

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁVICOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

Elaborado por: POLYGON ENERGY S.A.S.	Revisado por: Luis Osvaldo Pérez Jefe Nacional de Mantenimiento Diego Antonio Manrique Coordinador de metrología	Aprobado por: Marco Vélez Gerente de Operaciones
Firma:	Firma:	Firma:

Registro de Modificaciones			
Nº Versión	Fecha	Motivo de la modificación	Páginas elaboradas o modificadas
1	06-04-2022	Elaboración de documento	19

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANDEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVOS	2
2. ALCANCE	2
3. RESPONSABLES	3
4. DEFINICIONES	3
5. REQUERIMIENTOS GENERALES	6
5.1. Componentes de un sistema de medición alojados en una cisterna	6
5.2. Condiciones nominales de operación	6
5.3. Intervalo de caudal del sistema de medición	7
5.4. Clase de exactitud	8
5.5. Errores máximos permisibles	8
6. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA LA MEDICIÓN DINÁMICA DE GLP	9
7. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN USANDO MEDIDOR CORIOLIS	10
8. ACTIVIDADES PARA EL TRASIEGO Y PROCESO DE MEDICIÓN	11
9. INCERTIDUMBRE	13
10. REFERENCIAS	14

1. OBJETIVOS

Describir el procedimiento para la medición dinámica de GLP a granel a través de cisternas usando medidores máscos tipo Coriolis, con base en los requerimientos técnicos y metrológicos de OIML R117 y API MPMS 5.6.

Describir la estimación de incertidumbre asociada al proceso de medición de GLP a granel a través de cisternas.

2. ALCANCE

Este documento aplica al proceso de medición dinámica usando la tecnología Coriolis para la medición directa de masa en las entregas de GLP a granel por medio de cisternas del comercializador que alimentan un tanque estacionario localizado en el domicilio del usuario o de los usuarios finales a los cuales abastece.

El procedimiento describe los requerimientos técnicos y metrológicos dados por la OIML R117 y el API MPMS 5.6 y la estimación de incertidumbre asociada a la medición de masa usando medidores tipo Coriolis.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANDEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

3. RESPONSABLES

Los responsables de este procedimiento técnico para la medición dinámica de GLP a granel son los operarios encargados del transporte y medición, así como supervisores y administradores, funcionarios de NORGAS S.A. E.S.P. y sus filiales. Que demuestren ser competentes, calificados y autorizados para la operación de los equipos e instrumentos usados para el proceso de transporte, trasiego y la medición de GLP.

La función metrológica de la compañía es la encargada del aseguramiento metrológico de los medidores Coriolis, garantizando así, el desempeño metrológico de los instrumentos para su uso previsto.

4. DEFINICIONES

AGA: American Gas Association

Almacenamiento: Actividad que consiste en almacenar GLP a granel y al por mayor para respaldar la operación técnica y comercial de los agentes de la cadena a fin de garantizar la entrega oportuna y confiable del producto final al usuario final.

Anexos del contenedor: Elementos acoplados a la entrada y salida del contenedor y destinados a garantizar su hermeticidad. Entre otros, se encuentran los dispositivos para alivio de presión, las válvulas de cierre, las válvulas de retención (válvulas cheque de reflujo), las válvulas de retención de sobre flujo (válvulas cheque de flujo excesivo) y las válvulas internas; medidores de nivel, medidores de presión y tapones.

ANSI: American National Standards Institute

ASME: American Society of Mechanical Engineers

ASTM: American Society for Testing and Materials

Caída de presión: Es la diferencia entre la presión a la entrada y la salida del medidor debido a las pérdidas por fricción e inercia asociadas con el movimiento del fluido a la entrega, entre los tubos internos y a la salida del medidor.

Calibración: El proceso de utilizar una referencia estándar (un patrón) para determinar un coeficiente que ajuste la salida del transmisor del medidor tipo Coriolis para llevarla a un valor que esté dentro de las tolerancias de precisión especificada del medidor sobre un intervalo de flujo especificado. Este proceso normalmente lo lleva a cabo el fabricante.

Cámara de vapor de un recipiente: El espacio que no se llena en los recipientes de GLP, ubicado encima del GLP líquido.

Capacidad de agua: Cantidad de agua en estado líquido, bien sea en libras (lb) o galones (gal), a 60 °F (15,6 °C) requerida para llenar completamente un contenedor.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

Cisterna: Es fundamentalmente una designación de la DOT. Se refiere a un contenedor utilizado para el transporte en forma líquida de GLP por carretera, bien sea montándolo sobre la estructura de un camión cisterna convencional o como parte integral de un vehículo de transporte de cuya configuración es total o parcialmente más importante. Este tanque es, en esencia una parte permanente del vehículo de transporte.

Cavitación: Fenómeno de flujo asociado con el Flashing donde la presión se recupera y las burbujas de vapor implotan. La cavitación provoca un error de medición y puede dañar los tubos del sensor.

Combustible automotriz: El GLP usado como combustible para el motor que propulsa.

Comercialización a usuario final: Entrega de GLP en el domicilio del usuario final en cilindros portátiles y tanques estacionarios. Incluye la medición, facturación, servicio técnico, atención a emergencias y el servicio comercial.

Conector flexible: Elemento de longitud reducida (que no excede las 36 pulgadas (1 m)) en un sistema de tuberías fabricado de material flexible (por ejemplo, una manguera) con conexiones adecuadas en ambos extremos. Como material para su construcción se puede emplear el caucho resistente al GLP, tela, metal o una combinación de ambos. Estos conectores flexibles se utilizan cuando se presenta la necesidad o la posibilidad de un movimiento relativo entre las partes que se unen, mayor que el aceptado en caso de tuberías rígidas.

