000 / 2	X00057233 (20 l) X00057232 (210 l) X00070455 (1000 l) También obtenible a través de MTU Asia
MTU America Inc.	Power Cool® Plus 6000 Concentrate		X				6000 / 2	Con tinte verde 23533526 (1 galón) 23533527 (5 galones) Obtenible a través de MTU América
Arteco NV	Freecor NBI		X				6000 / 2	
BASF SE	Glyscorr G93 green		X				6000 / 2	X00054105 (barril) X00058062 (bidón)
BP Lubricants	Castrol Extended Life Corrosion Inhibitor	X				X	6000 / 2	
CCI Corporation	A 216	X				X	6000 / 2	
CCI Manufacturing IL Corporation	A 216	X				X	6000 / 2	X00051509 (208 l)
Chevron Corp.	Texcool A - 200		X				6000 / 2	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus 6000	X				X	6000 / 2	Con tinte rojo
Drew Marine	Drewgard XTA		X				6000 / 2	
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor	X				X	6000 / 2	
Old World Industries Inc.	Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A 216)	X				X	6000 / 2	
Valvoline	Zerex G-93		X				6000 / 2	
YORK SAS	York 719		X				6000 / 2	

Cuadro 30:

TIM-ID: 000.000.0988 - 001

### 3.3.3 Líquido refrigerante sin protección anticongelante – Mezclas prefabricadas para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros

Para detalles y particularidades, véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24).

#### Líquido refrigerante sin protección anticongelante – Mezclas prefabricadas

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número del material
		Orgánico	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant CS10/90 Corrosion Inhibitor Premix		X				6000 / 2	X00069385 (20 l) X00069386 (210 l) X00069387 (1000 l) (Área de distribución: Italia)

Cuadro 31:



### 3.3.4 Anticongelante – Concentrados para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros

Para detalles y particularidades, véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24).

#### Anticongelantes – Concentrados

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant AH100 Antifreeze Concentrate	X	X				9000 / 5	X00057231 (20 l) X00057230 (210 l) X00068202 (1000 l) También obtenible a través de MTU Asia
Avia Mineralöl AG	Antifreeze APN	X	X				9000 / 5	
	Antifreeze APN-S	X					9000 / 3	
BASF SE	Glysantin G05		X	X			9000 / 5	
	Glysantin G48 bue green	X	X				9000 / 5	X00058054 (25 l) X00058053 (210 l)
	Glysantin G30 pink	X					9000 / 3	X00058072 (bidón) X00058071 (barril)
	Glysantin G40 pink (Konzentrat)	X	X				9000 / 3	X00066724 (20 l) X00066725 (210 l) Concentración de aplicación de 40 a 50 % del volumen
BayWa AG	Tectrol Coolprotect	X	X				9000 / 5	
BP Lubricants	ARAL Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
	Castrol Heavy Duty Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
Bucher AG Langenthal	Motorex Coolant G48	X	X				9000 / 5	
	Motorex Coolant M 4,0 Concentrate	X	X				9000 / 3	Concentración de aplicación de 40 a 50 % del volumen
Castrol	Castrol Radicool NF	X	X				9000 / 5	
CCI Corporation	L415	X				X	9000 / 3	
CCI Manufacturing IL Corporation	C521	X				X	9000 / 3	
Clariant	Genantin Super		X	X			9000 / 3	
Classic Schmierstoff GmbH + Co. KG	Classic Kolda UE G48	X	X				9000 / 5	
Comma Oil & Chemicals Ltd.	Comma Xstream® G30® Antifreeze Coolant Concentrate	X					9000 / 3	
	Comma Xstream® G48® Antifreeze Coolant Concentrate	X	X				9000 / 5	

TIM-ID: 000.000.0987 - 001

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Antifreeze		X	X			9000 / 3	
	Power Cool Plus Coolant	X				X	9000 / 3	
	Power Cool Diesel Engine Coolant		X	X			9000 / 3	
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
	Mobil Antifreeze Advanced	X					9000 / 3	
	Mobil Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
	Mobil Antifreeze Special		X	X			9000 / 5	
	Mobil Heavy Duty Coolant		X	X			9000 / 3	
	Mobil Mining Coolant		X	X			9000 / 3	
	Esso Antifreeze Advanced	X					9000 / 3	
	Esso Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
Finke Mineralölwerke GmbH	AVIATICON Fincofreeze F30	X					9000 / 3	
	AVIATICON Fincofreeze F48	X	X				9000 / 5	
Fuchs Petrolub SE	Maintain Fricofin	X	X				9000 / 5	
	Maintain Fricofin G12 Plus	X					9000 / 3	X00058074 (bidón) X00058073 (barril)
Gazpromneft Lubricants Ltd.	Belaz G-Profi Antifreeze Red	X					9000 / 3	
Krafft S.L.U	Refrigerante ACU 2300		X	X			9000 / 3	X00058075 (barril)
Kuttenkeuler	Kuttenkeuler Antifreeze ANF KK48	X	X				9000 / 5	
	Glyostar® ST48	X	X				9000 / 5	
INA Maziva Ltd.	INA Antifriz AI Super	X	X				9000 / 5	
Mitan Mineralöl GmbH	Alpine C48	X	X				9000 / 5	
Nalco	Nalcool 5990	X	X				9000 / 3	
Nalco Australia	Nalcool NF 48 C	X	X				9000 / 5	
Old World Industries Inc.	Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
	Fleetcharge SCA Precharged Coolant/ Antifreeze		X	X			9000 / 3	
	Final Charge Global Extended Life Coolant Antifreeze	X				X	9000 / 3	
OMV	OMV Coolant Plus	X	X				9000 / 5	
	OMV Coolant SF	X					9000 / 3	
Panolin AG	Panolin Anti-Frost MT-325	X	X				9000 / 5	
Penske Power Systems	Power Cool - HB500 Coolant Concentrate	X	X				9000 / 3	

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
Raloy Lubricantes	Antifreeze Long Life NF-300 Concentrate	X	X				9000 / 3	
Recochem Inc.	R542	X	X				9000 / 3	
SMB - Sotragal / Mont Blanc	Antigel Power Cooling Concentrate	X	X				9000 / 5	
Total	Glacelf MDX	X	X				9000 / 5	
Valvoline	Zerex G-05		X	X			9000 / 5	
	Zerex G-48	X	X				9000 / 3	
	Zerex G-30	X					9000 / 5	
	Zerex G-40	X	X				9000 / 3	Concentración de aplicación de 40 a 50 % del volumen Número del artículo: 800 180
YORK SAS	York 716	X	X				9000 / 5	
ZAO Obninskorgsintez	Lukoil Antifreeze HD G12 K	X					9000 / 3	

Cuadro 32:

### 3.3.5 Agente anticongelante – Concentrados para aplicaciones especiales

Para detalles y particularidades véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24)

#### Concentrados para aplicaciones especiales

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número identificativo del producto
		Orgánicos	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
BASF SE	G206	X	X				9000 / 3	Para empleo en regiones árticas (< -40 °C)

Cuadro 33:

### 3.3.6 Anticongelante - Mezclas prefabricadas para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros

Para detalles y particularidades, véase el capítulo “Líquidos refrigerantes” (→ Página 24).

#### Anticongelante – Mezclas prefabricadas

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant AH 35/65 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00069382 (20 l) X00069383 (210 l) X00069384 (1000 l) (Área de distribución: Italia)
	Coolant AH 40/60 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00070533 (20 l) X00070531 (210 l) X00070532 (1000 l) (Área de distribución: Inglaterra, España)
	Coolant AH 50/50 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00070528 (20 l) X00070530 (210 l) X00070527 (1000 l) (Área de distribución: Inglaterra)
	Coolant RM30 (40%)	X					9000 / 3	X00073922 (20 l) X00073916 (205 l) X00073923 (1000 l)
MTU America Inc.	Power Cool® Universal 35/65 mix	X	X				9000 / 5	800085 (5 galones) 800086 (55 galones)
	Power Cool® Universal 50/50 mix	X	X				9000 / 5	800071 (5 galones) 800084 (55 galones)
	Power Cool® Off-Highway Coolant 50/50 Premix		X	X			9000 / 5	23533531 (5 galones) 23533532 (55 galones)
Bantleon	Avilub Antifreeze Mix (50 %)	X	X				9000 / 5	X00049213 (210 l)
BayWa AG	Tectrol Coolprotect Mix 3000	X					9000 / 3	Protección anticongelante hasta -24 °C
BP Lubricants	Castrol Heavy Duty Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
Bucher AG Langenthal	Motorex Coolant G48 ready to use (50/50)	X	X				9000 / 5	
	Motorex Coolant M 4,0 ready to use	X	X				9000 / 3	Protección anticongelante hasta -38 °C
Castrol	Castrol Radicool NF Premix (45 %)	X	X				9000 / 5	
CCI Corporation	L 415 (50 %)	X				X	9000 / 3	
CCI Manufacturing IL Corporation	C 521 (50 %)	X				X	9000 / 3	

TIM-ID: 0000078607 - 002

Fabricante	Marca	Inhibidores					Tiempo de servicio Horas / años	Observaciones / Número de material
		Orgánico	Silicio	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
Cespa Comercial Petróleo S.A.U.	Xtar Super Coolant Hybrid NF 50%	X	X				9000 / 5	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
	Power Cool Prediluted (50/50) Diesel Engine Coolant		X	X			9000 / 3	
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
Finke Mineralölwerk GmbH	AVIATICON Finkofreeze F30 RM 40:60 +	X					9000 / 3	
	AVIATICON Finkofreeze F48 RM 50:50	X	X				9000 / 5	
Old World Industries Inc.	Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
	Final Charge Global Extended Life Prediluted Coolant / Antifreeze (50/50)	X				X	9000 / 3	
	Fleet Charge SCA Precharged 50/50 Prediluted Coolant		X	X			9000 / 3	
Penske Power Systems	Power Cool - HB500 Premix 50/50	X	X				9000 / 3	
Raloy Lubricantes	Antifreeze Long Life NF-300 Ready-to-Use (50/50)	X	X				9000 / 5	
SMB - Sotragal / Mont Blanc	L.R.-30 Power Cooling (44 %)	X	X				9000 / 5	
	L.R.-38 Power Cooling (52 %)	X	X				9000 / 5	
Tosol-Sintez	Glystantin Alu Protect/G30 Ready Mix	X					9000 / 3	
	Glystantin Protect Plus/G48 Ready Mix	X	X				9000 / 5	
Total	Coolelf MDX (-26 °C)	X	X				9000 / 5	
Valentin Energie GmbH	Valentin Coolant Plus -25 °C Ready	X					9000 / 3	
Valvoline	Zerex G-05 50/50 Mix		X	X			9000 / 5	
ZAO Obninskorgsintez	Lukoil Antifreeze HD G12 (50 %)	X					9000 / 3	

Cuadro 34:

## 3.4 Motor de gas BR400 – Grupo electrógeno

### 3.4.1 Líquidos refrigerantes autorizados

#### Importante

El uso de productos distintos a los aquí enumerados supone una pérdida de la garantía.

#### Anticongelante – Mezclas prefabricadas (libres de silicatos)

Fabricante / proveedor	Denominación
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant RM 30*
BayWa AG	Tectrol Coolprotect MIX3000*
Montana	Kühlerfrostschutz BHKW -25°*
Valentin Energie GmbH	Coolant Plus -25° Ready*

\* Posible prolongación del período de servicio

Cuadro 35:

#### Anticongelantes – Concentrados

Fabricante / proveedor	Denominación
BASF	Glysantin G30
Aral	Antifreeze Silikatfrei

Cuadro 36:

#### Nota sobre la garantía

Se recomienda encarecidamente utilizar mezclas prefabricadas de anticongelante para el circuito de refrigeración del motor.

