

## **MANUAL DE APLICACIÓN**

### **Software de aplicación del controlador del cromatógrafo de gas modelo 2350A – 2350A\_Enagas V3.00**

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>REFERENCIAS</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2. MENÚS DE MON</b>	<b>5</b>
<b>2.1 MENÚ APPLICATION / SYSTEM</b>	<b>6</b>
<b>2.2 MENÚ APPLICATION / COMPONENT DATA.</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1 CALIBRACIÓN DE MULTINIVEL</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2 CALIBRACIÓN INDIRECTA</b>	<b>8</b>
<b>2.3 MENÚS APPLICATION / USER DEFINED</b>	<b>9</b>
<b>3. CÁLCULOS ISO 6976</b>	<b>12</b>
<b>3.1 VALORES DE PODER CALORÍFICO DE GAS IDEAL</b>	<b>12</b>
<b>3.2 DENSIDAD RELATIVA DE GAS IDEAL</b>	<b>16</b>
<b>3.3 DENSIDAD RELATIVA DE GAS REAL</b>	<b>16</b>
<b>3.4 COMPRESIBILIDAD</b>	<b>17</b>
<b>3.5 VALORES DE PODER CALORÍFICO DE GAS REAL SECO</b>	<b>17</b>
<b>3.6 VALORES DE PODER CALORÍFICO DE GAS REAL SATURADO</b>	<b>18</b>
<b>3.7 ÍNDICE WOBBE</b>	<b>19</b>
<b>3.8 CÁLCULO DE PORCENTAJE DE PESO</b>	<b>19</b>
<b>4. INFORMES IMPRESOS</b>	<b>20</b>
<b>5. COMUNICACIÓN MODBUS</b>	<b>22</b>
<b>5.1 MODBUS SIM_2251</b>	<b>22</b>
<b>5.2 REGISTROS MODBUS DEFINIDOS POR EL USUARIO</b>	<b>26</b>
<b>5.3 CONTROL DEL ANALIZADOR</b>	<b>27</b>
<b>6. CÓDIGOS/ÍNDICES DE COMPONENTES</b>	<b>28</b>
<b>7. INTERRUPTOR DE SEGURIDAD</b>	<b>29</b>
<b>8. FACTORES DE RESPUESTA DE TABLA DE COMPONENTES ALTERNATIVA</b>	<b>30</b>

## Referencias

- [1]    Cromatógrafo de gas modelo 500 / 2350A  
      Manual de consulta del hardware  
      Emerson Process Management  
      Houston, Texas.
  
- [2]    Operaciones de software del cromatógrafo de gas  
      Manual de consulta del usuario  
      Emerson Process Management  
      Houston, Texas.
  
- [3]    Organización Internacional de Normalización  
      ISO 6976 (1995):E  
      Gas natural - Cálculo de valores de poder calorífico, densidad, densidad relativa e  
      índice Wobbe a partir de la composición. Segunda Edición 1995 - 12 - 01  
      Corregida y reimpressa 1996-02-01.

## 1. Introducción

Este documento proporciona una especificación funcional y guía del usuario específicamente para un controlador del cromatógrafo de gas modelo 2350A que ha sido cargado con el software de aplicación **2350A\_Enagas**. Esta aplicación requiere la revisión del software 3.00. El usuario / operador debe primero leer los manuales del 2350A, referencia [1] y referencia [2] que proporcionan una guía general al instrumento.

Esta aplicación usa la norma ISO 6976 (1995), referencia [3], para calcular las propiedades del gas, incluyendo los valores de poder calorífico, densidad y compresibilidad, todo esto a condiciones de referencia. El operador puede seleccionar las condiciones de referencia, y las unidades que se van a usar para los valores de poder calorífico.

Todos los valores calculados están disponibles como señales analógicas (4 – 20 mA) y se pueden leer mediante un enlace de comunicación serial como registros Modbus.

Todos los resultados calculados aparecen en los informes de análisis (tanto los impresos localmente en la impresora serial conectada al 2350A, como los impresos o desplegados en un PC usando el software MON).

El resto de este documento describe los menús, los cálculos, los informes y los registros Modbus que son únicos a la aplicación 2350A Enagas.

## 2. MENÚS DE MON

Los menús de MON son estándar, como se describe en la referencia [1], excepto por los submenús del menú APPLICATION resaltados con un asterisco (\*), a continuación. Estos submenús se describen en las siguientes subsecciones.

APPLICATION
System *
Component Data *
Timed Events
User Defined *
Calculations
Limit Alarms
Discrete Alarms
Streams
Analog Inputs
Analog Outputs
Discrete Inputs
Discrete Outputs
Valves
Heaters
Serial Ports

## 2.1 Menú Application / System

La siguiente tabla describe las variables de la pantalla System, e indica si pueden ser editadas por el operador de MON.

