



# ANALIZADOR de GAS GA-12

## Manual de Operaciones

Ver. 0.30

01/2003

**madur**<sup>®</sup>  
E L E C T R O N I C S

## 1 CONTENIDO

1 CONTENIDOS.....	1
2 MANTENIMIENTO.....	2
3 OPERACIÓN.....	3
3.1 Uso del teclado.....	3
3.2 Operaciones básicas.....	3
3.3 Pantalla de resultados.....	4
4 MENÚ.....	5
4.1 Almacenando los resultados.....	5
4.2 Acción.....	6
4.3 Cuadro.....	8
4.3.1. Regulación de los quemadores (no disponible).....	8
4.4 Parámetros de medición.....	8
4.5 Menú.....	9
4.5.1 Ajustes.....	9
4.5.2 Reportes.....	9
4.5.3 Reloj.....	9
4.5.4 Servicio.....	9
4.5.4.1 Información 10	
4.5.4.2 Lista de controles.....	10
4.5.4.3. Calibración del CO.....	10
4.5.4.4 Calibración del NO.....	11
4.5.4.5 Presión.....	11
4.6 Impresora.....	11
5 PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL CÁLCULO DE RESULTADOS.....	13
5.1 Cantidades Obtenidas de medidas directas (O <sub>2</sub> , CO, NO).....	13
5.2 Calculando la concentración de dióxido de carbono.....	13
5.3 Calculando la concentración de óxidos de nitrógeno NO <sub>x</sub> .....	13
5.4 Concentración de monóxido de carbono "no diluido" CO no diluido.....	13
5.5 Concentración Masiva de los componentes del gas.....	13
5.5.1 Concentración absoluta de los componentes del gas.....	14
5.5.2 Concentración relativa a la concentración de oxígeno de los gases en combustión.....	14
5.6 Calculando los parametros de combustión.....	15
5.7 parametros de la chimenea.....	16
5.8 La influencia de parámetros del combustible en la exactitud de cálculos de resultado.....	17

## 2 MANTENIMIENTO

### Los Sensores

Las siguientes recomendaciones extenderán la duración de los sensores del gas y asegurarán que las medidas sean efectuadas sin errores:

- No ejerza una concentración del gas mayor a la del rango del sensor.
- Los sensores pueden reaccionar imprevisiblemente a productos químicos que no son típicamente encontrados en los gases de la chimenea. Por esta razón el equipo no debe ser limpiado con solventes químicos.  
El vapor producido por tales solventes puede conducir a la desestabilización y el daño permanente a los sensores.
- Algunos sensores tienen un voltaje aplicado aún cuando el analizador esté apagado.  
Por favor asegúrese que siempre las baterías estén cargadas en el analizador.
- No apague el analizador antes de que el sistema de gas esté libre de gases de la chimenea.
- Guarde el analizador en un lugar fresco si debe quedar guardado por algún tiempo. Esto reducirá el desgaste en los sensores.

### El sistema del gas

El sistema del gas está protegido por un filtro en línea. El elemento del filtro se pondrá sucio con el uso y debe ser reemplazado cuando sea necesario. El agua que se condensa en la trampa debe ser vaciada según lo solicitado.

### Las baterías

El instrumento usa 4 baterías de tipo AA (1.5 V).

**Si el instrumento no está funcionando durante algún tiempo, entonces la batería se agotará debido a que ciertos circuitos están permanentemente funcionando. Por esta razón la condición de las baterías debería ser comprobada mensualmente.**

### Tiempo de servicio

Es esencial llevar a cabo un servicio periódico ya que los parámetros de los sensores del gas se alteran con el tiempo.

Durante este servicio los sensores del gas deben ser calibrados con gas. Recomendamos que el servicio al que se cargó sea cada 12 meses.

### Los errores

El instrumento tiene una función del auto-chequeo. De haber un error, este será mostrado en la pantalla "***Lista de CONTROL***".

### Apagando después de usar

La vida de los sensores electroquímicos depende del uso del instrumento. El desgaste en el sensor es mayor en concentraciones superiores del gas y durante mediciones más largas. Esto conduce a un lento deterioro del sensor.

**Por esta razón el instrumento no debería ser cambiado completamente hasta que todos los gases de la chimenea hayan sido purgados del sistema con aire limpio y el instrumento haya sido ventilado por algunos minutos.**

### 3 OPERACIÓN

#### 3.1 Uso del teclado

##### La descripción de las teclas

**F1** - Tecla Izquierda. Lleva a cabo la función mostrada en pantalla mientras el instrumento es encendido.

**F3** - Tecla derecha. Lleva a cabo la función mostrada en pantalla mientras el instrumento es encendido.

**I** - Tecla del centro. Lleva a cabo la función mostrada en pantalla cuando el instrumento es encendido.

**Print** - Inicia la impresión.

**OFF** - Apagar el instrumento.



- En la pantalla de resultados aparece la opción **PARÁMETRO**, que en modo texto cambia el cursor a la izquierda.



- En la pantalla de resultados aparece la opción **MENÚ**, que en el modo texto cambia el cursor a la derecha.



- Mueve el cursor hacia arriba en un menú. En modo texto aumenta el valor. En la pantalla de resultados sirve para cambiar a la siguiente pantalla.



