



SGS Environmental Services  
P.O. Box 5252  
NL-6802 EG Arnhem  
Tel : (+31) 26 384 4500  
Fax : (+31) 26 442 9410  
VAT : NL 00 44 0 77 26 B01  
R.C. Rotterdam : 24226722  
www.nl.sgs.com

## - REPORTE -

### **XMILE Europe B.V. Resultados de las mediciones de emisión en el MS Catharina**

16 de enero de 2013, lectura inicial

27 de agosto de 2014, con el aditivo XMILE



Registro SGS	
Nuestra referencia	EZMO/11/0027-2_rap
Versión no.	1
Fecha de reporte	17 de octubre de 2016
Autor	John van Middelkoop

Historial de versiones		
Versión	01-12-2014	Cambios
0		
1		
2		
3		

Detalles del proyecto	
Información General	
Nombre de la compañía	XMILE Europe B.V.
Dirección	Polderdijk 14
Código postal, ciudad	6914 KK Herwen
Contacto	Mr. M. Overbeeke
Número telefónico	(+31) (0) 6 47 57 04 83
Dirección de correo electrónico	marius@XMILE.eu
Número de referencia del cliente	MS Catharina
Número de referencia de SGS	EZMO/11/0027-2

Detalles de la planta	
Ubicación	MS Catharina
Planta	MAK 6Mu451 AK ubicado en Tolkamer, Holanda
Detalles de producción	Ciclo de prueba E3

Detalles de medición	
Tipo de medición	Mediciones de emisión, O2, CO2, CO, NOx, PM
Periodo de medición	16 de enero de 2013 y 27 de Agosto de 2014
Personal de medición	John van Middelkoop y Joop Kleverwal

Firmas	
Gerente del proyecto 	Gerente técnico 

#### Calidad

Para una lista de actividades acreditadas (RvA L092) del departamento de servicios ambientales de SGS Nederland BV en Arnhem, Holanda, nos referimos a las últimas tres páginas del sitio web del Consejo de Acreditación Holandés RvA (Dutch Accreditation Council RvA) (<http://www.rva.nl/?p=cins0200>).

#### Descargo de responsabilidad

A menos que se acuerde lo contrario, todas las tareas fueron desempeñadas con base en la versión más reciente de los Términos generales y condiciones de entrega de SGS Nederland BV. Sólo requerimos una simple solicitud para enviarle a usted de nuevo estos términos y condiciones. Hacemos un llamado a su atención sobre la responsabilidad limitada, y asuntos de compensación y autorización estipulados en esos términos y condiciones.

## Terminología

°C	Grados Celsius
% por peso	porcentaje por peso
h	horas
ind	en condición normal seco (101.3 kPa, 273 K)
inm	en condición normal húmedo (101.3 kPa, 273 K)
K	Kelvin
kg	kilogramos
kPa	kilo Pascal
m	metros
vppm	volumen partes por millón
mg/m <sup>3</sup>	miligramos por metro cúbico normal
m <sup>3</sup>	metros cúbicos
mg	miligramos
vol%	porcentaje en volumen
g	gramos
GJ	gigajoules
m <sup>3</sup> /h	flujo bajo condiciones normales de operación
m <sup>3</sup> /h	flujo normalizado (273 K, 1013 hPa, % actual de O <sub>2</sub> y gas seco de escape)
m <sup>3</sup> /h @ x vol% O <sub>2</sub>	flujo normalizado (273 K, 1013 hPa a X vol% O <sub>2</sub> y gas seco de escape)
Ds	Desviación estándar de las diferencias de Di entre las mediciones que están siendo comparadas
Di	diferencia entre el i-ésimo valor medido del MSR y sus correspondientes valores calibrados (corregidos) del SMA
σ	incertidumbre derivada de los requisitos de ley
SMA	Sistema de Medición Automática
JC / AST	Verificación anual / Prueba anual de vigilancia
VLE	Valor límite de emisión
QAL1	Primer nivel de aseguramiento de la calidad
QAL2	Segundo nivel de aseguramiento de la calidad
QAL3	Tercer nivel de aseguramiento de la calidad
MSR	Método estándar de referencia
Kv	Estos son los valores de las mediciones de una prueba x2 con un valor β del 50%, un factor de 0.9161-0.9521 (dependiendo del número de mediciones). Es un valor de una tabla y depende del número de mediciones. Varía entre 0.91 y 0.98.
t <sub>0.95</sub>	Intervalo de confianza del 95%
t <sub>0.95(N-1)</sub>	Es un valor de una tabla y depende del número de mediciones. Generalmente varía entre 2.1 y 1.8.

## Resumen

Comisionado por XMILE Europe B.V., SGS Nederland BV, Servicios ambientales, realizó la medición de emisiones en el motor de propulsión del MS Catharina.

XMILE Europe B.V. quiere reducir la emisión de los motores. El producto de XMILE es un aditivo para el combustible. El Ms Catharina está utilizando el producto de XMILE desde enero del 2013 después de haber realizado la medición inicial de base.

### Propósito de las mediciones

El propósito de las mediciones es obtener información sobre las emisiones del motor durante el uso del producto de XMILE en el combustible. Por lo tanto, se realizó una medición inicial de base el 16 de enero del 2013. Se repitieron las mediciones el 27 de agosto del 2014 con el aditivo de XMILE en el combustible.

La siguiente tabla muestra un resumen de los resultados de las mediciones de las emisiones. Las mediciones se realizaron con el ciclo E3 a diferentes cargas.