Conectores rápidos: Dispositivos utilizados en conexiones rápidas del tipo de rosca ACME o levas de palanca. No se incluyen los dispositivos utilizados en las conexiones de los acoples de los cilindros.

Conjunto contenedor: Conjunto constituido fundamentalmente por el contenedor y todos los accesorios acoplados a él, dentro de los cuales se incluyen las válvulas de cierre, las válvulas de exceso de flujo, los medidores de nivel, los dispositivos de alivio de presión y las cubiertas de protección.

Contenedor portátil: Es un contenedor diseñado de manera que su transporte de un sitio a otro sea fácil, a diferencia de los contenedores diseñados para las instalaciones de tipo estacionario. Los cilindros, carrotanques y tanques portátiles se encuentran definidos en forma separada y son contenedores portátiles diseñados de manera que se puedan desplazar totalmente llenos. Los contenedores diseñados para que sea fácil su transporte de un sitio a otro, prácticamente vacíos, se denominan contenedores portátiles de almacenamiento, y se encuentran definidos en forma separada.

Contenedor: Cualquier recipiente, incluidos los cilindros, tanques y cisternas utilizados en el transporte o almacenamiento de GLP.

Contenedores (o tanques) API-ASME: Contenedores construidos de acuerdo con el código sobre recipientes de presión, conjuntamente desarrollado por el American Petroleum Institute y la American Society of Mechanical Engineers.

Contenedores ASME (o tanques ASME): Contenedor construido de acuerdo con el código ASME.

Contenedores móviles: Se trata de contenedores permanentemente instalados sobre un vehículo y conectados de manera que sirvan para usos diferentes a los de combustible motor.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

Densidad que fluye: La densidad del fluido a las condiciones de presión y temperatura de flujo.

Dispositivo de alivio de presión: Es un dispositivo diseñado para que abra y pueda prevenir un incremento excesivo de la presión interna del fluido con respecto a un valor previamente especificado, ocasionado por condiciones anormales o de emergencia.

Elemento primario: Para este documento hace referencia al medidor másico tipo Coriolis.

Equipo accesorio: Cualquier dispositivo electrónico o equipo mecánico de computación, visualización o totalización utilizado como parte del sistema de medición.

Factor del medidor Coriolis (en masa o volumen) – En inglés: *Coriolis meter factor, mass or volume (MF, MF_v, MF_m)*: Es un número adimensional obtenido de dividir la cantidad real de fluido que pasó a través del medidor (según lo determinado por la prueba) entre la cantidad registrada por el medidor. Para operaciones de mediciones posteriores, la cantidad real es determinada multiplicando la cantidad indicada por el factor del medidor o el *meter factor*.

Flashing: Fenómeno de flujo que ocurre cuando la presión de línea cae por debajo de la presión de vapor del líquido. A menudo debido a disminución de la presión causado por un aumento en la velocidad del fluido.

Flete: Actividad que consiste en el traslado de GLP a granel entre terminales de entrega de producto y plantas envasadoras, y el traslado de GLP en cilindros o carrotaques entre la planta envasadora y los municipios atendidos.

Gas comprimido: Cualquier material o mezcla que dentro de un contenedor tenga una presión absoluta que sobrepase los 40 psia (276 kPa absolutos) a 70 °F (21,1 °C), o que, sea cual fuere su presión a 70 °F (21,1 °C), alcance una presión absoluta superior a 104 psia (717 kPa absolutos) a 130 °F (54,4 °C).

Gas licuado del petróleo – GLP: Cualquier material que tenga una presión de vapor que no exceda la permitida para el propano de grado comercial, compuesto fundamentalmente por uno o varios de los siguientes hidrocarburos: propano, propileno, butano (butano normal o isobutano) y butilenos.

K-Factor: Cantidad de pulsos por unidad de masa o volumen. Es un coeficiente, introducido en el transmisor por el usuario, que relaciona una entrada de frecuencia (masa o volumen) del transmisor Coriolis a un caudal.

Medidor tipo Coriolis: También conocido como medidor másico tipo Coriolis o caudalímetro de fuerza Coriolis. Un medidor tipo Coriolis es un dispositivo que, mediante la interacción entre un fluido que fluye a través de los conductos de los sensores y la oscilación de los tubos mide el caudal másico y la densidad. El medidor consta de un sensor y un transmisor.

Punto de transferencia: Posición en la cual se llevan a cabo las conexiones o desconexiones, o donde se permite el escape de GLP a la atmósfera durante una operación de transferencia.

Sensor de flujo: Un ensamblaje mecánico compuesto de:

- **Carcasa:** Un medio que genera protección.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANDEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

- **Sensor de medición:** Sensores para monitorear las oscilaciones y detectar el efecto de las fuerzas de Coriolis. Estos también se conocen como Pickups o Pickoff.
- **Conducto vibratorio:** Tubo oscilante o canal a través del cual fluye el fluido a medir.
- **Sistema de accionamiento por vibración:** El medio para inducir la oscilación del tubo vibrante.

Transporte a granel de GLP: Recipientes de tamaño mayor que los domiciliarios, que son llenados en la planta distribuidora hasta el máximo nivel permitido y así son llevados hasta el usuario final.

5. REQUERIMIENTOS GENERALES

5.1. Componentes de un sistema de medición alojados en una cisterna

Un medidor por sí solo no es un sistema de medición. Para aplicaciones de medición de GLP, el sistema de medición más pequeño o sencillo (que mida masa) debe incluir:

- Un medidor,
- Un punto de transferencia de GLP, y
- Un conducto hidráulico con características particulares que deben ser tenidas en cuenta.

Para una correcta operación, es necesario contar con componentes como una bomba, válvulas de control de flujo y válvulas de corte, así como instrumentos de medición de presión y temperatura (estos equipos se consideran como instrumentos de monitoreo).