- Mueve el cursor hacia abajo en un menú. En modo texto disminuye el valor. En una pantalla de resultados cambia a la siguiente pantalla. Introduciendo números

Los números son introducidos como sigue:



y - Mueve el cursor atrás o adelante hacia el dígito a ser cambiado.



y - Incrementa/disminuye el valor del dígito marcado.

#### 3.2 Operaciones Básicas

##### Comenzando

Conecte las partes individuales del instrumento:

- Conecte la sonda.
- Asegure que la conexión de salida del gas no esté bloqueada.

##### Encendido

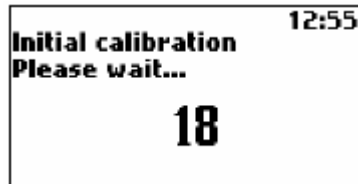
Compruebe el filtro antes de encender. Límpielo o reemplácelo de ser necesario.

##### Calibración de cero

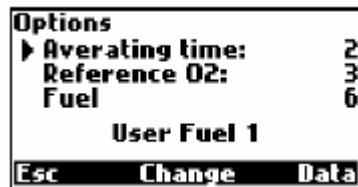
El instrumento realiza una calibración de cero inmediatamente después de ser encendido.

**Durante la calibración de cero la sonda debe estar fuera del canal del gas de la chimenea.**

Este proceso es esencial para la exactitud de las medidas. Este proceso calibra el sensor de oxígeno a un 20.95 % en aire limpio y coloca el punto cero de los sensores tóxicos.

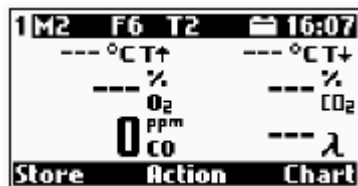


Después de la calibración a cero la opción **PARÁMETRO** aparece automáticamente. Aquí los parámetros de medición pueden ser comprobados o cambiados.



### 3.3 Pantalla de resultados

Las teclas **Data** o **Esc** automáticamente abrirán la pantalla de resultados desde cualquier punto. Abajo está un ejemplo de una pantalla de resultados.



Explicación:

#### La barra de Información

La **barra de información** está en lo alto de la pantalla. Los signos tienen los siguientes significados:

- El número **1** es para la primera pantalla de resultados. Cuatro pantallas de resultados pueden ser definidas. Estas pueden ser abiertas usando las teclas "arriba" y "abajo".
- **M15** muestra cuantos espacios de memoria están todavía disponibles. En este caso, 15 de las 16 están todavía vacías.
- **F1** muestra el combustible seleccionado. El instrumento contiene 6 combustibles fijos y 4 programables. Estos son enumerados 0...9.
- **T180** muestra el tiempo determinado que promedia. Esto puede ser programado en pasos fijos entre 2 y 180 segundos.
- **La batería:** Esto demuestra la condición de la carga de la batería.
- **16:39** muestra la hora programada en el analizador.

### La barra de menús

La barra de menús en la base de la pantalla muestra el uso de las teclas. Las posibilidades están especificadas abajo en "MENÚ"

### Los resultados

Todos los resultados de medidas y cálculos son mostrados como valores promedio. El tiempo promedio es escogido por el usuario en **Parameter** de 2 - 10 - 20 - 30 - 60 - 120 - 180 segundos, por ejemplo, la elección de 60 segundos significa que el promedio de los últimos 60 segundos es mostrado en pantalla.

El contenido de las pantallas de resultados individuales puede ser definido por el usuario. El software necesario, "GA12control.exe", está en el disco. Hay también algunos ejemplos de posibilidades allí (ResScreens 1.bin...ResScreens 4.bin).

Aquí está una lista de todas las medidas o variables calculadas que pueden ser mostradas en las pantallas de resultados:

- 4 - la concentración Volumétrica de los gases: O<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> und CO<sub>2</sub>
- 2 - la concentración volumétrica No diluida de los gases. CO<sub>u</sub>, NO<sub>xu</sub>
- 4 - la concentración Masiva de los gases:
  - Absoluto: CO<sub>m</sub>, NO<sub>xm</sub>
  - Relativo: relacionado con un nivel definido de oxígeno en reposo: CO<sub>rel</sub>, No<sub>xrel</sub>
- 2 - Emisión de los gases en relación con el valor de energía: ECO, ENO<sub>x</sub>
- 7 - Parámetros de Combustión: SL, Sco, ETA, ETA \*, Lambda, TI, EA
- 3 - Las Temperaturas del gas, ambiente y adentro del analizador.
- 2 - La presión / presión diferencial y la tasa de flujo
- 1 - Humedad relativa del gas en el analizador.
- 1 - Voltaje de la batería

## 4 MENÚ

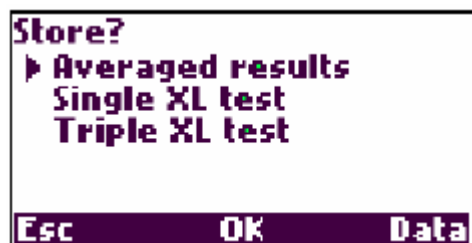
De las pantallas de resultados las siguientes opciones pueden ser activadas con el teclado:

- Almacenar - tecla de la izquierda
- Acción - tecla del centro
- Grafico - tecla de la derecha
- Parametro - Flecha izquierda
- Menú - Flecha derecha
- Impresión - tecla con una página mostrada en ella.
- Apagado - Presionando el círculo, la tecla roja desconectará el instrumento completamente.

