



COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

## ANEXO 3

# CARACTERÍSTICAS DE TECNOLOGÍA, DISEÑO, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN





COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

Este anexo señala las especificaciones técnicas a que se sujetarán el diseño y la construcción del Sistema de transporte, así como las características de tecnología e ingeniería del mismo, incluyendo los puntos de recepción y entrega del gas en dicho sistema.





COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

### ANEXO 3

## CARACTERÍSTICAS DE TECNOLOGÍA, DISEÑO, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

- Apéndice 3.1 Memoria técnico-descriptiva del Sistema de transporte.
- Apéndice 3.2 Especificaciones y características del Sistema de transporte.
- Apéndice 3.3 Planos del trazo del gasoducto, de ubicación de los puntos de entrega y recepción y de instalaciones del Sistema de transporte.
- Apéndice 3.4 Códigos y normas aplicables.





COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

## ANEXO 3

# CARACTERÍSTICAS DE TECNOLOGÍA, DISEÑO, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Apéndice 3.1 Memoria técnico-descriptiva del Sistema de transporte.





## 2. MEMORIA TÉCNICO-DESCRIPTIVA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

### 2.1 MEMORIA DE CÁLCULO CORRESPONDIENTE A LA DETERMINACIÓN DE ESPESORES, DIÁMETROS Y CAPACIDAD DEL DUCTO EN DONDE SE INDIQUEN LOS PARÁMETROS DE DISEÑO CONSIDERADOS (MATERIALES, PRESIÓN DE OPERACIÓN, PRESIÓN DE DISEÑO, MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN PERMISIBLE, TEMPERATURA, CLASE DE LOCALIZACIÓN, ETC.)

Se considerarán como base para diseño de la ERM las siguientes presiones de trabajo estimadas del gasoducto al cual se conectará dicha estación:

Presión de Diseño es 551.45 Psi (38.77 kg/cm<sup>2</sup>), la MPOP del ducto es de 525 Psi (36.91.0 kg/cm<sup>2</sup>), y una presión mínima de 312.29 Psi (23 kg/cm<sup>2</sup>). Por otro lado, manifestamos que nuestra presión de operación a la salida de la ERM será de 2059.39 KPa = 22 Kg/cm<sup>2</sup>.

Cálculo del espesor requerido para tubería de 12" acero al carbón API 5L Grado X 60 y a una presión 38.77 Kg/Cm<sup>2</sup>.

- Tubería de acero API 5L Grado X 60 con un Espesor de 0.219 pulgadas.

The screenshot shows a software interface for calculating steel pipe design. It includes the following fields and values:

Pipe Data...	
Diameter:	12.75
Wall Thickness:	0.146
SMYS:	68000
Pressure:	549.65

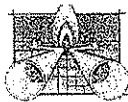
Design Factors...	
Class Location:	
Location Exceptions:	0.40
Longitudinal Joint:	1.00
Operating Temperature:	1.000

Buttons: Calculate, Get, Save, Print, Close

Al espesor calculado se le suma el 30 % de espesor por corrosión más el 15% por fallas en la fabricación.

Dando un total de **0.218** pulgadas de espesor necesario para este proyecto, así pues se comprueba que la tubería que se empleara para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.219** pulgadas, dándonos **un 50 % en exceso** de espesor como **factor de seguridad**, con respecto al valor calculado de **0.146"**.





---

$$\text{Espesor Requerido} = 0.146 \text{ Plg} < \text{Espesor Tubería A/C 12"} = 0.432 \text{ Plg}$$

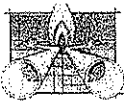
$$\% \text{ Exceso} = \left( \frac{0.219 - 0.146}{0.146} \right) \times 100 = 50\%$$

Respecto a la capacidad del gasoducto, dentro del apartado de esta solicitud de permiso que contiene el diagrama de los flujos del gas así como en el modelo hidráulico, se detallan tres capacidades:

- 1) Capacidad de 20 MMPCD solicitada para la primera etapa
- 2) Capacidad de 40 MMPCD especificada para la segunda etapa
- 3) Máxima capacidad del sistema alcanzando 41.49 MMPCD



030102



## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE TRANSPORTE (ESTACIONES DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN, TRAMPAS DE RECEPCIÓN Y ENVÍO DE DIABLOS, VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO, ESTACIONES DE COMPRESIÓN, ETC.)

Las instalaciones que conforman el sistema de transporte son:

- Interconexión con Gasoducto del Bajío
- Estación de Regulación y Medición principal (City Gate)
- Troncal principal conformado por 172.98 km de tubería de 12" de diámetro en acero al carbón 5L grado X60 con 219 milésimas de espesor.
- 23 válvulas de seccionamiento

A continuación se presenta una breve descripción de las mismas:

### I. MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM) "CITY GATE TRANSPORTADORA DE GAS NATURAL DE ZACATECAS".

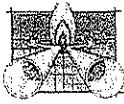
#### I.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN.

La siguiente descripción es de la Estación de Regulación y Medición "ERM" CITY GATE TRANSPORTADORA DE GAS NATURAL DE ZACATECAS, para el abastecimiento de gas natural a la red principal del Sistema de Transporte de Gas Natural de Zacatecas.

Se inicia con una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, que se suelda en posición vertical a un codo de 10"X90° en acero al carbón cédula 40 con el que termina la Interconexión del ducto abastecedor por parte de **Gasoductos del Bajío S. de R.L. de C.V.** con esta estación, después se tiene en posición horizontal y por uno de sus extremos rectos laterales una Tee de 10" X 10" X 10" de  $\emptyset$  de acero al carbón en cédula 40 a la que la llamaremos **Tee 1**, por el extremo centro de la Tee 1 se deriva el Tren de filtración 2, el cual se describirá más adelante.

Por el extremo lateral restante de la **Tee 1** se tiene el **Tren de Filtración 1**, que está conformado como se describe a continuación, inmediatamente después de la **Tee 1** se tiene una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, posteriormente se tiene una válvula de esfera de paso completo de 10" de  $\emptyset$  en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes con volante, aguas abajo de la válvula anterior coloca un filtro coalescente con entrada bridada tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en ANSI 300, y salida bridada tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en ANSI 300, seguido por una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300 posteriormente se instala un codo de 90° X 10" de  $\emptyset$  en cédula 40 de acero al carbón seguido por la instalación de un carrete de tubería de 10" de  $\emptyset$  de acero al carbón Céd. 40 en posición vertical hasta llegar a

03 01 03



otro codo de 90° X 10" de Ø en cédula 40 de acero al carbón, seguido por una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, a la que le sigue otro filtro coalescente con entrada bridada tipo RF de 10" de Ø en ANSI 300, y salida bridada tipo RF de 10" de Ø en ANSI 300, seguido por una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300 posteriormente se instala un codo de 90° X 10" de Ø en cédula 40 de acero al carbón seguido por la instalación de un carrete de tubería de 10" de Ø de acero al carbón Céd. 40 en posición vertical hasta llegar a otro codo de 90° X 10" de Ø en cédula 40 de acero al carbón, seguido por una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, posteriormente se tiene una válvula de esfera de paso completo de 10" de Ø en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes con volante, aguas abajo de la válvula anterior se coloca una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, la cual se une al extremo recto de una Tee de 10" X 10" X 10" de Ø en cédula 40 de acero al carbón a la cual llamaremos **Tee 3** por la que por su extremo recto restante se deriva el **Tren de Medición N°1**, y por el extremo central de la **Tee 3** se deriva un carrete de tubería de 10" de Ø de acero al carbón en cédula 40, el cual tiene un inserto de ½" de Ø para la colocación de un manómetro hasta llegar al extremo central de otra Tee de 10" X 10" X 10" de Ø en cédula 40 de acero al carbón a la cual llamaremos **Tee 4**, por uno de sus extremos laterales se deriva el **Tren de Medición N°2** el cual será descrito posteriormente; con este carrete se pueden intercambiar entre el **Tren de Medición N°1** y el **N°2** del mismo según sea necesario.

Regresándonos al Extremo central de la **Tee 1** se instala un carrete de tubería de 10" de Ø en cédula 40 de acero al carbón en el cual se instala un inserto de ½" de Ø para poder instalar un manómetro y poder monitorear la presión de entrada antes de los filtros coalescentes, continuando hasta llegar al extremo lateral de otra Tee de 10" X 10" X 10" de Ø en cédula 40 de acero al carbón a la cual llamaremos **Tee 2**, por el otro extremo recto lateral se coloca un tapón de acero de 10" de Ø de acero al carbón en cédula 40, y por su extremo centro se deriva el **Tren de Filtración número 2**, que está conformado como se describe a continuación, inmediatamente después de la **Tee 2** se tiene una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, posteriormente se tiene una válvula de esfera de paso completo de 10" de Ø en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes con volante, aguas abajo de la válvula anterior coloca un filtro coalescente con entrada bridada tipo RF de 10" de Ø en ANSI 300, y salida bridada tipo RF de 10" de Ø en ANSI 300, seguido por una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300 posteriormente se instala un codo de 90° X 10" de Ø en cédula 40 de acero al carbón seguido por la instalación de un carrete de tubería de 10" de Ø de acero al carbón Céd. 40 en posición vertical hasta llegar a otro codo e 90° X 10" de Ø en cédula 40 de acero al carbón, seguido por una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, a la que le sigue otro filtro coalescente con entrada bridada tipo RF de 10" de Ø en ANSI 300, y salida bridada tipo RF de 10" de Ø en ANSI 300, seguido por una brida de cuello

03 01 04





soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300 posteriormente se instala un codo de 90° X 10" de  $\emptyset$  en cédula 40 de acero al carbón seguido por la instalación de un carrete de tubería de 10" de  $\emptyset$  de acero al carbón Céd. 40 en posición vertical hasta llegar a otro codo e 90° X 10" de  $\emptyset$  en cédula 40 de acero al carbón, seguido por una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, posteriormente se tiene una válvula de esfera de paso completo de 10" de  $\emptyset$  en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes con volante, aguas abajo de la válvula anterior se coloca una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, hasta llegar al extremo lateral restante de la **Tee 4** antes descrita.