Dispositivos como eliminadores de aire no se utilizan en sistemas de GLP. La presión del sistema se debe mantener para garantizar que el producto permanezca en estado líquido, para ello es necesario los instrumentos auxiliares de presión y temperatura.

Para efectos de este procedimiento y para medición dinámica de masa de GLP, la tecnología de medición tipo Coriolis es la utilizada.

El sistema de medición puede contar con otros dispositivos auxiliares y adicionales. Sin ser estos necesariamente obligatorios. Esto debido a que se está manejando mediciones máscas de producto.

Los equipos que se instalen en las cisternas deben quedar muy bien asegurados, deben conectarse y operarse basado en las instrucciones del fabricante, teniendo en cuenta que van a estar sujetos a vibraciones y sacudimientos propios del servicio vehicular.

5.2. Condiciones nominales de operación

Un sistema de medición debe ser utilizado exclusivamente para medir fluidos que tengan características dentro de sus condiciones nominales de operación, según lo indicado en el certificado de aprobación de modelo de sus componentes. Para aplicaciones de GLP, se debe evaluar que los componentes sean compatibles con este tipo de producto.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

Las condiciones nominales de operación de un sistema de medición deben estar dentro de las condiciones nominales de operación de cada uno de sus componentes (medidores, dispositivos de eliminación de gases, etc.).

Las condiciones nominales de operación del medidor se definen por las siguientes características:

- Cantidad mínima medida, denominada *MMQ*.
- Intervalo de caudal limitado por el caudal mínimo, Q_{min} , y el caudal máximo, Q_{max} (El intervalo de caudal a operar está dado por los caudales mínimo y máximo del certificado de calibración vigente del medidor).
- Nombre o tipo del líquido y/o sus características relevantes como el intervalo de densidad, e intervalos de presión y temperatura del producto.

La cantidad mínima medida debe cumplir con las condiciones de uso del medidor; en la operación, medidor no debe ser utilizado para medir cantidades menores que esta cantidad mínima medida. Hacerlo puede ocasionar errores en la medición. La cantidad mínima medida es un parámetro establecido por la organización basado en registro de transferencias y en el proceso de medición que se quiere evaluar, en ningún momento puede llegar a ser menor que el caudal mínimo del medidor establecido por fabrica.

Para la operación de NORGAS S.A. E.S.P, los valores de MMQ y MQ máximo establecidos como estándares son:

- **Cantidad mínima medida – MMQ: 20 kg**
- **Cantidad máxima de suministro – MQ máximo: 6600 kg.**

Esto quiere decir que cualquier despacho de GLP a través de medidores tipo Coriolis en camiones cisterna o carrotaques no debe ser menor a 20 kg ni mayor a 6600 kg.

5.3. Intervalo de caudal del sistema de medición

Para esta aplicación, el intervalo de caudal del sistema de medición corresponde al intervalo de flujo calibrado del medidor tipo Coriolis.

El intervalo de caudal debe cumplir con las condiciones de uso del medidor; el sistema de medición es diseñado de manera que el caudal se encuentre dentro del caudal mínimo y el caudal máximo, excepto al comienzo y al final de la medición o durante las interrupciones, momentos en los cuales el caudal se vuelve cero.

A cualquier tasa de caudal, la masa totalizada no podrá ser menor que el MMQ ni mayor que el MQ máximo estandarizado. Esto incluye varios despachos dentro de un mismo tiquete. Cada despacho debe ser mayor al MMQ.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

5.4. Clase de exactitud

La clase para sistemas de medición para gases licuados bajo presión a una temperatura superior a -10 °C es de 1.0.¹ La clase para los sistemas de medición dinámica de GLP en carrotanques o cisternas usando medidores tipo Coriolis es 1.0.

5.5. Errores máximos permisibles

El cálculo del error máximo permisible se determina basado en los siguientes lineamientos:

Para cantidades totalizadas mayores o iguales a 20 kg de GLP, el error máximo permitido será el valor más grande entre:

(i) El error relativo a la masa medida evaluando la medición de GLP de acuerdo con el tipo de “Línea”. Esto es: A (sistema de medición) o B (medidor), donde para A el error máximo permisible es 1,0 % y para B el error máximo permisible es 0,6 %. (Estas indicaciones son expresadas en termino relativo a la masa medida).

Tabla 1. Errores máximos permisibles

Línea	Clase de exactitud
	1.0
A (Sistema de medición)	1,0 %
B (Medidor)	0,6 %

Fuente: Tabla 3. Máximos errores permisibles – OIML R117-1

(ii) Y la desviación mínima de la cantidad especificada, E_{min} de acuerdo con las siguientes ecuaciones, donde se tomará A o B según el tipo de línea con el que se evalúe.

$$E_{min} = (2MMQ) * \frac{A}{100}$$

$$E_{min} = (2MMQ) * \frac{B}{100}$$

Donde

MMQ Cantidad mínima medida

A o B Valor numérico del Error Máximo Permisible según el tipo de línea (Tabla 1)

Nota: E_{min} es una expresión del error máximo permisible en termino absoluto, su resultado está dado en unidades de masa (por ejemplo, en unidades en el Sistema Internacional - kg).

¹ Tabla 2. Clases de exactitud de sistemas de medición completos cubiertos por OIML R117 – OIML-R-117.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

6. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA LA MEDICIÓN DINÁMICA DE GLP²

Para la medición dinámica de GLP a través de cisternas para venta a granel se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- 1) La medición de GLP sólo debe realizarse con sistemas de medición con tubería llena, es decir, en sistemas donde exista un componente como una pistola de acople rápido u otro dispositivo similar al final del circuito hidráulico (manguera de acople), donde se entrega el producto. Esto permite que la tubería y las mangueras que componen el circuito se encuentren llenas de producto.
- 2) El diseño del sistema de medición debe asegurar que el GLP en el medidor siempre permanezca en estado líquido durante el proceso de medición (venta a granel). Para mayor orientación revisar el Anexo 2.