<b>Tabla 0.1 Resumen de resultados</b>		
<b>Motor</b>		
Fabricante	MAK	
Tipo	6Mu451 AK	
Número	24652	
Ubicación	MS Catharina	
Ciclo	E3: 882 kW @ 375 rpm	
<b>Emisiones</b>	<b>Medición de base</b>	<b>Con el aditivo XMILE</b>
Emisión relativa de NOx (g/kWh)	<b>17.7</b>	<b>16.7</b>
Emisión relativa de CO2 (g/kWh)	<b>641</b>	<b>599</b>
Emisión relativa ponderada (g/kWh)	<b>0,38</b>	<b>0,04</b>

## Índice

### Resumen

- 1 Introducción
  - 2 Detalles del objeto de medición
    - 2.1 XMILE
    - 2.2 Detalles del motor
  - 3 Descripción del equipo de medición y métodos de medición
    - 3.1 Equipo de medición
    - 3.2 Métodos de medición
      - 3.2.1 Componentes gaseosos del gas de escape
      - 3.2.2 Determinación de la materia particulada
      - 3.2.3 Determinación de la temperatura del gas de escape
    - 3.3 Adecuabilidad del plano de medición
  - 4 Programa de medición y desviación del estándar
    - 4.1 Programa de medición
    - 4.2 Desviación del estándar
  - 5 Resultados
    - 5.1 Características de la emisión
    - 5.2 Resultados de la emisión
  - 6 Conclusión
  - 7 Discusión de errores
    - 7.1 Propósito de la discusión de errores.
    - 7.2 Clasificación de errores
      - 7.2.1 Errores relacionados con el objeto de medición
      - 7.2.2 Errores en el método de medición o determinación
      - 7.2.3 Errores de los instrumentos
      - 7.2.4 Errores que se generan durante la ejecución de la medición
      - 7.2.5 Errores resultantes de influencias externas
      - 7.2.6 Errores en la interpretación de los errores
    - 7.3 Tipos de errores que pueden ocurrir
      - 7.3.1 Errores sistemáticos
      - 7.3.2 Errores aleatorios, reproducibilidad
      - 7.3.3 Errores parasitarios
    - 7.4 Incertidumbres de medición
- Apéndice A. Cálculos realizados de acuerdo a MARPOL  
Apéndice B. Calibración cero y patrón TESTO 350  
Apéndice C Gas de calibración



## 1 Introducción

Comisionado por XMILE Europe B.V., SGS Nederland BV, Servicios ambientales, realizó la medición de emisiones en el motor de propulsión del MS Catharina.

XMILE Europe B.V. quiere reducir la emisión de los motores. El producto de XMILE es un aditivo para el combustible. El Ms Catharina está utilizando el producto de XMILE desde enero del 2013 después de haber realizado la medición inicial de base.

### Propósito de las mediciones

El propósito de las mediciones es obtener información sobre las emisiones del motor durante el uso del producto de XMILE en el combustible. Por lo tanto, se realizó una medición inicial de base el 16 de enero del 2013. Se repitieron las mediciones el 27 de agosto del 2014 con el aditivo de XMILE en el combustible.

En el capítulo 2 se incluyen una breve descripción del proveedor y de los detalles del motor. El capítulo 3 describe el equipo de medición y los métodos de medición. El programa de medición se detalla en el capítulo 4. Los resultados de las mediciones se presentan en el capítulo 5. En el capítulo 6 se muestra la conclusión. El reporte concluye en el capítulo 7 con un cálculo del grado de error para las mediciones.

## 2 Detalles del objeto de medición

Este capítulo contiene una breve descripción del sitio donde se realizaron las mediciones.

### 2.1 XMILE

XMILE es un aditivo para combustible cuyas características únicas están siendo descubiertas por más y más compañías y consumidores. XMILE puede resumirse como una solución biológica avanzada basada en enzimas para incrementar la eficiencia y confiabilidad del combustible. De hecho, al adicionar XMILE se mejora la calidad del combustible de manera que la combustión es mejor y más completa.

Con esto:

- Menor consumo de combustible
- Reducción de emisiones
- Desempeño mejorado de los motores
- Motores más limpios, menos mantenimiento

Estos efectos como resultado del uso de XMILE, tienen un efecto positivo en la reducción de costos y mejoramiento de desempeño ambiental.

## 2.2 Detalles del motor

En la tabla 2.1, se muestra la información del motor

Tabla 2.1 Datos del motor	
Componentes	Motor
Fabricante	MAK
Tipo	6Mu451 AK
Número de serie	24652
Clase de emisión	CCNR
Número de cilindros	6
Línea / V	Line
Carga	Turbo
Radiador	Yes
Potencia nominal kW	882
Velocidad nominal rpm	375
Año de construcción	1972
Ciclo(s)	E3

Tabla 2.2 Información general	
Representante(s) principal (es)	M. Overbeeke
Técnico(s) de SGS	J. Kleverwal J.F. van Middelkoop
Ubicación de la prueba	MS Catharina

## 3 Descripción del equipo de medición y métodos de medición

Este capítulo describe el equipo de medición y los métodos de medición.

### 3.1 Equipo de medición

Se utilizó el siguiente equipo de medición para las mediciones.

Tabla 3.1 Equipo de medición				
Componente	Analizador	Identificación	Principio de medición	Estándar
Componente	Analizador	Identificación	Principio de medición	Estándar
Oxígeno	Testo 350 Marítimo	SGS 13-276	Celda química -	Dióxido de carbono
Dióxido de carbono	Testo 350 Marítimo	SGS 13-276	Infrarrojo	-
Monóxido de carbono	Testo 350 Marítimo	SGS 13-276	Celda química -	Óxidos de nitrógeno
Óxidos de nitrógeno	Testo 350 Marítimo	SGS 13-276	Celda química -	Materias particuladas
Materias particuladas	Método de dilución	SGS 11-033	Método de dilución	ISO 8178

### 3.2 Métodos de medición

Los siguientes párrafos describen los métodos de medición. Las mediciones se realizaron usando procedimientos del ciclo de prueba E3 de MARPOL 73/78.

#### 3.2.1 Componentes gaseosos del gas de escape

El gas de escape del motor de diésel fue continuamente muestreado en el escape. Después de la filtración del gas de escape el flujo de muestreo se llevó al “analyzer portátil de gases de escape “testo 350-MARITIME“. Se analizaron las concentraciones de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub> en el flujo de muestreo del gas de escape filtrado y secado.

#### 3.2.2 Determinación de materia particulada

Primera medición.