### 4.1 Resultados del almacén

La opción STORE (almacen) puede ser alcanzada de cualquier pantalla de resultados presionando la tecla de la izquierda. Los resultados en la pantalla son almacenados en un buffer y se quedan allí hasta que se guarden permanentemente.

Los resultados son almacenados en forma de reportes. Ésta es una colección de todos los resultados.



Los resultados pueden ser almacenados en tres formas diferentes:

### Los resultados promediados

Los resultados promediados serán almacenados. Las veces que promedia que se colocó bajo **Parameter** son 2, 10, 20, 30, 60, 120 y 180 segundos.

### Prueba Simple XL

Los resultados promediados serán almacenados. El término XL (de más grande) sirve para la formación de promedios especialmente largos. Las veces que promedia que se colocó bajo **el Parameter II** son 1, 5, 10, 15, 20 y 30 minutos.

### Triplique prueba XL

Esto automáticamente almacenará tres **Pruebas simples XL** de manera consecutiva



### ESC

El almacenado de resultados estará bloqueado y el instrumento retornará automáticamente a la pantalla de resultados.

### YES

El informe (s) más antiguo (s) será borrado y el nuevo (s) será almacenado en lugar del último.

Si los resultados son guardados, entonces el instrumento demandará un número del cliente (el número de la identificación del informe). Este número aparecerá en el informe.



Cuando el número haya sido introducido y confirmado con "OK", la siguiente pantalla aparecerá momentáneamente.

Esto completa el almacenaje instrumento regresará



de los resultados y el automáticamente a la

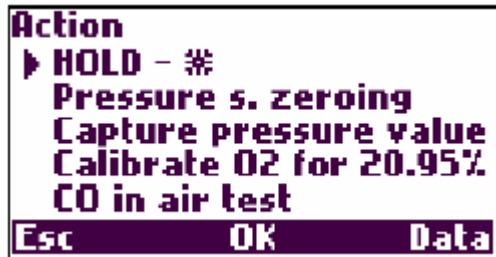
pantalla de resultados.

El número que aparece en la pantalla de confirmación # 0029 no es el número de informe (1–16), es el mostrador de actividad que será adjuntado al informe por el instrumento.

#### 4.2 Acción

Esta herramienta útil consiste de una lista de órdenes simples que es confirmada por el instrumento cada vez que es encendido.

Presionando la tecla del centro en las pantallas de resultados abrirá esta opción.



#### HOLD - \*

Los valores presentes de medida son congelados y la pantalla aparecerá automáticamente con los valores detenidos.

Presionando la tecla del centro otra vez acabará la congelación de los valores y el instrumento regresará a mostrar los valores presentes.

#### Presión sobre s. Poniendo el cero

Esto calibra el sensor de presión en el cero. Esto debe ser llevado a cabo antes de cada medida de presión. El instrumento debería ser mantenido en la misma posición durante la medida como fue usado durante la calibración en el cero.

#### Capte valor de presión

El valor medido por la presión es almacenada en una memoria temporal. Esto será incluido en la siguiente impresión o se guardará con el siguiente informe bajo Pressure (presión).

#### Calibre O2 para 20.95%

La GA-12 tiene la posibilidad de calibrar el sensor O2 con aire limpio para aumentar la exactitud de medida cuando el instrumento ha estado funcionando durante algún tiempo. No se olvide de quitar la sonda de la pila y esperar para una lectura se establezca.

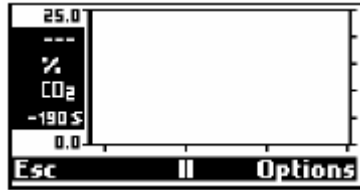
#### Prueba ambiental de CO

Esta opción se usa para medir el nivel ambiental de CO. El instrumento demandará que la sonda sea removida de la pila. Después de la confirmación la medición comenzará. El valor medido de CO ambiental aparecerá en la siguiente impresión o será almacenada con el siguiente informe como "CO ambiental".

#### 4.3 Cuadro

El instrumento almacena los últimos 90 valores del segundo 2 promediando en la RAM. Por lo tanto la gráfica mostrará los valores para los últimos 190 segundos. El valor más reciente está en el lado derecho, el más antiguo a la izquierda. El diagrama avanzará de derecha a izquierda con el tiempo.

Una pantalla similar a la siguiente aparecerá:



Los signos en la izquierda tienen los siguientes significados:

- El valor máximo del Eje vertical (aquí 100).
- El valor actual o, cuando el indicador está activado, el valor del indicador (aquí 24.0).
- La unidad (aquí °C). Esto aparece automáticamente con la variable.
- La variable (aquí Ta). Las flechas arriba/abajo pueden usarse para avanzar a través de las variables.
- El tiempo del indicador (aquí - 128s). Esto quiere decir que el indicador se queda con el valor que fue registrado 128 segundos antes.
- El valor mínimo del Eje vertical (aquí - 20)

La barra de menús:

### ESC

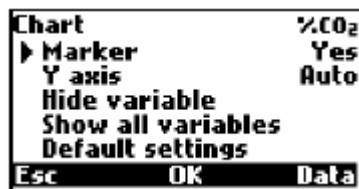
Deja al Cuadro y regresa a la pantalla de resultados.

