

## CONSIDERACIONES IMPORTANTES CON RELACION A LAS ESPECIFICACIONES DEL DIOXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) DE PRODUCTOS DEL AIRE DE GUATEMALA, S. A.

Para evitar la manifestación de aparentes no-conformidades sobre las especificaciones de producto, relativas al Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) comercializado por Productos del Aire de Guatemala, S. A., y ante la aparición eminentemente comercial y no técnica, de un grado de calidad denominado “Grado Refrigerante”, promovida por algunos proveedores de gases comprimidos y líquidos criogénicos, el cual no está debidamente respaldado por la Asociación de Gases Comprimidos (Compressed Gas Association CGA), se hace la siguiente publicación que permite despejar cualquier duda con relación al uso de este producto en aplicaciones futuras relacionadas con los procesos de refrigeración. Es conveniente indicar que esta nueva aplicación, fundamentada en los mecanismos físicos de compresión y expansión de un gas como agente refrigerante conforme a la refrigeración convencional, no tiene relación alguna con la capacidad de extracción de calor que posee la fase sólida de este mismo producto, conocida como hielo seco.

De acuerdo a las publicaciones de Linde (en su brochure *R744 Refrigerant Grade CO<sub>2</sub>*) y de BOC (en su documento *Refrigerant Grade CO<sub>2</sub> R744*), las únicas especificaciones requeridas para el grado de pureza de este gas son las siguientes:

Pureza: Mayor del 99.9% (en volumen v/v)  
Humedad: Menor de 10 ppm (en peso w/w)

De acuerdo a las especificaciones de producto establecidas por la Compressed Gas Association, en su regulación CGA G-6.2-2011 Commodity Specifications for Carbon Dioxide 6th edition, se reconocen los siguientes grados de pureza para el Dióxido de Carbono:

Grado E: Grado de uso médico amparado por la United States Pharmacopeia  
Grado G: Grado industrial para usos no relacionados con alimentos o bebidas  
Grado H: Grado alimenticio amparado por el Food Chemical Codex  
Grado I: Grado de uso en bebidas  
Grado J: Para uso en congelación estrictamente para la fase sólida de hielo seco

El único grado técnico conforme con las especificaciones de otros productores, para su uso como agente refrigerante, está definido por el Grado I de CGA (Grado de uso en bebidas), que posee mucho más especificaciones (y por lo tanto regulaciones más exigentes en contenido de impurezas y no únicamente humedad) para un gas que puede contener trazas de impurezas de diferente naturaleza de acuerdo al origen o fuente de obtención.

En términos de la industria de bebidas, Productos del Aire de Guatemala, S. A., es proveedor de Dióxido de Carbono para las diferentes embotelladoras establecidas no solamente en Guatemala, sino que además de las de la región centroamericana, y en todos los casos, ha cumplido holgadamente con los requerimientos, controles y auditorías de calidad que realizan algunas de las empresas más exigentes como The Coca-Cola Company.

Con 21 parámetros de especificaciones, que abarcan el control de impurezas de importancia en la industria, en la salud y en el medio ambiente, **el Dióxido de Carbono de Productos del Aire de Guatemala cumple con una pureza mínima de 99.9%**, y con cantidades menores a un máximo contenido permitido de impurezas establecido por estándares de alto desempeño, como los de la Sociedad Internacional de Tecnólogos en Bebidas (International Society of Beverage Technologists ISBT).

Con relación a la especificación de Humedad, estratégicamente seleccionada por estos productores de gases (Linde y BOC), se ha utilizado una unidad de medida que si bien no está contraindicada, no es de uso común o frecuente en la industria de gases: ppm (weight) ó ppm (w/w) que en idioma español se especifica como ppm (peso), y que es equivalente a la cantidad de miligramos de agua en fase de vapor (como humedad) por cada kilogramo de dióxido de carbono gaseoso.

Tal y como lo regula CGA, las concentraciones de impurezas deben expresarse en ppm (volumen) ó ppm (v/v) que en idioma español se especifica como ppm (volumen), equivalente a la cantidad de microlitros de agua en fase de vapor por litro de dióxido de carbono gaseoso. La Tabla 1 del documento CGA G-6.2-2011 Commodity Specifications for Carbon Dioxide 6th edition, entre otras tolerancias de impurezas, se refiere a la humedad, para un contenido máximo en el grado I, de 20 ppm (v/v), el cual se establece a partir del punto de rocío (Dew Point) también especificado en dicha tabla para tener una magnitud de -68 °F (-55.6 °C). La Tabla 4 del mismo documento, reúne

los datos de contenido de humedad conforme a diferentes temperaturas de punto de rocío, las cuales aparecen expresadas en ppm (v/v) y en otra unidad de uso frecuente en la industria como lo es mg/L que es una forma de expresar una relación de peso por unidad de volumen (miligramos de agua de humedad por litro de dióxido de carbono gaseoso).