Regresándonos a la **Tee 3** y por el extremo lateral restante, inmediatamente después, es donde inicia **el Tren de medición N°1**, que empieza con la instalación de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, posteriormente se tiene una válvula de esfera de paso completo de 10" de  $\emptyset$  en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes con volante, seguida de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, a la que se suelda posteriormente un Tubo de medición de 10" de  $\emptyset$  conformado por tubo y placa acondicionadora de flujo, Fitting porta placa de Orificio RF en ANSI 600 con placa de orificio, y con puertos para presión diferencial, los cuales se conectarán a un transmisor de presión Multivariable marca Honeywell Modelo MVX 3000, mismo que enviará las señales a un Computador de flujo (XARTU/1), y finalmente por la última sección que incluye insertos de  $\frac{1}{2}$ . y  $\frac{3}{4}$  para la colocación de termopozo, aguas abajo del tubo de medición se suelda una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, a la que le sigue una válvula de esfera de paso completo de 10" de  $\emptyset$  en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes con volante; aguas abajo de la válvula le sigue una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300 misma que se suelda a uno de los extremos laterales de una Tee de 10" X 10" X 10" de  $\emptyset$  de acero al carbón en cédula 40 a la cual llamaremos **Tee 5**, que por su extremo lateral restante se le coloca un tapón de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40, y por su extremo centro le sigue un carrete de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40, seguido de una Tee de 10" X 10" X 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 a la cual llamaremos **Tee 6**, que por su extremo lateral restante se deriva hacia el Tren de regulación y el By-pass del mismo.

El **Tren de Medición N° 2** inicia aguas abajo del extremo lateral restante de la **Tee 4** con una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, posteriormente se tiene una válvula de esfera de paso completo de 10" de  $\emptyset$  en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes con volante, seguida de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\emptyset$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, a la que se suelda posteriormente un Tubo de medición de 10" de  $\emptyset$  conformado por tubo y placa acondicionadora de flujo, Fitting porta placa de Orificio RF en ANSI 300 con placa de orificio, y con puertos

03 01 05

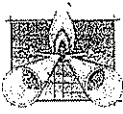


para presión diferencial, los cuales se conectarán a un transmisor de presión Multivariable marca Honeywell Modelo MVX 3000, mismo que enviará las señales a un Computador de flujo (XARTU/1), y finalmente por la última sección que incluye insertos de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ " para la colocación de termopozo, aguas abajo del tubo de medición se suelda una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, a la que le sigue una válvula de esfera de paso completo de 10" de  $\varnothing$  en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes con volante; aguas abajo de la válvula le sigue una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300 misma que se suelda al extremo central de la **Tee 6** con la que termina el **Tren de Medición N°2**.

### Tren Regulación y By-Pass de Regulación

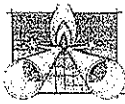
Regresando al extremo recto restante de la **Tee 6**, le sigue un carrete de tubería de 10" de  $\varnothing$ , en acero al carbón cédula 40, al cual le sigue una Tee de 10" X 10" X 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 a la cual llamaremos **Tee 7**, por el extremo centro de esta se deriva hacia el Tren de Regulación que será descrito más adelante; por el extremo lateral restante de la **Tee 7** se tiene el By-Pass del Tren de Regulación que se describe como sigue, inmediatamente después de la **Tee 7** se coloca un carrete de tubo de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 en el cual se instala un inserto de  $\frac{1}{2}$ " de  $\varnothing$  para poder instalar un manómetro y poder monitorear la presión de entrada antes de los reguladores de presión, seguido de una Tee de 10" X 10" X 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 conectada por su extremo recto lateral a la que denominaremos **Tee 8**, por el extremo lateral restante de esta, se coloca un tapón soldable de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40, y por el extremo central le sigue la colocación de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300 a la que le sigue una válvula de esfera de paso completo de 10" de  $\varnothing$  en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes y con volante, a la que le sigue la colocación de una válvula de Globo de 10" bridada RF en ANSI 300, y posteriormente una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, y enseguida se coloca un carrete de tubería de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 en el cual se instala un inserto de  $\frac{1}{2}$ " de  $\varnothing$  para poder instalar un manómetro testigo, aguas debajo de este carrete se coloca una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, seguida de una válvula de esfera de paso completo de 10" de  $\varnothing$  en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, accionada con volante con engranes, seguida de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, y enseguida se suelda a una Tee de de 10" X 10" X 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 por uno de sus extremos rectos laterales en posición horizontal, a la cual llamaremos **Tee 9**, que es dónde termina el **By Pass del Tren de Regulación**; por su extremo central se conecta al **Tren de Regulación** mismo que inicia por el extremo recto de la **Tee 7**, a la que le sigue la colocación de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de  $\varnothing$  en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300 a la que le sigue una válvula de esfera de paso completo de 10" de  $\varnothing$  en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas

03 0106



guiada, lubricable, y accionada por sistema de engranes y con volante, a la que le sigue la colocación de una válvula de corte automático 10" de Ø (DN 400), y posteriormente una Brida de cuello soldable tipo RF de 10" en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, seguida de una reducción soldable 10"X8" en acero al carbón cédula 40, misma que se suelda a una brida de cuello soldable tipo RF de 8" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, para así continuar con la instalación del primer regulador de presión Marca Mooney FG-73 de 8" de Ø en ANSI 300 con Piloto para instrumentar en Monitor en Espera, seguido de brida de cuello soldable tipo RF de 8" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, a la que le sigue una reducción soldable 10"X8" en acero al carbón cédula 40, seguida de un carrete de tubería de 10" de Ø de acero al carbón cédula 40, al que le sigue otra reducción soldable 10"X8" en acero al carbón cédula 40, seguido de una brida de cuello soldable tipo RF de 8" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, aguas abajo de la brida se coloca un segundo regulador de presión Marca Mooney FG-73 de 8" de Ø en ANSI 300, e inmediatamente se coloca una brida de cuello soldable tipo RF de 8" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, seguida de una reducción soldable de de 10"X8" en acero al carbón cédula 40, y enseguida se suelda un carrete de tubería de 10" de Ø de acero al carbón cédula 40 mismo que contiene 4 insertos para la señal del piloto del Segundo regulador, la señal del piloto monitor del Primer Regulador, la señal de la válvula de Corte Automático y finalmente para la colocación de un manómetro testigo, respectivamente; aguas abajo de este último carrete le sigue la colocación de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, seguida de una válvula de esfera de paso completo de 10" de Ø en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, accionada con volante con engranes, seguida de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, y enseguida se suelda a una Tee de de 10" X 10" X 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 por uno de sus extremos rectos laterales en posición horizontal, a la cual llamaremos **Tee 10**, a ésta última se le coloca por su extremo central un carrete de tubería de 10" de Ø de acero al carbón cédula 40 mismo que se conecta al extremo centro de la **Tee 9** ya descrita; por el extremo lateral restante de la **Tee 9** le sigue la colocación de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, enseguida se coloca una válvula de esfera de paso completo de 10" de Ø en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, accionada por engranes y con volante, aguas abajo de la válvula se coloca otra brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, seguida de la colocación un carrete de tubo de 10" de Ø de acero al carbón cédula 40, enseguida de este carrete se suelda por uno de sus extremos laterales una última Tee de 10" X10" X 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 a la que llamaremos **Tee 11**, misma que por su extremo lateral restante tiene un Tapón soldable de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40, y por su extremo central y en forma vertical hacia arriba le sigue la colocación de un carrete de tubería de 10" de Ø de acero al carbón cédula 40 el cual contiene un inserto de ½" de Ø para la señal del piloto de la válvula de seguridad, seguido de una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, y enseguida se coloca una válvula de seguridad Marca Mooney FG-58 de 10" de Ø en

03 01 07



ANSI 300, aguas abajo de la válvula de seguridad se coloca una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, seguida de un carrete de tubería de 10" de Ø de acero al carbón en cédula 40, y finalmente otra Tee de 10"X 10"X 10" de Ø de acero al carbón cédula 40, con lo que se concluye la línea de Desfogue de la válvula de seguridad citada.

Regresando al extremo lateral restante de la **Tee 10** y con dirección a la salida se suelda un tramo de tubo de 16" de Ø de acero al carbón en cédula 40; este carrete cuenta con dos insertos, uno de 1/2" de Ø para la toma de presión con manómetro testigo y uno más de 1/2" de Ø para la instalación de un transmisor de presión, posteriormente se suelda a este carrete una brida de cuello soldable tipo RF de 10" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300 y enseguida se coloca una válvula de esfera de paso completo de 10" de Ø en ANSI 300 con cuerpo de tres piezas guiada, lubricable, accionada con volante con engranes, seguida de la colocación de una Junta Aislante Dieléctrica de 10" de Ø para bridas RF en ANSI 300 y finalmente una brida de cuello soldable tipo RF de 16" de Ø en acero al carbón cédula 40 en ANSI 300, ésta última se conectará a la red principal de tubería de acero propiedad de la **Transportadora de Gas Natural de Zacatecas, S.A. de C.V. (TGNZ)**.

Se considerarán como base para diseño de la ERM las siguientes presiones de trabajo estimadas del gasoducto al cual se conectara dicha estación:

Presión de Diseño es 551.45 Psi ( $38.77 \text{ kg/cm}^2$ ), la MPOP del ducto es de 525 Psi ( $36.91.0 \text{ kg/cm}^2$ ), y una presión mínima de 312.29 Psi ( $23 \text{ kg/cm}^2$ ).