Se toma un flujo parcial del gas de emisión con una sonda de muestreo a partir del flujo del escape. El flujo del gas de emisión se pasa a través de una manguera de mezclado con aire seco frío. Antes de que la mezcla de gas de emisión/aire alcance el filtro de fibra de vidrio la temperatura del gas de emisión está por debajo de los 54 grados Celsius.

Debido a este método de dilución, las partículas condensables existentes son atrapadas en el filtro. El filtro será pesado en condiciones estándar antes y después de la medición.

#### 3.2.3 Determinación de la temperatura del gas de escape

La temperatura del gas de escape se determinó usando un termopar tipo K calibrado y una unidad de registro.

### 3.3 Adecuabilidad del plano de medición

Los puntos de medición para las mediciones de la emisión se localizaron en un ducto horizontal. Los puntos de medición se localizaron a una altura de 1.5 metros. Antes y después de los puntos medición existen más de 5 veces del diámetro de ducto recto. El puerto de muestreo tiene 1 pulgada y media de apertura con válvulas de esfera.

## 4 Programa de medición y desviación del estándar

### 4.1 Programa de medición

El objetivo de la medición es determinar el efecto del aditivo para combustible XMILE en las emisiones del motor. Para poder determinar este efecto se le pidió a SGS determinar las características de la emisión del motor en el MS Catharina antes y después de adicionar el aditivo para combustible XMILE. Para determinar las características de la emisión se utilizó el procedimiento de prueba de un ciclo de prueba E3 como se define en el MARPOL 73/78.

El MARPOL establece que para un ciclo E3 se debe realizar el programa indicado a continuación:

Tabla 4.1 Ciclos de prueba tipo E3				
Ley de propulsión de motores pesados para propulsión de barcos sin límite de longitud				
Velocidad	100%	91%	80%	68%
Potencia	100%	75%	50%	25%
Factor de ponderación	0.20	0.50	0.15	0.15



## 4.2 Desviación del estándar

Las mediciones de la emisión se realizaron en cumplimiento con el procedimiento de prueba descrito en el MARPOL 73/78. Las mediciones de la emisión se realizaron utilizando un TESTO 350 marítimo. De acuerdo con Germanischer Lloyd (GL) los sistemas cumplen con las regulaciones MEPC 103(49) MARPOL Anexo VI y el código técnico NOx.

Las mediciones PM del 27 de agosto de 2014 se realizaron con carácter indicativo. El principio de medición difiere del que está establecido en el estándar a ser utilizado. Consecuentemente, no se incluyeron los resultados.

La medición del flujo del combustible no está presente en el MS Catharina. Se usaron las hojas de datos del motor para el uso del combustible de esta prueba.

## 5 Resultados

En este capítulo se muestra el resumen de las mediciones.

### 5.1 Características de la emisión

En este párrafo se presentan los resultados de las mediciones del ciclo E3 con y sin tratamiento del combustible.

Tabla 5.1 Resumen de resultados sin tratamiento del combustible			
<b>Motor</b>			
Fabricante	MAK		
Tipo	6Mu451 AK		
Número	24652		
Ubicación	MS Catharina		
Ciclo	E3: 882 kW @ 375 rpm		
Emisiones	Medición	Requisito	Cumplimiento
Emisión relativa de NOx (g/kWh)	17.7	10.8	No
Emisión relativa de CO (g/kWh)	0.6	3.5	Sí
Emisión relativa de partículas (g/kWh)	0.38	0.2	No

Tabla 5.2 Resumen de resultados con tratamiento del combustible			
<b>Motor</b>			
Fabricante	MAK		
Tipo	6Mu451 AK		
Número	24652		
Ubicación	MS Catharina		
Ciclo	E3: 882 kW @ 375 rpm		
Emisiones	Medición	Especificación	Cumplimiento
Emisión relativa de NOx (g/kWh)	16.7	10.8	No
Emisión relativa de CO (g/kWh)	0.9	3.5	Sí

## 5.2 Resultados de la emisión

Los resultados se resumen en la tabla 5.3.

Las mediciones de PM del 27 de agosto del 2014 se realizaron de manera indicativa. El principio de medición difiere del que está indicado en el estándar a ser utilizado. Consecuentemente, no se incluyeron los resultados.

Tabla 5.3 Resumen de mediciones			
Componente	Sin tratamiento del combustible 16 de enero del 2013 (g/kWh)	Con tratamiento del combustible 27 de agosto del 2014 (g/kWh)	Delta (%)
<b>NOx</b>			
100%	16.8	15.1	- 10
75%	17.8	16.9	- 5
50%	18.9	18.6	- 2
25%	17.9	18.2	2
<b>PM</b>			
100%	0.56		
75%	0.29		
50%	0.38		
25%	0.49		
<b>CO</b>			
100%	0.80	0.97	21
75%	0.52	1.00	92
50%	0.47	0.40	- 15
25%	0.67	0.40	- 40
<b>CO2</b>			
100%	626	573	-9
75%	630	589	-7
50%	645	606	-6
25%	663	628	-6

## 6 Conclusión

En la siguiente tabla se resumen los resultados de las mediciones.

Tabla 6.1 Resumen de mediciones			
Componente	Sin tratamiento del combustible 16 de enero del 2013 (g/kWh)	Con tratamiento del combustible 27 de agosto del 2014 (g/kWh)	Delta (%)
<b>Emisiones</b>			
NOx (g/kWh)	17.7	16.7	-6
CO (g/kWh)	0.6	0.9	50
PM (g/kWh)	0.38		
CO2 (g/kWh)	641	599	-7

### Conclusión

Los resultados de las mediciones de la emisión muestran que el motor MAK 6Mu451 AK con número 24652 ha disminuido la emisión en 1 g/kWh de NOx, la reducción de CO se incrementó con el aditivo para combustible y el CO2 disminuyó en 7%.

Puesto que no se midió del PM con el set de dilución oficial durante las mediciones del 27 de agosto del 2014, no se pueden dar los resultados.

## 7 Discusión de errores

### 7.1 Propósito de la discusión de errores

Al realizar una medición siempre se necesita estar consciente de que habrá errores en los resultados finales. Esto es cierto no solamente para las mediciones, los errores también pueden ocurrir en los cálculos.