Nota: Una alternativa práctica que garantiza el GLP en estado líquido es mantener el nivel del producto en el tanque por encima del 3% de la capacidad nominal (esto medido con el Rotogage).

- 3) Para propósitos de verificación y monitoreo, aguas abajo y cerca del medidor de Coriolis deben incorporarse los siguientes instrumentos:
 - Un sensor de temperatura
 - Un sensor de presión manométrica
 - Un sensor de presión diferencial^{3 4}

Nota: Estos elementos son usados como parte del monitoreo de la operación, su selección está abierta al uso de instrumentos de indicación analógica o digital.

- 4) Al momento del trasiego de GLP, en la línea de medición (fase líquida), se debe garantizar que no exista fase gaseosa ni cambios de fase de líquido a vapor del producto a través del medidor ni entre la tubería de fase líquida que comunica el tanque de la cisterna y el tanque de recibo. La medición de GLP siempre se debe realizar en estado líquido. El flujo bifásico puede inducir errores en la medición. Las líneas de compensación de presión por medio de la fase vapor deben estar cerradas en el momento de la medición.
- 5) Se recomienda contar con válvulas de alivio de presión para prevenir posibles altas presiones que pongan en riesgo el sistema.
- 6) En ningún caso puede existir una conexión hidráulica entre la sección aguas arriba y aguas abajo haciendo un bypass del medidor tipo Coriolis.
- 7) El dispositivo impresor del tiquete de medición debe contar con un dispositivo que tenga la capacidad de resetear a cero la indicación luego de realizar una medición (venta). Se deben contemplar los siguientes requisitos para la puesta a cero:

² Sección 5.4 de OIML R117-1

³ Para efectos prácticos, este instrumento puede ser reemplazado con la curva teórica de presión diferencial reportada por el fabricante del medidor máscos Coriolis.

⁴ El anexo 2 presenta las tablas de presión de línea mínima de acuerdo con la máxima presión diferencial dada por fabricante de los modelos usados en NORGAS S.A. E.S.P.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

- Una vez iniciada la operación de puesta a cero, la indicación de cantidad vendida no podrá mostrar un valor diferente al medido hasta que el proceso de cero haya terminado.
- Los dispositivos no podrán restablecerse a cero durante la medición. En caso de algún intento, el dispositivo debe mostrar la advertencia que oriente al usuario que es un “Procedimiento prohibido”.
- En indicadores de cantidad digitales, la cantidad mostrada luego de hacer el cero debe ser cero sin ninguna ambigüedad.
- En caso de venta directa al público, la siguiente venta no se podrá ejecutar hasta que el dispositivo indicador se haya puesto a cero.

Nota: Cada medición que forme parte de un solo ticket debe cumplir con el MMQ, así mismo la suma total de masa producto de varias operaciones en un mismo ticket no debe ser superior a la máxima MQ definida sobre la cual se evalúa el desempeño del medidor.

7. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN USANDO MEDIDOR CORIOLIS

Como buenas prácticas de operación para la medición con medidores máscos tipo Coriolis se debe tener en cuenta los siguientes aspectos que pueden influir sobre la medición:

Flujo multifásico:

Para medidores tipo Coriolis, el flujo mixto entre sólido y líquido que sea homogéneo, y mezcla de líquido con un bajo porcentaje de gas (menor al 2%) pueden ser medidos de forma satisfactoria.

El flujo de mezclas multifásicas no homogéneas de líquido y gas, con alto porcentaje de sus fases presenta errores en la medición.

Cualquier condición que contribuya a la vaporización o cavitación del fluido en estado líquido debe evitarse mediante el diseño del sistema y operando el medidor dentro de su rango de flujo especificado. La vaporización o cavitación se puede minimizar o eliminar manteniendo una presión suficiente dentro e inmediatamente aguas abajo del medidor. Para calcular la presión de línea aguas abajo necesaria para la medición remítase al Anexo 2.

Vibración:

A pesar de que los medidores tipo Coriolis están diseñados para soportar las vibraciones en la instalación en tuberías, las vibraciones cercanas a la frecuencia del sensor (o cualquiera de sus armónicos) pueden afectar seriamente la exactitud del medidor. El sensor debe ser instalado tan lejos como sea posible de fuentes de vibración como bombas, compresores y motores.

Interferencia de vibración por múltiples sensores de flujo (Crosstalk):

Los sensores del mismo tamaño y modelo que operan a frecuencias similares pueden transmitir energía a medidores adyacentes. Esto puede causar errores en la medición cuando se instalan medidores de Coriolis en serie o en líneas próximas entre sí.

Flujo pulsante:

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

Las pulsaciones hidráulicas del flujo, cercanas a la frecuencia de operación del sensor (o cualquiera de sus armónicos) también pueden afectar la exactitud del medidor. Si existe esta condición, pueden requerirse dispositivos para amortiguar pulsaciones.

Esfuerzos mecánicos:

El sensor es susceptible y puede verse afectado por los esfuerzos axiales, radiales y por las torsiones ocasionadas por su instalación en la tubería.

Perfil de velocidad no uniforme o remolino (swirl):

Las pruebas del fabricante durante el diseño de los medidores muestran que un perfil de velocidades de flujo no uniforme, incluyendo el fenómeno de remolino (swirl), tienen escasos efectos sobre el desempeño del medidor. No obstante, esto depende de cada diseño y modelo de medidor.

Interferencia electromagnética y radiofrecuencia:

Los campos magnéticos fuertes pueden afectar las señales electromagnéticas del sensor. El sensor del medidor y la electrónica no se deben instalar cerca a fuentes de interferencia electromagnética o de radiofrecuencia, tales como motores de frecuencia variable, transformadores, radiotransmisores, grandes tableros o cables de alta tensión.