Nombre		Descripción	Predeterminado	¿Se puede editar?
<b>DOSMON</b>	<b>WINMON</b>			
strmseq	Stream Sequence	Secuencia de corriente Define el orden de los análisis de corriente. Un conjunto de números de corriente separados por comas. V.g. 1,2,2. NOTAS: todos los números deben ser corrientes válidas como se define en el menú Streams.	2	Sí
N/A	Aux.Stream Sequence	Secuencia de corriente auxiliar. Para DOSMON, la secuencia de corriente auxiliar se edita presionando F2.		
anlyzr_name	Analysers Name	Nombre del analizador Define el nombre del cromatógrafo. Máximo 12 caracteres.	Model500	Sí
unit_type	Unit Type	Tipo de controlador del cromatógrafo	2350A	No
system_desc	System Description	Descripción del sistema Máximo 28 caracteres.	Enagas	Sí
cgmbufsiz	Chromatogram Buffers Size	Tamaño de búfer de cromatograma	21000	No
max_peaks	Max Peaks	Número máximo de picos	64	No
num_valves	Number of Valves	Número de válvulas cromatográficas	18	No
N/A	Daylight Saving Time	Normal o ignorar	Normal	Sí
trace 1	CGM Analog Output Config	Define la salida analógica que se va a usar para proporcionar un cromatograma en un registrador de gráficas. En DOSMON, el segundo número es el offset de la línea de base. Como predeterminado se usa la salida analógica 5 para la traza de cromatograma.	510	Sí
N/A	Baseline Offset	Offset de línea de base	0	Sí
BOS_Rev	CFG Baseline Number	WINMON – Se requiere el software base del cromatógrafo. WINMON – Se tiene instalado el software base del cromatógrafo. (No se despliega el punto decimal)	300	No
metric	Metric Base Conditions	Condiciones base. Para cálculos ISO6976, este parámetro SE DEBE establecer a METRIC.	METRIC	Sí
max_avg	Max.Archive Averages	Número total máximo de promedios que se pueden definir ( máximo = 254).	60	No
max_avg_recs	Max.Archive Avg.Records	Número máximo de registros que se mantendrán para cada promedio (máximo = 128).	60	No
App_Rev	CFG Revision Level	Revisión del software de aplicación instalado para el cromatógrafo. (No se despliega el punto decimal)	300	No
cfg_name	CFG Base Name	El nombre del archivo de aplicación ( nombre.bin ) suministrado originalmente. (Las configuraciones modificadas por el cliente deben guardarse con un nombre diferente).	2350A_Ena g	No

## 2.2 Menú Application / Component Data

Este menú es estándar, como se describe en el manual de operación del software, referencia [2], excepto por el submenú "Other Parameters", al que se tiene acceso presionando F3. Esto ahora contiene nuevos parámetros para calibración multinivel y calibración indirecta.

### 2.2.1 Calibración multinivel

Las propiedades de cada componente del gas se pueden ver usando el menú Component Data. Luego, con la tecla F3 se puede tener acceso a 'Other Parameters'. El submenú Other Parameters en esta aplicación incluye 4 coeficientes 'a', 'b', 'c' y 'd' para cada componente. Si todos estos parámetros son cero, entonces se usa la calibración lineal, los factores de respuesta se calculan como se describe en el manual de consulta [1], Sección 4.

Si cualquiera de estos parámetros tiene un valor diferente de cero, entonces se usa calibración multinivel, o polinomial para ese componente. Entonces, los factores de respuesta se calculan como se indica a continuación:

$$\text{Factor de respuesta} = \frac{aP^3 + bP^2 + cP + d}{\text{Concentración de calibración (mol\%)}}$$

Donde P es el tamaño de pico (Área o Altura como lo seleccione el operador), de las ejecuciones de calibración promediadas.

Los coeficientes a, b, c, d son calculados fuera de línea e introducidos manualmente después de una calibración multinivel usando varios gases de calibración (típicamente 7). Si son valores correctos, el factor de respuesta será cercano a uno.

Entonces, se calcula el valor de % mol en el gas de muestra como se indica a continuación

$$\% \text{ mol} = \frac{aP^3 + bP^2 + cP + d}{\text{factor de respuesta}}$$

donde,

P es el tamaño de pico medido en el gas de muestra.

### 2.2.2 Calibración indirecta

Los gases componentes que NO estén en el gas de calibración pero que se puedan encontrar en el gas de muestra, pueden ser tomados en consideración asignándoles un factor de respuesta que sea un múltiplo fijo (el **Factor de respuesta relativo**) a un **Componente de referencia** que ESTÉ en el gas de calibración.

Los factores de respuesta relativos y los valores de componente de referencia están en el menú 'Other Parameters' (ver arriba).

Si el componente de referencia es 'None', entonces se usa la calibración normal (directa).

Si se define el componente de referencia, v.g. 'Propane', entonces el valor de % mol para el componente indirecto, v.g. 'neoC5', se calcula como se indica a continuación:

$$mole\%(neoC5) = mole\%(Propane) * \frac{P(neoPentane)}{P(Propane)} * RRF(neoC5)$$

donde, P = tamaño de pico.