Si se utilizan esas mezclas prefabricadas, se asegura con ello lo siguiente:

- La proporción entre el agua y el anticongelante es correcta
- El agua fresca utilizada cumple las especificaciones sobre los "Requerimientos al agua de refrigeración del motor".

Los componentes solo alcanzarán la durabilidad prevista si se utiliza agua conforme a las especificaciones. De lo contrario, podrán formarse en muchos componentes depósitos que reducirían la transmisión térmica, lo que a su vez disminuiría la capacidad funcional (intercambiador de calor) o provocaría un sobrecalentamiento en los componentes.

En caso de una „Mezcla propia“ del líquido refrigerante ha de prestarse atención a que:

- Se utilicen únicamente anticongelantes sin silicatos autorizados con la proporción de agua especificada
- Se deberá firmar un formulario de confirmación para certificar que el agua utilizada cumple los requerimientos según las prescripciones para sustancias de servicio.

La concentración debe revisarse en intervalos regulares según el plan de mantenimiento. El líquido refrigerante se debe revisar, como mínimo, una vez al año o siempre que se rellene. El líquido refrigerante debe cambiarse en su totalidad tras 25.000 horas de servicio o, a más tardar, tras 3 años a causa de su envejecimiento.

# 4 Combustibles

## 4.1 Generalidades

### 4.1.1 Uso de combustibles/sustancias combustibles

#### Importante

Los valores límite indicados de humedad en el combustible deben respetarse, pues si no, se extingue la garantía.

#### Importante

El combustible no debe contener ningún compuesto corrosivo (p. ej. siloxanos, compuestos de fósforo, arsénico, metales pesados, azufre, amoníaco, cloro, flúor, bromo, yodo). Los valores límite indicados deben respetarse, pues si no, se extingue la garantía.

Los motores de gas tienen que hacerse funcionar exclusivamente con gases que estén autorizados para el respectivo tipo de motor de gas.

En el servicio con gas natural de la red pública tiene que confirmar la empresa de suministro de gas competente, a más tardar antes de la puesta en servicio, lo siguiente:

- Si se cumplen el número mínimo de metano y el rango de valor calorífico indicados en la respectiva hoja de datos
- Si se le mezclan temporalmente en adición mezclas de butano o de propano y aire
- Si es posible la alimentación de biogás en la red de gas natural (coordinación mediante consulta a fábrica). Tiene que haber disponible un análisis de gas.

La posibilidad de empleo de los tipos de gas autorizados debe controlarse al menos cada medio año mediante un análisis de gas. Las siguientes modificaciones pueden así reconocerse y tomarse medidas:

- Composición del gas
- Componentes perjudiciales en el gas

El uso de combustibles se limita, en todo el ámbito de aplicación y operacional del motor, a combustibles exclusivamente gaseosos. No se permiten sustancias combustibles líquidas.

El combustible debe estar técnicamente libre de neblina, polvo y líquido. La condensación en el sistema de gas debe evitarse mediante las medidas apropiadas (deshumidificación, protección del frío, calentamiento, etc.). Los componentes corrosivos sólo deben estar contenidos en las concentraciones indicadas a continuación (→ Página 57).

Con una calidad del gas crudo por encima de los valores límite de azufre indicados, debe instalarse un equipo de desulfuración concebido para la calidad del gas de la instalación.



#### 4.1.2 Componentes principales del gas natural y de gases combustibles de origen biógeno

##### Límites de validez general para los componentes principales del gas natural y de gases combustibles de origen biógeno

Los componentes relevantes para los motores de gas están especificados en las siguientes tablas:

- Límites de validez general para los componentes principales del gas natural(→ Cuadro 37)
- Límites de validez general para los componentes principales de gases combustibles de origen biógeno (→ Cuadro 38)

##### Componentes principales del gas natural

Componente	Unidad	Gama de valores (valor máximo)
CH <sub>4</sub>	% del vol.	80 a 100
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (o suma C <sub>2</sub> H <sub>x</sub> )	% del vol.	< 12
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (o suma C <sub>3</sub> H <sub>x</sub> )	% del vol.	<9
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (o suma C <sub>4</sub> H <sub>x</sub> )	% del vol.	<2
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	% del vol.	< 0,3
Hidrocarburos C5+	% del vol.	< 0,1
CO <sub>2</sub>	% del vol.	<10
N <sub>2</sub>	% del vol.	< 15
Suma CO <sub>2</sub> + N <sub>2</sub>	% del vol.	< 15
O <sub>2</sub>	% del vol.	< 3
H <sub>2</sub>	% del vol.	<2
CO	% del vol.	< 0,2

Cuadro 37:

Los componentes arriba enumerados son válidos para compuestos de gas natural. Otros componentes que los arriba especificados (junto a trazas de sustancias) no son usuales en compuestos de gas natural.

Si los componentes del gas natural sobrepasan los valores máximos especificados, tiene que realizarse una consulta a MTU Onsite Energy antes de usar ese gas natural.

##### Componentes principales de los gases combustibles de origen biógeno, principalmente de los procesos de fermentación (los valores están especificados libres de aire)

Componente	Unidad	Gama de valores (valor máximo)
CH <sub>4</sub>	% del vol.	40 a 85
CO <sub>2</sub>	% del vol.	20 a 55
N <sub>2</sub>	% del vol.	<10
O <sub>2</sub>	% del vol.	< 3
H <sub>2</sub>	% del vol.	<2
CO	% del vol.	< 0,2

Cuadro 38:

Los componentes arriba enumerados son válidos para gases combustibles de origen biógeno. Otros componentes que los arriba especificados (junto a trazas de sustancias) no son usuales en tales gases combustibles.

Si los componentes del gas combustible sobrepasan los valores máximos especificados, tiene que realizarse una consulta a MTU Onsite Energy antes de usar ese gas natural.

### 4.1.3 Liquid Natural Gas (LNG)

#### **Observaciones sobre el Liquid Natural Gas (LNG)**

Ha de observarse que la LNG-Bunker-Delivery-Note en el código IGF define las proporciones de componentes en porcentaje de masa. Esta definición difiere considerablemente de las definiciones usuales en Mol o porcentaje de volumen.

En los tanques LNG está permitido solamente un llenado con LNG de hasta un 90% del volumen del tanque. Cada afluencia de calor en el tanque produce una vaporización de pequeñas cantidades de LNG líquido que se acumula entonces como gas en la fase "Boil Off". La composición del gas Boil-Off depende de la composición de la fase líquida. El porcentaje de N<sub>2</sub> en la fase Boil-Off puede ser 20 veces superior al contenido de nitrógeno en la fase líquida. En general puede contener el gas Boil-Off un 20% en vol. de nitrógeno y un 80% en vol. de metano, así como trazas de etano.

El LNG está limitado conforme a EN1160 a un límite inferior de metano del 75% de porcentaje de masa y a un límite superior de nitrógeno del 5% de porcentaje de masa.

Para evitar efectos Rollover se recomienda el empleo de LNG con porcentajes de nitrógeno <1 Ma.-%.

Como Rollover se denomina la generación de vapor y consecuente aumento de presión a causa del rápido mezclado de diferentes capas de líquido, cuando el líquido de las capas inferiores del tanque están sobrecalentadas en relación con la presión en la cámara de gas superior.

En el LNG no se encuentra ninguna o sólo trazas de CO<sub>2</sub>, dado que el CO<sub>2</sub> se presenta a temperaturas inferiores a -56 °C y con presiones de tanque usuales de 5,2 bares en estado sólido. El CO<sub>2</sub> sublima bajo condiciones de presión normales a -78,5 °C.

#### 4.1.4 Compuestos de silicio y de azufre en el gas combustible

Los compuestos de silicio en el gas producen sedimentaciones y aumentan el desgaste. También producen la desactivación de los catalizadores. No se prestará garantía por daños causados por los compuestos de silicio o de azufre.

Para la determinación de las concentraciones de Si en el aceite lubricante y de su valor límite, véase el capítulo de sustancias lubricantes (→ Página 10).

#### **Determinación de la proporción de silicio y del contenido de azufre en el gas combustible a partir del análisis de gas**

Las concentraciones medidas o el contenido de azufre de los distintos compuestos se multiplican con el porcentaje de masa de Si, S para calcular el contenido de silicio o de azufre.

El resultado se aplica al valor calorífico del gas combustible y se normaliza a un contenido de energía de 10 kWh (se corresponde con 1 m<sup>3</sup> en estado normal CH<sub>4</sub>).

#### **Proporción de silicio medido en el análisis de gas (o concentración de azufre)**

Concentración de azufre en el gas de clarificación	K Si	5,1 mg/m <sup>3</sup> en estado normal
Contenido de CH <sub>4</sub> del gas de clarificación	K CH <sub>4</sub>	65 % del volumen
Valor calorífico del gas de clarificación	Hi <sub>n</sub>	6,5 kWh/m <sup>3</sup> en estado normal

#### **Ejemplo: Concentración calculada del silicio limitada a Hi<sub>n</sub> = 10 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal**

$$K_{Si} \cdot 10 \text{ (kWh/m}^3 \text{ en estado normal)} = K_{Si \text{ medido}} \times \frac{Hi_{n \text{ medido}}}{10 \text{ (kWh/m}^3 \text{ en estado normal)}} =$$

$$5,1 \text{ (mg Si/m}^3 \text{ en estado normal)} \times \frac{6,5}{10} = 3,3 \text{ (mg Si/m}^3 \text{ en estado normal)}$$

## 4.2 Motor de gas BR4000 – Aplicación marina

### 4.2.1 Generalidades

#### Importante

No se prestará garantía en caso de merma y/o daños (corrosión, suciedad, etc.) causados por gases o sustancias cuya existencia no fuera conocida y acordada en el momento de la firma del contrato.

## 4.2.2 Requerimientos al gas combustible

### Requerimientos y condiciones supletorias para motores de gas MTU en aplicación marina

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Tipo de gas		Natural Gas	Válido para gas natural H; actualmente no hay otros gases autorizados.
Número de metano NM	–	$\geq 70$	Según el modelo de construcción, la potencia y el consumo de sustancia combustible pueden hacerse necesarios ajustes. Prestar atención al manual de servicio (datos técnicos). Para valores inferiores es necesaria una consulta al fabricante, así como un análisis de gas. Reducción de la potencia del motor mediante la vigilancia de la detonación. Número de metano calculado según DIN EN 16726.
Valor calorífico $H_{i,n}$	kWh/m <sup>3</sup> n	$9,2 < H_{i,n} < 11,5$	En caso de valores límite inferiores o superiores es necesaria una consulta al fabricante.
Índice de Wobbe $WI_{i,n}^{1), 2)}$	kWh/m <sup>3</sup> n	$11,77 < WI_{i,n} < 14,18$	El índice de Wobbe está en relación con el valor calorífico. No está permitido sobrepasar o quedar por debajo del índice de Wobbe.
Velocidad admisible de modificación del valor calorífico <sup>1)</sup>	kWh/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> /min	0,067	Cambio constante lineal necesario con una frecuencia de cambio de 1/h
Densidad del gas <sup>2)</sup>	kg/m <sup>3</sup> n	0,73 a 0,84	La densidad de gas puede variar según la composición, para un gas determinado es constante. Al usar gases de diferentes zonas de producción pueden producirse cambios de densidad.
Valor mínimo de la presión de gas delante del tramo de regulación de gas	bares(g)	0,5	De relevancia para la marcha en ralentí y la carga reducida. Prestar atención a la especificación del tramo de regulación de gas del proyecto / tipo de motor correspondiente.
Gama de valores permitida para la presión de gas delante del tramo de regulación de gas para la plena potencia de motor y capacidad de aceleración.	bar(g)<supscrpt />	6,0...10,0	Prestar atención a la especificación del tramo de regulación de gas del proyecto / tipo de motor correspondiente.