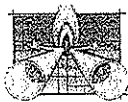
Basados en la información citada líneas arriba, se realizó la Memoria de Cálculo que a continuación se describe.

Por otro lado, manifestamos que nuestra presión de operación a la salida de la ERM será de 2059.39 KPa =  $22 \text{ Kg/cm}^2$ .

Los consumos mínimo y máximo, proyectados a lo largo de la vida útil del proyecto se presentan en la Tabla siguiente:

CONSUMOS	SCMD	MMSCFD	SCMH	SCFH
Consumo Mínimo inicial	424,752.72	15.0	17,698.03	625,000.00
Consumo Máximo	1,132,673.76	40.0	47,194.74	1,666,666.67

03 0108



## II.1. CÁLCULOS DE DIÁMETROS Y VELOCIDADES PARA LAS CONDICIONES CRÍTICAS DE OPERACIÓN DE 40 MMSCFD Y 23 Kg/cm<sup>2</sup> DE PRESIÓN MÍNIMA A LA ENTRADA.

A continuación se procede a realizar el cálculo para las condiciones críticas a mayor flujo y mínima presión de entrada, y a una presión de regulación mínima a la salida de 21.5 kg/cm<sup>2</sup>.

### CONDICIONES DE OPERACIÓN.

$$P_{in\ min} = 22.55\ Bar \quad 23.0\ Kg/cm^2 \quad 327.14\ Psig \quad 2256.3\ kpa$$

$$P_{out\ min} = 21.08\ Bar \quad 21.50\ Kg/cm^2 \quad 305.80\ Psig \quad 2109.2\ kpa$$

$$Q_{max} = 47,194.74\ SCMH = 40.00\ MMSCFD$$

$$P_{atm} = 11.75\ Psia \quad Elevación\ (m.s.n.m.): \quad 1924$$

### DIÁMETROS Y VELOCIDADES.

Utilizando la Ecuación de Continuidad de la Mecánica de Fluidos obtenemos las velocidades de entrada y salida en la Estación de Regulación y Medición.

$$Q = v \cdot A$$

Donde:

- Q → Flujo
- v → velocidad
- A → Área

Ubicación del Medidor:

#### Línea de Filtración y Regulación

##### ENTRADA

$$Q_{act\ in} = Q_{s\ max} \left( \frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{in\ min} + P_{atm}) \cdot (293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ in} = 1967\ ACMH$$

$$D_{in} \geq \left( \frac{Q_{act\ in}}{0.785 \cdot v \cdot (m/s) \cdot 3,600} \right) \left( \frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 18\ m/s$$

Diámetro de entrada requerido:

$$D_{in} \geq 7.7\ pulg.\ \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de entrada

$$DN_{in} = 10" \quad \emptyset \quad Cedula\ CED\ 40$$

$$D_{int\ in} = 10.020$$

$$v_{in} = \left[ \frac{(Q_{act})_{in}}{0.785 \cdot (DN_{in})^2} \right] \left( \frac{1}{0.0254} \right)^2$$

$$v_{in} = 10.745\ m/s \quad 35.25\ ft/s$$

##### SALIDA

$$Q_{act\ out} = Q_{s\ max} \left( \frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{out\ min} + P_{atm}) \cdot (293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ out} = 2099\ ACMH$$

$$D_{out} \geq \left( \frac{Q_{act\ out}}{0.785 \cdot v \cdot (m/s) \cdot 3,600} \right) \left( \frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 18\ m/s$$

Diámetro salida requerido:

$$D_{out} \geq 8.0\ pulg.\ \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de salida

$$DN_{out} = 10" \quad \emptyset \quad Cedula\ CED\ 40$$

$$D_{int\ out} = 10.020$$

$$v_{out} = \left[ \frac{(Q_{act})_{out}}{0.785 \cdot (DN_{out})^2} \right] \left( \frac{1}{0.0254} \right)^2$$

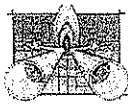
$$v_{out} = 11.467\ m/s \quad 37.620\ ft/s$$

Donde:

DN<sub>in</sub> → Diámetro del Medidor y de Entrada de la ERM.

Con lo anterior se demuestra que los diámetros de 10" de Ø en la tubería de entrada y de 10" de Ø en la tubería de salida de la ERM, son correctos para las condiciones de operación antes mencionadas. Ya que tanto en la entrada como a la salida las velocidades de flujo de gas natural está por debajo de 60 ft/seg.

03 01 09



## II.2. DIMENSIONAMIENTO DE LOS REGULADORES RADIALES A CONDICIONES CRÍTICAS.

Ya comprobada la selección de diámetros a las condiciones antes mencionadas, se procederá a demostrar la capacidad de los reguladores a las mismas condiciones críticas de operación de **23.0 Kg/cm<sup>2</sup> (327.13) de presión mínima de entrada y 21.5m (305.8 Psig) kg/cm<sup>2</sup> de presión mínima regulada a la salida y con un flujo máximo de 40 MMSCFD.**

Para el dimensionamiento de los reguladores radiales (MOONEY), se procederá a emplear la ecuación siguiente:

### Universal Gas Sizing Equation.

$$Q = \sqrt{\frac{520}{GT}} C_g P_1 \sin \left( \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right)$$

#### Donde:

$Q$  → Velocidad de Flujo, SCFH

$C_g$  → Coeficiente de Viscosidad del Gas

$P_1$  → Presión de Entrada (Psia)

$\Delta P$  → Pérdida de Presión por la Válvula ( $\Delta P = P_1 - P_2$ ) Psig.

$P_2$  → Presión de Salida (Psia)

$C_1$  → Coeficiente de Recuperación de la Válvula  $C_1 = \frac{C_g}{C_v}$

$C_v$  → Coeficiente de viscosidad Líquido

$G$  → Gravedad Específica (0.6 para gas natural)

$T$  → Temperatura del Gas ( ° Ranking ) (  $T = 460 + ^\circ F$  )

03 01 10



### Ecuación Simplificada

El coeficiente de recuperación de la válvula ( $C_1$ ) es aproximadamente igual a 35 para válvulas de globo y válvulas de rejillas.

El termino  $\sqrt{\frac{520}{GT}} = 1.29$  para Gas Natural con Gravedad Especifica de 0.6 y 60 °F.

El flujo crítico ó Flujo de choque se refiere a la condición de cuando el gas está moviéndose a la velocidad del sonido (1090 pie/seg. ó 332 m/seg.) en la parte de aceleración de la válvula.

Esto ocurre cuando  $\frac{\Delta P}{P_1}$  es igual ó mayor a 0.64.

A flujo critico el termino  $\sin\left(\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}}\right)$  es igual a 1 ó a la unidad por lo tanto desaparece de la ecuación.

Así pues,

A una velocidad sónica (flujo crítico) la Universal Gas Sizing Equation para Gas Natural a 60 °F se simplifica a:

$$Q = 1.29 C_g P_1$$

030111



Flujo Sub-crítico

$$\text{Mínima Presión de Entrada. } P_1 = 327.14 + 11.75 = 338.88 \text{ Psia}$$

$$\text{Mínima Presión de Salida. } P_2 = 305.80 + 11.75 = 317.55 \text{ Psia}$$

Calculamos tenemos que  $\frac{\Delta P}{P_1} = 0.063$

Como  $\frac{\Delta P}{P_1} < 0.64$  por lo tanto definimos que NO tenemos un flujo crítico.

Por lo tanto usaremos la formula desarrollada:

$$Q = 1.29 \cdot C_g P_1 \sin \left( \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right)$$

$$\sin \left( \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right) = \sin \left[ \left( \frac{3417}{35} \times (0.063)^{0.5} \right) \right] = \sin ( 24.5 ) = 0.4146$$

$$Q = 47194.7 \text{ SCMh} = 1,666,666.7 \text{ SCFH}$$

$$1,666,666.7 \text{ SCFH} = 1.29 C_g ( 338.88 ) ( 0.4146 )$$

$$1,666,666.7 \text{ SCFH} = 1.29 C_g ( 140.51 )$$

$$C_g = \frac{1,666,666.7}{(1.29)( 140.5 )} = \frac{1,666,666.7}{181.3}$$

$$C_g = 9,194.91$$

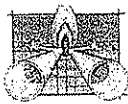
Por ser una Estación con reguladores instrumentados en Arreglo Monitor-Trabajador el C<sub>g</sub> de los reguladores se consideran al 70%, por lo tanto, el C<sub>g</sub> es igual a 13,135.58.

Además un factor de capacidad de la City Gate del 80% por lo que el C<sub>g</sub> es igual a:

$$C_g = 16,419.48$$

0301 12





### Selección de los Reguladores y de la Válvula de Seguridad empleando el software del fabricante:

Con los datos citados líneas arriba y alimentándolos al programa del fabricante se obtiene que:

**GAS SIZING WORKSHEET**

Customer/Project: CITY GATE TGN DE ZAC. Reference No:  
 Location: AGUASCALIENTES. AGS. Date: 11/02/2012  
 Prepared By: CARLOS H. PANIAGUA CERDA

Memo Field:  
 Use TAB Key to  
 Exit Memo Field.

Inlet Pressure...P1: 327.13 psig Calculated Cg = 13066.68  
 Outlet Pressure...P2: 305.80 psig Capacity Factor = 80%  
 Flow Rate...Q: 1666666.67 scfh Recommended Cg/Valve = 16333.35  
 Sub-Critical Flow (dP/P1) 0.06

Fluid: Natural Gas Sg = 0.600  
 Valve Recovery..C1: 35 Temperature..T: 60° F 520 Deg Rankine  
 Monitor Station... Y Capacity Factor... 80 %

DESCRIPTION	STOCK NO	% CAP	Cg	C1	Cv	Max P1
VALVE NONE						
RELIEF VALVE NONE						

Select Valves    Get    View    Locate    Clear    Print    Return    Units

Velocity Calculation    Flow Calculation    Interstage Pressure    Noise Prediction

De acuerdo a las presiones de entrada, salida y al flujo de volumen inicial de entrada a la ERM que se han ingresado al Software del fabricante de los reguladores Mooney nos da un Cg recomendado para la selección del regulador de  $Cg = 16,333.35$  con el dato anterior seleccionamos el regulador adecuado para esta estación.