### El signo II

Cuadro para el ajuste de la caldera - esta opción no está todavía disponible.

### La opción

Esto abre la ventana para los ajustes del Cuadro. La siguiente pantalla aparece:



### El indicador

Enciende o apaga el indicador

### El eje vertical (eje Y)

El sistema de escala para el Eje vertical puede ser determinado. Éstas son las opciones:

- Escala Automática - el instrumento escoge según los valores medidos.
- Manual - puede ser colocado por el usuario con el programa de la PC.
- Completo - El rango entero del sensor es demostrado.

### La variable Oculta

Después de que la confirmación con OK la variable ya no será mostrada en los Cuadros. Puede ser reactivada usando "**mostrar todas las variables**" o con el programa de la PC.

### Mostrar todas las variables

Después de la confirmación con OK el instrumento mostrará todas variables medidas y calculadas en los Cuadros.

### Ajustes Predeterminados

Después de la confirmación con OK el instrumento mostrará algunos importantes resultados medidos y calculados: O2, CO, ETA, Lambda, Tgas

#### **4.3.1 Regulación del Quemador - todavía no disponible**

Esta opción deja que al proceso de combustión en un quemador para ser visualizado. Tres variables que definen el proceso de combustión son demostradas gráficamente. Estos son:

- O2 - Concentración de Oxígeno
- SL - Pérdida de pila
- Lambda - Exceso de aire

Todas las tres curvas son mostradas conjuntamente a un diagrama. Esto significa que la conexión dinámica entre todas las variables es fácilmente vistas y la abertura de aspiración puede ser ajustada para una combustión óptima. Todas las tres curvas se cruzan en un punto común. Éste es el punto presente de funcionamiento del quemador.

La curva para O2 se compone. Esto no se alterará cuando los ajustes son hechos. El diagrama muestra concentraciones de 0...10%.

El SL (la pérdida de la pila) es una línea recta que ascenderá o descenderá cuando los ajustes estén hechos. Esto es mostrado en el rango de 0...20%.

El valor Lambda es una línea recta vertical, la cual se moverá izquierda/derecha durante el ajuste. Esto es mostrado en el rango de 1...2.

El usuario también puede colocar dos indicadores para definir el rango deseado para Lambda. Si el valor se pone mayor que el indicador correcto, entonces una flecha para la izquierda aparecerá bajo el eje X lo que significa "Reducir flujo de aire". Si una flecha a la derecha aparece, lo cual significa "Incrementar flujo de aire"

En la derecha de la pantalla la concentración de CO es mostrada como una gráfica de barras.

La regulación del quemador puede ser hecha desde **MENÚ** como sigue:

#### **4.4 Medida parámetros**

La flecha izquierda da acceso a **Parameter** desde la pantalla de resultados.

La siguiente pantalla aparece:

<b>Options</b>	
► Averaging time:	2
Reference O2:	3
Fuel	6
User Fuel 1	
Esc	Change Data

#### Promediando el tiempo

Los siguientes tiempos promedios pueden ser determinados usando la tecla **cambio** o las flechas izquierda/derecha:

2 - 10 - 20 - 30 - 60 - 120 - 180 segundos.

#### Referencia al oxígeno

Los siguientes valores de oxígeno referencial pueden ser determinados usando la tecla **cambio** o las flechas izquierda/derecha.

3 - 5 - 6 - 11% O2

## Combustible

Los siguientes 6 combustibles pueden ser determinados usando la tecla **cambio** o las flechas izquierda/derecha:

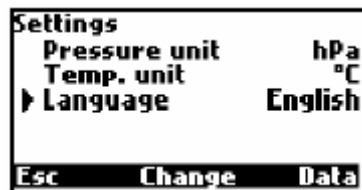
- Aceite liviano
- Gas Natural
- Gas para la ciudad
- El gas del horno
- El gas líquido
- Bio-diesel

Hay también 4 posiciones de memoria para 4 combustibles programados por el usuario. Esto es llevado a cabo usando el programa de la PC.

### 4.5 Menú



#### 4.5.1 Ajustes



El instrumento está PRE programado con un número de lenguajes.

#### 4.5.2 Reportes

Esta opción deja que todos los reportes sean borrados. Es alcanzada como sigue desde **Store**:



### 4.5.3 Reloj

```
Clock
▶ Time      16:20:02
  Date      15/02/03
  Date format dd/mm/yy
Esc Change Data
```

Aquí, el reloj/calendario interno puede estar ajustado.

### 4.5.4 Servicio

La siguiente pantalla aparece cuando la opción es abierta:

```
Service
▶ Info
  Control list
  CO calibration
  NOx calibration
  Pressure calibration
Esc OK Data
```

#### 4.5.4.1 Información

La pantalla **INFO** muestra información acerca del instrumento.

```
GA12 info
Software:      0.20
Serial No:     00000000
Last report:   #00049
NOx sensor:    Yes
%RH sensor:    No
Esc Data
```

#### 4.5.4.2 Lista de Controles

La opción **CONTROL LIST** muestra todas las señales medidas. Esto es de gran utilidad al ir en busca de defectos.