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Divergencia de la presión de gas del valor de ajuste	bares	±0,5	El valor de ajuste de la presión de gas delante del tramo de regulación de gas no debe bajar por debajo.
Velocidad autorizada de modificación de la presión del gas delante del tramo de regulación de gas	bares/s	0,3	Se requiere una variación continua, tiene validez para un estado dinámico y permanente del motor.
Temperatura del gas	°C	10...40	Condensación del vapor de agua a <10 °C, envejecimiento térmico de materiales NBR (juntas, membranas) e influencia en el comportamiento elástico a temperaturas superiores. En el proceso de arranque tienen igualmente validez las temperaturas mínimas. Prestar atención a la especificación del tramo de regulación de gas del proyecto / tipo de motor correspondiente. Para temperaturas inferiores y superiores se hace necesaria una consulta al fabricante.
Velocidad admisible de modificación de la temperatura del gas	K/min	10	
Agua: Temperatura del punto de condensación	°C	0	Con presión de servicio. Sin condensación del vapor de agua en la gama de presiones y temperaturas. Con valores más altos debe preverse un secado del gas. Válido para la gama completa de temperatura.
Vapores de aceite (HC con índice de carbono >5)	mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	<10	Sin condensación en el gas combustible y en los conductos que transporten mezcla de gas combustible y aire. Ninguna formación de nieblas de aceite condensables.
Vapores de disolvente HC	mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	0	Se requiere una consulta al fabricante y análisis
Silicio ligado orgánicamente (p. ej. silanos, siloxanos, siliconas)	mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> CH <sub>4</sub>	< 1,0	Se requiere una consulta al fabricante y análisis
Silicio ligado inorgánicamente	mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	<5	Con Si >5 mg/m <sup>3</sup> N relativo a 100% CH <sub>4</sub> contenido de gas combustible han de observarse los productos de desgaste en el análisis de aceite.
Polvo 3 - 10 µm	mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	<5	Hoja de datos G260 DVGW
Polvo <3 µm	mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	Análisis	Se requiere un análisis
Sulfuro de hidrógeno	mg/kg	7	DIN 51624

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Azufre total	mg/kg	10	DIN 51624
Cloro	mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	10 <sup>3)</sup>	En caso de valores superiores se requiere una consulta al fabricante y análisis
Flúor	mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	5 <sup>3)</sup>	En caso de valores superiores se requiere una consulta al fabricante y análisis
Cloro + flúor	mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	10 <sup>3)</sup>	En caso de valores superiores se requiere una consulta al fabricante y análisis
NH <sub>3</sub>	ppm	70 <sup>3)</sup>	En caso de valores superiores se requiere una consulta al fabricante y análisis

Cuadro 39:

1) = Valor calorífico

La cantidad de calor que se liberaría al aire al quemar completamente una cierta cantidad de gas, manteniéndose constante la presión p bajo la que procede la reacción y retrayendo todos los productos de combustión a la misma temperatura t como los reactivos. Estando todos estos productos de combustión en estado gaseoso.

La entalpía estándar del valor calorífico y del índice de Wobbe están en relación con una temperatura de 25 °C. Ha de observarse que en la literatura americana se establece una relación con temperaturas de referencia de 15 °C.

La conversión a otras temperaturas de referencia pueden realizarse con EN ISO 6976 o con EN ISO 14912.

2) = Las magnitudes volumétricas están en relación con el estado normalizado según DIN 1343. El estado normalizado es aquel estado de referencia que se determina mediante la temperatura normal  $T_n = 273,15 \text{ K}$  o  $t_n = 0 \text{ °C}$  y la presión normal  $p_n = 101325 \text{ Pa}$  o  $p_n = 1,01325 \text{ bares}$ .

Ha de observarse que en la literatura americana y en los estándares más nuevos como DIN EN16726 la relación de la entalpía estándar para valores caloríficos y de combustión, el índice de Wobbe está referido a 15 °C y las magnitudes volumétricas están determinadas por la temperatura normal  $T_0 = 288,15 \text{ K}$  o  $t_0 = 15 \text{ °C}$  y la presión normal  $p_n = 101325 \text{ Pa}$  o  $p_n = 1,01325 \text{ bares}$ .

3) = Un valor orientativo no vinculante en el uso de convertidores catalíticos de oxidación. Se requiere una consulta a MTU y análisis.

Los límites están referidos a un valor calorífico de 10 kWh/m<sup>3</sup><sub>n</sub>. Esto corresponde a sustancias combustibles con 100 % del volumen Metano, o en caso de presencia de otros componentes combustibles en el combustible, una equivalencia energética del mismo valor y una entrada de contaminantes del mismo valor.



## 4.2.3 Prescripción para el medio en la envoltura del conducto de gas en la aplicación marina

### Aspectos fundamentales

Conforme a IGF 5.5.2 han de realizarse con doble camisa todos los conductos que transporten gas combustible y que estén instalados en una sala de máquinas que cumpla con el "safe machinery concept". Esta envoltura alrededor del conducto de sustancia combustible debe posibilitar con ayuda de un medio y de la correspondiente técnica de medición la detección de fugas de gas combustible. El código IGF prevee para ello fundamentalmente dos posibilidades:

1. Enjuague/ventilación de la envoltura con aire
2. Producción de un nivel de presión mayor que la del gas combustible, en la envoltura alrededor del conducto de sustancia combustible con un gas inerte.

El sistema de gas del motor marino de MTU está concebido para funcionar con las dos variantes. El tramo de regulación de gas puede emplearse sólo con la concepción de barrido de aire. En este caso los medios en la envoltura alrededor del conducto de gas están especificados como sigue:

#### 1. Concepción con barrido de aire

Denominación	Unidad	Valor límite	Observaciones
Tipo de medio		Aire	Aspiración a través de una conducción de aire separada desde el exterior del buque
Temperatura del medio entrada motor	°C	0-50	
Humedad del aire (abs)	g <sub>Aire</sub> /kg <sub>Aire seco</sub>	37,7	
Contenido de sal del aire aspirado	ppm	50	
Caudal volumétrico	m <sup>3</sup> /h	11,5 - 30	El valor límite inferior se orienta al volumen máximo junto al tramo de regulación de gas y a los tubos de alimentación. El valor límite inferior asegura el cambio mínimo de aire/hora. El valor límite superior no debe sobrepasarse para evitar pérdidas altas de presión.

Cuadro 40:

#### 2. Concepción con sobrepresión de gas inerte

Denominación	Unidad	Valor límite	Observaciones
Tipo de medio		Nitrógeno	Nitrógeno de un generador o de botellas
Temperatura del medio entrada motor	°C	0-80	
Contenido de agua	% del volumen	≤ 50	Valor para nitrógeno 2,8
Pureza del nitrógeno	% del volumen	≥ 99,8	Valor para nitrógeno 2,8
Contenido de oxígeno	% del volumen	≤ 100	Valor para nitrógeno 2,8

Denominación	Unidad	Valor límite	Observaciones
Gama de presión del medio	bares (abs)	< 11	
Volumen de la envoltura en el motor (sin tramo de regulación de gas) (de doble camisa)	m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	0,079 - 0,095	
Fuga	g <sub>Nitrógeno</sub> /h	1 - 1,5	Sirve para el dimensionamiento del volumen de rellenado/intervalos

*Cuadro 41:*

Los detalles para la integración en el sistema de gas y propuestas de realización para la supervisión y disposición de cada componente están documentados en el Safety-Concept, en los dibujos esquemáticos Safety y en las prescripciones de montaje.

## 4.3 Motor de gas BR4000 – Aplicación en generador y grupo electrógeno

### 4.3.1 Generalidades

#### Importante

No se prestará garantía en caso de merma y/o daños (corrosión, suciedad, etc.) causados por gases o sustancias cuya existencia no fuera conocida y acordada en el momento de la firma del contrato.

## 4.3.2 Gas natural – Requerimientos al gas natural

### Requerimientos al gas combustible

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Tipo de gas		Gas natural	Tiene validez para gas natural H, L y gas de veta de carbón de yacimientos no explotados (pre mining Coal Bed Methane). Actualmente no hay otros gases autorizados.
Cambio del número de metano	-/min.	5	Cambio constante lineal con una frecuencia máxima de 1/h
Valor calorífico $H_{i,n}$	kWh/m <sup>3</sup> en marcha normal	$8,0 < H_{i,n} < 11,0$	Para valores más bajos y más altos es necesario consultar a fábrica
Oscilación del poder calorífico respecto al valor de ajuste	%	$\pm 5$	Para valores más altos es necesario consultar a fábrica
Velocidad admisible de modificación del valor calorífico respecto al valor de ajuste	%/min.	1,0	Cambio constante lineal necesario con una frecuencia máxima de 1/h
Densidad del gas	kg/m <sup>3</sup> en marcha normal	0,73 a 0,84	La densidad del gas puede oscilar dependiendo de la composición y es constante para cada tipo de gas determinado. Al usar gases de diferentes zonas de producción pueden producirse cambios de densidad. En caso de cambiar el suministrador, es necesario realizar un análisis del gas y, en caso necesario, adaptar la regulación de mezcla.
Oscilaciones de la presión del gas respecto al valor de ajuste	%	$\pm 5$	
Velocidad autorizada de modificación de la presión del gas	mbares/min.	1	Requiere modificación constante
* = Para motores con tratamiento posterior y/o aprovechamiento de los gases de escape, pueden ser de aplicación valores límite inferiores. Si se utilizan catalizadores de oxidación, debe realizarse un análisis y consultar a MTU.			

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Temperatura de gas Gas natural de la red de suministro pública	°C	5 < T < 45	Si existe peligro de que la temperatura descienda por debajo del punto de condensación, se deberá aumentar la temperatura del gas. Si se utilizan otras temperaturas, existe peligro de alteración térmica de los materiales NBR (juntas, membranas), así como de influir en el comportamiento elástico.
Gas natural de instalaciones locales de evaporación GNL		15 < T < 45	Determinadas combinaciones de presión y de valor calorífico pueden limitar la gama de temperatura. Esto puede compensarse por medio de un ajuste de presión, para que este garantizado el servicio a carga nominal en la gama completa de temperatura. En las instalaciones que utilizan GNL, la gama de temperatura admisible debe acordarse en función del proyecto. La ejecución de la evaporación de gas debe ser valorada por MTU.
Oscilación de la temperatura del gas respecto al valor de ajuste	°C	± 9	
Velocidad admisible de modificación de la temperatura del gas	K/min.	0,3	
Humedad relativa del gas dentro de la gama de temperatura y presión admisible	%	< 80	No se permite condensación en ningún punto del sistema de gas y de mezcla. Sin condensación del vapor de agua en la gama de presión y temperatura.
Humedad máx. del gas, absoluta	g/kg	< 20	Sin condensación en los conductos y recipientes de gas combustible y de la mezcla de aire y gas combustible.
Aceites / vapores de aceite (HC con número de carbono > 8)	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	< 0,4	Sin condensación en los conductos de gas combustible y de la mezcla de aire y gas combustible, así como formación de nieblas de aceite condensables
Hidrocarburos de cadena larga (C <sub>6</sub> - C <sub>n</sub> )	mol %	K.A.	Es preciso consultar a MTU
Vapores de disolvente HC	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	0	Se requiere consulta a fábrica y análisis
Silicio ligado orgánicamente	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	< 1,0	
* = Para motores con tratamiento posterior y/o aprovechamiento de los gases de escape, pueden ser de aplicación valores límite inferiores. Si se utilizan catalizadores de oxidación, debe realizarse un análisis y consultar a MTU.			