Un 'error' se define como cualquier desviación del valor real. Al realizar una evaluación de los errores, se puede determinar la influencia del error. Esta evaluación debe realizarse tanto antes como después de la medición. Antes de la medición se llama pronóstico de errores y después de la medición se llama cálculo de errores. La discusión de errores sirve para los siguientes propósitos:

#### **Determinación de la precisión de un resultado**

Un resultado de medición para el cual se desconoce la precisión, es inútil. Si se quiere expresar el resultado de una prueba como un número objetivo, también se querrá expresar la precisión como un número objetivo. Al realizar esto, descubrimos los límites dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero del resultado.

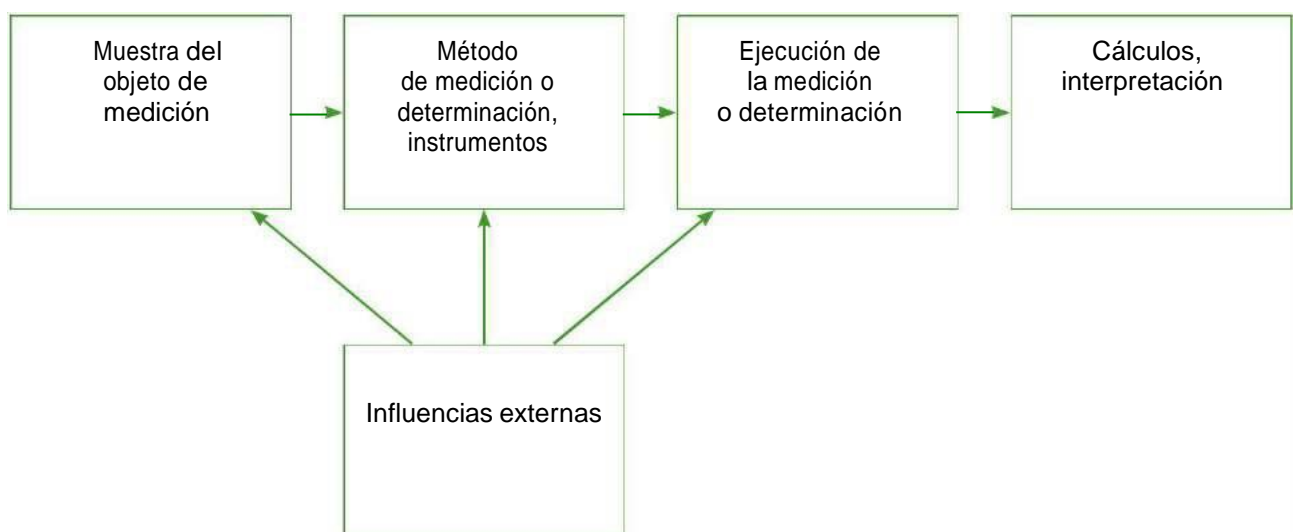
#### **Selección del método y los instrumentos**

Usando la precisión deseada y el método de medición, el llevar a cabo el pronóstico de errores puede determinar si la medición cumple con la precisión requerida. Si la precisión deseada no es lograda, se necesitarán remover las fuentes del error o se necesitará encontrar un método de medición completamente diferente.

Al asegurar que los experimentos son llevados a cabo de una manera eficiente, y al enfocarse primordialmente en el elemento que es la mayor fuente de imprecisión, se pueden obtener mejores resultados y se pierde menos tiempo.

### 7.2 Clasificación de errores

La siguiente figura muestra un panorama esquemático del número de pasos en los que pueden ocurrir los errores.



### 7.2.1 Errores relacionados con el objeto de medición

Las fuentes de error se encuentran frecuentemente ya presentes en el objeto de medición, por ejemplo:

- Falta de composición homogénea en un gas.
- Área recta no lo suficientemente larga para una medición de volumen.
- Una medición de temperatura realizada en 'el lado de sombra'.

### 7.2.2 Errores en el método de medición o determinación

Los así llamados errores de método normalmente llevan a una medición o análisis de resultados equivocados. Se esconden en la manera en que se hace el trabajo. La medición influye en el valor a ser medido, p. ej. al realizar una medición de velocidad en una tubería pequeña, el tubo pitot bloquea una gran parte de la tubería, de manera que se mide una velocidad equivocada.

### 7.2.3 Errores de instrumentos

Estos errores se esconden en los instrumentos utilizados. Pueden ser el resultado de errores de calibración o de ajuste. También es muy común que el punto cero o punto de referencia de un dispositivo de medición no sea constante.

### 7.2.4 Errores que se generan durante la ejecución de la medición

Este tipo de error es principalmente generado por la persona que lleva a cabo la medición y puede ser evitado con una ejecución correcta y cuidadosa de la medición.

### 7.2.5 Errores resultantes de influencias externas

Este tipo de error es generado fuera de la ejecución propiamente del experimento, y sin embargo influye en el resultado, por ejemplo:

- campos magnéticos alrededor del equipo de medición
- vibraciones
- humedad
- condiciones climáticas

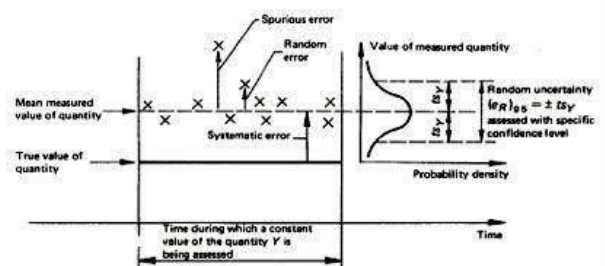
### 7.2.6 Errores en la interpretación de los errores

En este respecto, uno debe preguntarse a sí mismo si lo que uno está midiendo es realmente lo que uno piensa que está midiendo. Uno debe estar seguro de que el método utilizado es el correcto para lo que se necesita determinar.

