

FACTOR DE CORRECCIÓN GLP MÉTODO DE CÁLCULO



Factor de corrección de parámetros de condiciones reales de medición a condiciones estándar y poder calorífico superior promedio en el suministro de gas licuado de petróleo a red de consumo

1. Introducción

El presente documento se basa en la actualización del Reglamento N° 67 – “Reglamento de Servicio de gas de Red y de Distribución de Gas Licuado a Granel” del Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, que establece en sus Artículos N° 54 y 55, que: “La empresa deberá corregir los volúmenes registrados en el medidor a condiciones estándar de temperatura y presión absoluta de entrega y peso específico del gas; y corregir por el poder calorífico superior promedio del gas efectivamente entregado.”

Para lo cual, a través de este documento, Lipigas presenta a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, para su aprobación, el método de cálculo de conversión de unidades naturales o reales a condiciones estándar y del poder calorífico superior promedio, para el suministro de Gas Licuado de Petróleo (GLP) a redes.

2. Definición de los factores de corrección: base conceptual.

Los Factores de Corrección, corrigen el volumen registrado en el Medidor en condiciones “naturales o reales” a las condiciones estándar de presión y temperatura y poder calorífico.

Las condiciones estándar establecidas en la modificación al Reglamento N° 67 son:

- ✓ **Presión:** 1 Atmósfera (101,325 kPa Absoluta)
- ✓ **Temperatura:** 15°C; $T(^{\circ}K) = 273,15 + 15 = 288,15^{\circ}K$ Absoluta)
- ✓ **Poder Calorífico Superior (PCS):** 22.400 Kcal/M³ S,
- ✓ **1 M³S = 1 M³** de gas natural de 22.400 Kcal/M³ a 15°C y 101,325 KPa.

2.1. Factor de corrección por presión, temperatura y compresión.

Se dice que un gas está medido en condiciones “estándar” cuando la presión que actúa sobre él, es sólo la atmosférica, es decir, sólo la que equivale al peso de la atmósfera o aire que lo rodea y cuando, además, la temperatura es de 15°C.

El gas, que fluye en una tubería o a través de un medidor, esté sometido a una presión y temperatura diferentes, en unas condiciones llamadas “naturales o reales”.

Para una determinada cantidad de gas, independiente de las condiciones de volumen, presión y temperatura, su masa es constante, y que se puede representar a través de la ley de los gases ideales. Para determinar el volumen efectivo (real) de una masa de gas en las mismas condiciones de presión y temperatura, se corrige por el factor de compresión (Z), a partir de la ecuación de gases ideales.

Por lo tanto;

Siendo M_0 , la masa de gas del gas real, para una condición "Estándar", se tiene:

$$M_0 = (PM \times P_0 \times V_0 \times Z_0) / (R \times T_0)$$

Y M_1 , la masa del gas real, en la condición medida o "Natural o real", se tiene

$$M_1 = (PM \times P_1 \times V_1 \times Z_1) / (R \times T_1)$$

Donde: las variables son:

P_0, P_1 ; presión absoluta del gas en las condiciones estándar y natural o real respectivamente.
 T_0, T_1 ; temperatura absoluta del gas en las condiciones estándar y natural o real respectivamente.
 Z_0, Z_1 ; factor de compresión del gas en las condiciones estándar y natural respectivamente.
 R ; constante general de los gases.
 PM ; Constante peso molecular del gas.

Como la cantidad de masa es la misma, al igualar ambas ecuaciones y simplificando las constantes, se tiene:

$$M_0 = M_1$$

$$\frac{V_0 \times P_0 \times Z_0}{T_0} = \frac{V_1 \times P_1 \times Z_1}{T_1}$$

Expresando el volumen en la condición Estándar (0), este queda:

$$V_0 = V_1 \times \frac{P_1}{P_0} \times \frac{T_0}{T_1} \times \frac{Z_1}{Z_0}$$

A la razón = $\frac{P1}{Po}$; se le define como Factor de Corrección por Presión, Fp

A la razón = $\frac{T0}{T1}$; se le define como Factor de Corrección por Temperatura, Ft

A la razón = $\frac{Z1}{Zo}$; se le define como Factor de Corrección de Compresión, Fz

Reordenando:

$$V_o = V_1 \times F_p \times F_t \times F_z$$

Donde:

V_o = Volumen corregido a condiciones estándar.

V₁ = Volumen registrado en medidor en condiciones naturales o reales.

F_p, F_t, F_z = Factores de corrección por Presión, Temperatura y Compresión.

2.2. Factor de corrección por poder calorífico superior

Se define por Poder Calorífico (PC), a la máxima cantidad de calor liberada en la combustión completa, en el aire, de una cantidad específica de gas, de manera tal que la presión P1 a la cual se efectúa la reacción permanece constante, y todos los productos de la combustión retornen a la temperatura especificada T1, de los elementos que reaccionan, estando todos estos productos en fase gaseosa, con excepción del agua formada en la combustión que está condensada a la fase líquida a la temperatura T1, cediendo calor.