RRF = factor de respuesta relativa.

### **2.3 Menús Application / User Defined**

El menú User Defined / Selection se usa para definir las temperaturas de referencia y las unidades usadas en los cálculos ISO 6976.

El operador puede definir DOS conjuntos (primario y secundario) de condiciones de referencia y unidades de poder calorífico. La aplicación calcula dos conjuntos (primario y secundario) de resultados. El usuario de MON puede, si se requiere, agregar los resultados secundarios a los informes de análisis activando los valores secundarios requeridos en el menú Application / Calculations / Control.

Cada conjunto de condiciones de referencia consta de dos temperaturas de referencia, es decir, la temperatura de referencia usada para medición (Metering, Trm), y la temperatura de referencia usada para combustión (Trc), como se describe en la norma ISO 6976, referencia [3]. La presión de referencia siempre es 1.01325 bar.

La siguiente tabla describe el submenú User Defined / Selection. Todos los valores pueden ser cambiados por el usuario de MON.

Nombre	Descripción	Predeterminado
CVTABLE_pri	Temperaturas de referencia primarias. La temperatura de combustión de referencia puede ser 0, 15, 20 ó 25 °C. La temperatura de medición de referencia puede ser 0,15 ó 20 °C.	Trc=15 °C Trm=15 °C
CVTABLE_sec	Temperaturas de referencia secundarias.	Trc=25 °C Trm=0 °C
CVUnits_pri	Unidades primarias para poder calorífico.	MJ_per_kg
CVUnits_sec	Unidades secundarias para poder calorífico.	MJ_per_m3
CalibMan_DO5	Indicador de calibración/mantenimiento. Si se configura a ENABLE (habilitar), la salida discreta 5 se activa cuando una calibración está en progreso o el cromatógrafo está en modo de mantenimiento.	ENABLE
ComAlarm_DO4	Indicador de alarma común. Si se configura a ENABLE (habilitar), la salida discreta 4 se activa si una alarma de sistema, una alarma de límite o una alarma discreta está activa.	ENABLE
Maint_Mode	Seleccionar modo de mantenimiento. Configurar a ON para poner el cromatógrafo en modo de mantenimiento. Si el cromatógrafo está en modo de mantenimiento, los registros modbus no se actualizan.	OFF
Repeat_Check	Revisión de repetibilidad ISO6974. Vea la Nota 1.	OFF
Run_Aux_Seq	Ejecutar la secuencia de corriente auxiliar. Seleccionar ON para usar la secuencia de corriente auxiliar en lugar de la secuencia de corriente principal.	OFF
Unloading	Seleccione ON para habilitar la funcionalidad de descarga de buque tanque	OFF

El menú User Defined / Text Strings se puede usar para definir una o dos cadenas de texto (hasta 50 caracteres) que aparecen en los informes.

NOTA 1:

Si Repeat\_Check está en ON, se realiza una revisión de repetibilidad de las ejecuciones de calibración de acuerdo a los límites especificados en ISO6974-1984(E) 8.2.1 Tabla 6, como se muestra a continuación. Si la calibración no cumple con las condiciones, entonces se considera que la calibración ha fallado.

Rango de concentración	Repetibilidad *	
	%relativa	%(mol/mol)
10 a 100	+/- 0.1	+/- 0.1
1 a 10	+/- 1	+/- 0.02
0.1 a 1	+/- 10	+/- 0.01
0.01 a 0.1	+/- 30	+/- 0.005
0.001 a 0.01	+/- 50	+/- 0.002

\* USAR LA QUE SEA MAYOR.

Este procedimiento mantiene un promedio en ejecución del %mol normalizado a partir de las ejecuciones de calibración 'promediadas', y compara el %mol normalizado de la última ejecución 'promediada' con el promedio hasta esa ejecución inclusive. Los criterios para un fallo es que la diferencia entre el %mol normalizado para la ejecución más larga y el promedio en progreso (incluyendo esa ejecución) es mayor que el error permitido según la tabla anterior.

Además, si el % total no normalizado se desvía con respecto al 100% en más de CalTotLimit, entonces se considera que la calibración ha fallado. CalTotLimit se define en el menú USER DEFINED / NUMERIC.

### **3. Cálculos ISO 6976**

El cálculo de las propiedades de gas se hace de acuerdo a ISO 6976(1995):E, usando un cálculo de poder calorífico basado en valor molar, en masa o en volumen. La temperatura de combustión de referencia puede ser 0, 15, 20 ó 25 °C. La temperatura de medición de referencia puede ser 0, 15 ó 20 °C.

#### **3.1 Valores de poder calorífico de gas ideal**

Los valores de poder calorífico de la mezcla de gas se calculan de acuerdo al valor molar, masa o volumen, dependiendo de las unidades de poder calorífico seleccionadas por los parámetros CVUnits.