La siguiente pantalla aparece:

```
Control list I
Ta --- 5003.0 32767
Ti --- 1130.4 32767
Tg --- 2569 32767
NOx 0 Yes 49
CO 0 32
Esc II Data
```

```
Control list II
O2 --- -1631
Pa 0.04 42
Ub 4.917 12291
RH --- No 0
Calibration: OK
Esc I Data
```

#### 4.5.4.3 Calibración del CO

Para calibrar el sensor, un gas de calibración de concentración conocida es aplicado al instrumento. Después de algunos minutos la señal es estable y puede guardarse como el valor de calibración.

**Cuando el valor de calibración es almacenado automáticamente borrará el valor previo. Si los valores incorrectos son almacenados, entonces el instrumento se pone casi inservible para sus propósitos de medición. La CALIBRACIÓN sólo debe ser abierta si es genuinamente efectuada y la calibración del gas está disponible.**

La concentración de la calibración del gas, idealmente, debe ser similar a la concentración esperada en los gases de combustión.

La calibración del gas debe ser aplicado por lo menos 4 minutos. Después de la calibración de un sensor el instrumento requiere al menos 15 minutos en aire fresco para purgar el sistema.

#### **El procedimiento de calibración**

Abrir la opción. La siguiente pantalla aparece:

<b>CO calibration</b>		
	<b>Signal</b>	<b>ppm</b>
<b>Measured</b>	-6	0
<b>Stored</b>	2000	100.0
<b>► Concentration</b>		100
<b>Esc</b>	<b>Change</b>	<b>OK</b>

La pantalla tiene el siguiente significado:

- **Medido** - la señal actualmente mide el sensor y la concentración calculada del gas.
- **Almacenado** - la señal previamente almacenada y concentración.
- **Concentración** - la concentración del gas de calibración en (ppm).

Usando **cambio** la concentración de la calibración del gas puede estar ajustada.

Cuándo la concentración haya sido determinada y confirmada con OK el instrumento automáticamente retornará a **CO Calibration**. Aplique la calibración de gas al instrumento y espere una señal estable (approx. 3 - 4 minutos).

Use OK para almacenar el valor. Antes de que el valor sea permanentemente almacenado la siguiente pantalla debe ser confirmada con YES. Si hay cualquier duda en lo que se refiere a la validez de los valores, entonces la opción puede quedar anulada presionando ESC.

#### **4.5.4.4 Calibración del NO**

El procedimiento es idéntico para la calibración con gas de CO.

#### **4.5.4.5 Calibración de la Presión**

Este procedimiento requiere un medio exacto de presión y una fuente de presión de precisión.

**Cuando el valor de calibración es almacenado automáticamente borrará el valor previo. Si los valores incorrectos son almacenados, entonces el instrumento se pone casi inservible para sus propósitos de medición. La CALIBRACIÓN sólo debe ser abierta si es genuinamente efectuada y la calibración del gas está disponible.**

## El procedimiento de calibración

Abrir la opción. La siguiente pantalla aparece:

Pressure calibration		
	Signal	Pa
Measured	44	4.2
Stored	15660	1500.0
▶ Pressure		1500
Esc	Change	OK

La pantalla tiene el siguiente significado:

- **Medido** - La señal actualmente abastecida por el sensor de presión
- **Stored** - la señal previamente almacenada y presión de calibración.
- **Pressure** - la presión de Calibración en (Pa).

La tecla **cambio** puede usarse para cambiar el valor de la presión de calibración.

Después de introducir el valor y confirmar con **OK** el instrumento automáticamente retornará a **calibración de la Presión**.

Aplicar la presión de calibración al instrumento y espere para una indicación estable (approx. 1 minuto). Presione **OK** para almacenar el valor, La siguiente pantalla entonces debe ser contestada **SÍ** para completar la calibración. **ESC** puede ser usado para salir sin almacenar.

## 4.6 Impresora

Print?		
▶ Fast results		6
Averaged results		6
Stored report		8
Last screen		
Esc	OK	Data

Presionando la tecla impresora abrirá esta pantalla. Los últimos valores medidos son guardados en la memoria y están por lo tanto disponibles para la impresión. En el lado derecho de la pantalla saldrá un número que puede estar entre 1 y 8.

Las flechas **left/right (derecha/izquierda)** pueden usarse para cambiar el valor. Esta es la definición del plan de impresión usado para los valores. El programa **GA12control** puede usarse para colocar los planes 1 a 4. Los planes 5 a 8 son las versiones predeterminadas en la fábrica. 5 y 6 son para valores actuales, 7 y 8 para informaciones. El método de cambiar los planes está descrito en el programa.

### Resultados Rápidos

Los últimos valores medidos serán impresos usando el plan seleccionado.

### Los resultados promediados

Los últimos resultados promediados calculados serán impresos usando el plan seleccionado.

### El informe almacenado

Un informe será impreso usando el plan seleccionado. La última pantalla

El contenido de la última pantalla exhibida será impreso.