## 7.3 Tipos de errores que pueden ocurrir

Los errores que pueden ocurrir durante una medición pueden subdividirse en las siguientes categorías:

- Errores sistemáticos
- Errores aleatorios
- Errores parasitarios



### 7.3.1 Errores sistemáticos

Los errores sistemáticos son errores que influyen en una medición de la misma manera cada vez. Éstos siempre resultan en un valor que es ya sea demasiado alto o demasiado bajo. El error no se reduce al repetir la medición varias veces.

Los errores sistemáticos son principalmente errores en el equipo de medición y son el resultado de una calibración errónea de un instrumento o por un ajuste incorrecto del punto cero.

Los errores sistemáticos pueden subdividirse en dos grandes grupos:

#### a) Errores sistemáticos constantes

Estos son normales para todas las mediciones realizadas bajo las mismas circunstancias y son constantes a lo largo del tiempo pero, dependiendo de la naturaleza del error, pueden variar con el valor resultante de la medición.

#### b) Errores sistemáticos variables

Estos pueden ser el resultado de no mantener constantes las condiciones bajo las cuales se está realizando la medición. Por ejemplo, si se incrementa la temperatura cerca del instrumento de medición que ha sido calibrado para cierta temperatura.

Un segundo tipo de error sistemático variable puede resultar de realizar la medición con un instrumento digital en un valor continuamente variable.

### 7.3.2 Errores aleatorios, reproducibilidad

Los errores aleatorios se definen como errores para los cuales la magnitud y dirección son completamente dependientes del azar y que por lo tanto pueden ser diferentes para todas y cada una de las mediciones. Si se conducen varias mediciones, los errores pueden compensarse parcialmente entre sí.

Otro término frecuentemente usado en este contexto es la reproducibilidad: la correspondencia entre varias mediciones del mismo valor con el mismo método. Si algo es reproducible, no significa automáticamente que no hay error sistemático. Un error sistemático sólo puede ser rastreado al llevar a cabo la medición con un método diferente.

No siempre es posible clasificar un error dentro de uno de estos dos grupos porque, por un lado, se utiliza un criterio subjetivo para clasificar el error y, por otro lado, los errores que ocurren son frecuentemente parcialmente sistemáticos y parcialmente debidos al azar.

### 7.3.3 Errores parasitarios

Los errores parasitarios son errores como el error humano o errores que resultan de una falla temporal de un instrumento de medición. Las observaciones que sufren de este tipo de error no deben incluirse en el promedio de los valores de las mediciones porque pueden producir grandes desviaciones en los resultados.

## 7.4 Incertidumbres de medición

Deben considerarse las siguientes incertidumbres de medición:

Panorama general de las incertidumbres de medición	
Tabla 7.1	Inc. Total
NOx	10%
O2	10%
CO2	10%
CO	10%
PM	50%

## APÉNDICES

### Apéndice A. Cálculos realizados de acuerdo al MARPOL

#### Antes del tratamiento

**Tabla A.1 Resultados de mediciones ambientales**

Motor						
Tipo		6Mu451 AK				
Número		24652				
Ubicación		MS Catharina				
Combustible 1 Petróleo						
Tipo		LFO				
Prueba						
Fecha		16-1-2013				
Inicio	(hh:mm)	10:05	10:19	10:33	10:51	
Final	(hh:mm)	10:15	10:29	10:43	11:01	
Condiciones del motor						
Carga P	(kW)	782	676	430	224	
Número de revoluciones nd	(rpm)	352	340	302	240	
<b>qmf Consumo de combustible (petróleo)</b>	(l/h)	188.00	165.00	108.00	58.00	
Ta Temperatura del aire de succión	(°C)	13	13	14	14	
LT agua enfriadora antes del motor	(°C)	22	20	18	17	
Ángulo de ignición	(°)					
pc Presión del aire de carga	(bar)	0.90	0.74	0.42	0.15	
Tsc Temperatura del aire de carga	(°C)	45	43	36	23	
Aire ambiental						
Presión atmosférica	(mbar)	1009	1009	1010	1009	
Temperatura	(°C)	14	14	14	15	
Humedad relativa	(%)	44	43	40	39	
Resultados de las mediciones de gases de escape						
Temperatura Texh	(°C)	329	326	308	261	
O2	(vol% gas de emisión seco)	14.5	14.5	14.5	15.5	
CO2	(vol% gas de emisión seco)	4.7	4.7	4.6	3.9	
CO	(vppm del gas de emisión seco)	94	60	53	62	
NOx	(vppm del gas de emisión seco)	1,339	1,402	1,441	1,127	
Medición de partículas						
Filtro número		ME 488	ME 481	ME 482	ME 483	
Valor de tara	(g)	1.105	1.111	1.127	1.109	
Peso bruto	(g)	1.166	1.142	1.160	1.164	
Volumen de muestra	(m03 gas de emisión seco)	0.87	0.85	0.71	1.11	

**Tabla A.2 Datos de aire y combustión calculados**

Motor					
Tipo	6Mu451 AK				
Número	24652				
Ubicación	MS Catharina				
Datos de aire					
Presión atmosférica	(mbar)	1009.4	1009.4	1009.5	1009.4
Temperatura	(°C)	14.0	13.8	14.0	14.5
Humedad relativa	(%)	44.0	43.0	40.0	39.0
Humedad absoluta	(vol%)	0.69	0.67	0.63	0.63
Humedad absoluta (Ha)	(g/kg aire seco)	4.34	4.18	3.94	3.97
Presión de saturación de agua a Rt	(mbar)	95	86	59	28
Humedad absoluta Turbo (Hsc)	(g/kg aire seco)	33	32	27	15
Combustible					
Tipo de petróleo	LFO				
Código de identificación	EN-590				
Densidad a 15 °C	(kg/l)	0.840			
Valor calórico neto	(MJ/kg)	42.66			
Contenido de carbono	(% m/m)	86.00%			
Contenido de hidrógeno	(% m/m)	13.00%			
Contenido de nitrógeno	(% m/m)	0.10%			
Contenido de azufre	(% m/m)	0.00%			
Datos de combustión estequiométrica calculada		Combustible 1			
Demanda de aire seco	(m3/kg)	11.07			
Flujo de gas de emisión seco	(m3/kg)	10.35			
Flujo de gas de emisión húmedo	(m3/kg)	12.07			
Consumo de combustible 1 petróleo	(kg/h)	158	139	91	49
Datos de combustión real calculada					
Factor del aire EAF		3.10	3.10	3.11	3.63
Flujo de gas de emisión seco	(m3/kg)	33.6	33.6	33.8	39.5
	(m3/h)	5299	4651	3063	1924
Flujo de gas de emisión húmedo	(m3/kg)	35.2	35.2	35.4	41.1
	(m3/h)	5557	4876	3210	2004
Concentración de agua	(% vol de gas de emisión húmedo)	4.6	4.6	4.6	4.0