La especificación de humedad de CGA de menos de 20 ppm (v/v) deriva de la medición de un punto de rocío de -68 °F, que equivale a 19.2 ppm (v/v) y a 0.0154 mg/L.

20 ppm (v/v) de humedad indica que en el producto comercializado hay menos de 20 µL H<sub>2</sub>O / L CO<sub>2</sub>. (20 microlitros de agua como vapor por cada litro de dióxido de carbono gaseoso).

La conversión de 20 ppm (v/v) a unidades en mg H<sub>2</sub>O/L CO<sub>2</sub> se obtiene de la ecuación general de los gases, en donde el contenido de agua de humedad es de 20 µL existiendo a su presión de vapor que a 21 °C (condición estándar) es de 18.650 milímetros de mercurio (mm Hg).

La ecuación general de los gases ideales es:

$$PV = nRT$$

P es la presión que ejerce la humedad expresada en atmósferas absolutas = 1 + [18.650 mm Hg x 1 at/760 mm Hg] = 1.0254 at)

V es el volumen ocupado por la humedad expresado en litros = 20 µL x 1 L/10<sup>6</sup> µL = 20 x 10<sup>-6</sup> L

T es la temperatura expresada en Kelvin = 21 °C + 273.15 = 294.15 K

R es la constante universal de los gases = 0.08205 at L/mol K

n es la cantidad de moles de agua existentes como humedad, que pueden convertirse a gramos de agua multiplicando por el peso molecular del agua que es de 18.0152 g/mol.

Así:

$$n_{\text{Agua}} = PV/RT$$
$$g_{\text{Agua}} = 18.01 \times PV / RT$$

$g_{\text{Agua}} = (18.01 \times 1.0254 \times 20 \times 10^{-6}) / (0.08205 \times 294.15) = 1.531 \times 10^{-5}$  gramos = 0.0153 mg que están contenidos en 1 litro de Dióxido de Carbono

Lo anterior indica que **20 ppm (v/v) es equivalente a 0.0153 mg/L** (por cálculo de un gas ideal), confirmado en el valor tabular de 0.0154 mg/L.

Si el volumen de Dióxido de Carbono se convierte en su equivalente en masa (a través de su densidad gaseosa), se puede transformar el resultado de mg H<sub>2</sub>O/L CO<sub>2</sub> en µg H<sub>2</sub>O/g CO<sub>2</sub> que es el equivalente a ppm (w/w) y que es la especificación asignada al Dióxido de Carbono del supuesto “Grado Refrigerante”.

Así:

$$0.0153 \text{ mg H}_2\text{O/L CO}_2 \times 1000 \text{ µg/mg} \times 1 \text{ L CO}_2/1.835 \text{ g} = 8.4 \text{ µg H}_2\text{O/g CO}_2 = 8.4 \text{ ppm (w/w)} = \mathbf{8.4 \text{ ppm (weight)}}$$

Por lo tanto, la especificación de humedad de Productos del Aire, S. A., tal y como la establece la regulación de la Compressed Gas Association, de menos de 20 ppm (v/v) es equivalente a menos de 0.0154 mg/L y a menos de 9 ppm (weight).

**En conclusión:**

**El Dióxido de Carbono comercializado por Productos del Aire de Guatemala, cumple con las especificaciones del producto designado para fines de refrigeración convencional y que corresponde al Grado I de CGA para uso en bebidas, comercialmente denominado “Grado Refrigerante”, ya que su pureza es de un mínimo de 99.9% y su contenido de humedad es de no más de 9 ppm (weight). La especificación de humedad se incluirá en la TDS del producto en las tres unidades de medida aquí descritas.**

---

**Adicionalmente el Dióxido de Carbono comercializado por Productos del Aire de Guatemala, S. A., tiene garantizada su inocuidad al certificar 19 parámetros adicionales de calidad en lo referente a su contenido máximo de impurezas, que no afectan la infraestructura industrial, ni afectan la salud, ni afectan el medio ambiente.**

Lic. (Químico – MBA – MSc) Sergio E. Molina M.  
Productos del Aire de Guatemala, S. A. Marzo de 2012.