Si se suma este calor producto de la condensación del agua al obtenido en la combustión del combustible, se obtiene el valor correspondiente al Poder Calorífico Superior (PCS). Si no se tiene en cuenta obtenemos un valor menor llamado Poder Calorífico Inferior (PCI).

Desde el punto de vista de la energía, conforme al tipo de gas que se queme, sea este; Etano, Propano, Butano o mezcla, la energía contenida en un mismo volumen de gas, es distinta, pues depende de la composición o elementos constituyentes del gas que reaccionan en la combustión.

Se define el Factor de Corrección del PCS como:

$$\text{FC PCS} = \frac{\text{PCS n}}{\text{PCS o}}$$

Donde:

PCS n = corresponde Poder Calorífico Superior del gas según su composición real, en condiciones estándar.

PCS o = corresponde al Poder Calorífico del gas para una composición definida, en condiciones estándar equivalente a 22.400 Kcal/M³S.

Finalmente, el valor del volumen a facturar (cantidad de Energía) en condiciones estándar, corresponderá a la siguiente relación:

$$\text{V facturas} = \text{V registrado en medidor} \times \text{Fp} \times \text{Ft} \times \text{Fz} \times \text{FC PCS}$$

3. Antecedentes para el cálculo de los factores de corrección

3.1. Factor de corrección por presión

El factor de corrección por presión (Fp) se obtendrá de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{FP} = \frac{[\text{Pbarom (kPa)} + \text{Pman (kPa)}]}{101,325 \text{ (kpa)}}$$

Donde:

P barom(kPa)= Presión barométrica o atmosférica determinada a partir de la presión de referencia y la altitud de la comuna respecto al nivel del mar en (kPa).

El factor P barom(kPa) corresponderá a la presión barométrica o atmosférica presente en el lugar de ingreso del Gas a la Red de Distribución.

Para ello se utilizará la ecuación teórica incluida en el documento AGA Report No 7 "Measurement of Natural Gas by Turbine Meters", del año 2006, según la expresión siguiente:

$$\text{P barom (kPa)} = 101,325 \times (1 - 0,00002256 \times h \text{ (m)})(1 - 0,00002256 \times h \text{ (m)})^{5,2554}$$

Donde:

h (m): Es la altitud en el punto de ingreso del Gas a la Red de Distribución, en metros. Si existiese más de un punto de ingreso a la Red de Distribución, la altitud corresponderá al promedio de las altitudes de cada punto de ingreso.

P_{man} (kPa)= Presión manométrica de la Red Interior de Distribución (presión de servicio) en (kPa).

La presión de servicio de una instalación interior, será acreditada y registrada mediante evidencias fotográficas por organismos técnicos de la compañía, para asegurar el adecuado funcionamiento o por organismos Acreditados que Otorguen el Sello Verde, para lo cual se deberá cumplir con lo siguiente:

a) Regulando el consumo entre el 5% y el 10% de la potencia instalada, la presión medida no podrá ser superior a la presión máxima de servicio, correspondiente a 2,2 kPa (220 mm H₂O).

b) Regulando el consumo al total de la potencia instalada, la presión medida no podrá ser inferior a la presión mínima de servicio, correspondiente a 1,5 kPa (150 mm H₂O).

c) En casos especiales, tales como la conversión de instalaciones interiores y artefactos por cambio en las especificaciones o tipo de gas suministrado, las empresas deberán adoptar las medidas y cumplir con los requisitos de presión de servicio y demás condiciones físicas de entrega que para estos efectos establezca la superintendencia.

d) Para las instalaciones interiores de media y alta presión, los requisitos para la presión de servicio, sus tolerancias y demás condiciones físicas de entrega serán los acordados expresamente entre la empresa y el cliente o consumidor, la que en ningún caso podrá exceder la presión de diseño de la instalación correspondiente.

3.2. Factor de corrección por temperatura

El factor de corrección por temperatura (FT) se obtendrá de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$FT = \frac{(288,15)(^{\circ}K)}{T(K)}$$

T (K) corresponde a la temperatura promedio del Gas en grados Kelvin que representará a un factor de temperatura ambiente anual y de aplicación durante todo el año para cada comuna donde se efectúe la distribución de gas, el cual se obtiene como:

$$T(K) = \frac{\sum_{i=1}^{60} V_i (m^3)}{\sum_{i=1}^{60} \frac{V_i (m^3)}{T_i}}$$

Donde:

V_i (consumo)(m^3): Consumo mensual total registrado en la comuna respectiva en el mes i .

T_i (mes)(m^3): La temperatura ambiente absoluta del mes i respectivo al consumo registrado, según la información publicada por la Dirección Meteorológica de Chile.

i : Mes respectivo. Se considerarán los 60 meses de consumos de la comuna en que se determinará este factor de corrección, previos al año de aplicación.