**Tabla A.3 Factores de corrección**

Condiciones de prueba					
Factor-fa (mecánicamente cargado)	0.96	0.96	0.96	0.96	
Factor-fa (turbo cargado)	0.93	0.93	0.93	0.93	
CCNR					
<u>NOx corrección para humedad y temperatura KHDIES</u>					
KHDIES	Aplicable	0.901	0.900	0.899	0.899
<u>Corrección de partícula para humedad y fa</u>					
Factor de corrección de partícula (Kp)		1.093	1.095	1.099	1.098
Factor de corrección de partícula (Kfa)		1.073	1.042	1.042	1.041
Factor de ayuda Kfa 1		0.176	0.171	0.169	0.155
Factor de ayuda Kfa 2		0.164	0.164	0.163	0.154
Ref. EAF		2.886	2.970	2.990	3.487
Factor de ayuda Kfa 3		1.075	1.040	1.038	1.004
Factores de corrección aplicables					
<u>Corrección NOx</u>					
KHDIES aplicable		0.901	0.900	0.899	0.899
<u>Corrección de partícula</u>					
Kp		1.093	1.095	1.099	1.098
Kfa		1.073	1.042	1.042	1.041
PTcorr		0.000			



**Tabla A.4 Concentraciones de la emisión en condiciones estándar**

Motor					
Tipo	6Mu451 AK				
Número	24652				
Ubicación	MS Catharina				
Condiciones estándar del gas de emisión					
Humedad	(vol %)	0.0			
Temperatura	(°C)	0			
Presión	(mbar)	1013			
Volumen molar	(m <sup>3</sup> /kmol)	22.40			
Concentración de oxígeno	(vol% gas de emisión seco)	15			
Prueba					
Fecha	16-1-2013				
Inicio	(hh:mm)	10:05	10:19	10:33	10:51
Final	(hh:mm)	10:15	10:29	10:43	11:01
Resultados en el gas de emisión en condiciones estándar					
CO	(vppm)	86.6	55.3	48.7	67.2
NOx	(vppm)	1233	1291	1336	1221
Flujo del gas de emisión	(m <sup>3</sup> /h)	5754	5050	3305	1775
Emisiones relativas					
CO <sub>2</sub>	(g/kWh)	626	630	645	663
CO	(g/kWh)	0.80	0.52	0.47	0.67
NOx	(g/kWh)	18.63	19.81	21.08	19.88
Emisiones relativas ponderadas					
NOx	(g/h)	2914	6695	1360	668
NOx (Khdies corregido)	(g/h)	2627	6025	1222	600
Carga	(kW)	156.40	338.00	64.50	33.60
E3	factor	0.20	0.50	0.15	0.15
Emisión relativa ponderada por muestra (corregida)	(g/kWh)	16.80	17.82	18.94	17.87
Emisión relativa ponderada	(g/kWh)	19.64			
Emisión relativa ponderada (corregida)	(g/kWh)	17.68			
CO	(g/h)	124.53	174.41	30.15	22.36
Carga	(kW)	156.40	338.00	64.50	33.60
E3	factor	0.20	0.50	0.15	0.15
CO Emisión relativa ponderada por muestra	(g/kWh)	0.80	0.52	0.47	0.67
CO Emisión relativa ponderada	(g/kWh)	0.59			
Partículas					
Peso de la muestra	(mg)	61	31	33	55
Partículas	(mg/m <sup>3</sup> gas de emisión seco)	70	37	47	50
Partículas (en condiciones estándar)	(mg/m <sup>3</sup> gas de emisión seco)	65	34	44	54
Partícula	(g/kWh)	0.48	0.25	0.34	0.43
Partícula corregida Kp, Kfa	(g/kWh)	0.56	0.29	0.38	0.49
Partícula	(g/h)	74.55	85.46	21.67	14.34
Partícula (Corregida; Kp en Kfa)	(g/h)	87.39	97.54	24.80	16.40
Carga	(kW)	156.40	338.00	64.50	33.60
E3	factor	0.20	0.50	0.15	0.15
Emisión relativa ponderada	(g/kWh)	0.33			
Emisión relativa ponderada (corregida)	(g/kWh)	0.38			

## Después del tratamiento

**Tabla A.5 Resultado de mediciones ambientales**

Motor						
Tipo		6Mu451 AK				
Número		24652				
Ubicación		MS Catharina				
Combustible 1 Petróleo						
Tipo		LFO				
Código de identificación		EN-590				
Prueba						
Fecha		27/08/14				
Inicio	(hh:mm)	8:47	9:05	9:28	9:58	
Final	(hh:mm)	8:57	9:15	9:38	10:08	
Condiciones del motor						
P Carga	(kW)	782	676	430	224	
Número de revoluciones nd	(rpm)	355	341	305	235	
<b>qmf Consumo de combustible (petróleo)</b>	(l/h)	188.00	165.00	108.00	58.00	
Ta Temperatura del aire de succión	(°C)	24	25	25	27	
LT Agua de enfriamiento antes del motor	(°C)	64	65	65	65	
Angulo de ignición	(°)					
pc presión del aire de carga	(bar)	0.95	0.80	0.45	0.14	
Tsc Temperatura del aire de carga	(°C)	55	62	48	39	
Aire ambiental						
Presión atmosférica	(mbar)	1013	1013	1014	1014	
Temperatura	(°C)	21	22	23	23	
Humedad relativa	(%)	53	50	48	50	
Resultados de las mediciones del gas de emisión						
Temperatura Texh	(°C)	364	353	328	281	
O2	(vol% gas de emisión seco)	13.8	14.1	14.3	15.3	
CO2	(vol% gas de emisión seco)	4.8	4.6	4.5	3.8	
CO	(vppm del gas de emisión seco)	127	123	47	38	
NOx	(vppm del gas de emisión seco)	1,252	1,310	1,356	1,086	