Instalación:

Las tensiones y esfuerzos ejercidos sobre el sensor por medio de la tubería pueden generar un efecto sobre el desempeño del medidor, por lo tanto, se debe realizar la verificación de cero cada vez que el medidor sea desmontado y posteriormente instalado.

Para la medición de flujo líquido, la orientación de los tubos del sensor debe ser hacia abajo para evitar acumulación de gases/vapores.

Los esfuerzos ejercidos por la tubería sobre el medidor pueden averiar el sensor.

Ajuste de cero:

La compensación del cero es el resultado del ruido mecánico que es indistinguible del flujo másico inducido por el efecto Coriolis. Es posible determinar y compensar cuando el flujo es igual a cero. Los fabricantes de medidores proveen la capacidad de corregir este efecto, sin embargo, puede existir un desplazamiento residual significativo que requiera ejecutar el proceso de verificación y ajuste de cero. El procedimiento para determinar y compensar el cero debe realizarse de acuerdo con lo estipulado por el fabricante.

8. ACTIVIDADES PARA EL TRASIEGO Y PROCESO DE MEDICIÓN

A continuación, se describe una secuencia de actividades generales para un proceso de trasiego y medición de GLP desde una cisterna hacia un tanque de almacenamiento estacionario del cliente o viceversa.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

- 1) Definir el tanque hacia o desde el cual se realizará la transferencia. Se debe verificar que el tanque y la cisterna según corresponda tengan la capacidad de recibir el producto.
- 2) Obtener la autorización para el ingreso del carrotanque a la zona de cargue y/o descargue (debe estar prohibido el acceso al público, se debe revisar y evaluar si hay trabajos próximos o de riesgo para la operación de descarga de GLP).
En caso de que existan operaciones, estas deben estar por fuera de un rango de 15 m.
- 3) Se debe parquear el carrotanque de forma que la cabina quede en posición de salida directa y sin maniobras, como prevención en caso de emergencia. Se debe bloquear la cisterna. Se deben desmontar los extintores del vehículo y ubicarlos cerca del área de transferencia (uno cerca al carrotanque y el otro cerca al tanque estacionario).
- 4) Se debe demarcar el área de trabajo con señalizaciones, para ello utilice los conos o señalización de seguridad. Ubique el aviso de trasiego de GLP hacia el área de mayor circulación (peatonal o vehicular).
- 5) El personal que realizará la operación debe usar los elementos de protección personal (Casco de seguridad, botas de seguridad, guantes, protección auditiva y visual).
- 6) Los carrotanques de transporte a granel de GLP que realicen trasiego a recipientes de almacenamiento estacionario o viceversa deben encontrarse a más de 3 m de distancia con respecto a dicho recipiente y ubicados de manera que las válvulas de cierre tanto de la cisterna como del recipiente sean accesibles fácilmente.
- 7) Antes de comenzar la transferencia, se debe verificar que la indicación del totalizador y del caudal del medidor másico estén en cero.
- 8) Para comenzar el proceso de transferencia, se debe programar el equipo de medición másico.
- 9) Abrir primero la válvula aguas arriba del medidor y posterior la válvula aguas abajo, con el fin de que no se presenten fenómenos como cavitación o flashing a través del medidor que puedan afectar la medición.
- 10) Durante las operaciones de carga y descarga de GLP, al efectuar las operaciones de conexión o desconexión, se deben controlar las fuentes de ignición. Adicionalmente se deben contemplar los siguientes requisitos:
 - a. No se permiten motores de combustión interna en operación a una distancia menor a 5 m del punto de transferencia mientras se realicen dichas operaciones, excepto en los siguientes casos:
 - Los motores de las cisternas para transporte a granel de GLP, mientras se encuentren moviendo las bombas de trasiego o los compresores de dichos vehículos, destinados a realizar el llenado de los recipientes.
 - Motores de vehículos que entren y salgan de las plantas de llenado de GLP.
 - b. Especialmente cuando se realice las operaciones de trasiego, no se debe permitir el uso de cigarrillos, de llamas vivas, de procesos de corte o de soldadura, de herramientas eléctricas portátiles, o de luces de extensión que no sean a prueba de explosión. Se debe garantizar que los materiales que hayan sido calentados se enfríen antes de comenzar el proceso de trasiego.
- 11) Se deben realizar las maniobras de carga y/o descarga del GLP, supervisando que las condiciones de presión y temperatura se encuentren dentro de los valores de operación para que no exista gasificación o cambio de fase del producto (Ver Anexo 2).

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

- 12) Al finalizar la transferencia, se deben cerrar las válvulas, primero la válvula aguas abajo del medidor y posterior la válvula aguas arriba del medidor, e imprimir el tiquete de venta. Se debe cerciorar que posterior a la impresión, la indicación del medidor vuelva a setearse en cero.
- 13) Se deben ubicar las mangueras correctamente situadas sobre sus respectivos soportes.
- 14) Se debe verificar que las válvulas del tanque estacionario se encuentren en buen estado, sin fugas.
- 15) Se debe verificar el estado del carro tanque para inspeccionar que no existan anomalías.
- 16) Se quitan las señalizaciones de demarcación de área.
- 17) Complementar la lista de comprobación y demás documentación del servicio de acuerdo con el procedimiento de la venta.

9. INCERTIDUMBRE

El trasiego de GLP de venta a granel a través de carro tanques se realiza a través de medidores tipo Coriolis instalados en la cisterna. Para asegurar metrológicamente la medición es importante estimar la incertidumbre asociada al proceso.

El mensurando del proceso de medición de ventas a granel usando medidores máscos tipo Coriolis es la medición directa de la **masa de GLP transferido** dado por el medidor.