030113



**SELECT A VALVE**

\*\*\* NOTE: 100% Capacity Recommended For Most Applications! \*\*\*

Calculated Cg..... = 13066    Capacity Factor..... = 80%    Valve Selected  
Recommended Cg/Valve = 16333    Inlet Pressure (P1) = 327    **FG-73**

DESCRIPTION	STOCK NO	% CAP	Cg	C1	Cv	Max P1
8" SP STEEL 300 CL	FG-73-75	75	15200	30.0	515.0	740
8" SP STEEL 400 CL	FG-90-75	75	15200	30.0	515.0	1450
8" SP STEEL 300 CL	FG-73-100	100	20200	33.0	530.0	740
8" SP STEEL 400 CL	FG-90	100	20200	33.0	530.0	1450
10" DP STEEL 300 CL	FG-59-50	50	13200	28.0	472.0	740
10" DP STEEL 400 CL	FG-59-50	50	13200	28.0	472.0	1450
10" DP STEEL 300 CL	FG-59	100	20000	40.0	550.0	740
10" DP STEEL 400 CL	FG-59	100	20000	40.0	550.0	1450
12" DP STEEL 300 CL	FG-75-35	35	14200	27.0	530.0	740
12" DP STEEL 400 CL	FG-91-35	35	14200	27.0	530.0	1450
12" DP STEEL 300 CL	FG-75-50	50	20000	27.0	750.0	740
12" DP STEEL 400 CL	FG-91-50	50	20000	27.0	750.0	1450
12" DP STEEL 300 CL	FG-75-75	75	30400	30.0	1030	740
12" DP STEEL 400 CL	FG-91-75	75	30400	30.0	1030	1450

Return    Abort    Valve Size Filter: ALL

**GAS SIZING WORKSHEET**

Customer/Project: CITY GATE TGN DE ZAC.    Reference No:  
Location: AGUASCALIENTES. AGS.    Date: 11/02/2012  
Prepared By: CARLOS H. PANIAGUA CERDA

Memo Field:  
Use TAB Key to  
Exit Memo Field.

Inlet Pressure.....P1: 327.13 psig    Calculated Cg = 13066.68  
Outlet Pressure.....P2: 305.80 psig    Capacity Factor = 80%  
Flow Rate.....Q: 1666666.67 scfh    Recommended Cg/Valve = 16333.35  
Sub-Critical Flow (Q/P1) 0.06

Fluid: Natural Gas    Sg = 0.600

Valve Recovery..C1: 35    Temperature..T: 60 ° F 520 Deg Rankine

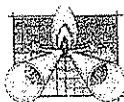
Monitor Station.: Y    Capacity Factor.: 80 %

DESCRIPTION	STOCK NO	% CAP	Cg	C1	Cv	Max P1
VALVE 8" SP STEEL 300 CL	FG-73	100	20200	33.0	530.0	740
RELIEF VALVE	NONE					

Select Valves    Relief Valves    Print    Return  
Get    View    Locate    Clear    Units  
Velocity Calculation    Flow Calculation    Interstage Pressure    Noise Prediction

Con lo anterior seleccionamos un regulador **8" SP STEEL 300 CL FG-73-100**. De esta manera comprobamos que el Cg de los reguladores que seleccionamos está sobrado, ya que estos tienen **Cg= 20,200** dándonos un Factor de diseño de **54.59%** con respecto al valor calculado de **13,066.68**.

030114



La Velocidad de flujo a la salida de la estación con las condiciones críticas de operación ( $305.8 \text{ Psig} = 21.5 \text{ Kg/cm}^2$  y  $1,666,666.67 \text{ SCFH}$ ) y con un regulador **FG-73**, tenemos una velocidad en la tubería de salida de  $V = 38.74 \text{ ft/seg} = 11.80 \text{ m/seg}$ . Cumpliendo satisfactoriamente con la restricción de no sobrepasar los  $60 \text{ ft/seg}$ .

**VELOCITY CALCULATION WORKSHEET**

Pipe Size: 10 Inside Pipe Dia. 10.020 in Velocity Calculation  
 Schedule: 40 Vgas = 38.74 ft/sec  
 Outlet Pressure (P2): 305.80 psig Fluid Type: Natural Gas  
 Flow Rate (Q): 1666666.67 scfh

Return Units Print

La capacidad de flujo que tienen los reguladores seleccionados Mooney en Arreglo Monitor – Trabajador para las condiciones de operación ya indicadas, lo obtenemos del cálculo realizado por medio del Software del fabricante de los mismos:

**FLOW CALCULATION WORKSHEET**

Inlet Pressure (P1): 327.13 psig  
 Outlet Pressure (P2): 305.80 psig  
 Valve Coefficient (Cg): 20200.00  
 Fluid: Natural Gas Sg = 0.600  
 Valve Recovery (C1): 38  
 Temperature (T): 60 F 520 Deg Rankine  
 Monitor Station:  Return Print

Flow Rate Q = 2384134.31 scfh

Valve	Cg	C1	Set Pt
9" SP STEEL 150 CL	38.0	20200	FG-72
9" SP STEEL 600 CL	38.0	20200	FG-83
10" SP STEEL 150 CL	28.0	13200	FG-87-50
10" SP STEEL 300 CL	28.0	13200	FG-89-50

$$Q_{\text{Regulador}} = 2,384,134.31 \text{ SCFH} = 67,511.16 \text{ SCMh} \gg Q_{\text{Requerido}} = 1,666,666.67 \text{ SCFH} = 47,194.74 \text{ SCMh}$$

Se comprueba que el regulador seleccionado excede el valor requerido en un 43%.

El Nivel de decibeles que se generara al pasar el flujo de gas por los reguladores a 1 metro de distancia es de:

$$@1 \text{ metro} = 75 \text{ dBA}$$

03 01 15



**NOISE CALCULATION WORKSHEET**

Inlet Pressure... (P1):  psig      Throttle Plate Style:

Outlet Pressure (P2):  psig      Fluid Type:

Flow Rate..... (Q):  scfh      Outlet Pipe Size:       Schedule:

Temperature..... (T):  F

Distance from Pipe (D):  m

**Noise Prediction**

@ 1 meter = 75 dBA

@ D meters = 75 dBA

Valve Size Filter:

Valve	Stk No.	Cap	Cg
8" SP STEEL 300 CL	FG-73-75	75	15200
8" SP STEEL 600 CL	FG-80-75	75	16200
9" SP STEEL 150 CL	FG-72	100	20200
9" SP STEEL 400 CL	FG-73	100	20200
8" SP STEEL 600 CL	FG-80	100	20200
10" DP STEEL 150 CL	FG-57-50	50	13200
10" DP STEEL 300 CL	FG-58-50	50	13200
10" DP STEEL 600 CL	FG-59-50	50	13200
10" DP STEEL 150 CL	FG-57	100	22000

Selected Valve Values: Cap = 100    cg = 20200

De acuerdo a las presiones de entrada y al Set Point de activación de la válvula de seguridad a la salida de la ERM que se han ingresado al Software del fabricante de los reguladores Mooney nos calcula un **Cg** para la válvula de seguridad de **Cg = 11,211.86**.

**RELIEF VALVE SIZING**

Primary Valve Cg	Selected Relief Valve
20200	10" DP STEEL 300 CL

Maximum Inlet to Regulator Pressure.....: 341.35 psig

Relief Valve Set Point: 305.80 psig

Relief Outlet Pressure: 0.00 psig

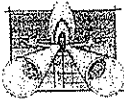
Safety Factor.....: 5 %

Relief Valve Calculated Cg: 11211.86

Modify Primary Valve Cg: 20200  
Modified Relief Valve Cg: 8643.10

03 0116



Con el Cg anterior seleccionamos la Válvula de Seguridad.

**SELECT A VALVE**

\*\*\* NOTE: 100% Capacity Recommended For Most Applications! \*\*\*

Calculated Cg.....= 11211    Safety Factor.....= 5%    Valve Selected  
Relief Set Pressure = 306    **FC-50**

DESCRIPTION	STOCK NO	CAP	Cg	C1	CV	Max P1
5" SP STEEL 300 CL	FG-45	100	12500	40.0	313.0	740
6" SP STEEL 600 CL	FG-45	100	12500	40.0	313.0	1480
5" SP 150/300 CL BUTTWELD	FG-65	100	12500	40.0	313.0	740
6" SP 600 CL BUTTWELD	FG-66	100	12500	40.0	313.0	1480
8" SP STEEL 300 CL	FG-73	100	20200	38.0	530.0	740
8" SP STEEL 600 CL	FG-80	100	20200	38.0	530.0	1480
10" DP STEEL 300 CL	FC-86	100	22000	40.0	550.0	740
10" DP STEEL 600 CL	FC-89	100	22000	40.0	550.0	1480
12" DP STEEL 300 CL	FG-75	100	40400	35.0	1150	740
12" DP STEEL 600 CL	FG-81	100	40400	35.0	1150	1480

Return    Abort    Valve Size Filter: ALL ▾    Valves: 12 of 70



03 0117



### II.3. DIMENSIONAMIENTO DE LOS REGULADORES RADIALES A CONDICIONES MÁXIMAS.

Se procederá demostrar la capacidad de los reguladores a condiciones máximas de operación de **24.0 Kg/cm<sup>2</sup> de presión máxima de entrada y 22.0 kg/cm<sup>2</sup> de presión máxima regulada a la salida y con un flujo máximo de 40 MMSCFD.**

Para el dimensionamiento de los reguladores radiales (MOONEY), se procederá a emplear la ecuación siguiente

#### Universal Gas Sizing Equation.

$$Q = \sqrt{\frac{520}{GT}} C_g P_1 \sin \left( \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right)$$

#### Donde:

Q → Velocidad de Flujo

C<sub>g</sub> → Coeficiente de Viscosidad del Gas

P<sub>1</sub> → Presión de Entrada (psia)

ΔP → Perdida de Presión por la Válvula (ΔP = P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>) psig.