## 5 PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL CALCULO DE RESULTADOS

### 5.1 Cantidades obtenidas de medidas directas (O<sub>2</sub>, CO, NO)

En mediciones directas los valores de temperatura y también la concentración de aquellos elementos del gas, que son detectadas por sensores electroquímicos independientes que son obtenidos. Las indicaciones de las células electroquímicas son proporcionales a la concentración de volumen de los elementos detectados expresados en ppm (partes por millón).

Las siguientes cantidades son obtenidas por medio de la medida directa:

- Temperatura del gas de la chimenea T y la temperatura ambiental, expresado (°C)
- Concentración de volumen del CO (ppm)
- Concentración de volumen del NO (ppm)
- Concentración de volumen del O<sub>2</sub> (%)

### 5.2 Calculando la concentración de dióxido de carbono

No es obtenido por la medida directa, pero está calculado en base a la concentración medida de oxígeno y el parámetro del 2max de CO, característico para el combustible dado.

La fórmula 1 enseña la fórmula según la cual el analizador calcula concentración de volumen de CO<sub>2</sub>:

$$1. \quad \text{CO}_2 = \text{CO}_{2\text{max}} \cdot \left( 1 - \frac{\text{O}_{2\text{meas}}[\%]}{20.95\%} \right)$$

### 5.3 Calculando la concentración de óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>

Además de óxido nítrico NO, los gases de combustión también contienen óxidos más altos de nitrógeno (principalmente NO<sub>2</sub>) **GA-12** no tiene el sensor de dióxido de nitrógeno, sólo el sensor del óxido nítrico. Pero se logra calcular el NO<sub>2</sub> contenido con base en el NO medido. Es generalmente asumido ese óxido nítrico NO contenido en la combustión con gas cerca del 95 % de la cantidad total de óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>. **GA-12** calcula la concentración total de óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub> según la siguiente fórmula:

$$2. \quad \text{NO}_x[\text{ppm}] = \frac{\text{NO}[\text{ppm}]}{0.95}$$

### 5.4 Concentración de monóxido de carbono CO no diluido

Para hacer el cálculo de la concentración de monóxido de carbono en la combustión del gas, independiente de aire excedente con el cual el proceso de combustión es dirigido, la idea de monóxido de carbono CO undil no diluido se introdujo (se llama también la concentración de CO calculada para O de 0 % 2). El valor de CO undil se calcula según la fórmula debajo:

$$4. \quad \text{CO}_{\text{undil}} = \text{CO} \cdot \lambda$$

Donde:

- CO - Concentración de volumen CO (ppm)  
 $\lambda$  - Número de exceso de aire

Como puede verse, la concentración de CO "no diluido" es la concentración hipotética que se habría formado si la misma cantidad de monóxido de carbono habría aparecido en la combustión de gas al quemar sin aire excedente (donde  $\lambda = 1$ , así O<sub>2</sub> = 0 %).

### 5.5 concentraciones Masivas de componentes del gas

**GA-12** también hace los cálculos de la concentración masiva expresados en mg/m<sup>3</sup> de la concentración expresada en ppm. La concentración masiva de elementos del gas depende de la presión del gas y la temperatura. Para hacer la comparación de resultados posibles, la idea de condiciones estándar fue introducida, esto es temperatura estándar y valores de presión en los cuales la concentración masiva de los elementos se calcula. En las condiciones del estándar de sistema GA-12 de 1000 hPa y 0°C fueron tomadas.

El analizador indica dos valores diferentes expresados en mg/m<sup>3</sup>, son llamados concentración de masa de absoluta concentración y de masa relativo a oxígeno. Estos valores están a menudo confundidos - en el siguiente capítulo la forma en que se calculan y las diferencias entre ellos están clarificadas.

#### 5.5.1 Concentración de la masa absoluta de los componentes del gas

Define cuántos miligramos de un gas dado son contenidos en 1m<sup>3</sup> de gas de combustión en condiciones estándar (1000 C hPa, 0 o). El valor de concentración se calcula de la concentración expresada en ppm usando el factor A de la tabla 6. La siguiente fórmula muestra cómo se calcula la concentración masiva absoluta (aquí la concentración de CO):

5. 
$$\text{CO} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] = \text{CO}[\text{ppm}] \cdot A_{\text{CO}}$$

Donde:

- CO (mg/m<sup>3</sup>) - La concentración absoluta de masa de CO en gas de combustión (en las condiciones estándar).  
CO ppm - La concentración absoluta de volumen de CO en gas de combustión (de medida).  
A CO - El factor de corrección de tabla 6.

Gas	A $\left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3 * \text{ppm}} \right]$
CO	1.250
NO	1.340
NO <sub>x</sub>	2.056

**Tab. 6: Los factores para corregir la concentración en (ppm) en la concentración masiva en mg/m<sup>3</sup> (en las condiciones del estándar 1000 hPa, 0°C).**

**Nota: La concentración masiva de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) se calcula por el analizador (según las normas) usando el factor de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).**

La concentración masiva calculada por **GA-12** es comparable con los resultados obtenidos por otros métodos (o los tipos diferentes de analizadores) sólo cuando ambos cálculos han sido sacados en base a las mismas condiciones.