**Tabla A.6 Datos de aire y combustión calculados**

Motor					
Tipo	6Mu451 AK				
Número	24652				
Ubicación	MS Catharina				
Datos del aire					
Presión atmosférica	(mbar)	1013.4	1013.4	1013.6	1013.9
Temperatura	(°C)	20.9	22.3	22.7	22.7
Humedad relativa	(%)	52.7	49.6	48.0	50.0
Humedad absoluta	(vol%)	1.28	1.31	1.30	1.35
Humedad absoluta (Ha)	(g/kg aire seco)	8.05	8.26	8.18	8.53
Presión de saturación de agua a Rt	(mbar)	157	218	111	70
Humedad absoluta Turbo (Hsc)	(g/kg aire seco)	54	85	51	40
Combustible					
Tipo de petróleo	LFO				
Código de identificación	EN-590				
Densidad a 15 °C	(kg/l)	0.840			
Valor calórico neto	(MJ/kg)	42.66			
Contenido de carbono	(% m/m)	86.00%			
Contenido de hidrógeno	(% m/m)	13.00%			
Contenido de nitrógeno	(% m/m)	0.10%			
Contenido de azufre	(% m/m)	0.00%			
Datos de combustión estequiométrica calculada					
		FUEL 1			
Demanda de aire seco	(m <sup>3</sup> /kg)	11.07			
Flujo de gas de emisión seco	(m <sup>3</sup> /kg)	10.35			
Flujo de gas de emisión húmedo	(m <sup>3</sup> /kg)	12.07			
Consumo de combustible 1 petróleo	(kg/h)	158	139	91	49
Datos de combustión real calculada					
Factor EAF del aire		2.79	2.92	3.01	3.52
Flujo de gas de emisión seco	(m <sup>3</sup> /kg)	30.1	31.6	32.6	38.3
	(m <sup>3</sup> /h)	4761	4386	2962	1866
Flujo de gas de emisión húmedo	(m <sup>3</sup> /kg)	31.9	33.5	34.5	40.2
	(m <sup>3</sup> /h)	5045	4639	3128	1960
Concentración de agua	(% vol de gas de emisión húmedo)	5.6	5.5	5.3	4.8

**Tabla A.7 Factores de corrección**

Condiciones de prueba					
Factor-fa (mecánicamente cargado)		0.99	0.99	0.99	0.99
Factor-fa (turbo cargado)		0.99	0.99	0.99	1.00
CCNR					
<u>NOx corrección para humedad y temperatura KHDIES</u>					
KHDIES	Aplicable	0.966	0.971	0.970	0.979
<u>Corrección de partícula para humedad y fa</u>					
Factor de corrección de partícula (Kp)		1.037	1.034	1.035	1.030
Factor de corrección de partícula (Kfa)		1.000	1.000	1.011	1.006
Factor de ayuda Kfa 1		0.188	0.176	0.170	0.154
Factor de ayuda Kfa 2		0.185	0.174	0.168	0.154
Ref. EAF		2.754	2.894	2.980	3.503
Factor de ayuda Kfa 3		1.000	1.000	1.000	1.000
Factores de corrección aplicables					
<u>Corrección NOx</u>					
KHDIES aplicable		0.966	0.971	0.970	0.979
<u>Corrección de partícula</u>					
Kp		1.037	1.034	1.035	1.030
Kfa		1.000	1.000	1.011	1.006
PTcorr		0.000			

**Tabla A.8 Concentraciones de la emisión en condiciones estándar**

Motor					
Tipo	6Mu451 AK				
Número	24652				
Ubicación	MS Catharina				
Condiciones estándar del gas de emisión					
Humedad	(vol %)	0.0			
Temperatura	(°C)	0			
Presión	(mbar)	1013			
Volumen molar	(m <sup>3</sup> /kmol)	22.40			
Concentración de oxígeno	(vol% gas de emisión seco)	15			
Prueba					
Fecha		27/08/14			
Inicio	(hh:mm)	8:47	9:05	9:28	9:58
Final	(hh:mm)	8:57	9:15	9:38	10:08
Resultados en el gas de emisión en condiciones estándar					
CO	(vppm)	105	107	42.1	39.9
NOx	(vppm)	1036	1138	1215	1142
Flujo del gas de emisión	(m <sup>3</sup> /h)	5754	5050	3305	1775
Emisiones relativas					
CO <sub>2</sub>	(g/kWh)	573	589	606	628
CO	(g/kWh)	0.97	1.00	0.40	0.40
NOx	(g/kWh)	15.65	17.46	19.18	18.58
Emisiones relativas ponderadas					
NOx	(g/h)	2448	5900	1237	624
NOx (Khdies corregido)	(g/h)	2366	5731	1199	611
Carga	(kW)	156.40	338.00	64.50	33.60
E3	factor	0.20	0.50	0.15	0.15
Emisión relativa ponderada por muestra (corregida)	(g/kWh)	15.13	16.96	18.60	18.19
Emisión relativa ponderada	(g/kWh)	17.23			
Emisión relativa ponderada (corregida)	(g/kWh)	16.72			
CO	(g/h)	151.17	337.19	26.10	13.30
Carga	(kW)	156.40	338.00	64.50	33.60
E3	factor	0.20	0.50	0.15	0.15
CO Emisión relativa ponderada por muestra	(g/kWh)	0.97	1.00	0.40	0.40
CO Emisión relativa ponderada	(g/kWh)	0.89			
Partículas					
Partículas	(mg/m <sup>3</sup> gas de emisión seco)	8	6	3	2
Partículas (en condiciones estándar)	(mg/m <sup>3</sup> gas de emisión seco)	7	5	2	2
Partícula	(g/kWh)	0.05	0.04	0.02	0.02
Partícula corregida Kp, Kfa	(g/kWh)	0.05	0.04	0.02	0.02
Partícula	(g/h)	7.81	12.50	1.11	0.56
Partícula (Corregida; Kp en Kfa)	(g/h)	8.09	12.92	1.16	0.58
Carga	(kW)	156.40	338.00	64.50	33.60
E3	factor	0.20	0.50	0.15	0.15
Emisión relativa ponderada	(g/kWh)	0.04			
Emisión relativa ponderada (corregida)	(g/kWh)	0.04			