Los valores de poder calorífico son calculados a temperaturas de combustión de 0 °C, 15 °C, 20 °C ó 25 °C, dependiendo del parámetro CVTable. Los valores de poder calorífico para componentes individuales son tomados de ISO 6976:1995(E), Tabla 3, usando los valores para la temperatura de combustión elegida.

1. BASE MOLAR

CVUnits = MJ\_per\_mol. (MJ/mol)

Referencia ISO 6976:1995(E), sección 5.1, ecuación (4).

$$\text{HSUP-Dry(molar)} = \frac{\sum_{j=1}^N (\text{CONCN}_j * H_j)}{100} * \frac{1}{1000} \quad \text{MJ/mole}$$

Donde:

HSUP-Dry(molar) = Poder calorífico (seco) superior de gas ideal de la muestra de gas, en MJ/mol

CONCN<sub>j</sub> = Concentración normalizada (si se selecciona) del componente "j", en % mol.

H<sub>j</sub> = Poder calorífico de la Tabla 3 de ISO 6976, en kJ/mol.

N = Número total de componentes de gas.

"100" convierte porcentajes mol a fracciones de mol.

"1000" convierte kJ/mol a MJ/mol.

## 2. BASE DE MASA

CVUnits = MJ\_por\_kg. (MJ/kg)

Referencia ISO 6976:1995(E), sección 6.1, ecuación (5).

HSUP-Dry(mass) = 1000 \* HSUP-Dry(molar) / M MJ/kg

donde:

HSUP-Dry(masa) = Poder calorífico (seco) superior de gas ideal de la muestra de gas, en MJ/kg.

"1000" convierte MJ/mol a kJ/mol.

$$\begin{aligned} M &= \text{masa molar de la mezcla} \\ &= 1/100 * \sum_{j=1}^N (CONC_j * M_j) \end{aligned}$$

$M_j$  = la masa molar del componente j tomada de la Tabla 1 de ISO 6976:1995(E).

### 3. BASE DE VOLUMEN

CVUnits =            MJ\_per\_m3 (MJ/m3) O

kJ\_per\_m3 (kJ/m3) O

kCal\_per\_m3 (kCalories/m3) O

kWhr\_per\_m3 (kWattHours/m3)

Referencia ISO 6976:1995(E), sección 7.1, ecuación (8).

La temperatura de referencia de medición está especificada por el parámetro CVTable.

La presión de referencia de medición es 1.01325 bar

$$\text{HSUP-Dry(volume)} = 1000 * \text{Factor} * \text{HSUP-Dry(molar)} * p2 / (R * T2)$$

donde,

HSUP-Dry(volume) = Poder calorífico (seco) superior de gas ideal de la muestra de gas, en las unidades seleccionadas por CVUnits.

"1000" convierte MJ/mol a kJ/mol.

p2 = presión de referencia de medición, 101.325 kPa.

R = constante de gas universal, 8.314510 J.mol/K (ISO 6976:1995(E), B.1)

T2 = la temperatura de referencia de medición en grados Kelvin

= Temperatura de referencia (°C) + 273.15 K

El factor convierte de Mj/m3 a las unidades requeridas:

Si CVUnits = MJ\_per\_m3            Factor = 1.

Si CVUnits = kJ\_per\_m3            Factor = 1000.

Si CVUnits = Kcal\_per\_m3        Factor = 238.8459

Si CVUnits = KWhr\_per\_m3        Factor = 0.2777778

NOTA: Los valores de poder calorífico inferior son calculados de la misma manera, excepto que se usan los valores de poder calorífico inferior de la tabla 3 de ISO.

### 3.2 Densidad relativa de gas ideal

Referencia ISO 6976:1995(E), sección 8.1, ecuación (11).

$$\text{Densidad relativa ideal} = 1/100 * 1/M_{\text{aire}} * \sum_{j=1}^N COCNC_j * M_j$$

Donde,

$M_{\text{aire}}$  es la masa molar de aire seco estándar = 28.9626 kg/kmol.

### 3.3 Densidad relativa de gas real

Referencia ISO 6976:1995(E), sección 8.2, ecuación (14).

La densidad relativa del gas real se calcula como se indica a continuación:

$$D = \text{densidad relativa ideal} * (Z_{\text{aire}} / Z_{\text{mezcla}})$$

donde,

$Z_{\text{aire}}$  es el factor de compresibilidad del aire estándar seco a la temperatura de referencia de medición seleccionada, 1.01325 bar.

Si la temperatura de medición = 0 °C,  $Z_{\text{aire}} = 0.99941$

Si la temperatura de medición = 15 °C,  $Z_{\text{aire}} = 0.99958$

Si la temperatura de medición = 20 °C,  $Z_{\text{aire}} = 0.99963$ .