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Silicio ligado inorgánicamente	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	< 6	Con Si > 5 mg/m <sup>3</sup> en estado normal para un 100 % de contenido de gas combustible CH <sub>4</sub> , deben tomarse en consideración los productos de desgaste en el análisis del aceite
Polvo 3 a 10 µm	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	5	Hoja de cálculo G260 DVGW El polvo debe quitarse de forma que se garantice el correcto funcionamiento de los aparatos de gas y de los dispositivos técnicos de gas, con construcción normalizada o convencional.
Polvo < 3 µm	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	Técnicamente libre	Polvo < 3 µm ha de valorarse mediante un análisis técnico y, en caso necesario, se deberán utilizar filtros especiales adecuados.
Azufre total	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	30	Hoja de cálculo G260 DVGW
Azufre mercaptano	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	6	Hoja de cálculo G260 DVGW
Ácido sulfhídrico H <sub>2</sub> S	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	5	Hoja de cálculo G260 DVGW
Cloro	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	10*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica
Flúor	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	5*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica
Cloro + flúor	mg/m <sup>3</sup> en marcha normal	10*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica
NH <sub>3</sub>	ppm	70*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica

\* = Para motores con tratamiento posterior y/o aprovechamiento de los gases de escape, pueden ser de aplicación valores límite inferiores. Si se utilizan catalizadores de oxidación, debe realizarse un análisis y consultar a MTU.

*Cuadro 42: Requerimientos y condiciones supletorias para la sustancia combustible gas natural y el correspondiente abastecimiento de sustancia combustible*

Todos los valores límite de contaminantes enumerados (en ppm y mg/m<sup>3</sup>) están en relación con un valor calorífico de 10 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal. Esto corresponde a combustibles con 100 % del volumen Metano, o en caso de presencia de otros componentes combustibles en el combustible, una equivalencia energética del mismo valor y una entrada de contaminantes del mismo valor.

#### **Ejemplo:**

- Se utiliza gas natural ruso con un valor calorífico de 10 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal. De esta forma, el valor autorizado de azufre total en el gas se corresponde exactamente con el valor límite indicado en la tabla.
- Si se utiliza un gas, por ejemplo del este de Hannover, con Hi,n = 8,15 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal, se calcula el valor máximo de contenido total en azufre de la siguiente forma:  
Contenido total en azufre autorizado = 30 mg/m<sup>3</sup> en estado normal · (8,15 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal : 10,0 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal) = 24,5 mg/m<sup>3</sup> en estado normal

### 4.3.3 Biogás - Requerimientos al gas combustible

#### Requerimientos a la sustancia combustible biogás

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Tipo de gas		Gases biógenos de procesos de fermentación	
Número de metano NM	–	≥ 115	En caso de no alcanzarse, peligro de combustión con golpeteo. Es necesario un análisis de gas y una consulta a fábrica
Valor calorífico $H_{i,n}$	kWh/m <sup>3</sup> en estado normal	4,5 < $H_{i,n}$ < 8,0	Para valores más bajos y más altos es necesario consultar a fábrica
Oscilación del poder calorífico respecto al valor de ajuste	%	± 20	Para valores más altos es necesario consultar a fábrica
Velocidad máxima de cambio del valor calorífico al valor de ajuste en condiciones de servicio	%/min.	1	< 1/ h permitido En estado normal
Cambio rápido del valor calorífico durante los procesos de arranque y puesta en marcha	%/min.	< 10,0	Permitido con una frecuencia de < 1/ h
Densidad del gas	kg/m <sup>3</sup> en estado normal	0,93 a 1,40	La densidad del gas puede fluctuar según la composición. En caso de variaciones en el sustrato principal y/o variación significativa en la proporción de mezcla del sustrato, es necesario realizar un análisis del gas y, en caso necesario, adaptar la regulación de mezcla.
Oscilación de la presión del gas respecto al valor de ajuste	%	± 10	Es válido para la entrada de gas en la válvula de dosificación de gas del lado del motor
Velocidad autorizada de modificación de la presión del gas	mbares/min.	1	Es válido para la entrada de gas en la válvula de dosificación de gas del lado del motor

\* = estos valores son de referencia no vinculantes para los motores de la serie 4000; en unidades con tratamiento posterior de los gases de escape pueden regir valores límite más bajos.

\*\* = en el motor 20V4000L32FB son válidos valores inferiores. Es necesaria una consulta a fábrica.

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Temperatura de gas	°C	$5 < t < 45$	No se autorizan transiciones de fase en la mezcla aire-gas de combustión durante el funcionamiento del motor. Si existe peligro de que la temperatura descienda por debajo del punto de condensación, se deberá aumentar la temperatura del gas. Si se producen diferencias en las temperaturas, existe peligro de envejecimiento térmico para los materiales NBR (juntas, membranas) y de que se vea afectado el comportamiento elástico con temperaturas altas. Los valores límite son válidos para la entrada de gas en la válvula de dosificación de gas del lado del motor
Oscilación de la temperatura del gas respecto al valor de ajuste	°C	$\pm 15$	Es válido para la entrada de gas en la válvula de dosificación de gas del lado del motor
Velocidad admisible de modificación de la temperatura del gas	K/min.	0,3	Es válido para la entrada de gas en la válvula de dosificación de gas del lado del motor
Humedad relativa del gas dentro de la gama de temperatura y presión admisible	%	$< 80$	No se permite condensación en ningún punto del sistema de gas y de mezcla Sin condensación del vapor de agua en la gama de presiones y temperaturas.
Humedad máx. del gas, absoluta	g/kg	$< 28$	Sin condensación en los conductos de transporte y recipientes de gas combustible y de la mezcla de aire y gas combustible. Con valores más altos o si existe peligro de condensación en la gama de servicio de la presión y la temperatura, debe procurarse un secado del gas. Sin transiciones de fase en la mezcla de aire-gas de combustión durante el funcionamiento del motor en la gama de presión y temperatura, con valores más altos debe preverse un secado del gas.
Aceites / vapores de aceite	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	$< 0,4$	Sin condensación en los conductos de gas combustible y de la mezcla de aire y gas combustible, y formación de nieblas de aceite condensables.
Vapores de disolvente HC	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	0	
Silicio procedente de compuestos orgánicos	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	$< 4^*$	Con Si $> 2$ mg/m <sup>3</sup> en estado normal en relación con un 100 % de contenido de gas combustible CH <sub>4</sub> , deben tomarse en consideración los productos de desgaste en el análisis del aceite.
Silicio ligado inorgánicamente	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	$< 2^*$	

\* = estos valores son de referencia no vinculantes para los motores de la serie 4000; en unidades con tratamiento posterior de los gases de escape pueden regir valores límite más bajos.

\*\* = en el motor 20V4000L32FB son válidos valores inferiores. Es necesaria una consulta a fábrica.



Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Polvo 3 a 10 µm	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	5	Hoja de cálculo G260 DVGW El polvo debe quitarse de forma que se garantice el correcto funcionamiento de los aparatos de gas y de los dispositivos técnicos de gas, con construcción normalizada o convencional. Si el polvo < 3 µm, deberá realizarse un análisis técnico de evaluación y, en caso necesario, se deberán utilizar filtros especiales adecuados.
Polvo < 3 µm	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	Técnicamente libre	
Silicio procedente de compuestos orgánicos e inorgánicos	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	6*	
Azufre total	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	800* / **	
Azufre mercaptano	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	4*	
Ácido sulfhídrico H <sub>2</sub> S	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	850*	
Suma de todos los compuestos de cloro y flúor	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	≤ 40*	
Cloro	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	≤ 40*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica
Flúor		≤ 20*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica
NH <sub>3</sub>	ppm	70*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica

\* = estos valores son de referencia no vinculantes para los motores de la serie 4000; en unidades con tratamiento posterior de los gases de escape pueden regir valores límite más bajos.  
\*\* = en el motor 20V4000L32FB son válidos valores inferiores. Es necesaria una consulta a fábrica.

*Cuadro 43: Requerimientos y condiciones supletorias para la sustancia combustible biogás y el correspondiente abastecimiento de sustancia combustible*

Al utilizar la serie 4000 en grupos electrógenos con y sin acoplamiento térmico de los gases de escape y/o sistemas de postratamiento de los gases de escape, se deben considerar las indicaciones del fabricante correspondiente.

### Requerimientos a la sustancia combustible "biogás ligeramente contaminado"

Los siguientes valores límite definen el "biogás ligeramente contaminado". El resto de valores límite para el biogás ligeramente contaminado corresponden a los valores límite generales para el biogás (→ Cuadro 43).

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Silicio procedente de compuestos orgánicos	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	< 1*	Con Si > 2 mg/m <sup>3</sup> en estado normal en relación con un 100 % de contenido de gas combustible CH <sub>4</sub> , deben tomarse en consideración los productos de desgaste en el análisis del aceite.
Silicio ligado inorgánicamente	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	< 0,5*	

\* = estos valores son de referencia no vinculantes para los motores de la serie 4000; en unidades con tratamiento posterior de los gases de escape pueden regir valores límite más bajos (→ Cuadro 45).

Denominación	Unidad	Valor límite	Observación
Silicio procedente de compuestos orgánicos e inorgánicos	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	1,5*	
Azufre total	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	140*	
Azufre mercaptano	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	1*	
Ácido sulfhídrico H <sub>2</sub> S	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	150*	
Suma de todos los compuestos de cloro y flúor	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	≤ 8*	
Cloro	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	≤ 8*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica
Flúor		≤ 4*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica
NH <sub>3</sub>	ppm	14*	Con valores superiores se requiere un análisis y una consulta a fábrica
* = estos valores son de referencia no vinculantes para los motores de la serie 4000; en unidades con tratamiento posterior de los gases de escape pueden regir valores límite más bajos (→ Cuadro 45).			

Cuadro 44: Requerimientos y condiciones supletorias para la sustancia combustible "biogás ligeramente contaminado" y el correspondiente abastecimiento de sustancia combustible

Todos los valores límite de contaminantes enumerados (en ppm y mg/m<sup>3</sup>) están en relación con un valor calorífico de 10 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal. Esto corresponde a sustancias combustibles con 100 % del volumen Metano, o en caso de presencia de otros componentes combustibles en la sustancia combustible, una equivalencia energética del mismo valor y una entrada de contaminantes del mismo valor.

#### Ejemplo:

- Se utiliza gas natural ruso con una potencia calorífica de 10 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal. De esta forma, el valor autorizado de azufre total en el gas se corresponde exactamente con el valor límite indicado en la tabla.
- Si se utiliza un gas, por ejemplo del este de Hannover, con  $H_{i,n} = 8,15 \text{ kWh/m}^3$  en estado normal, se calcula el valor máximo de contenido total en azufre de la siguiente forma:  
 Contenido total en azufre autorizado =  $30 \text{ mg/m}^3$  en estado normal · ( $8,15 \text{ kWh/m}^3$  en estado normal :  $10,0 \text{ kWh/m}^3$  en estado normal) =  $24,5 \text{ mg/m}^3$  en estado normal

### Concentraciones de contaminantes en el combustible (con tratamiento posterior de gases de escape / aprovechamiento del calor de gas de escape)

Según la aplicación deben respetarse las siguientes concentraciones de contaminantes máximas autorizadas en el combustible:

Denominación	Unidad	Convertidor catalítico de oxidación / aprovechamiento del calor de gas de escape		
		Sin* / 180 °C / sin	Con / 120 °C / 180 °C	Con / Sin
Suma de todos los compuestos de azufre (calculado como S)	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	800	20	200
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	ppm	550	7	70
* = para el "biogás ligeramente contaminado" tienen validez valores inferiores correspondientes (→ Cuadro 44).				