P<sub>2</sub> → Presión de Salida (psia)

C<sub>1</sub> → Coeficiente de Recuperación de la Válvula  $C_1 = \frac{C_g}{C_v}$

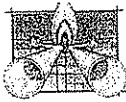
C<sub>v</sub> → Coeficiente de viscosidad Líquido

G → Gravedad Especifica (0.6 para gas natural)

T → Temperatura del Gas ( ° Ranking ) ( T = 460 + °F )



03 01 18



### Ecuación Simplificada

El coeficiente de recuperación de la válvula ( $C_1$ ) es aproximadamente igual a 35 para válvulas de globo y válvulas de rejillas.

El termino  $\sqrt{\frac{520}{GT}} = 1.29$  para Gas Natural con Gravedad Especifica de 0.6 y 60 °F.

El flujo critico ó Flujo de choque se refiere a la condición de cuando el gas está moviéndose a la velocidad del sonido (1090 pie/seg. ó 332 m/seg.) en la parte de aceleración de la válvula.

Esto ocurre cuando  $\frac{\Delta P}{P_1}$  es igual ó mayor a 0.64.

A flujo critico el termino  $\sin\left(\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}}\right)$  es igual a 1 ó a la unidad por lo tanto desaparece de la ecuación.

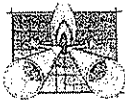
Así pues,

A una velocidad sónica (flujo crítico) la Universal Gas Sizing Equation para Gas Natural a 60 °F se simplifica a:

$$Q = 1.29C_g P_1$$



03 01 19



Flujo Sub-crítico

$$\text{Máxima Presión de Entrada. } P_1 = 341.36 + 11.75 = 353.10 \text{ Psia}$$

$$\text{Máxima Presión de Salida. } P_2 = 312.91 + 11.75 = 324.66 \text{ Psia}$$

Calculamos tenemos que  $\frac{\Delta P}{P_1} = 0.081$

Como  $\frac{\Delta P}{P_1} < 0.64$  por lo tanto definimos que NO tenemos un flujo crítico.

Por lo tanto usaremos la fórmula desarrollada:

$$Q = 1.29 \cdot C_g P_1 \sin \left( \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right)$$

$$\sin \left( \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right) = \sin \left[ \left( \frac{3417}{35} \times (0.081)^{0.5} \right) \right] = \sin(27.710) = 0.4650$$

$$Q = 47194.74 \text{ SCMh} = 1,666,666.7 \text{ SCFH}$$

$$1,666,666.7 \text{ SCFH} = 1.29 C_g (353.10)(0.4650)$$

$$1,666,666.7 \text{ SCFH} = 1.29 C_g (164.19)$$

$$C_g = \frac{1,666,666.7}{(1.29)(164.2)} = \frac{1,666,666.7}{211.8}$$

$$C_g = 7,868.69$$

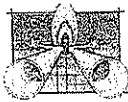
Por ser una Estación con reguladores instrumentados en Arreglo Monitor-Trabajador el  $C_g$  de los reguladores se consideran al 70%, por lo tanto, el  $C_g$  es igual a **11,240.98**.

Además un factor de capacidad de la City Gate del 80% por lo que el  $C_g$  es igual a:

$$C_g = 14,051.23$$

03 01 20





Selección de los Reguladores a las condiciones máximas de operación y mediante el software del fabricante.

**GAS SIZING WORKSHEET**

Customer/Project: CITY GATE TGN DE ZAC. Reference No:  
 Location: AGUASCALIENTES, AGS. Date: 11/02/2012  
 Prepared By: CARLOS H. PANIAGUA CERDA

Memo Field:

Inlet Pressure...P1: 341.36 psig  
 Outlet Pressure...P2: 312.91 psig  
 Flow Rate...Q: 1666666.67 scfh

Fluid: Natural Gas Sg = 0.600  
 Valve Recovery..C1: 35 Temperature..T: 60 °F 520 Deg Rankine  
 Monitor Station.: Y Capacity Factor...: 80 %

Calculated Cg = 11181.32  
 Capacity Factor = 80%  
 Recommended Cg/Valve = 13976.65  
 Sub-Critical Flow (dP/P1) 0.08

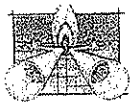
DESCRIPTION	STOCK NO	CAP	Cg	CL	Cv	Max P1
VALVE 8" SP STEEL 300 CL	FG-73	100	20200	39.0	530.0	740
RELIEF VALVE	NONE					

Select Valves: Relief Valves Print Return  
 Get View Locate Clear Units  
 Velocity Calculation Flow Calculation Interstage Pressure Noise Prediction

De acuerdo a las presiones de entrada, salida y al flujo de volumen inicial de entrada a la ERM que se han ingresado al Software del fabricante de los reguladores Mooney nos da un Cg recomendado para la selección del regulador de **Cg = 13,976.65** con el dato anterior comparamos con el regulador seleccionado previamente para esta estación, esto es un regulador de **8" SP STEEL 300 FG-73-100**. De esta manera comprobamos que el Cg de los reguladores que seleccionamos está sobrado, ya que estos tienen **Cg= 20,200** dándonos un Factor de diseño de 80.65% con respecto al valor calculado de 11,181.32.

La Velocidad de flujo a la salida de la estación con las condiciones máximas de operación (22.0 Kg/cm<sup>2</sup> y 1,666,666.67 SCFH) y con un regulador **FG-73**, tenemos una velocidad en la tubería de salida de V= 37.90 ft/seg,= 11.55 m/seg. Cumpliendo satisfactoriamente con la restricción de no sobrepasar los 60 ft/seg.

030121



**VELOCITY CALCULATION WORKSHEET**

Pipe Size: 10  
Schedule: 40  
Inside Pipe Dia: 10.020 in  
Velocity Calculation:  $V_{gas} = 37.90$  ft/sec  
Outlet Pressure (P2): 312.91 psig  
Flow Rate (Q): 1666666.67 scfh  
Fluid Type: Natural Gas

Return Units Print

La capacidad de flujo que tienen los reguladores seleccionados Mooney en Arreglo Monitor – Trabajador para las condiciones de operación ya indicadas, lo obtenemos del cálculo realizado por medio del Software del fabricante de los mismos:

**FLOW CALCULATION WORKSHEET**

Inlet Pressure (P1): 341.36 psig  
Outlet Pressure (P2): 312.91 psig  
Valve Coefficient (Cg): 20200.00  
Fluid: Natural Gas Sg = 0.600  
Valve Recovery (C1): 38  
Temperature (T): 60°F 520 Deg Rankine  
Monitor Station:  Return Print

Flow Rate Q = 2789814.91 scfh

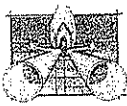
Valve	C1	Cg	Std No.
3" SP STEEL 150 CL	38.0	20200	FG-72
3" CP STEEL 300 CL	38.0	20200	FG-72
8" SP STEEL 600 CL	38.0	20200	FG-80
10" CP STEEL 150 CL	28.0	13200	FG-57-50
10" CP STEEL 300 CL	28.0	13200	FG-58-50

$Q_{Regulador} = 2,789,814.91$  SCFH = 78,998,76 SCMh >>  $Q_{Requerido} = 1,666,666.67$  SCFH = 47,194,74 SCMh  
Se comprueba que el regulador seleccionado excede el valor requerido en un 67%.

El Nivel de decibeles que se generara al pasar el flujo de gas por los reguladores a 1 metro de distancia es de:

@1 metro = 77 dBA

03 0122



**NOISE CALCULATION WORKSHEET**

Inlet Pressure... (P1) :  psig      Throttle Plate Style:

Outlet Pressure (P2) :  psig      Fluid Type:

Flow Rate..... (Q) :  scfh      Outlet Pipe Size:       Schedule:

Temperature..... (T) :  F

Distance from Pipe (D) :  m

**Noise Prediction**

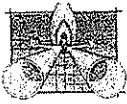
Valve Size Filter:

Valve	Stz No.	Cap	Cg
8" SP STEEL 300 CL	FG-73-75	75	15200
8" SP STEEL 600 CL	FG-80-75	75	15200
8" SP STEEL 150 CL	FG-72	100	20200
8" SP STEEL 300 CL	FG-75	100	20200
8" SP STEEL 600 CL	FG-80	100	20200
10" DP STEEL 150 CL	FG-57-50	50	13200
10" DP STEEL 300 CL	FG-58-50	50	13200
10" DP STEEL 600 CL	FG-59-50	50	13200
10" DP STEEL 150 CL	FG-57	100	22000

Selected Valve Values: Cap = 100    cg = 20200

030123



## II.4. CÁLCULOS DE DIÁMETROS Y VELOCIDADES PARA LAS CONDICIONES INICIALES DE OPERACIÓN DE 15 MMSCFD Y 23.0 Kg/cm<sup>2</sup> DE PRESIÓN MÍNIMA A LA ENTRADA.

A continuación se procede a realizar el cálculo para las condiciones iniciales, al mínimo flujo y mínima presión de entrada, y a una presión de regulación a la salida de 21.5 kg/cm<sup>2</sup>.