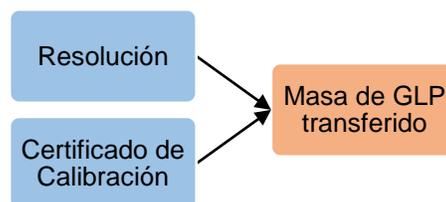
La incertidumbre de medición es un parámetro que caracteriza la duda sobre el resultado de medición. Normalmente se expresa con un intervalo de confianza o un factor de cobertura - k, que para este caso se asume es de 2.

La incertidumbre debe ser estimada incluyendo los factores contribuyentes razonables bajo las condiciones especificadas, las cuales incluyen no solo las contribuciones que surgen del medidor en sí, sino también las asociadas al proceso de calibración y de las condiciones de instalación en caso de ser necesario.

Parámetros como la repetibilidad, histéresis y linealidad son evaluados en el proceso de calibración, razón por la cual no se deben considerar en la estimación de incertidumbre de medición.

Factores como la resolución del medidor y la incertidumbre de medición obtenida a través del certificado de calibración tienen relevancia en este proceso de medición. En la Figura 1, se presenta el diagrama de árbol que asocia las fuentes de incertidumbre del medidor tipo Coriolis en medición de masa:

Figura 1. Diagrama de árbol de la medición de masa



Donde:

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

 **Mensurando**
 **Fuente de incertidumbre**

Tabla 2. Fuentes de incertidumbre

Descripción	Fuente de incertidumbre	Referencia o criterio aplicado	Símbolo	Distribución	Fórmula u_i
Medidor másico tipo Coriolis	Resolución	Obtenida de la ficha técnica del fabricante	u_{res}	Tipo B. Rectangular	$\frac{u_{res}}{2\sqrt{3}}$
	Certificado de calibración	Obtenido del certificado de calibración vigente del medidor.	u_{calib}	Tipo B Normal k=2	$\frac{u_{calib}}{k}$

A continuación, estas fuentes de incertidumbre se combinan mediante:

$$u_c = \sqrt{\sum (c_i \cdot u_i)^2}$$

Donde c_i hace referencia a los coeficientes de sensibilidad, que para este caso corresponden a 1 para cada fuente de incertidumbre, es decir $c_i=1$.

Posterior, se estima la incertidumbre expandida - U, la cual es el producto entre la incertidumbre combinada, u_c por el factor de cobertura – k, donde el factor de cobertura es $k=2$.

$$U = u_c \cdot k$$

10.REFERENCIAS

- [1] CREG, Resolución CREG 237 de 2020 - Por la cual se adopta el Código de Medida de Gas Licuado de Petróleo, GLP, Bogotá D.C., 2021.
- [2] OIML, OIML R 117 Dynamic measuring systems for liquids other than water, 2019.
- [3] ICONTEC, NTC 3853 Equipo, accesorios, manejo y transporte de G.L.P., 1996
- [4] ICONTEC, NTC 1692 Transporte. Transporte de mercancías peligrosas definiciones, clasificación, marcado, etiquetado y rotulado, 2005
- [5] API, API MPMS 5.6 Measurement of Liquid Hydrocarbons by Coriolis Meters, First Edition ed., 2013.
- [6] ISO, ISO 10790 Measurement of fluid Flow in closed conduits -Guidance to the Selection, installation and use of Coriolis flowmeters (mass flow, density and volume flow measurement), 2015.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671


Vo.Bo. Diego Manrique
Coordinador de metrología

CONFIDENCIAL

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁVICOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

ANEXO 1. REQUERIMIENTOS METROLÓGICOS PARA LA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES CORIOLIS.

Para un aseguramiento metrológico adecuado que cubra los requerimientos operativos de NORGAS S.A. E.S.P. asociados al uso de medidores tipo Coriolis, se recomienda contemplar los siguientes requerimientos:

1. Usar proveedores acreditados bajo la norma ISO/IEC 17025:2017.
2. Se recomienda usar proveedores que utilicen como referencia técnica la norma ISO 10790 “Measurement of fluid in closed conduits – Guidance to the Selection, Installation, and use of Coriolis flowmeter (mass flow, density and volume flow measurement) en su versión vigente.
3. Se recomienda calibrar los medidores tipo Coriolis en el intervalo desde 15 kg/min hasta 120 kg/min (900 kg/h a 7200 kg/h), en tres caudales.
4. Usar como puntos nominales de calibración 15 kg/min, 65 kg/min, y 120 kg/min. El punto intermedio puede ser reemplazado por el valor de caudal más frecuente entre intervalos de calibración.
5. Realizar verificaciones periódicas de los medidores Coriolis.
6. Utilizar el procedimiento y el formato para determinación de intervalos de calibración aplicado a los medidores Coriolis.
7. Realizar un análisis de los resultados de calibración de forma que se cumpla que los errores de cada caudal con su incertidumbre expandida de medición sean menores que el error máximo permisible de acuerdo con el numeral 5.5.

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

ANEXO 2. PRESIÓN DE LÍNEA REQUERIDA EN OPERACIONES CON CISTERNAS USANDO MEDIDORES TIPO CORIOLIS.

La medición dinámica de GLP debe asegurar que el flujo a través del medidor tipo Coriolis siempre permanezca en estado líquido durante el proceso de medición (venta a granel). Para ello es necesario establecer un valor de presión de línea (manométrica) aguas abajo del medidor para asegurar que el GLP permanezca en fase líquida.