Denominación	Unidad	Convertidor catalítico de oxidación / aprovechamiento del calor de gas de escape		
		Sin* / 180 °C / sin	Con / 120 °C / 180 °C	Con / Sin
Suma de todos los compuestos de cloro (calculado como Cl)	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	40	0,5	0,5
Suma de todos los compuestos de flúor (calculado como F)	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	40	0,5	0,5
Suma de todos los compuestos de silicio (calculado como Si)	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	5	0	0
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	ppm	30	30	30
Metales pesados (Pb, Hg, As, Sb, Cd)	µg/m <sup>3</sup> en estado normal	Bajo demanda	10	10

\*= para el "biogás ligeramente contaminado" tienen validez valores inferiores correspondientes (→ Cuadro 44).

Cuadro 45: Concentraciones de contaminantes en el combustible

## 4.4 Motor de gas BR400 – Grupo electrógeno

### 4.4.1 Gas natural – Valores del combustible

#### Valores del combustible que deben mantenerse

Los siguientes valores del combustible deben respetarse en la entrada del tramo de regulación de gas (volumen de suministro de MTU Onsite Energy):

Denominación	Unidad	Valor límite
Número mínimo de metano	Véase la descripción técnica	
Valor calorífico mínimo	Véase la descripción técnica	
Velocidad de variación del valor calorífico	% por min.	<1
Velocidad de variación del número de metano	NM por min.	<5
Presión mínima de flujo de gas (sobrepresión)	mbares	<20
Presión máxima de flujo de gas (sobrepresión)	mbares	< 50
Fluctuaciones máx. de presión del gas (picos de fluctuación regulados)	mbares	±5
Velocidad máx. de variación de la presión del gas	mbares/s	<1
Temperatura de gas	°C	5 a 45
Porcentaje máx. de vapor de agua	% del vol.	< 0,5
Partículas de polvo > 3 µm	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	<5
Componentes aceitosos	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	<0,4

Cuadro 46: Valores del combustible que deben mantenerse

No debe haber componentes corrosivos, con excepción de un contenido de azufre total de máximo 30 mg/m<sup>3</sup> en estado normal, brevemente 150 mg/m<sup>3</sup> en estado normal (equivalente a DVGW hoja G 260).

Atención: El filtro de gas suministrado (50 µm) en la entrada del tramo de regulación de gas no asegura el límite de polvo de arriba y sirve sólo para proteger las valvulerías de gas.

#### 4.4.2 Biogás – Valores del combustible

No es posible evitar fluctuaciones en la calidad del gas del biogás, de los gases de colector y de vertedero, así como tampoco la presencia de suciedades perjudiciales.

Sin embargo, para posibilitar un funcionamiento sin averías y evitar daños es necesario mantener unos determinados límites.

Si durante la puesta en marcha se pone de manifiesto que no se dispone de la calidad requerida del combustible, se reserva MTU Onsite Energy GmbH el derecho a facturar los costes de la puesta en marcha cancelada.

El cumplimiento de lo indicado en la hoja de datos sobre consumo y emisiones es aplicable sólo a las composiciones de referencia indicadas para biogás, gases de colector y de vertedero. La proporción de volumen de CO<sub>2</sub> / CH<sub>4</sub> es un factor significativo en ello.

##### Importante

Los componentes / valores límite de la lista son relevantes para motores de biogás. No se autorizan otros componentes o valores límite.

#### Valores del combustible que deben mantenerse

Los siguientes valores del combustible deben respetarse en la entrada del tramo de regulación de gas (volumen de suministro de MTU Onsite Energy):

Denominación	Unidad	Valor límite
Número mínimo de metano	Véase la descripción técnica	
Valor calorífico mínimo		
Velocidad de variación del valor calorífico	% por min.	1
Velocidad de variación del número de metano	NM por min.	5
Proporción de volumen CO <sub>2</sub> / CH <sub>4</sub>	-	≤ 0,65
Contenido en metano, húmedo	% del vol.	Véanse los datos técnicos
Presión mínima de flujo de gas (sobrepresión)	mbares	30
Presión máxima de flujo de gas (sobrepresión)	mbares	50
Fluctuaciones máx. de presión del gas (picos de fluctuación regulados)	mbares	±5
Velocidad máx. de variación de la presión del gas	mbares/s	1
Temperatura máx. del gas (sin deriva térmica)	°C	35
Contenido máx. de oxígeno	% del vol.	2
Porcentaje máx. de vapor de agua	% del vol.	3,1
Enfriamiento del gas a un mínimo de	°C	< 25
Partículas de polvo > 3 µm	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	5
Componentes aceitosos	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	0,4

Cuadro 47: Valores del combustible que deben mantenerse

AVISO: El filtro de gas suministrado (50 µm) en la entrada del tramo de regulación de gas no asegura el límite de polvo de arriba y sirve sólo para proteger las valvulerías de gas.

### 4.4.3 Impurezas perjudiciales

Según la aplicación, deben respetarse los siguientes valores máximos para impurezas permitidos en el combustible:

Denominación	Unidad	Convertidor catalítico de oxidación / aprovechamiento del calor de gas de escape					
		Sin / 180 °C / sin		Con EMK* / 120 °C / 180 °C	Con EMK* / Sin	Con SRK** / 180 °C	Con SRK** / Sin
		Biogás	Biogás ligeramente contaminado	20 mg/m <sup>3</sup> en estado normal HCHO		30 mg/m <sup>3</sup> en estado normal HCHO	
Suma de todos los compuestos de azufre (S)	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	1200	140	20	200	70	140
Corresponde al sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	ppm	840	50	14	140	50	100
Suma de todos los compuestos de cloro (Cl)	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	100	8	0,5	0,5	0,5	0,5
Suma de todos los compuestos de flúor (F)	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	50	8	0,5	0,5	0,5	0,5
Suma de todos los compuestos de silicio (Si)	mg/m <sup>3</sup> en estado normal	5	4	0	0	0	0
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	ppm	60	14	60	60	60	60
Metales pesados (Pb, Hg, As, Sb, Cd)	µg/m <sup>3</sup> en estado normal	Bajo solitud	Bajo solitud	10	10	10	10

\* EMK = catalizador de metal noble  
\*\* SRK = catalizador resistente al azufre

Cuadro 48: Concentraciones de contaminantes en el combustible

Todos los valores límite de contaminantes enumerados (en ppm y mg/m<sup>3</sup>) están en relación con un valor calorífico de 10 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal. Esto corresponde a sustancias combustibles con 100 % del volumen Metano, o en caso de presencia de otros componentes combustibles en la sustancia combustible, una equivalencia energética del mismo valor y con ello una entrada de contaminantes del mismo valor.

#### Ejemplo:

- Se utiliza gas natural ruso con un valor calorífico de 10 kWh/m<sup>3</sup> en estado normal. De esta forma, el valor autorizado de azufre total en el gas corresponde exactamente al valor límite indicado en la tabla.
- Si se utiliza un gas, por ejemplo del este de Hannover, con  $H_{i,n} = 8,15 \text{ kWh/m}^3$  en estado normal, se calcula el valor máximo de contenido total en azufre de la siguiente forma:  
 Contenido total en azufre autorizado =  $30 \text{ mg/m}^3$  en estado normal ·  $(8,15 \text{ kWh/m}^3$  en estado normal :  $10,0 \text{ kWh/m}^3$  en estado normal) =  $24,5 \text{ mg/m}^3$  en estado normal

Con una calidad del gas crudo por encima de los valores límite de azufre, debe instalarse un equipo de desulfuración diseñado para la calidad del gas de la instalación.

Con el catalizador de oxidación especial de MTU resistente al azufre, es posible un funcionamiento sin desulfuración fina respetando límites de azufre en el combustible especificados.

Si estos valores límite se sobrepasan durante el servicio, el aprovechamiento del calor de los gases de escape incrementa la formación de depósitos corrosivos. Debido a estos depósitos se pueden producir daños que provoquen un fallo total de los componentes. Por ello se hace necesaria una limpieza anterior del intercambiador de calor de gas de escape.

Debido a las variaciones posibles en el contenido de azufre, no puede ofrecer MTU, en la práctica, garantías respecto a los intervalos de limpieza.

Con el servicio con catalizador de oxidación sin aprovechamiento del calor del gas de escape, la temperatura del gas de escape en la salida de humos debe estar con seguridad por encima de 300 °C. En caso necesario debe aislarse la tubería de humos.

# 5 Sistemas de tratamiento posterior de gases de escape

## 5.1 Generalidades

Para la reducción de las emisiones de gas de escape en motores de servicio estequiométrico ( $\Lambda = 1$ , sin exceso de aire) se emplean catalizadores de 3 vías.

Para la reducción de las emisiones de gas de escape relacionadas con productos de combustión no completamente quemados se emplean en motores con servicio de mezcla pobre (servicio con exceso de aire) convertidores catalíticos de oxidación.

Para una reducción adicional de emisiones de NOx pueden utilizarse catalizadores SCR (Selective Catalytic Reduction). Estos catalizadores reducen las emisiones de óxido de nitrógeno con ayuda de un agente reductor (solución de urea con una proporción de urea del 32,5 %).

Para poder garantizar la funcionalidad de los catalizadores durante un tiempo de utilización determinado, deben cumplirse todas las especificaciones de la prescripción para sustancias de servicio (respecto a combustibles, aire de aspiración, aceites lubricantes).



## 5.2 Agente reductor de NOx AUS 32 para instalaciones de tratamiento posterior de gases de escape SCR

Para asegurar la efectividad del sistema de tratamiento posterior de gases de escape es absolutamente imprescindible que el agente reductor cumpla las exigencias de calidad estipulados por la norma DIN 70070 / ISO 222 41-1.

En Europa se denomina frecuentemente este agente reductor con el nombre comercial de “AdBlue”.

Los procedimientos de verificación para determinar la calidad y las características del agente reductor se describen en las normas DIN 70071 / ISO 222 41-2. La siguiente tabla (→ Cuadro 49) muestra las características de calidad y los procedimientos correspondientes de verificación del agente reductor (extracto de la norma ISO 222 41-1).

### Importante

Los sistemas SCR de MTU están por regla concebidos para una concentración de urea del 32,5 %. El empleo de agentes reductores NOx con otras concentraciones de urea (AUS 40, AUS 48) requiere de otra concepción de los sistemas dosificadores. Sistemas que estén concebidos de tal manera tienen que operarse con la concentración debidamente adaptada.

Las exigencias de pureza al agente reductor corresponden entonces a las de las normas para AUS 32

### Importante

Por norma general no está autorizado el empleo de aditivos anticongelantes en AUS 32, denominada también como urea de invierno.

### Características de calidad y procedimientos de verificación del agente reductor

	Unidad	Procedimientos de verificación ISO	Valores límite
Contenido de urea	% del peso	22241B -2 anexo B	31,8 a 33,2
Densidad a 20 °C	kg/m <sup>3</sup>	3675 12185	1087,0 a 1092,0
Índice de refracción a 20 °C		22241-2 anexo C	1,3817 a 1,3840
Alcalinidad en NH <sub>3</sub>	% del peso	22241-2 anexo D	0,2 como máximo
Contenido de amina alofánica	% del peso	22241-2 anexo E	0,3 como máximo
Contenido de aldehidos	mg/kg	22241-2 anexo F	5 como máximo
Componentes insolubles	mg/kg	22241-2 anexo G	20 como máximo
Contenido de fosfatos en PO <sub>4</sub>	mg/kg	22241B -2 anexo B	0,5 como máximo
Contenido de metales		22241B -2 anexo I	
Calcio	mg/kg		0,5 como máximo
Hierro	mg/kg		0,5 como máximo
Cobre	mg/kg		0,2 como máximo
Cinc	mg/kg		0,2 como máximo
Cromo	mg/kg		0,2 como máximo
Níquel	mg/kg		0,2 como máximo
Aluminio	mg/kg		0,5 como máximo
Magnesio	mg/kg		0,5 como máximo
Sodio	mg/kg		0,5 como máximo

	Unidad	Procedimientos de verificación ISO	Valores límite
Potasio	mg/kg		0,5 como máximo
Identidad			idéntico a la muestra de comparación

Cuadro 49: Características de calidad y procedimientos de verificación del agente reductor

### Almacenamiento de agentes reductores

Las indicaciones para el almacenamiento/embalaje/transporte, así como los materiales apropiados/inapropiados en el circuito de agente reductor, se encuentran en la norma ISO 222 41-3. Observar en ello también las especificaciones del fabricante.