## Apéndice B. Calibración cero y patrón TESTO 350

Gas de referencia usado 040004525368

		Proyecto número		EZMO-11-0027			
		Ubicación del proyecto		MS Catharina			
		Fecha		27/8/2014			
		Ejecutante(s)		JMI			
Número de marbete(s)							
		<b>O2</b> vol%	<b>CO2</b> vol%	<b>CO</b> vppm	<b>NOx</b> vppm	<b>SO2</b> vppm	<b>x y</b> vppm
Analizador de rango		25	20	1000	1000		
Conc. gas patrón	40004525368	20.95	18.19	894	904.8		
Conc. de gas de control	Identificación						
Prueba de hermeticidad	Satisface	Sí					
<b>Calibración 1</b>	<b>tiempo</b> <b>Calibración</b>						
cero	16:30	0	0	0	0		
patrón	16:45		17.88	901	901		
gas de control							
	26-8-2014						
<b>Calibración 2</b>	<b>tiempo</b> <b>Calibración</b>						
cero antes de calibrar	15:15	0	0.1	1	3		
cero después de calibrar							
patrón antes de calibrar	15:25	20.78	17.92	899	902		
patrón después de calibrar							
desviación en % cero		0.0	0.5	0.1	0.3		
desviación en % patrón		0.8	1.5	0.6	0.3		
	27-8-2014						



## Apéndice C. Gas de calibración

© SGS Environmental Services Version 0

**AIR PRODUCTS**

**Analyse certificaat**

Air Products SA/NV  
1789 Weversteenweg  
Chaussee de Wavre  
B-1160 BRUSSELS  
Printdatum: 13 MRT 2013

Container Type: X50A - 50L Aluminium Fles  
Type afsluit: DIN14  
Netto Gewicht: 9.935 kg  
Vol Druk @ 15 °C: 141.0 barg  
Vol Druk @ 15 °C: 143.789 kg/cm<sup>2</sup>  
Inhoud @ 0°C, 1013 mbar: 7.290 Nm<sup>3</sup>

Materiaal 61385 Mélange gazeux	Fabriek Datum 11 MRT 2013	Analyse Datum 13 MRT 2013	Vervaldatum 11 MRT 2018
Inspectie Lot 040004525368		Fabriek Lot 0234	

ONDER GROEFS	BOVEN GROEFS	NOMINALE WAARDE	GEWEN WISDE	EMEID RIET	ONZEKER HUIS	PER REPET LEAS	ANALYSE FREQ	METHODE
NOx	900	901	ppm mo ± 1%rel					Ana - Chemilum nescente (NOx)
Propaan	900	902	ppm mo ± 0.5 %rel					Grav
Koolstofmonoxide	900	900	ppm mo ± 0.5 %rel					Grav
Koolstofdioxide	18.00	18.02	% mole ± 0.1%rel					Grav
Stikstof oxide	900	900	ppm mo ± 1%rel					Ana - Chemilum nescente (NOx)
Zwavel Dioxide	900	900	ppm mo ± 0.5 %rel					Grav
Stikstof		813	% mole ± 0.1%rel					Grav

Het certificaat is elektronisch opgesteld en is geldig zonder handtekening.

**OPMERKINGEN:**  
Methode: 1 = Certificaat methode, 2 = Analyse methode.  
Analyse freq: I = individuele analyse, B = Batch (Lot) analyse, C = Berekende waarde, S = Oorsprong.  
De afkorting (m) in de meeteenheid refereert naar massa (gewicht).  
Herleidbaar naar Internationale standaard - Gewichte Standaard N° 800980.  
Herleidbaar naar Internationale standaard - Standard methode N° 405156 / 405157.  
# Air Products is ISO 9001:2000 gecertificeerd - Cert nr 01131-96-AQ-LDN-UKAS.  
# Niet meer gebruiken bij een druk lager dan 3 bar (uitzonderend producten geleverd met een druk lager dan 10 bar).  
# Te bewaren bij een temperatuur van -10° C tot +50° C.

Pagina 1 van 1

UK: 08437 020292 DE: 069 380 789 355 SK: 0800 100 700  
NL: 01 463 4200 BE: 078 15 53 02 PL: 0 801 100 137 ES: 900 33 02 02  
NL: 020 206 17 01 CZ: 800 100 700 PT: 00800 6281 4576

**tell me more**  
www.airproducts.com

### IJkgas controleformulier

#### RvA ijkgasfles

IJkgas flesnummer: 003108SG

RvA certificaatnummer: 3222191.01

#### IJkgasfles

Concentratie ijkgas: hoog

Leverancier: Air Products

IJkgasflesnummer: 040004525368

Houdbaarheidsdatum: 11-Mar-18

Resultaten		RvA [mol]	RvA [Vol]	Certificaat [mol]	Certificaat [Vol]	Controle
NOx	ppm					
NO	ppm	913	914.3	901	902.2	904.80
x y	ppm	900	882.3	902	884.3	880.34
CO	ppm	901	902.3	900	901.3	894.31
CO2	%	17.99	17.90	18.02	17.93	18.19
SO2	ppm	904	886.6	900	882.6	872.43

Uitgevoerd door: T.Hermesen

Gecontroleerd KAM:

Controle datum: 7/3/2013

Controle datum: 7/31/2013