$Z_{\text{mezcla}}$  es el factor de compresibilidad de la muestra de gas a la temperatura de referencia de medición seleccionada, 1.01325 bar, calculada como se indica en la siguiente sección.

### 3.4 Compresibilidad

Referencia ISO 6976:1995(E), sección 4.2, ecuación (3).

El factor de compresibilidad  $Z_{mezcla}$  se calcula a la temperatura de referencia de medición seleccionada, 1.01325 bar.

$$Z_{mezcla} = 1 - (x_1 Tb_1 + x_2 Tb_2 + x_3 Tb_3 + \dots x_n Tb_n)^2$$

donde,

$Z_{mezcla}$  = Compresibilidad de la muestra de gas total.

$Tb_1, Tb_2, \dots Tb_n$  = factores de suma de cada componente, tomados de ISO 6976:1995(E), Tabla 2, usando los valores para la temperatura de referencia de medición seleccionada, y 1.01325 bar.

### 3.5 Valores de poder calorífico de gas real seco

Referencia ISO 6976:1995(E), sección 7.2, ecuación (10).

Los valores de gas ideal para CV y densidad tienen que ser corregidos a los valores de gas real. No se requiere corrección si los valores de poder calorífico son calculados sobre una base molar o de masa.

Si se escogen unidades volumétricas, los valores de poder calorífico se corrijen como se indica a

continuación:

CV de gas real = CV de gas ideal /  $Z_{mezcla}$

### 3.6 Valores de poder calorífico de gas real saturado

Los valores de poder calorífico sobre una base de gas saturado de agua se calculan a partir de los valores de poder calorífico de gas seco de acuerdo a la ecuación F.2 (efecto de volumen excluido) en ISO6976:1995(E).

Los efectos secundarios descritos en la sección F.3 y F.4 son ignorados.

$$\text{CORR. HSUP SAT} = \text{CORR. HSUP DRY} * (p_2 - p_w) / p_2.$$

Donde:

$p_2$  es la presión de referencia de medición = 1.01325 bar.

$p_w$  es la presión de vapor de saturación del agua a la temperatura de referencia de medición seleccionada:

Si la temperatura de referencia de medición es 0 °C,  $(p_2 - p_w) / p_2 = 0.99397$ ,

Si la temperatura de referencia de medición es 15 °C,  $(p_2 - p_w) / p_2 = 0.98317$ ,

Si la temperatura de referencia de medición es 20 °C,  $(p_2 - p_w) / p_2 = 0.97693$ .

### 3.7 Índice Wobbe

El índice Wobbe del gas de muestra se calcula de acuerdo a ISO6976(1995):E sección 8.2, ecuación (16).

NOTA: Como la norma ISO 6976 define el índice Wobbe como derivado del poder calorífico sobre una base volumétrica, el índice Wobbe siempre es en unidades de MJ/m<sup>3</sup>, sin importar las unidades 'CVUnits' seleccionadas para el poder calorífico. Se basa en el poder calorífico volumétrico superior seco, en unidades de MJ/m<sup>3</sup>.

Las temperaturas de referencia usadas para el cálculo del índice Wobbe son las definidas por el parámetro CVTable.

$$\text{Índice WOBBE} = \frac{\text{HSUP-DRY corregido}}{\text{T Densidad relativa real}} \text{ MJ/m}^3$$

También se calcula el índice Wobbe inferior, en la misma manera que se mostró anteriormente, pero usando el poder calorífico inferior.

### 3.8 Cálculo de porcentaje de peso

$$\text{WT}\%_n = \frac{(\text{CONC}_n) (\text{MW}_n)}{\sum_{i=1}^k (\text{CONC}_i * \text{MW}_i)} * 100$$

donde,

WT% <sub>n</sub>	=	% de peso del componente "n".
CONC <sub>n</sub>	=	Concentración en % mol del componente "n"
MW <sub>n</sub>	=	Peso molecular del componente "n".
$\sum_{i=1}^k (\text{CONC}_i * \text{MW}_i)$	=	Suma de los pesos de todos los componentes de la muestra

#### **4. Informes impresos**

Los informes producidos con esta aplicación son informes estándar, aparte del informe de análisis que incluye el exponente isentrópico y los resultados ISO 6976 calculados, como se muestra a continuación. El operador de MON puede modificar el informe usando el menú Calculations/Control, v.g. para incluir los resultados secundarios, o para quitar elementos no deseados.