Debe evitarse la irradiación solar directa, porque favorece la creación de microorganismos y la descomposición del agente reductor.

Almacenar y transportar el agente reductor AUS 32, en lo posible, entre -5 y +25 °C para evitar una pérdida de calidad. Un almacenamiento a temperaturas superiores de 25 °C puede llevar a la descomposición del agente reductor.

Temperatura constante de almacenamiento máxima [°C]	Durabilidad mínima de almacenaje [meses]
≤ 10	36
≤ 25	18
≤ 30	12
≤ 35	6
> 35	Controlar cada lote antes de su uso

Cuadro 50: Temperatura de almacenamiento de agentes reductores

Importante
El agente reductor cristaliza a -11 °C.

## 5.3 Condensado de gases de escape

### Importante

Cerciorarse de que las sustancias de servicio se recojan en recipientes colectores de suficiente tamaño. Eliminar las sustancias de servicio según las normas específicas del país. No desechar el aceite usado en el depósito de combustible ni quemándolo.

Durante la combustión de combustible en el motor se produce, además del dióxido de carbono y vapor de agua, también óxido de nitrógeno NOx. Estos se transforman en los componentes postconectados, con la presencia de agua condensada, en ácidos nitrosos. Pueden generarse igualmente otros ácidos orgánicos e inorgánicos, como ácido sulfúrico o ácido sulfuroso, según la composición del combustible. Por este motivo, las muestras de condensado presentan un olor ligeramente penetrante, y hierro disuelto como producto de corrosión. La concentración de iones de hidrógeno, es decir, el valor pH de estas muestras de condensado, está por regla general en un margen ácido de débil a fuerte con un pH = aprox. 0,5 a 4.

El punto de condensación del agua del gas de escape depende de la composición del gas combustible utilizado, así como de la razón de aire con la que se opera el motor. El punto de condensación del agua es de unos 50 °C (motores de mezcla pobre) a 80 °C ( $\Lambda = 1$ ). La formación de condensado se inicia, sin embargo y según el componente generador de ácido, a temperaturas de gas de escape por debajo de aprox. 170 °C (punto de condensación del ácido).

En teoría, de 1 m<sup>3</sup> en estado normal de gas natural se puede generar 1,5 kg de condensado. Con el enfriamiento del gas de escape a temperaturas de aprox. 100 °C se originan sólo en procesos de arranque cantidades de condensado significativas. Con un mayor enfriamiento de las temperaturas del gas de escape (por debajo de T = ca. 80 °C) comienza a originarse condensado continuamente.

Para limitar la producción de condensado (en el intercambiador de calor del gas de escape o en el silenciador de gas de escape postconectado), se debe asegurar en unidades con refrigeración de gas de escape lo siguiente:

- Que las temperaturas del gas de escape en el intercambiador de calor de gas de escape no se refrigeren a menos de 110 °C
- Que los conductos de gas de escape estén aislados adecuadamente
- Que la relación entre el número de arranques de máquina y las horas de servicio sea la menor posible (se recomiendan valores de promedio menores a „un arranque“ por cada cuatro horas de servicio).

A ser posible, no unir conductos de condensado de diferentes componentes delante del sifón (o „interceptor hidráulico“), pues si no, se origina durante el servicio continuamente condensado a razón de la circulación en el conducto de condensado.

Para el condensado tiene que preverse una salida libre por sifón (o „interceptor hidráulico“) con una altura de al menos 400 mm. En todo caso, tiene que encontrarse la salida a más de 100 mm columna de agua por encima de la correspondiente contrapresión de gas de escape máxima permitida de la máquina. De esta forma se evita que salga gas de escape por el conducto de condensado. El condensado de gas de escape debe ser neutralizado en una instalación de neutralización antes de introducirse en la red de desagüe. Adicionalmente es necesario un separador de aceite.

La salida de condensado debe controlarse en servicio regularmente y ser asegurada contra la congelación en invierno.

El condensado de gases de escape sólo puede evacuarse a la canalización sin tratamiento tras tener el consentimiento de las autoridades locales de aguas residuales, y en ningún caso debe evacuarse al aire libre. Los municipios o los organismos encargados por estos para ello en Alemania están obligados a hacerse cargo de las aguas residuales, a las que puede contarse también el condensado. La clasificación del condensado en la categoría "desechos especiales" es posible.

# 6 Prescripciones de enjuague y limpieza para circuitos de líquido refrigerante del motor

## 6.1 Generalidades

Con el paso del tiempo pueden producirse en los circuitos de líquido refrigerante depósitos de lodo por envejecimiento del aditivo de líquido refrigerante. Como consecuencia puede darse una reducción de la potencia refrigerante, obstrucciones en las tuberías de purga de aire y en los puntos de evacuación de agua, así como suciedad en las mirillas de observación del nivel de agua.

En caso de calidad insuficiente del agua o tratamiento deficiente de la misma, puede estar también muy sucio el circuito de refrigeración.

Si se presentan tales anomalías, el circuito de líquido refrigerante deberá ser enjuagado con agua fresca, y en caso dado, varias veces.

Si tales enjuagues no producen los resultados esperados o si el circuito de líquido refrigerante está excesivamente sucio, deberán limpiarse el circuito de líquido refrigerante y los grupos de construcción afectados.

Para el enjuague se utilizará exclusivamente agua fresca limpia (y no agua de río o agua de mar).

Para la limpieza deben utilizarse únicamente productos autorizados por MTU o productos equivalentes en la concentración de uso prescrita, véase (→ Página 85). Se respetará el procedimiento prescrito.

Los circuitos de líquido refrigerante deben llenarse siempre inmediatamente después del enjuague o de la limpieza con líquido refrigerante de motor tratado de acuerdo con las prescripciones para sustancias de servicio MTU actuales. ¡En caso contrario hay peligro de corrosión!

### Importante

Las sustancias de servicio (líquido refrigerante de motor tratado), el agua de enjuague usada, los productos de limpieza y los disolventes de limpieza pueden ser sustancias peligrosas. Para el manejo, así como el almacenamiento y la eliminación de residuos de dichas materias, hay que atenerse a ciertas normas. Estas normas resultan de los datos del fabricante, de las disposiciones legales y de los reglamentos técnicos vigentes en el país. Como entre los distintos países pueden existir diferencias importantes, no es posible indicar en el marco de estas prescripciones de enjuague y limpieza y con carácter de validez general, las normas que han de tenerse en cuenta. Por esta razón, el usuario de los productos aquí indicados está obligado a informarse él mismo sobre las disposiciones vigentes. MTU no asume responsabilidad alguna en caso de un empleo inapropiado o ilegal de las sustancias de servicio y productos de limpieza autorizados por ella.

### Importante

Los intercambiadores de calor de aceite de motores con cojinetes o pistones gripados o agarrotados, deben desguazarse.

## Equipos de comprobación, medios auxiliares y sustancias de servicio

Maletín de pruebas MTU o aparato eléctrico medidor del valor pH

Medios auxiliares requeridos:

- Aire comprimido
- Vapor recalentado

Sustancias de servicio requeridas:

- Agua fresca
- Líquido refrigerante de motor tratado

## 6.2 Detergentes autorizados

Fabricante	Designación del producto	Concentración de uso		Número de pedido
<b>Para circuitos de líquido refrigerante:</b>				
Kluthe	Hakutex 111 <sup>1, 5)</sup>	2% del volumen	Líquido	X00065751
	Hakupur 50-706-3 <sup>10)</sup>	2% del volumen	Líquido	X00055629
<b>Para grupos de construcción:</b>				
Henkel	Bonderite C-AK FD <sup>2)</sup>	1 a 10 % en peso	Polvo	<sup>7)</sup>
	Bonderite C-MC 11120 <sup>3)</sup>	2 a 10 % en peso	Polvo	<sup>7)</sup>
Kluthe	Hakutex 60 MTU	100% del volumen	Líquido	X00070585 (25 kg)
<b>Para circuitos de refrigeración que hayan sufrido una infestación de bacterias, fermentos, hongos (el denominado limpiador del sistema):</b>				
Schülke & Mayr GmbH	Grotan WS Plus <sup>5)</sup>	0,15% en vol.	Líquido	X00065326 (10 kg)
	Grotanol SR2 <sup>6)</sup>	0,5% -%	Líquido	X00069827 (10 kg)
<b>Para el lado de aire del refrigerador externo:</b>				
Kluthe	Hakupur 50 K <sup>9)</sup>	0,5 a 5 % del volumen	Líquido	X00070940 <sup>7)</sup>
<b>Para superficies pintadas sucias:</b>				
Kluthe	Hakupur 449 <sup>9)</sup>	1 % del volumen	Líquido	X00071179 <sup>7)</sup>

Cuadro 51:

- |   |   |
|---|---|
| <sup>1)</sup> Para depósitos calcáreos leves, poca corrosión          | <sup>6)</sup> Infestación de bacterias >10 <sup>4</sup> , infestación de hongos y fermentaciones  |
| <sup>2)</sup> Para depósitos calcáreos grasientos                     | <sup>7)</sup> No disponible en el almacén de MTU  |
| <sup>3)</sup> Para depósitos calcáreos considerables, preferentemente | <sup>8)</sup> Para corrosiones pronunciadas; no autorizado para materiales de aluminio  |
| <sup>4)</sup> Para sedimentos de cal pronunciados                     | <sup>9)</sup> Agente limpiador para la limpieza con un equipo de chorro a presión (parámetros: presión: 15 bares, chorro pulverizador suave, temperatura del agente limpiador: 80 °C) |
| <sup>5)</sup> Infestación de bacterias hasta 10 <sup>4</sup>          | <sup>10)</sup> No adecuado para superficies galvanizadas  |

### Importante

¡Ha de prestarse atención a las hojas de características técnicas y de seguridad!

## 6.3 Enjuagar los circuitos de líquido refrigerante del motor

1. Evacuar el líquido refrigerante del motor.
2. Medir el valor pH del agua fresca con el maletín de pruebas MTU o con el medidor eléctrico del valor pH.
3. Echar agua fresca en el circuito de líquido refrigerante.

### Importante

¡No echar nunca agua fría en un motor caliente!

4. Precalentar el motor, arrancarlo y ponerlo a la temperatura de régimen.
5. Hacer que el motor funcione durante unos 30 minutos a un régimen elevado.
6. Tomar una muestra de agua de enjuague en el punto de toma de muestras de líquido refrigerante del motor.
7. Parar el motor.
8. Purgar el agua de enjuague.
9. Medir el valor pH de la muestra de agua de enjuague con el maletín de pruebas MTU o con el instrumento eléctrico de medición de valores pH y compararlo con el valor pH del agua fresca.
  - a) Diferencia del valor pH < 1: llenar con líquido refrigerante tratado de motor y poner el motor en marcha.
  - b) Diferencia del valor pH < 1: llenar con agua de enjuague fresca y repetir el enjuague.
  - c) Caso de que la diferencia del valor pH siga siendo después de 4 a 5 enjuagues > 1: el circuito de líquido refrigerante debe limpiarse, véase (→ Página 87). Es posible que los grupos constructivos también tengan que limpiarse, véase (→ Página 88).