### CONDICIONES DE OPERACIÓN.

$P_{in\ min}$	= 22.55 Bar	23.0 Kg/cm <sup>2</sup>	327.14 Psig	2256.3 kpa
$P_{out\ min}$	21.08 Bar	21.5 Kg/cm <sup>2</sup>	305.80 Psig	2109.2 kpa
$Q_{max}$	17,698.03 SCMH	=	15.00 MMSCFD	
$P_{atm}$	11.75 Psia			

### DIÁMETROS Y VELOCIDADES.

Utilizando la Ecuación de Continuidad de la Mecánica de Fluidos obtenemos las velocidades de entrada y salida en la Estación de Regulación y Medición.

$$Q = v \cdot A$$

Donde:

- Q → Flujo
- v → velocidad
- A → Área

Ubicación del Medidor: ALTA PRESIÓN ▼

### Línea de Filtración y Regulación

#### ENTRADA

$$Q_{act\ in} = Q_{s\ max} \left( \frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{in\ min} + P_{atm}) (293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ in} = 737.6 \text{ ACMH}$$

$$D_{in} \geq \left( \frac{Q_{act\ in}}{0.785 \cdot v \cdot (m/s) \cdot 3,600} \right) \left( \frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 18 \text{ m/s}$$

Diámetro de entrada requerido:

$$D_{in} \geq 4.7 \text{ pulg. } \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de entrada

$$DN_{in} = 10" \quad \emptyset \quad \text{Cedula CED 40}$$

$$D_{int\ in} = 10.02$$

$$v_{in} = \left[ \frac{(Q_{act})_{in}}{0.785 \cdot (DN_{in})^2} \right] \left( \frac{1}{0.0254} \right)^2$$

$$v_{in} = 4.03 \text{ m/s} \quad 13.22 \text{ ft/s}$$

#### SALIDA

$$Q_{act\ out} = Q_{s\ max} \left( \frac{P_b \cdot (291.15^\circ K)}{(P_{out\ min} + P_{atm}) (293.15^\circ K)} \right)$$

$$Q_{act\ out} = 787.13 \text{ ACMH}$$

$$D_{out} \geq \left( \frac{Q_{act\ out}}{0.785 \cdot v \cdot (m/s) \cdot 3,600} \right) \left( \frac{1(in)}{0.0254} \right)$$

$$\text{Para } v \leq 18 \text{ m/s}$$

Diámetro salida requerido:

$$D_{out} \geq 4.9 \text{ pulg. } \emptyset$$

Diámetro Seleccionado DN de salida

$$DN_{out} = 10" \quad \emptyset \quad \text{Cedula CED 40}$$

$$D_{int\ out} = 10.02$$

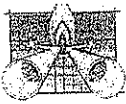
$$v_{out} = \left[ \frac{(Q_{act})_{out}}{0.785 \cdot (DN_{out})^2} \right] \left( \frac{1}{0.0254} \right)^2$$

$$v_{out} = 4.30 \text{ m/s} \quad 14.108 \text{ ft/s}$$

Donde:

$DN_{in}$  → Diámetro del Medidor y de Entrada de la ERM.

03 0124



Con lo anterior se demuestra que los diámetros de **10" de Ø** en la tubería de **entrada** y de **10" de Ø** en la tubería de **salida** de la ERM, son correctos para las condiciones iniciales de operación tanto de flujo como de las presiones de entrada y salida indicadas.

## II.5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS REGULADORES RADIALES CON UN FLUJO MÍNIMO DE 15.0 MMSCFD

Ya comprobada la selección de diámetros a las condiciones antes mencionadas, se procederá a demostrar la capacidad de los reguladores a las mismas condiciones de operación de **23 Kg/cm<sup>2</sup> de presión mínima de entrada y 21.5 kg/cm<sup>2</sup> de salida y con un flujo inicial de 15 MMSCFD.**

Para el dimensionamiento de los reguladores radiales (MOONEY), se procederá a emplear la ecuación siguiente:

### Universal Gas Sizing Equation.

$$Q = \sqrt{\frac{520}{GT}} C_g P_1 \sin \left( \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right)$$

#### Donde:

Q → Velocidad de Flujo

C<sub>g</sub> → Coeficiente de Viscosidad del Gas

P<sub>1</sub> → Presión de Entrada (Psia)

ΔP → Pérdida de Presión por la Válvula (ΔP = P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>) Psig.

P<sub>2</sub> → Presión de Salida (Psia)

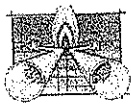
C<sub>1</sub> → Coeficiente de Recuperación de la Válvula  $C_1 = \frac{C_g}{C_v}$

C<sub>v</sub> → Coeficiente de viscosidad Líquido

G → Gravedad Específica (0.6 para gas natural)

T → Temperatura del Gas ( ° Ranking ) ( T = 460 + °F )

03 01 25



### Ecuación Simplificada

El coeficiente de recuperación de la válvula ( $C_1$ ) es aproximadamente igual a 35 para válvulas de globo y válvulas de rejillas.

El término  $\sqrt{\frac{520}{GT}} = 1.29$  para Gas Natural con Gravedad Específica de 0.6 y 60 °F.

El flujo crítico ó Flujo de choque se refiere a la condición de cuando el gas está moviéndose a la velocidad del sonido (1090 pie/seg. ó 332 m/seg.) en la parte de aceleración de la válvula.

Esto ocurre cuando  $\frac{\Delta P}{P_1}$  es igual ó mayor a 0.64.

A flujo crítico el término  $\sin\left(\frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}}\right)$  es igual a 1 ó a la unidad por lo tanto desaparece de la ecuación.

Así pues,

A una velocidad sónica (flujo crítico) la Universal Gas Sizing Equation para Gas Natural a 60 °F se simplifica a:

$$Q = 1.29C_g P_1$$

03 0126



Flujo Sub-crítico

$$\text{Mínima Presión de Entrada. } P_1 = 327.14 + 11.75 = 338.88 \text{ Psia}$$

$$\text{Mínima Presión de Salida. } P_2 = 305.80 + 11.75 = 317.55 \text{ Psia}$$

Calculamos tenemos que  $\frac{\Delta P}{P_1} = 0.063$

Como  $\frac{\Delta P}{P_1} < 0.64$  por lo tanto definimos que NO tenemos un flujo crítico.

Por lo tanto usaremos la formula desarrollada:

$$Q = 1.29 \cdot C_g P_1 \sin \left( \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right)$$

$$\sin \left( \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right) = \sin \left[ \left( \frac{3417}{35} \times (0.063)^{0.5} \right) \right] = \sin ( 24.5 ) = 0.4146$$

$$Q = 17698.0 \text{ SCMH} = 625,000.0 \text{ SCFH}$$

$$625,000.0 \text{ SCFH} = 1.29 C_g ( 338.88 ) ( 0.4146 )$$

$$625,000.0 \text{ SCFH} = 1.29 C_g ( 140.51 )$$

$$C_g = \frac{625,000.0}{(1.29)(140.51)} = \frac{625,000.0}{181.3}$$

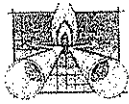
$$C_g = 3,448.09$$

Por ser una Estación con reguladores instrumentados en Arreglo Monitor-Trabajador el  $C_g$  de los reguladores se consideran al 70%, por lo tanto, el  $C_g$  es igual a **4,925.84**.

Además un factor de capacidad de la City Gate del 80% por lo que el  $C_g$  es igual a:

$$C_g = 6,157.30$$

03 01 27



Reguladores seleccionados a las condiciones de operación con el flujo inicial de:  
(15 MMSCFD = 625,000.00 SCFH) mediante el software del fabricante.

**GAS SIZING WORKSHEET**

Customer/Project: CITY GATE TGN DE ZAC. Reference No:  
Location: AGUASCALIENTES. AGS. Date: 11/02/2012  
Prepared By: CARLOS H. PANIAGUA CERDA

Memo Field:   
Use TAB Key to  
Exit Memo Field.

Inlet Pressure.....P1: 327.14 psig Calculated Cg = 4898.85  
Outlet Pressure....P2: 305.80 psig Capacity Factor = 80%  
Flow Rate.....Q: 625000.00 scfh Recommended Cg/Valve = 6123.56  
Sub-Critical Flow (dP/P1) 0.06

Fluid: Natural Gas Sg = 0.600  
Valve Recovery..C1: 35 Temperature..T: 60 ° F 520 Deg Rankine  
Monitor Station... Y Capacity Factor... 80 %

DESCRIPTION	STOCK NO	# CAP	Cg	C1	Cv	Max P1
VALVE 8" SP STEEL 300 CL	FG-73	100	20200	38.0	530.0	740
RELIEF VALVE	NONE					

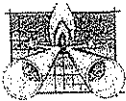
Select Valves Relief Valves Print Return  
Get View Locate Clear Units  
Velocity Calculation Flow Calculation Interstage Pressure Noise Prediction

De acuerdo a las presiones de entrada, salida y al flujo de volumen inicial de entrada a la ERM que se han ingresado al Software del fabricante de los reguladores Mooney nos da un Cg recomendado para la selección del regulador de **Cg = 6,123.56** con el dato anterior comparamos con el regulador seleccionado previamente para esta estación, esto es un regulador de **8" SP STEEL 300 FG-73-100**. De esta manera comprobamos que el Cg de los reguladores que seleccionamos está sobrado, ya que estos tienen **Cg= 20,200** dándonos un Factor de diseño de 412% con respecto al valor calculado de 4,898.85.

La Velocidad de flujo a la salida de la estación con las condiciones iniciales de operación (305.8 Psig = 21.5 Kg/cm<sup>2</sup> y 625,000.00 SCFH) y con un regulador FG-73-100 tenemos una velocidad en la tubería de salida de Velocidad 14.52 ft/seg, = 4.42 m/seg. Cumpliendo satisfactoriamente con la restricción de no sobrepasar los 60 ft/seg.