Un informe de análisis típico se muestra en la otra página:

ANALYSIS REPORT

Date-Time: 10/30/97 14:13      Analysis Time: 225      Cycle Time: 240  
 Stream: 2 Stream 2      Mode: ANLY      Cycle Start Time: 14:10  
 Analyzer: Model 500      Strm Seq: 2  
 Emerson Process Management  
 Larbert, Scotland

	Primary	Secondary
Reference Temperature - Combustion DEGC	15.00	25.00
Reference Temperature - Metering DEGC	15.00	0.00
Calorific Value -Units	MJ/kg	MJ/m3

Component Name	Mole Percent	Weight Percent	Relative Density	Superior CV Pri Units	Inferior CV Pri Units	Superior CV Pri Units	Inferior CV Pri Units
C6+ 47/35/17	0.0979	0.5444	0.0032	0.2642	0.2448	0.2033	0.1885
PROPANE	0.5737	1.4661	0.0087	0.7385	0.6794	0.5680	0.5229
i-BUTANE	0.0860	0.2898	0.0017	0.1431	0.1320	0.1101	0.1016
n-BUTANE	0.1117	0.3762	0.0022	0.1864	0.1720	0.1434	0.1324
NEOPENTANE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
i-PENTANE	0.0377	0.1578	0.0009	0.0772	0.0714	0.0594	0.0550
n-PENTANE	0.0340	0.1420	0.0008	0.0696	0.0644	0.0536	0.0496
NITROGEN	1.6515	2.6811	0.0160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
METHANE	93.5113	89.9398	0.5180	48.3152	43.4991	37.1570	33.4844
CARBON DIOXIDE	0.7592	1.9364	0.0115	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ETHANE	3.1370	5.4665	0.0326	2.8399	2.5975	2.1843	1.9995
TOTALS	100.0000	100.0000	0.5958	52.6341	47.4607	40.4790	36.5338

\*! indicates user-defined components

Primary Compressibility Factor (Z) @ 1.01325 BARS & 15.0 DEG. C = 0.99777

Base Pressure                    1.01325 bar

Real Superior CV - Dry -Primary	=	52.6341 MJ/kg
Real Superior CV - Sat - Primary	=	51.7483 MJ/kg
Real Inferior CV - Dry - Primary	=	47.4607 MJ/kg
Real Inferior CV - Sat -Primary	=	46.6620 MJ/kg
Real Relative Density Gas - Primary	=	0.5969
Real Gas Density - Primary	=	0.7314 kg/m3
Real Wobbe index -Sup - Primary	=	49.83 MJ/m3
Real Wobbe index -Inf - Primary	=	44.93 MJ/m3
Average Molar Mass	=	17.256
Total Unnormalized Mole Percent	=	99.981

## 5. Comunicación Modbus

### 5.1 Modbus SIM\_2251

Los registros Modbus disponibles a un puerto 'SIM\_2251' se muestran a continuación:

#### Booleanos (coils)

- 1001..1005    Señales de salida digitales 1..5  
1006..1010    Señales de entrada digitales 1..6

#### Enteros de 16 bits

- 3001 .. 3016    Los índices de componentes (tabla de componentes actual) – vea la sección 6.  
3017 .. 3032    Como se indica arriba  
3033            Tiempo transcurrido de análisis (1/30 seg.)  
3034            Última corriente analizada  
3035            Máscara de corriente (8 bits)  
                  - bit 0 indica que esa tabla de componentes se usa con la corriente 1  
                  - bit 1 indica que esa tabla de componentes se usa con la corriente 2  
                  “                  “                  “  
  
                  - bit 7 indica que esa tabla de componentes se usa con la corriente 8  
3036            Número de mes actual  
3037            Día actual  
3038            Año actual (2 dígitos, v.g. 99, 00, 01 etc)  
3039            Hora actual  
3040            Minuto actual  
3041            Comienzo de mes de ciclo  
3042            " día  
3043            " año    (2 dígitos, v.g. 99, 00, 01 etc)  
3044            " hora  
3045            " minuto  
3046            Bits de estatus de alarma – vea la referencia [1] para conocer los significados.  
3047            Como se indica arriba.  
3048..3057    Alarmas de límite – vea la referencia [1] para conocer los significados.



7046	CV superior seco	}	
7047	CV superior saturado	}	
7048	CV inferior seco	}	
7049	CV inferior saturado	}	Resultados secundarios
7050	Compresibilidad Z	}	
7051	Densidad relativa real	}	
7052	Densidad real Kg/m3	}	
7053	Índice Wobbe superior	}	
7054	Índice Wobbe inferior	}	
7055..7069	Promedios actuales 1 .. 15		
7070..7084	Primer archivo de promedios 1 .. 15		
7085	Valor de entrada analógica 1		
7086	Valor de entrada analógica 2		
7087	CV inferior seco	}	
7088	CV inferior saturado	}	Resultados primarios
7089	Índice Wobbe inferior	}	
7090	Densidad real Kg/m3	}	
7091..7094	No se usa		
7095..7110	Factor de respuesta 1..16 usado en la última ejecución.		
7111	CV superior seco	}	
7112	CV superior saturado	}	
7113	CV inferior seco	}	
7114	CV inferior saturado	}	
7115	Compresibilidad Z	}	Resultados primarios de la última calibración.
7116	Densidad relativa real	}	
7117	Densidad real Kg/m3	}	
7118	Índice Wobbe superior	}	
7119	Índice Wobbe inferior	}	
7120	Masa molar	}	
7121	Suma no normalizada	}	
7122..7126	No se usa		
7127..7162	Promedios definidos por el usuario 1..36, valores actuales de promedio (AVERAGE) (NOTA: Los primeros 15 son repeticiones de los registros 7055..7069)		
7163..7198	Promedios definidos por el usuario 1..36, valores actuales máximos (MAXIMUM)		
7199..7234	Promedios definidos por el usuario 1..36, valores actuales mínimos (MINIMUM)		