### Importante

Véanse indicaciones complementarias en el manual de servicio del motor.

## 6.4 Limpieza de los circuitos de líquido refrigerante del motor

1. Como solución previa concentrada en el agua fresca caliente se utilizan productos de limpieza para los circuitos de líquido refrigerante, véase (→ Página 85).
2. En el caso de productos en polvo, remover hasta que el detergente de limpieza se haya disuelto totalmente y no exista ya poso alguno.
3. Echar en el circuito de líquido refrigerante la solución previa junto con el agua fresca.
4. Arrancar el motor y ponerlo a la temperatura de régimen.
5. Elegir la temperatura y el tiempo de actuación en conformidad con lo especificado en las hojas de características técnicas del fabricante.
6. Parar el motor.
7. Vaciar el producto de limpieza y enjuagar el circuito de líquido refrigerante del motor con agua fresca.
8. Tomar una muestra de agua de enjuague en el punto de toma de muestras de líquido refrigerante del motor.
9. Medir el valor pH de la muestra de agua de enjuague con el maletín de pruebas MTU o con el instrumento eléctrico de medición de valores pH y compararlo con el valor pH del agua fresca.
  - a) Diferencia del valor pH < 1: llenar con líquido refrigerante tratado de motor y poner el motor en marcha.
  - b) Diferencia del valor pH < 1: limpiar los grupos constructivos, véase (→ Página 88).

### Importante

Véanse indicaciones complementarias en el manual de servicio del motor.

## 6.5 Limpiar los grupos constructivos

1. Desmontar, despiezar y limpiar aquellos grupos constructivos expuestos a intensas sedimentaciones de lodo, como son, p. ej., depósitos de expansión, grupos de precalentamiento, intercambiadores de calor (refrigerador de retorno de agua, intercambiador de calor de aceite, refrigerador del aire de sobrealimentación, precalentador del aire de sobrealimentación, precalentador de combustible, etc.) y las tuberías situadas a baja altura.
2. Antes de proceder a la limpieza, controlar los lados de agua respecto a suciedad.
3. En caso de existir sedimentos de cal grasos, desengrasar primero los lados por donde circula el agua.
4. Los sedimentos fuertemente adheridos a los refrigeradores del aire de sobrealimentación, causados por neblina de aceite, pueden eliminarse con Kluthe Hakutex 60.
5. Eliminar los depósitos calcáreos duros utilizando un agente anticalcáreo. En caso de sedimentos calcáreos persistentes ha de utilizarse eventualmente una solución de ácido clorhídrico inhibido al 10%.
6. Disolver en un baño de limpieza caliente los sedimentos depositados en el exterior y el interior de los módulos del intercambiador de calor. Respetar las indicaciones del fabricante y utilizar sólo sustancias de limpieza autorizadas en la concentración de aplicación permitida, véase (→ Página 85)

### Importante

Sedimentaciones en el lado de aceite pueden disolverse también en un baño de petróleo. El tiempo de permanencia en el baño de limpieza depende de la clase y del grado de ensuciamiento, así como de la temperatura y de la actividad del baño.

7. Determinados componentes como, p. ej., carcasas, tapas, tuberías, mirillas, módulos del intercambiador de calor y similares han de limpiarse con vapor recalentado, cepillos de nilón (cepillos blandos) y un chorro fuerte de agua.

### Importante

A fin de evitar daños:  
No utilizar herramientas duras o cortantes como cepillos de acero, raspadores y similares (capa antioxidante).  
No ajustar la presión del chorro de agua a un valor excesivo (para no dañar p. ej. las láminas de los refrigeradores).

8. Después de la limpieza hacer pasar vapor a baja presión por los módulos del intercambiador de calor en sentido contrario al de flujo de servicio, enjuagarlos con agua clara (hasta una diferencia de valores pH < 1) y luego barrerlos con aire comprimido o secarlos con aire caliente.
9. Cerciorarse del estado perfecto de todos los componentes; en caso dado, repararlos o cambiarlos.
10. Enjuagar con aceite anticorrosivo el intercambiador de calor por los lados de aceite y líquido refrigerante del motor. Se puede prescindirse de esta operación, si el intercambiador de calor se monta y pone en servicio inmediatamente después de la limpieza.
11. Tras el montaje de todos los grupos constructivos enjuagar una vez el circuito de líquido refrigerante del motor, véase (→ Página 86).
12. Al poner en servicio el motor, comprobar la estanqueidad del circuito de líquido refrigerante.

### Importante

Para indicaciones complementarias véase el manual de mantenimiento y conservación del motor.



## 6.6 Circuitos de refrigeración con infestación de bacterias, fermentos, hongos

### **Limpieza del sistema**

La base para una limpieza y desinfección efectivas del sistema del líquido refrigerante es que el limpiador de sistema circule durante el tiempo suficiente por el sistema completo de refrigeración.

Antes de efectuar el vaciado debe añadirse al líquido refrigerante sucio la cantidad prescrita del limpiador de sistema autorizado, véase (→ Página 85). Debe garantizarse que la mezcla sea trasegada por bombeo como mínimo durante 24 horas, y como máximo 48 horas.

### **Enjuague**

El circuito de refrigeración debe enjuagarse con agua fresca cuando se hayan descargado el líquido refrigerante y el limpiador de sistema. Tiene que enjuagarse todo aquel tiempo que sea necesario hasta que no haya visible suciedad alguna y el valor del pH del agua de enjuague sea análogo al del de agua fresca (valor diferencial máx. del pH < 1).

### **Nuevo llenado**

Antes de efectuar el nuevo llenado debe asegurarse que el sistema de refrigeración está libre de impurezas.

¡Se debe efectuar un nuevo llenado inmediatamente después del enjuague, puesto que de lo contrario hay peligro de corrosión!

# 7 Aire de entrada y aire de combustión

## 7.1 Generalidades

### Importante

No debe acceder al aire de aspiración ningún compuesto corrosivo.  
Los valores límite indicados deben respetarse, pues si no, se extingue la garantía.

Al funcionar en piscinas o en la cercanía de máquinas frigoríficas ha de tenerse en cuenta que ínfimas cantidades de compuestos de halógeno en el aire de entrada adicional (aire de aspiración) ya pueden llevar a una corrosión en los siguientes componentes:

- En el motor
- En componentes periféricos. p. ej. motores eléctricos

Los materiales de limpieza también pueden contener sustancias agresivas que facilitan la corrosión.

En caso de duda debe realizarse una consulta a MTU Onsite Energy.

Al aire de aspiración no se le debe suministrar nada de aire de desorción o gases off de procesos termoquímicos sin haber consultado previamente a MTU Onsite Energy.

La gama de temperatura permitida con indicación de la temperatura mínima y máxima está especificada en la hoja de datos técnicos del motor / unidad.

Todos los motores de gas de MTU Onsite Energy pueden hacerse funcionar con un aire de aspiración debajo de un punto de condensación de 20 °C. El funcionamiento con un aire de aspiración por encima de un punto de condensación de 17,5 °C debe limitarse a < 200 horas de servicio al año. No está permitida una temperatura del punto de condensación del aire de aspiración por encima de 21 °C. En caso de valores divergentes o temperaturas superiores del punto de condensación del aire de aspiración se hace necesaria una consulta a fábrica en MTU Onsite Energy.

### Valores límite en la mezcla de gases

La mezcla de gases se compone de aire y combustible. Los valores límite indicados para el combustible no deben sobrepasarse en la mezcla de gases (→ Página 56).

Los valores límite de la mezcla de gases son (en ppm) claramente inferiores a los valores que se especifican para el combustible (por regla menores en aprox. un factor 20).

# 8 Agua de calefacción

## 8.1 Generalidades

### Importante

Las especificaciones de MTU Onsite Energy para el tratamiento / desaireación de los circuitos de agua deben cumplirse.  
Los valores límite indicados deben respetarse, pues si no, se extingue la garantía.

### Importante

Los requerimientos a las propiedades del agua de calefacción por encima de 100 °C tienen validez si hay instalado un intercambiador de calor de humos en el circuito de refrigeración del motor o en el circuito de calefacción.

### Importante

Está prohibida la adición dosificada de sulfito.  
Alternativamente se recomienda WBcon 2347 para el circuito de agua de calefacción.  
Ha de observarse que el producto contiene boratos e hidróxido sódico que corroen materiales como el aluminio o el latón.

### Notas complementarias

Por precaución hacemos constar que, por lo general, tampoco los seguros por rotura de maquinaria asumen gasto alguno por daños previsibles, como p. ej. el uso de agua sin las propiedades necesarias.

Bajo el concepto "Suma alcalinotérreos" se entiende el contenido en dureza de las sales de calcio y magnesio que generan dureza al disolverse. Para la conversión a la unidad de medida habitual anterior de "Dureza total" se aplica:

- $1 \text{ mol/m}^3 = 5,6 \text{ dH}$
- El valor pH es indicativo de la acidez o de alcalinidad de una solución.
- pH = 7 neutral, < 7 ácido, > 7 alcalino.

### Importante

Oscilación máxima permitida en la temperatura de entrada del agua de calefacción: máx. 3 K / min.

## 8.2 Requerimientos al agua de calefacción

Importante
No está permitida la adición de sulfito sódico como sustancia aglomerante de oxígeno.

Importante
La calibración básica debe realizarse con fosfato trisódico.

### Requerimientos al agua de calefacción hasta 100 °C

Determinante es la normativa VDI 2035 hoja 1 (diciembre de 2005) y hoja 2 (septiembre de 1998). "Prevención de daños por corrosión y formación de piedras en instalaciones de calefacción con agua caliente" con los siguientes valores de referencia (véanse también las explicaciones correspondientes en el documento original):

Requerimientos generales	Clara, incolora y libre de sustancias no diluidas	
Valor pH (25 °C)	8,0 a 9,0	
Conductividad eléctrica (25 °C)	< 250	µS/cm
Suma de alcalinotérreos	Hasta 1,5 Hasta 8,4	mmol/l °dH
Cloruros	< 50	mg/l
Sulfatos	< 50	mg/l
Fosfatos	< 10	
Contenido de oxígeno con el uso de aglomerantes de oxígeno	< 0,1	mg/l
Hierro	< 0,2	mg/l

Cuadro 52: Requerimientos al agua de calefacción hasta 100 °C

En el caso de no cumplirse los valores límite arriba especificados, se hace necesario tomar las siguientes medidas:

- Contra la formación de piedras: Tratamiento de aguas (desendurecimiento, desalinización total, ósmosis de inversión) o estabilización de dureza (productos ST-DOS-H)
- Contra procesos corrosivos: Inhibición o compuesto de oxígeno (productos ST-DOS-H)

### Requerimientos al agua de calefacción por encima de 100 °C

Determinante es la normativa de la VdTÜV (Unión de asociaciones de supervisión alemanas) TCh 1466 para las propiedades del agua en instalaciones de calefacción que funcionan con temperaturas de avance superiores a 100 °C. Según esta normativa, se aplican para el funcionamiento con poca sal los siguientes valores de referencia:

Requerimientos generales	Clara, incolora y libre de sustancias no diluidas	
Valor pH (25 °C)	8,0 a 9,0 *	
Conductividad eléctrica (25 °C)	10 a < 250	µS/cm
Suma de alcalinotérreos	< 0,02 < 0,10	mmol/l °dH
Cloruros	< 20	mg/l
Sulfatos	< 5 a 10	mg/l
Contenido de oxígeno	< 0,05	mg/l
* Divergencia respecto a TCh 1466 (TÜV)		

Requerimientos generales	Clara, incolora y libre de sustancias no diluidas	
Fosfato	5 a 10	mg/l
Hierro	< 0,2	mg/l
* Divergencia respecto a TCh 1466 (TÜV)		

*Cuadro 53: Requerimientos al agua de calefacción por encima de 100 °C*

Medidas a tomar contra la formación de piedras y procesos corrosivos:

- Contra la formación de piedras: Tratamiento de aguas (desendurecimiento, desalinización total, ósmosis de inversión) o estabilización de dureza (productos ST-DOS-H)
- Contra procesos corrosivos: Inhibición o compuesto de oxígeno (productos ST-DOS-H)

## 9 Confirmación de los fluidos de servicio

### 9.1 Confirmación del usuario de grupos electrógenos

<b>Importante</b>
Sin esta confirmación no puede realizarse una puesta en marcha de la instalación.