03 01 28





**VELOCITY CALCULATION WORKSHEET**

Pipe Size.....: 10      Inside Pipe Dia.      Velocity Calculation  
Schedule.....: 40      10.020 in      Vgas = 14.52 ft/sec

Outlet Pressure.(P2): 305.80 psig      Fluid Type: Natural Gas

Flow Rate.....(Q): 625000.00 scfh

Return      Units      Print

El Nivel de decibeles que se generara al pasar el flujo de gas por los reguladores a 1 metro de distancia es de:

@ 1 metro = 71 dBA

**NOISE CALCULATION WORKSHEET**

Inlet Pressure...(P1): 327.1 psig      Throttle Plate Style: Drilled Hole

Outlet Pressure.(P2): 305.8 psig      Fluid Type: Natural Gas

Flow Rate.....(Q): 625000.0 scfh      Outlet Pipe Size: 10      Schedule: 40

Temperature.....(T): 60.0 F

Distance from Pipe (D): 1.0 m

Noise Prediction  
@ 1 meter = 71 dBA  
@ D meters = 71 dBA

Valve Size Filter: ALL

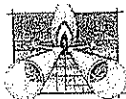
Valve	Stk No.	Cap	Cg
8" SP STEEL 300 CL	FG-73-75	75	15200
8" SP STEEL 600 CL	FG-90-75	75	15200
8" SP STEEL 150 CL	FG-72	100	20200
8" SP STEEL 300 CL	FG-75	100	20200
8" SP STEEL 600 CL	FG-90	100	20200
10" DP STEEL 150 CL	FG-57-50	50	13200
10" DP STEEL 300 CL	FG-58-50	50	13200
10" DP STEEL 600 CL	FG-59-50	50	13200
10" DP STEEL 150 CL	FG-57	100	22000

Selected Valve Values: Cap = 100      cg = 20200

Calculate      Units      Print      2 Sources      Return

Referente a los cálculos anteriores y en cada uno de los escenarios establecidos, se menciona que para las condiciones de operación señaladas, tanto los reguladores en arreglo Monitor – Trabajador y la válvula de seguridad, la velocidad de entrada y salida están por debajo de los 60 ft/seg. Haciendo la aclaración de que en el caso de que se den dichas condiciones, se demuestra que la estación está dimensionada para operar en cualquiera de los escenarios expuestos.

03 01 29



GAS SIZING WORKSHEET							
Customer/Project.: CITY GATE TGN DE ZAC.				Reference No:			
Location.....: AGUASCALIENTES. AGS.				Date: 11/02/2012			
Prepared By.....: CARLOS H. PANIAGUA CERDA							
Memo Field:							
Use TAB Key to Exit Memo Field.							
Inlet Pressure.....P1:	327.13	psig	Calculated Cg = 13066.69				
Outlet Pressure....P2:	305.80	psig	Capacity Factor = 80%				
Flow Rate.....Q:	1666666.67	scfh	Recommended Cg/Valve = 16333.35				
Fluid:	Natural Gas	Sg =	0.600	Sub-Critical Flow (dP/P1) 0.06			
Valve Recovery..C1:	35	Temperature..T:	60 °F	520 Deg Rankine			
Monitor Station..:	Y	Capacity Factor..:	80 %				
DESCRIPTION	STOCK NO	# CAP	Cg	C1	Cv	Max P1	
VALVE 8" SF STEEL 300 CL	FG-73	100	20200	39.0	530.0	740	
RELIEF VALVE 10" DF STEEL 300 CL	FG-58	100	22000	40.0	550.0	740	
Select Valves		Relief Valves		Print		Return	
Get		View		Locate		Clear	
Velocity Calculation		Flow Calculation		Interstage Pressure		Noise Prediction	

Las características de los reguladores y de la válvula de seguridad son las siguientes:

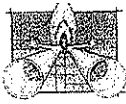
**Reguladores:**

Marca: Mooney  
Modelo: FG-73: Con plato al 100 %  
Cg = 20,200  
Diámetro: 8" Entrada y Salida, Puerto Sencillo.  
ANSI 300  
Bridado: Tipo RF

**Válvula de Seguridad:**

Marca: Mooney  
Modelo: FG-58  
Cg = 22,000  
Diámetro: 10" de Ø  
Bridas: Tipo RF en ANSI 300

03 01 30



## II.6. SELECCIÓN DEL TUBO DE MEDICIÓN (FITTING)

A continuación se realiza el cálculo para justificar el elemento de medición seleccionado y la o las placas de orificio que serán empleadas para asegurar la confiabilidad y exactitud de la medición que se llevará a cabo.

Como se estableció en el punto II.1.3.1. La medición se llevará a cabo en la entrada de la estación, es decir en la sección de alta presión. Por lo que a continuación se procederá a demostrar los cálculos en los diferentes escenarios a los que el medidor seleccionado estará expuesto, los cuales serán al máximo y mínimo flujo, así como a la máxima y mínima presión de entrada.

Para la justificación del tubo de medición y la placa de orificio iniciales se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se empleará un tubo de medición de 10" de Ø, fabricado en A.C. Céd. 40 ANSI 300.
- Temperatura de 18° C
- Gravedad Específica 0.59
- Presión atmosférica de la zona 11.75 Psia
- Flujo mínimo a ser medido 15.0 MMSCFD
- Flujo máximo a ser medido 40 MMSCFD

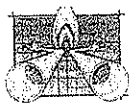
Se considerará de la misma forma la medición del flujo para los casos:

- I) Presión Mínima de entrada esto es 22.0 Kg/cm<sup>2</sup> (312.91 Psig) = 324.66 Psia.  
a. Factor de compresibilidad = 0.951956
- II) Presión Máxima de entrada esto es 23.0 Kg/cm<sup>2</sup> (327.13 Psig). = 338.88 Psia.  
a. Factor de compresibilidad = 0.949945

### CASO I)

En la primer imagen se muestra como con una presión deferencial mínima de **15" W.C.** (**pulgadas columna de agua**) el Tubo de medición de 10"Ø con una placa de orificio de 4¾" de Ø, el flujo mínimo medido será de: **10.46 MMSCFD**, siendo menor al flujo mínimo inicial que es de **15.0 MMSCFD**.

03 01 31



DANIEL ORIFICE FLOW CALCULATOR

FILE ABOUT

Temperature: Operating Temperature 18 °F °C

Measurement Orifice: Compressibility Correction: None Density 0.951956 ZI

Pressure: Operating Pressure 324.66 Gauge Absolute PSI Specific Gravity 0.59 Base Specific Gravity

Pipe: Nominal Size 10 Inches Pipe ID 10.020" Sch 40, STD, Sch 40S

Options: Flow Rate: 48.17 MMSCFD Standard Cubic Feet Per Day

Differential Pressure: 15 Inches Water

Beta Ratio: 0.47405 Orifice Bore Diameter: 4.75 Inches

Flow Type: Liquid Steam Gas

Buttons: Print, Exit

En la segunda imagen se muestra que en las mismas condiciones pero con una presión diferencial máxima de **325" W.C.**, el flujo máximo medido será de **48.17 MMSCFD**, siendo este flujo mayor al máximo que se registrará en la estación de **40 MMSCFD**.

DANIEL ORIFICE FLOW CALCULATOR

FILE ABOUT

Temperature: Operating Temperature 18 °F °C

Measurement Orifice: Compressibility Correction: None Density 0.951956 ZI

Pressure: Operating Pressure 324.66 Gauge Absolute PSI Specific Gravity 0.59 Base Specific Gravity

Pipe: Nominal Size 10 Inches Pipe ID 10.020" Sch 40, STD, Sch 40S

Options: Flow Rate: 48.17 MMSCFD Standard Cubic Feet Per Day

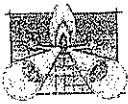
Differential Pressure: 325 Inches Water Orifice plate deflection should be checked.

Beta Ratio: 0.47405 Orifice Bore Diameter: 4.75 Inches

Flow Type: Liquid Steam Gas

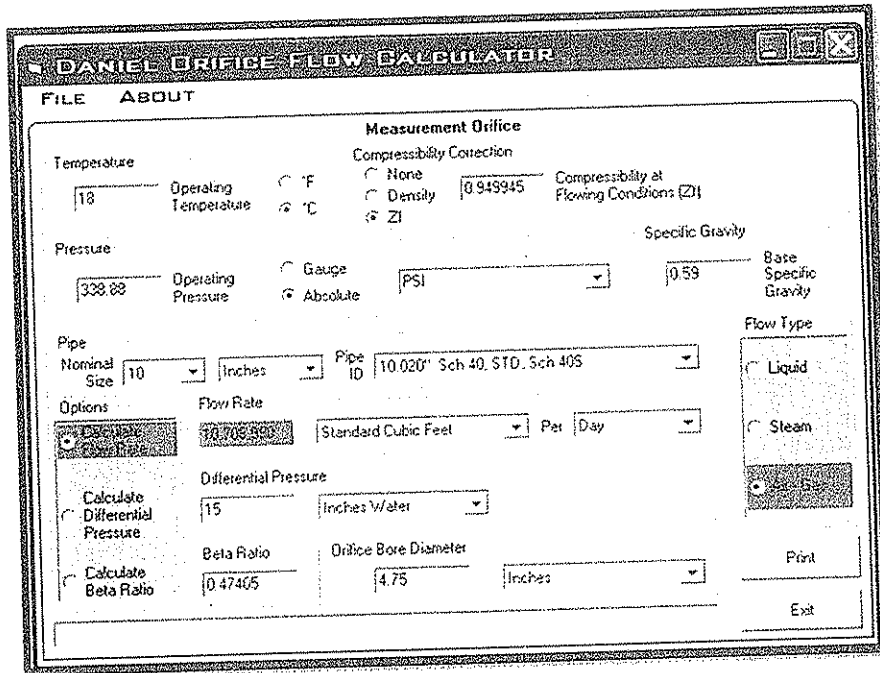
Buttons: Print, Exit

03 01 32

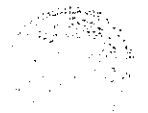


CASO II)

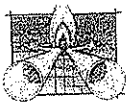
En la primer imagen se muestra como con una presión diferencial mínima de **15" W.C.** (*pulgadas columna de agua*) el Tubo de medición de **10"Ø** con una placa de orificio de **4 3/4"** de Ø, el flujo mínimo medido será de: **10.70 MMSCFD**, siendo menor al flujo mínimo inicial que es de **15.0 MMSCFD**.