Si en la comuna no hay mediciones de temperatura registradas por la Dirección Meteorológica de Chile, se utilizará el dato de temperatura ambiente de la comuna más cercana donde existan datos representativos. Si lo anterior no es posible, se utilizarán datos de temperatura provistos por otro organismo distinto de la Dirección Meteorológica de Chile, para lo cual se informará a la Superintendencia.

3.3. Distribución de estaciones meteorológicas

De acuerdo a la distribución de los clientes de Empresas Lipigas, se indica en el cuadro siguiente las estaciones meteorológicas, que dan la respectiva cobertura para la obtención de los parámetros de presión y temperatura local, correspondiente al servicio de la Dirección Meteorológica de Chile.

Oficina	Región	Fuente de Información: Meteochile
Calama	II	- II región de Antofagasta, estación "Aeródromo El Loa, Calama" Latitud: 22° 29' 43" S Longitud: 68° 54' 16" W Altura: 2293 metros
Valdivia	XIV	- XIV región de Los Ríos, estación "Aeródromo Pichoy, Valdivia" Latitud: 39° 39' 2" s Longitud: 73° 4' 51" W Altura: 21 metros, horario diurno
Osorno	X	- Estación "Aeródromo Cañal Bajo, Osorno" Latitud 40°36'18" Longitud 73°3'39" Altura 61 metros, horario diurno
Puerto. Montt	X	- X región de Los Lagos, estación "Aeropuerto El Tepual, Puerto Montt" Latitud: 41° 26' 6" S Longitud: 73° 5' 52" W Altura: 85 metros

3.4. Factor de corrección del poder calorífico superior

El factor de corrección por poder calorífico (FPC) se obtendrá considerando el poder calorífico superior del Gas distribuido en el mes de facturación, dividido por el poder calorífico de referencia del respectivo Gas distribuido, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{FPC} = \frac{\text{PC promedio mes (} \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3\text{s}} \text{)}}{22400 (\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3\text{s}} \text{)}}$$

Donde:

22400 (kcal(m³S)): Corresponde al valor de referencia del Poder Calorífico Superior señalado en el inciso tercero del artículo 54.

PC promedio mes: Corresponderá al poder calorífico promedio del Gas entregado, que se determinará mediante el cálculo por análisis fraccionario de muestras representativas tomadas en las plantas del proveedor de GLP.

En el caso de una Planta Satélite de Regasificación (PSR), el suministro de GLP a la red será a través de un proceso de vaporización del GLP, el cual fue previamente inyectado y almacenado en los tanques de la PSR. Este producto será suministrado por el proveedor de GLP y, en cada entrega se obtendrá un certificado con el PCS y la composición del GLP.

A medida que se consuma el producto, éste será reabastecido con cisternas con la respectiva frecuencia. Por cuanto en este proceso habrá una leve variación de la composición del producto en los tanques de almacenamiento.

El mecanismo de cálculo se realizará en base a proporcionalidad volumétrica de las recargas, así se estimará una media de los factores de composición y poder calorífico, asociado a un período específico de facturación.

Ecuación Propuesta para el cálculo de % de cada inyector de GLP en la mezcla final.

$$\text{PCS medio Inyectado en el periodo} = \sum_{j=1}^n \left[\frac{\text{PSCj} * \text{Vj}}{\sum_{j=1}^n \text{Vj}} \right]$$

Donde:

PCS medio inyectado en el período= Poder Calorífico Medio de GLP inyectado en el período de facturación (kcal/(m³S).

PCSj = Poder Calorífico Superior del Inyector j.

Vj = Volumen del Inyector j.

En cuadro siguiente se muestra ejemplo de cálculo.

Cuadro: Cálculo para Instalación de Gas de Red con 4 Inyector al mes- Determinación PCS Medio.

Fecha	Masa (kg)	Volumen (m³)	PCSv (MJ/M³S)	PCSv (Kcal/M³S)
05-03-2019	15.824	36,80	93,57	22.350
10-03-2019	9.460	22,00	92,95	22.200
15-03-2019	16.168	37,60	93,91	22.430
26-03-2019	11.094	25,80	92,61	22.120
Total	52.546	122,20	93,36	22.299

$$\text{FC PCS} = \frac{[\sum_{j=1}^n \text{Vj} * \text{PSCj}]}{22400}$$

3.5. Factor de corrección del factor de compresión

El factor de corrección por compresibilidad (FZ) se obtendrá de acuerdo con la metodología que se indica a continuación:

1) En caso de suministro a Consumidores con Presiones de Servicio mayores a 500 kPa, el factor de compresibilidad se determinará utilizando la metodología indicada en la Norma Extranjera AGA N° 8 del año 1992 "Compressibility factors of natural gas and other related hydrocarbon gases" para cada comuna en donde la empresa preste el Servicio de Gas. El cálculo del factor de compresibilidad se efectuará una vez al año, y se aplicará a los doce meses consecutivos en el proceso de facturación.

2) En caso de suministro a Consumidores con Presiones de Servicio menores o iguales a 500 kPa, el valor del factor de compresibilidad será igual a 1.