La API MPMS 5.6. en el numeral 6.3.2. recomienda la siguiente ecuación para determinar la presión de línea suficiente aguas abajo del medidor con el fin de garantizar una medición bajo condiciones de flujo en estado líquido. La presión de línea es función de la caída de presión a través del medidor y la presión de saturación basado en la calidad del GLP.

$$P_b = 2 * \Delta P + 1,25 * P_e$$

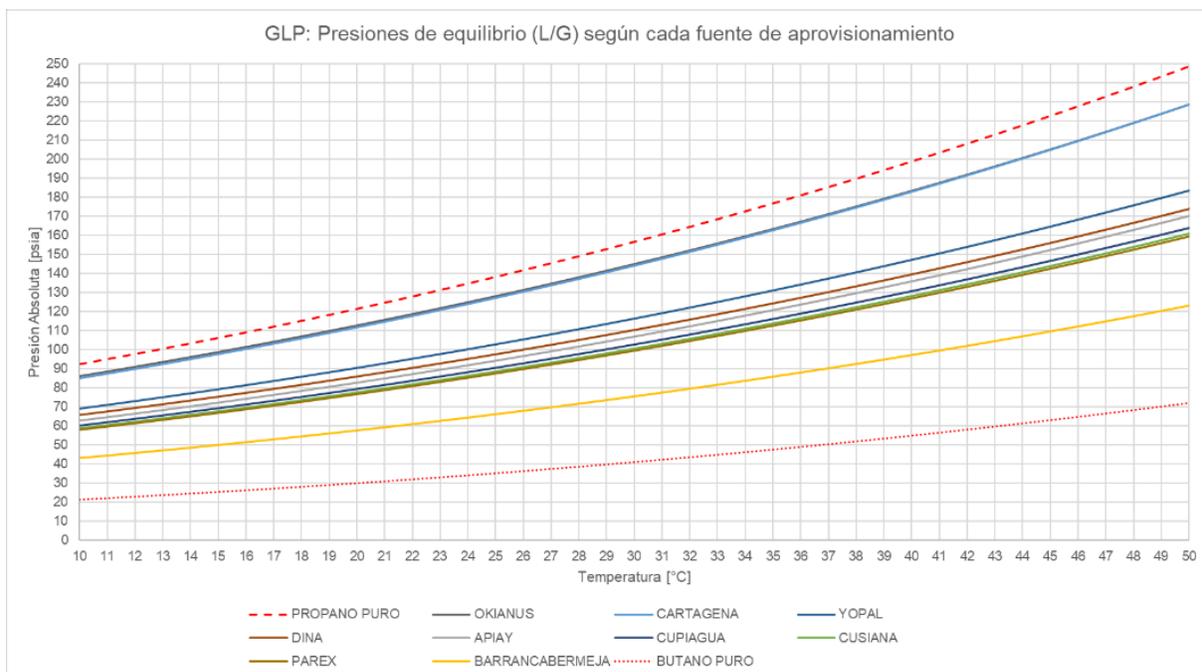
Donde:

P_b	Presión de línea mínima aguas abajo (psig)
ΔP	Diferencial de presión o caída de presión a través del medidor al máximo caudal de operación (psi)
P_e	Presión de vapor de equilibrio del fluido a temperatura de operación (psia)

A manera de orientación, en la Figura 2 se presenta un diagrama de la presión de saturación para las diferentes calidades de GLP, a diferentes temperaturas:

 Model of Excellence and Operational Integrity Modelo de Excelencia e Integridad Operacional	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

Figura 2. Diagrama de presiones de equilibrio Pe según cada fuente de aprovisionamiento



La presión de vapor (absoluta) es función de la temperatura, de la calidad del GLP y la presión atmosférica donde se realiza la medición. De la ecuación se puede deducir la recomendación de emplear un margen de seguridad del 25% adicional a la presión de equilibrio.

Con el propósito de guiar a los operadores de las cisternas en la determinación de la presión de línea adecuada para el proceso de medición, a continuación, se presentan las siguientes tablas de presión manométrica requerida aguas abajo del medidor al momento del trasiego de GLP. Las tablas son función de la temperatura, del diferencial de presión del medidor másico a su máximo caudal y de las calidades del GLP típicas a medir.

 Model of Excellence and Operational Integrity Modelo de Excelencia e Integridad Operacional	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

ANEXO 2. PRESIÓN DE LÍNEA SEGÚN LA FUENTE DE GLP PARA CORIOLIS EN NORGAS S.A. E.S.P.

Tipo: MEDIDOR CORIOLIS - Fabricante: MICRO MOTION - Modelo sensor: Serie R100 y/o F100 - Caída de presión a caudal de 120 kg/min: 5 psi

Tabla 3. Presión de línea según fuente del GLP para sensores R100 y/o F100

Temperatura [°C]	Presión de línea según la fuente u origen del GLP [psi]								
	Apiay	B/bermeja	Cartagena	Cusiana	Cupiagua	Dina	Okianus	Parex	Yopal
10	89	64	116	83	85	92	117	83	97
11	91	66	120	85	88	94	121	85	99
12	93	67	123	88	90	97	124	87	101
13	95	69	126	90	92	99	127	89	104
14	98	71	129	92	94	102	130	91	107
15	100	73	132	95	97	104	133	94	109
16	103	75	136	97	99	107	137	96	112
17	105	76	139	99	102	109	140	98	115
18	108	78	143	102	104	112	144	101	117
19	111	80	146	104	107	115	147	103	120
20	113	82	150	107	109	117	151	106	123
21	116	84	154	110	112	120	155	108	126
22	119	86	157	112	115	123	158	111	129
23	122	88	161	115	118	126	162	114	132
24	125	91	165	118	120	129	166	117	135
25	128	93	169	121	123	132	170	119	139
26	131	95	173	123	126	135	174	122	142
27	134	97	177	126	129	138	178	125	145



PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA
LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO
DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL
USANDO MEDIDORES MÁSCOS
TIPO CORIOLIS