### **5.5.2 Concentración masiva relativa a la concentración de oxígeno en los gases de combustión.**

Así como concentración masiva absoluta, la concentración masiva relativa a la concentración de oxígeno en los gases de combustión se calcula de igual manera. La concentración de un componente dado en relación a la concentración de oxígeno es expresada por la siguiente fórmula (por poner un ejemplo para el valor de CO):

$$6. \quad CO_{rel} \left[ \frac{mg}{m^3} \right] = \frac{20.95\% - O_{2ref}}{20.95\% - O_{2meas}} \cdot CO \left[ \frac{mg}{m^3} \right]$$

Donde:

- CO rel - La concentración de CO en relación al oxígeno expresado en (mg/m<sup>3</sup>)
- O<sub>2</sub> ref - Oxígeno referencial, parámetros convencionales (escogidos seleccionando el combustible o ingresándolo independientemente desde el teclado) expresados en (% vol)
- O<sub>2</sub> meas - La concentración medida de CO en gases en combustión expresados en (% vol).
- 20.95% - Concentración de oxígeno en aire puro
- CO - La concentración medida del CO en gases de combustión expresados en [ mg/m<sup>3</sup> ] (concentración total absoluta)

Usando fórmulas similares, las concentraciones en relación a la concentración de oxígeno de óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub> es calculada. La concentración relativa a la concentración de oxígeno se introdujo para hacer la concentración evaluada independiente de la forma que el proceso de combustión es efectuado. El valor absoluto (expresado en ppm) puede ser aminorado artificialmente en el proceso de combustión con un incremento en aire excedente (la cantidad grande de O<sub>2</sub> en la combustión del gas). No tiene que ser una disminución de la emisión total. La fórmula que calcula la concentración relativa al oxígeno toma en cuenta la concentración de oxígeno de los gases de combustión, haciendo los resultados independientes del factor de aire en exceso.

El parámetro O<sub>2</sub>ref - el oxígeno de referencia es un valor estándar. Las normas recomiendan valores diferentes de este parámetro para los tipos diversos de combustible. En el sistema **GA-12** el valor de oxígeno de referencia puede ser aceptado automáticamente en curso de la selección del combustible (así llamado elección automática del oxígeno de referencia) o introducido por el operador del teclado (así llamada selección manual del oxígeno de referencia). La relativa concentración masiva calculada de dos medidas diferentes es comparable sólo si el mismo oxígeno de referencia y las mismas condiciones estándar han sido usadas

**Nota: Si  $O_{2meas} < O_{2ref}$  entonces la concentración relativa que el COrel calculó de fórmula 6 es menor que la concentración absoluta. En tal caso el analizador reemplaza el valor de concentración relativa al valor absoluto de concentración masiva.**

### 5.6 Calculando parámetros combustión

Aparte de calcular concentraciones de componentes del gas, el analizador calcula algunos parámetros describiendo el proceso de combustión. Las fórmulas para calcular los parámetros de combustión son fórmulas empíricas. El analizador **GA-12** calcula los parámetros del proceso de combustión según los principios previstos por los estándares DIN.

El parámetro más importante es la cantidad de calor por la combustión de gas para el ambiente - así llamada pérdida de la chimenea  $S_L$  (la pérdida de la pila). La pérdida de la chimenea calculada en base a la fórmula empírica conocida como la fórmula Siegert:

$$7. \quad S_L = (T_{gas} - T_{amb}) \cdot \left( \frac{A1}{CO_2} + B \right)$$

Donde:

$S_L$  - La pérdida de la chimenea - el porcentaje de calor producido en el proceso de combustión, que es convectivo con los gases de combustión.

$T_{gas}$  - Temperatura del gas de la chimenea

$T_{amb}$  - (Está asumida por el analizador como la temperatura ambiental) - la temperatura del aire de la entrada de la caldera.

$CO_2$  - La cantidad calculada de  $CO_2$  en gases de combustión (con base en la concentración de oxígeno y  $CO_{max}$ ) expresado en (% vol).

$A1 B$  - factores característicos un tipo específico de combustible (ver tabla 7).

Basada en la pérdida calculada de la chimenea. El analizador estima la eficiencia del proceso de combustión (no confundir con la eficiencia del calentador)

$$8. \quad \eta = 100\% - S_L$$

Donde:

$\eta$  - Eficiencia de la Combustión

La fórmula citada anteriormente asume que la única cantidad decreciente de la eficiencia de combustión es la pérdida de la chimenea. Así omite pérdidas por combustión incompleta, pérdida de la radiación, etcétera. Tal simplificación es un resultado de la incapacidad para medir el tamaño de otras pérdidas con el analizador del gas. Por esta simplificación vulgar en la fórmula por encima de eso debería ser recordado que la eficiencia calculada de este modo puede no ser tratada como precisa.

La eficiencia sin embargo, calculada como esta es muy conveniente como un parámetro comparable al regular el horno. La fórmula, a pesar de estar simplificada, refleja tendencias de cambio de eficiencia, así en ella se logran observar si la eficiencia aumenta o decrece. Es suficiente información para el proceso de regulación.