- 7235..7270    Promedios definidos por el usuario 1..36, primer archivo (más reciente), valores promedio (AVERAGE)  
(NOTA: Los primeros 15 son repeticiones de los registros 7070.0.7084)
- 7271..7306    Promedios definidos por el usuario 1..36, primer archivo (más reciente), valores máximos (MAXIMUM) 7307..7342    Promedios definidos por el usuario 1..36, primer archivo (más reciente), valores mínimos (MINIMUM)
- 7343..7378    Promedios definidos por el usuario 1..36, segundo archivo, valores de promedio (AVERAGE)
- 7379..7414    Promedios definidos por el usuario 1..36, segundo archivo, valores máximos (MAXIMUM)
- 7415..7450    Promedios definidos por el usuario 1..36, segundo archivo, valores mínimos (MINIMUM)
- 7451..7486    Promedios definidos por el usuario 1..36, tercer archivo, valores de promedio (AVERAGE)
- 7487..7522    Promedios definidos por el usuario 1..36, tercer archivo, valores máximos (MAXIMUM)
- 7523..7558    Promedios definidos por el usuario 1..36, tercer archivo, valores mínimos (MINIMUM)
- 7559..7574    Coeficiente de calibración multinivel 'a' componentes 1..16
- 7575..7590    Coeficiente de calibración multinivel 'b' componentes 1..16
- 7591..7606    Coeficiente de calibración multinivel 'c' componentes 1..16
- 7607..7622    Coeficiente de calibración multinivel 'd' componentes 1..16
- 7623..7638    Calibración indirecto – Factores de respuesta relativos para los componentes 1..16.
- 7639..7718    Repetición de 7559..7638 de arriba, para la tabla de componentes 2
- 7719    Causa de información de diagnóstico excess\_rf\_alarm.
- 7720    excess\_rf\_alarm.
- 7721    err\_cpent
- 7722    % de concentración de helio fija de entrada
- 7723    % de concentración de hidrógeno fija de entrada
- 7724..7739    Entrada de valores RF para componentes.
- 7740..7755    Tiempo de retención actualizado después de la calibración.
- 7756..7771    Tiempos de retención previos antes de la calibración.
- 7772..7787    Factores de respuesta previos antes de la calibración.

Además, los registros 9001..9060 están disponibles, como se define en el manual del software del modelo 2350A, referencia [1]. En particular, los registros 9006..9011 se pueden usar para leer y escribir la fecha y la hora.



### 5.3 Control del analizador

Siempre y cuando el instrumento cuente con BOS 1.66E o posterior, se puede usar el registro 9030 para leer el estado del analizador y controlar el analizador como se indica a continuación:

Los valores de modo LEÍDOS del registro 9030 son:

- 0 – inactivo
- 1 - en modo de secuencia automática.
- 2 – funcionando en modo de una sola corriente
- 3 - calibrando.
- 4 – en calentamiento, ejecutando pruebas de confianza.

Los nuevos comandos ESCRITOS al registro 9030 son:

- 0 – detener al final del análisis actual
- 1 – comenzar modo de secuencia automática.
- 2 – comenzar una calibración normal, en la primera corriente de calibración
- 3 – ejecutar análisis individual en la corriente 1, luego detener
- 4 – ejecutar continuamente en la corriente 1.
- 5 – ejecutar un análisis individual en la corriente 2, luego detener
- 6 – ejecutar continuamente en la corriente 2.
- 7 – ejecutar un análisis individual en la corriente 3, luego detener
- 8 – ejecutar continuamente en la corriente 3.
- 9 – ejecutar un análisis individual en la corriente 4, luego detener
- 10 – ejecutar continuamente en la corriente 4.
- 11 – ejecutar un análisis individual en la corriente 5, luego detener
- 12 – ejecutar continuamente en la corriente 5.

Los comandos 1..12 de arriba son con purga de 60 segs.

La adición de 20 a cualquier comando significa 'sin purga', si es relevante. Estas escrituras se hacen usando las funciones Modbus 6 ó 16. Excepto para los comandos 0 y 2, el analizador debe estar inactivo. Si un comando falla porque el cromatógrafo no estaba inactivo, o porque el código no es válido, o no se usa la corriente, se devolverá un valor de excepción Modbus "illegal data value" (valor de dato no válido). Todos estos comandos no requieren una contraseña, ni que se desactive el interruptor de seguridad. Estos comandos están disponibles tanto a los puertos User modbus como a los puertos SIM\_2251 Modbus.