Versión	1
Fecha Elaboración	06/04/2022
Código	AYG-MTT-0671

Temperatura [°C]	Presión de línea según la fuente u origen del GLP [psi]								
	Apiay	B/bermeja	Cartagena	Cusiana	Cupiagua	Dina	Okianus	Parex	Yopal
28	137	100	182	129	132	141	182	128	149
29	140	102	186	133	135	145	187	131	152
30	144	105	190	136	139	148	191	134	155
31	147	107	195	139	142	151	196	137	159
32	150	110	199	142	145	155	200	141	163
33	154	112	204	145	148	158	205	144	166
34	157	115	209	149	152	162	209	147	170
35	161	117	213	152	155	165	214	151	174
36	165	120	218	156	159	169	219	154	178
37	168	123	223	159	162	173	224	158	182
38	172	126	228	163	166	177	229	161	186
39	176	129	233	166	170	180	234	165	190
40	180	132	239	170	173	184	239	169	194

	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

Tipo: MEDIDOR CORIOLIS -Fabricante: ITRÓN - Modelo sensor: M100 - Caída de presión a caudal de 120 kg/min: 4 psi

Tabla 4. Presión de línea según fuente del GLP para modelo sensor M100

Temperatura [°C]	Presión de línea según la fuente u origen del GLP [psi]								
	Apiay	B/bermeja	Cartagena	Cusiana	Cupiagua	Dina	Okianus	Parex	Yopal
10	87	62	114	81	83	90	115	81	95
11	89	64	118	83	86	92	119	83	97
12	91	65	121	86	88	95	122	85	99
13	93	67	124	88	90	97	125	87	102
14	96	69	127	90	92	100	128	89	105
15	98	71	130	93	95	102	131	92	107
16	101	73	134	95	97	105	135	94	110
17	103	74	137	97	100	107	138	96	113
18	106	76	141	100	102	110	142	99	115
19	109	78	144	102	105	113	145	101	118
20	111	80	148	105	107	115	149	104	121
21	114	82	152	108	110	118	153	106	124
22	117	84	155	110	113	121	156	109	127
23	120	86	159	113	116	124	160	112	130
24	123	89	163	116	118	127	164	115	133
25	126	91	167	119	121	130	168	117	137
26	129	93	171	121	124	133	172	120	140
27	132	95	175	124	127	136	176	123	143
28	135	98	180	127	130	139	180	126	147
29	138	100	184	131	133	143	185	129	150
30	142	103	188	134	137	146	189	132	153

 Model of Excellence and Operational Integrity Modelo de Excelencia e Integridad Operacional	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

Temperatura [°C]	Presión de línea según la fuente u origen del GLP [psi]								
	Apiay	B/bermeja	Cartagena	Cusiana	Cupiagua	Dina	Okianus	Parex	Yopal
31	145	105	193	137	140	149	194	135	157
32	148	108	197	140	143	153	198	139	161
33	152	110	202	143	146	156	203	142	164
34	155	113	207	147	150	160	207	145	168
35	159	115	211	150	153	163	212	149	172
36	163	118	216	154	157	167	217	152	176
37	166	121	221	157	160	171	222	156	180
38	170	124	226	161	164	175	227	159	184
39	174	127	231	164	168	178	232	163	188
40	178	130	237	168	171	182	237	167	192

Tipo: MEDIDOR MÁSCICO CORIOLIS - Fabricante: ITRÓN - Modelo sensor: M200 - Caída de presión a caudal de 120 kg/min: 0,5 psi

 Model of Excellence and Operational Integrity Modelo de Excelencia e Integridad Operacional	PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL USANDO MEDIDORES MÁSCOS TIPO CORIOLIS	Versión	1
		Fecha Elaboración	06/04/2022
		Código	AYG-MTT-0671

Tabla 5. Presión de línea según fuente del GLP para modelo sensor M200

Temperatura [°C]	Presión de línea según la fuente u origen del GLP [psi]								
	Apiay	B/bermeja	Cartagena	Cusiana	Cupiagua	Dina	Okianus	Parex	Yopal
10	80	55	107	74	76	83	108	74	88
11	82	57	111	76	79	85	112	76	90
12	84	58	114	79	81	88	115	78	92
13	86	60	117	81	83	90	118	80	95
14	89	62	120	83	85	93	121	82	98
15	91	64	123	86	88	95	124	85	100
16	94	66	127	88	90	98	128	87	103
17	96	67	130	90	93	100	131	89	106
18	99	69	134	93	95	103	135	92	108
19	102	71	137	95	98	106	138	94	111
20	104	73	141	98	100	108	142	97	114
21	107	75	145	101	103	111	146	99	117
22	110	77	148	103	106	114	149	102	120
23	113	79	152	106	109	117	153	105	123
24	116	82	156	109	111	120	157	108	126
25	119	84	160	112	114	123	161	110	130
26	122	86	164	114	117	126	165	113	133
27	125	88	168	117	120	129	169	116	136
28	128	91	173	120	123	132	173	119	140
29	131	93	177	124	126	136	178	122	143
30	135	96	181	127	130	139	182	125	146
31	138	98	186	130	133	142	187	128	150



PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA
LA MEDICIÓN DE GAS LICUADO
DEL PETRÓLEO – GLP A GRANEL
USANDO MEDIDORES MÁSCOS
TIPO CORIOLIS

Versión	1
Fecha Elaboración	06/04/2022
Código	AYG-MTT-0671

Temperatura [°C]	Presión de línea según la fuente u origen del GLP [psi]								
	Apiay	B/bermeja	Cartagena	Cusiana	Cupiagua	Dina	Okianus	Parex	Yopal
32	141	101	190	133	136	146	191	132	154
33	145	103	195	136	139	149	196	135	157
34	148	106	200	140	143	153	200	138	161
35	152	108	204	143	146	156	205	142	165
36	156	111	209	147	150	160	210	145	169
37	159	114	214	150	153	164	215	149	173
38	163	117	219	154	157	168	220	152	177
39	167	120	224	157	161	171	225	156	181
40	171	123	230	161	164	175	230	160	185