Se logra tener en cuenta la reducción de la eficiencia causada por una combustión incompleta. Esta pérdida es representada por una cantidad llamada "pérdida por la combustión incompleta IL". Determina el porcentaje de energía perdida causada por la presencia de gases inflamables (en este caso principalmente CO) en los gases de combustión. La pérdida causada por la combustión incompleta se calcula en la base de concentración medida de CO en los gases de combustión según la siguiente fórmula:

$$9. \quad IL = \frac{\alpha \cdot CO[\%]}{CO[\%] + CO_2[\%]}$$

Donde:

- CO, CO<sub>2</sub> - Las concentraciones de volumen de CO y CO<sub>2</sub> en la combustión gases
- $\alpha$  - El factor específico para un combustible específico.

Calculando IL permite la corrección de la eficiencia de combustión previamente calculada (la fórmula 8). Entonces la así llamada eficiencia corregida se calcula:

$$\eta^* = \eta - IL$$

La última combustión del parámetro calculado por GA-12 es el factor excedente de aire. Este factor expresa cuántas veces la cantidad de aire abastecido para la caldera es mayor que la cantidad mínima que hay que quemarse del combustible completamente. El sistema calcula el factor  $\lambda$  con base en el valor conocido del CO<sub>2max</sub> para el combustible dado y la concentración calculada de CO<sub>2</sub> en los gases de combustión usando la fórmula:

$$10. \quad \lambda = \frac{CO_{2max}}{CO_{2meas}}$$

La citada anteriormente fórmula puede ser transformada con el uso de fórmula (8) en la forma:

### 5.7 parámetros del combustible

La base para determinar correctamente las cantidades describiendo el proceso de combustión es el conocimiento de parámetros del combustible. El analizador **GA-12** ha almacenado parámetros para varios combustibles estándar. La Tabla 7 presenta parámetros para todos los posibles combustibles a analizar. No todos estos son instalados como estándar.

N°	Tipo de Combustible	CO2max (%)	A1	B	$\alpha$	O2ref (%)	Vatr (m3)	Hu (MJ/UNIT)	Unit
1	Aceite Ligero	15.4	0.5000	0.007	52	3		42.70	Kg.
2	El gas natural	11.7	0.3700	0.009	32	3		35.90	m3
3	El gas casero	13.1	0.3500	0.011	32	3		16.10	m3
4	El gas de cocina	10.2	0.2900	0.011	32	3		17.40	m3
5	El gas líquido	14.0	0.4200	0.008	32	3		93.20	m3
6	BIO-DIESEL	15.7	0.4567	0.005	52	3		41.80	Kg.

**Tab 7: Los parámetros de combustibles almacenados en la memoria del analizador GA-12.**

Tabla 7. Muestra los siguientes parámetros:

CO 2max - La concentración máxima de dióxido de carbono en la combustión de gas, una cantidad específica para un tipo dado de combustible. El parámetro determina la cantidad de dióxido de carbono en la combustión de gases si el proceso de combustión es conllevado con excedente de factor de aire 1 igual a 1.

A 1, B - Los factores que aparecen en la fórmula empírica de Siegert

$\alpha$  - El factor usado para calcular pérdida causada por una combustión incompleta.

Debe asumirse:

(Alpha) = 69 para combustible sólido  
 (Alpha) = 52 para combustible líquido  
 (Alpha) = 32 para combustibles gaseoso

O2ref - Oxígeno referencial - el parámetro usado para calcular concentraciones relativas de componentes (la fórmula 4). Es una cantidad estándar. En la tabla, ha sido asumido que como en estándares DIN deben ser: 11 % para combustibles sólidos y 3 % para combustibles líquidos y gaseosos.

HV - Calidad del combustible - la cantidad de energía emitida durante la combustión completa de 1 kilogramo (o 1m 3 en caso de gas) de combustible.

### 5.8 La influencia de parámetros del combustible en la exactitud del resultado de los cálculos

Como ya ha sido mencionado, **GA-12** no mide la concentración de dióxido de carbono, sino calcula la concentración medida de oxígeno y el parámetro del CO2max. Sobre la base de la concentración calculada de CO2, la pérdida de la chimenea, eficiencia y pérdida de la combustión por una combustión incompleta son calculados. Obviamente, los parámetros del combustible (especialmente CO2max), tienen una influencia fundamental en los cálculos de los procesos de combustión. Los siguientes resultados calculados por **GA-12** son afectados por parámetros del combustible:

Contenidos del CO <sub>2</sub>	- depende del CO <sub>2</sub> max
S L - pérdida de la chimenea	- depende de CO <sub>2</sub> max, A1 y B
$\eta$ and $\eta^*$	- depende de CO <sub>2</sub> max, A1 y B

Pérdida de IL por una combustión incompleta - depende de CO<sub>2</sub>max y (Alpha)

Como la fórmula 10 muestra, el valor del exceso del factor aire es independiente del parámetro de combustible. Los resultados calculados de las cantidades de gas (exceptuando el CO<sub>2</sub>) y los resultados de la medición de la temperatura y las cantidades de poder no dependen tampoco de los parámetros del combustible.

Tener presente que la calidad del combustible HV no aparece en ninguna formula. Este parámetro no ejerce influencia en ninguna medición de resultados mostrados por el **GA-12**.