<b>Descripción de la instalación:</b>

<b>La instalación se compone de:</b>

<b>Planta / Nro. SAP:</b>

<b>Cliente:</b>

<b>Usuario:</b>

<b>Jefe de proyecto de MTU:</b>

Por la presente confirmamos que las propiedades de las sustancias de servicio (agua de refrigeración, gas, aceite lubricante, agua de calefacción, etc., según proceda) cumplen con la especificación de sustancias de servicio de MTU Onsite Energy.

MTU Onsite Energy excluye de su prestación de garantía los daños originados por daños surgidos por una mala calidad de las sustancias de servicio.

<b>Lugar, fecha</b>

<b>Firma legal válida (cliente)</b>

# 10 Anexo A

## 10.1 Lista de abreviaturas

Abreviatura	Significado	Explicación
ASTM	American Society for Testing and Materials	
Bh	Horas de servicio	
BR	Serie	
BV	Prescripciones de las sustancias de servicio	
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.	Instituto alemán de normalización, al mismo tiempo denominación de normas (DIN = Deutsche Industrie-Norm)
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.	
EN	Europäische Norm	Europäische Norm
IP	Institute of Petroleum	
ISO	International Organization for Standardization	Organización central internacional de todos los institutos de normalización nacionales
MZ	Número de metano	
OEG	Onsite Energy	MTU Onsite Energy
SAE	Society of Automotive Engineers	US-amerikanisches Normungsgremium
ST-DOS-H		Productos
VDI	Directiva	
VdTÜV	Directiva	
Vol.	Volumen	

## 10.2 Tabla de conversión de unidades SI

Unidad SI	Unidad US	Conversión
°C	°F	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$
kWh	BTU	1 BTU = 0,0002930711 kWh
kWh/m <sup>3</sup> estado normal	BTU/ft <sup>3</sup>	1 BTU/ft <sup>3</sup> = 0,010349707 kWh/m <sup>3</sup>
kW	kBTU/hr	1 kBTU/hr = 0,2928104 kW
kW	bhp	1 bhp = 0,7457 kW
l	gal	1 gal = 3,785412 litros
mm	pulgada	1 pulgada = 25,4 mm
m	ft	1 ft = 0,3048 m
m/s	ft/s	1 ft/s = 0,3048 m/s
m <sup>3</sup> estado normal	ft <sup>3</sup> estado normal	ft <sup>3</sup> = 0,02831685 m <sup>3</sup> estado normal
bar	psi	1 psi = 0,06894757 bar
kg	lb	1 lb = 0,4535924 kg

Cuadro 54: Tabla de conversión



## 10.3 MTU Onsite Energy – Persona de contacto/Empresa de servicio asociada

### Servicio técnico

La red mundial de ventas con subsidiarias, oficinas de venta, representantes y puntos de asistencia técnica garantiza una asistencia local rápida y directa así como un alto grado de disponibilidad de nuestros productos.

### Puntos de asistencia locales

Le asisten especialistas competentes en la materia y con experiencia, proporcionándole los conocimientos requeridos.

Nuestros puntos de asistencia local figuran en la página web de MTU bajo:

- <http://www.mtuonsiteenergy.com/haendlersuche/index.de.html>

### Línea directa de 24 horas

A través de nuestra línea directa de 24 horas, así como por nuestra flexibilidad estamos a su disposición las veinticuatro horas al día, durante la fase operativa, el mantenimiento preventivo, los trabajos correctivos en caso de fallo, al presentarse un cambio en las condiciones de empleo y con ocasión del abastecimiento de repuestos.

Nuestros puntos de asistencia local figuran en la página web de MTU bajo:

- <http://www.mtuonsiteenergy.com/haendlersuche/index.de.html>

Su contacto en nuestra central:

- [info@cac-mtuonsiteenergy.com](mailto:info@cac-mtuonsiteenergy.com)

### Servicio de piezas de recambio

Identificar el repuesto para su instalación de forma rápida, sencilla y correcta. La pieza de recambio correcta en el momento exacto y en el lugar deseado.

Para dicho objetivo ofrecemos una logística de repuestos interconectada a nivel mundial

Su contacto en nuestra central:

Alemania:

- Tel.: +49 821 74800
- Fax: +49 821 74802289
- E-Mail: [spareparts-oeg@mtu-online.com](mailto:spareparts-oeg@mtu-online.com)

En todo el mundo:

- Tel.: +49 7541 908555
- Fax: +49 7541 908121
- E-Mail: [spare.parts@mtu-online.com](mailto:spare.parts@mtu-online.com)

# 11 Anexo B

## 11.1 Índice alfabético

### A

- Aceite de motor 7
  - BR400 18
  - BR4000 14
- Aceite lubricante
  - BR4000 14
- Aceite para engranaje 17
- Actualización del manual 5
- Aditivo colorante
  - Circuito de aceite lubricante 11
  - Circuito de líquido refrigerante 32
- Agente reductor de NOx
  - Generalidades 81
- Agua de calefacción
  - Generalidades 91
  - Requerimientos 92
- Agua fresca
  - Valores límite
    - BR400 36
    - BR4000 35
- Aire de combustión 90
- Aire de entrada adicional 90
- Almacenaje
  - Líquido refrigerante 31
- Análisis de aceites usados 8
- Anticongelante
  - BR400 55
  - Para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros
    - Concentrados 49
    - Mezclas prefabricadas 53
  - Para sistemas de refrigeración que no contengan metales ligeros
    - Concentrados 41
    - Mezclas prefabricadas 44

### B

- Biogás
  - Componentes principales 57
  - Requerimientos
    - BR400 77
    - BR4000 71

### C

- Circuito de aceite lubricante
  - Fuga 11

- Circuito de líquido refrigerante
  - Detergente 85
  - Enjuagar 86
  - Fuga 32
  - Impurezas 84
  - Limpiar 87
  - Limpiar los grupos constructivos 88
  - Materiales 34
- Circuito de líquido refrigerante del motor
  - Detergente 85
  - Enjuagar 86
  - Impurezas 84
  - Limpiar 87
  - Limpiar los grupos constructivos 88

### Combustible

- Contenido de silicio 10
- Uso 56

### Combustibles 61, 67

- Biogás
  - BR400 77
  - BR4000 71
- BR400
  - Impurezas 78
- Gas natural
  - Aplicación marina 62
  - BR400 76
  - BR4000 68

### Compuestos de silicio

- Gas combustible 60

### Condensado de gases de escape 83

### Confirmación

- Usuario 94

### Conservación

- Motor 5

### Contenido de silicio

- Combustible 10
- Gas combustible 10

### D

- Detergente
  - Limpiador del sistema 89
- Detergente 85

### E

- Empresa de servicio asociada
  - MTU Onsite Energy 97

### F

- Fuga
  - Circuito de aceite lubricante 11
  - Circuito de líquido refrigerante 32

## G

- Gas combustible
  - Aplicación en generador y grupo electrógeno
    - BR400 76, 77
    - BR4000 68, 71
  - Aplicación marina 62
  - Compuestos de silicio 60
  - Contenido de silicio 10
- Gas natural
  - Componentes principales 57
  - Requerimientos
    - Aplicación marina 62
    - BR400 76
    - BR4000 68
- Gasa lubricante
  - Aplicación general 13
- Grasa lubricante
  - Aplicación especial 12
  - Grupo electrógeno BR400 23
  - Grupo electrógeno BR4000 16
  - Para generadores 16, 23
- Grasa lubricante 12

## I

- Impurezas
  - Combustibles
    - BR400 78
- Indicaciones de uso 5
- Índice de abreviaturas 95
- Intervalos de cambio del aceite de motor
  - Grupo electrógeno BR400 21
  - Rociado de aceite 21
  - Valores límite 8

## L

- Límite del valor de servicio del silicio 10
- Liquid Natural Gas (LNG) 59

## Líquido refrigerante

- Maletín con instrumentos de comprobación 84
- Agente anticongelante
  - Concentrados para aplicaciones especiales 43, 52
- Aplicación en generador 37, 46
- BR400 55
- BR4000
  - Anticongelante para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros 49, 53
  - Anticongelante para sistemas de refrigeración que no contengan metales ligeros 41, 44
  - Líquido refrigerante sin protección anticongelante para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros 47
  - Líquido refrigerante sin protección anticongelante para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros 48
- Concentraciones permitidas 26
- Definición 24
- Estabilidad de almacenaje 31
- Grupo electrógeno
  - BR400 55
  - BR4000 37, 46
- Líquido refrigerante sin anticongelante
  - Concentrados para sistemas refrigerantes que no contengan metales ligeros 38
  - Mezclas prefabricadas para sistemas refrigerantes que no contengan metales ligeros 40
- Maletín con instrumentos de comprobación 26
- Requerimiento al agua fresca
  - BR400 36
  - BR4000 35
- Tratamiento
  - BR400 36
  - BR4000 35
- Valores límite 26
- Vigilancia de servicio 26

## Líquido refrigerante sin protección anticongelante

- Para sistemas de refrigeración que contengan metales ligeros
  - Concentrados 47
  - Mezclas prefabricadas 48

## M

### Maletín con instrumentos de comprobación

- Líquido refrigerante 84

### Materiales

- Circuito de líquido refrigerante 34

### Medio en la envoltura del conducto de gas en la aplicación marina

- Sustancias combustibles para motores de gas 65

### Mezcla de gases

- Valores límite 90

### Motor

- Conservación 5

### MTU Onsite Energy

- Empresa de servicio asociada 97
- Persona de contacto 97

## P

Persona de contacto

- MTU Onsite Energy 97

Prescripción de enjuague

- Circuito de líquido refrigerante del motor 84, 86
- Circuitos de refrigeración con infestación de bacterias, fermentos, hongos 89
- Grupos constructivos 88
- Limpiador del sistema 89

Prescripción de limpieza

- Circuito de líquido refrigerante del motor 84, 87
- Grupos constructivos 88

## R

Requerimiento

- Circuito de líquido refrigerante 34

Requerimientos

- Agua de calefacción 92

Rociado de aceite 21

## S

Sistema de refrigeración

- Prevención de daños 33

Sistema de tratamiento posterior de gases de escape

- Agente reductor de NOx 81
- Condensado de gases de escape 83
- Generalidades 80

Sustancia combustible

- Uso 56

Sustancias combustibles 61, 67

- Biogás
  - BR400 77
  - BR4000 71
- Gas natural
  - Aplicación marina 62
  - BR400 76
  - BR4000 68

Sustancias de servicio autorizadas

- Aceites de motor para BR400 14, 18

## U

Usuario

- Confirmación 94

## V

Valor de servicio del silicio 10

Valores límite

- Aceites usados de motores de gas 8

Vigilancia del servicio

- Líquido refrigerante 26