## 6. Códigos/índices de componentes

La siguiente tabla muestra los códigos de componentes y los índices que se usan en los registros Modbus 3001..3032. En esta aplicación, los registros se cargan con los índices de componentes y los códigos de componentes no se usan.

Índice	Código	Nombre del componente	Índice	Código	Nombre del componente
0	100	Methane	26	126	Air
1	101	Ethane	27	127	i-Butene
2	102	Propane	28	128	Butene-1
3	103	i-Butane	29	129	C4=1
4	104	n-Butane	30	130	Trans-2-butene
5	105	i-Pentane	31	131	CIS-2-Butene
6	106	n-Pentane	32	132	Butenes
7	107	neo-Pentane	33	133	Butanes
8	108	C6+ 47/35/17	34	134	1,3-Butadiene
9	109	C6+ 50/50/00	35	135	1,2-Butadiene
10	110	C6+ 50/25/25	36	136	Ethylene oxide
11	111	C6+ 57/28/14	37	137	1-Pentene
12	112	Hydrogen	38	138	No se usa
13	113	Helium	39	139	n-Hexane
14	114	Nitrogen	40	140	H2S
15	115	Carbon Monoxide	41	141	CS2
16	116	Oxygen	42	142	No se usa
17	117	Carbon Dioxide	43	143	Sulfur dioxide
18	118	N2O	44	144	Water
19	119	n-Nonane	45	145	n-Heptane
20	120	n-Octane	46	146	Argon
21	121	Ethylene	47	147	C3+
22	122	Acetylene	48	148	C4+
23	123	Propylene	49	149	C5+
24	124	Propadiene	50	150	UDC 1 *
25	125	n-Decane	51-65	151-165	UDCs 2-15 *

\* UDC – componente definido por el usuario

## 7. Interruptor de seguridad

El interruptor de seguridad es un botón de pulsación ubicado en el teclado del 2350A que se puede pulsar para meterlo y se puede sellar, para evitar cambios no autorizados a los datos del 2350A.

Si el interruptor está hacia adentro (IN) (bloqueado) el nombre del analizador ubicado en la parte inferior izquierda de las pantallas de MON se despliega en video invertido.

Si el interruptor está bloqueado el usuario no puede cambiar los parámetros de configuración, desde MON, desde un ordenador host conectado a un puerto serial, o usando el teclado. Los intentos de hacer cambios usando MON producen un mensaje “Controller is LOCKED – Update is not allowed” (el controlador está protegido – no se permite actualizarlo). Los intentos de escribir a los registros Modbus protegidos producen una respuesta de excepción Modbus.

Lo anterior aplica a usuarios de la categoría ‘superusers’ y a usuarios regulares. El interruptor de seguridad proporciona un nivel de protección que es separada de la protección por contraseñas de MON.

Se permiten algunos cambios que se requieren para la operación normal con el interruptor bloqueado, como se indica a continuación:

El operador puede usar los menú Control para iniciar la secuencia automática, detener, calibrar, ejecutar una sola corriente, pero NO puede enviar un comando ‘STOP NOW’ (detener ahora).

El operador puede cambiar la secuencia de corrientes.

El operador puede reconocer alarmas, pero NO puede limpiar (CLEAR) alarmas activas.

El operador puede solicitar informes impresos y cambiar los parámetros de control de impresión de MON, especificando cuándo se imprimen los informes con el programa MON.

El operador puede agregar información al registro de mantenimiento.

Todos los registros Modbus son protegidos contra escritura por el interruptor de seguridad, excepto los registros para la fecha y la hora de los registros 9006..9011, y las varias banderas de ‘nuevos datos’ en los registros 3058..3060, 3062..3065, 3099..3102.

## 8. Factores de respuesta de tabla de componentes alternativa

La configuración ‘normal’ del analizador tiene un gas de calibración y una tabla de datos de componentes.

Sin embargo, las configuraciones más complejas pueden tener hasta 4 tablas de componentes. En algunos casos, los factores de respuesta para una tabla de componentes no se puede medir directamente y en estos casos puede ser útil usar el factor de respuesta de una de las otras tablas. Esto se puede lograr configurando el factor de respuesta como fijo (Fixed) y el valor a “-n” donde n indica cuál tabla de componentes se va a usar. En este caso, el software buscará la tabla de componentes “n” para un componente con el mismo número de componente de AGA 8 (Aga8 component number) y usará este factor de respuesta para calcular el % mol.

Por ejemplo, Response Factor para n-pentano en la tabla de componentes 2 se configura a “Fixed” con un valor de -2.0, entonces, el software usará el factor de respuesta para n-pentano (o para ser más exacto, el primer componente con un número de componente AGA8 que coincida) de la tabla de componentes 1 para calcular el % mol de n-pentano para las corrientes que usan la tabla de componentes 2.