En la segunda imagen se muestra que en las mismas condiciones pero con una presión diferencial máxima de **325" W.C.**, el flujo máximo medido será de **48.17 MMSCFD**, siendo este flujo mayor al máximo que se registrará en la estación de **40 MMSCFD**.



030133



**DANIEL ORIFICE FLOW CALCULATOR**

FILE ABOUT

**Measurement Orifice**

Temperature: Operating Temperature: 18 (C)  F  C

Compressibility Correction:  None  Density  Z1

Compressibility at Flowing Conditions (Z1): 0.949945

Pressure: Operating Pressure: 338.88 (PSI)  Gauge  Absolute

Specific Gravity: 0.59

Pipe: Nominal Size: 10 (Inches) Pipe ID: 10.020" Sch 40, STD, Sch 40S

Options:  Calculate Differential Pressure  Calculate Beta Ratio

Flow Rate: Standard Cubic Feet Per Day

Differential Pressure: 325 (Inches Water) **Orifice plate deflection should be checked.**

Beta Ratio: 0.47405 Orifice Bore Diameter: 4.75 (Inches)

Flow Type:  Liquid  Steam  Gas

Print Exit

## II.7. COMPUTADOR ELECTRÓNICO DE FLUJO

Computador de Flujo que se instalará

Marca: Eagle Research Corporation  
Modelo: XARTU/1

Este modelo cuenta con el protocolo de comunicación Modbus PEMEX para ser enlazado al SCADA.

03 01 34



## II.8. CÁLCULO DE ESPEORES DE TUBERÍAS

Cálculo del espesor para la tubería de 10" de Ø Nominal, Ced 40 (Tubería de la Estación de Regulación y de Medición).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2002. Distribución de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Ductos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$t = \frac{P \times D}{2 \times S \times F \times E \times T}$$

Dónde:

- t → Espesor mínimo de la tubería
- P → Presión manométrica de diseño
- D → Diámetro exterior de la tubería
- S → Resistencia mínima a la cadencia
- F → Factor de diseño por densidad de población
- E → Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería
- T → Factor de corrección por temperatura del gas.
- T → 1 si la temperatura del gas es ≤ 400° K

Utilizando tubería de acero al carbón sin costura especificación API 5L Grado B Céd. 40 de norma ASME B 31.8.

Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

$$S = 35,000 \text{ Psi} = 241,316.5 \text{ KPa}$$

The screenshot shows a software interface for calculating steel pipe design. The window title is "STEEL PIPE DESIGN FORMULA...". It is divided into two main sections: "Pipe Data..." and "Design Factors...".

**Pipe Data...**

- Diameter: 10.75
- Wall Thickness: 0.212
- SMYS: 35000
- Pressure: 551.45

**Design Factors...**

Design Factor	Value
Class Location	0.40
Location Exceptions	1.00
Longitudinal Joint	1.000
Operating Temperature	

At the bottom of the window, there is a "Calculate" button and a status bar with "Get", "Save", "Print", and "Close" options.

0301 35

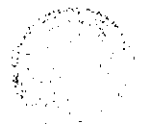


De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 10" de Ø tenga un espesor mínimo de **0.212** Pulgadas.

El espesor que tiene la tubería reportado de acuerdo al tipo de cédula en base al extracto de las normas ANSI B36.10 Y B36.19 condensado en al Apéndice B del Manual Técnico CRANE "Flow of Fluid".

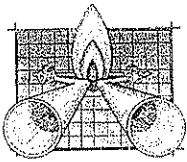
Se utilizará tubería sin costura API 5L Grado B cédula 40 de 10" de Ø nominal que tiene un espesor de **0.365"**, dándonos **un 72 % en exceso** de espesor requerido como **factor de seguridad**.

$$\%EXCESO = \left( \frac{\text{Valor Real} - \text{Valor Requerido}}{\text{Valor Requerido}} \right) \times 100 = \left( \frac{0.365 - 0.212}{0.212} \right) \times 100 = 72 \%$$



03 01 36





TRANSPORTADORA DE GAS NATURAL DE  
ZACATECAS, S.A. DE C.V.

MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE  
"TRANSPORTADORA DE GAS NATURAL DE ZACATECAS"

FEBRERO/ 2013

MTD- - CTGNZ \_STGN \_Za\_02/2013

Página 1

B. MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

B.i. ESPECIFICACIONES DE LA TUBERÍA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE  
AGUASCALIENTES - ZACATECAS.

MPOP del ducto (Definido en Modelaje): 452.06 Psi (31.78 kg/cm<sup>2</sup>)  
Presión mínima: 312.91 Psi (22 kg/cm<sup>2</sup>)  
Clase de localización: Clase 4 en toda su trayectoria.

Considerando la presión de operación de 452.06 Psi se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la Tubería De 12" A.C. API 5L Gr. X60, cuyo diámetro exterior es de 12.75".

Pipe Data...	
Diameter:	12.75
Wall Thickness:	0.120
SMYS:	60000
Pressure:	452.06

Design Factors...	
Class Location:	0.40
Location Exceptions:	1.00
Longitudinal Joint:	1.000
Operating Temperature:	1.000

Calculate

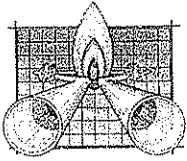
Get Save Print Close

Al espesor calculado se le suma el 30 % de espesor por corrosión más el 15% por fallas en la fabricación.  
Dando un total de 0.179 pulgadas de espesor necesario para este proyecto.

Sin embargo, el la tubería que se empleara para este proyecto tendrá un espesor de 0.219 pulgadas, al cual quitándole el 30% y el 15% se obtiene un espesor de 0.146, con el que se determina la Presión de Diseño del Gasoducto y se obtiene:

03 0137

Elaboró	Autorizó
Ing. Carlos H. Paniagua Cerda Ingeniería y Proyectos	Ing. José Angel Martínez Cisneros Jefe de Ingeniería



TRANSPORTADORA DE GAS NATURAL DE  
ZACATECAS, S.A. DE C.V.

FEBRERO/ 2013

MTC - CFGNZ - STGN\_Za\_02/2013

MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE  
"TRANSPORTADORA DE GAS NATURAL DE ZACATECAS"

Página 2

Por lo tanto, la Presión de Diseño: 551.01 Psi (38.74 kg/cm<sup>2</sup>)

Así pues se comprueba que la tubería que se empleara para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de 0.219 pulgadas, dándonos *un 22.3 % en exceso* de espesor como *factor de seguridad*, con respecto al valor requerido de de 0.179".

$$\text{Espesor Requerido} = 0.179 \text{ Plg} < \text{Espesor Tubería A/C 12"} = 0.219 \text{ Plg}$$

$$\% \text{ Exceso} = \left( \frac{0.219 - 0.179}{0.179} \right) \times 100 = 22.3 \%$$

El espesor adicional considerado por corrosión y desgaste es de 0.073" (0.219"-0.146), y representa una velocidad de desgaste lineal de 2.43 mpa (milésimas de pulgada por año) para una vida útil de 30 años.



COMISION REGULADORA DE ENERGIA  
SECRETARIA EJECUTIVA

03 01 38

Elaboró	Autorizó
Ing. Carlos H. Paniagua Cerda Ingeniería y Proyectos	Ing. José Angel Martínez Cisneros Jefe de Ingeniería

Con relación al dato de Presión que se muestra en el Reporte de Revisión de Ingeniería de PENSPEN, es necesario aclarar que para la revisión de la Ingeniería se le entregaron a revisión los modelajes y la información desarrollada, en la que hasta ese momento se tenían definidos los siguientes Datos:

Presión de Diseño:	38.74 Kg/cm <sup>2</sup>
Presión de Operación máxima (Etapa 1: 20 MMSCFD):	22.00 Kg/cm <sup>2</sup>
Presión de Operación máxima (Etapa 2: 40 MMSCFD):	36.91 Kg/cm <sup>2</sup>

Sin embargo, a solicitud de la propia PENSPEN se reajusto el Modelaje considerando las elevaciones a lo largo de la Trayectoria del gasoducto (de manera particular en las válvulas de seccionamiento) por lo que se modificó el Dato de la Presión de Operación Máxima en el ducto para el transporte de 40 MMSCFD de 36.91 Kg/cm<sup>2</sup> (525.00 Psi) a 31.78 Kg/cm<sup>2</sup> ( 452.06 Psi), quedando los datos como sigue:

Presión de Diseño:	38.74 Kg/cm <sup>2</sup>
Presión de Operación máxima (Etapa 1: 20 MMSCFD):	22.00 Kg/cm <sup>2</sup>
Presión de Operación máxima (Etapa 2: 40 MMSCFD):	31.78 Kg/cm <sup>2</sup>

Debido a lo anterior se actualizaron los datos plasmados en los **Formatos 2 y 3, Condiciones de operación y Capacidad de Transporte** respectivamente, a fin de que la información sea consistente.

Con relación a las Válvulas de Seccionamiento y su ubicación se generó Lista de Verificación en donde se demuestra que cada válvula cumple y excede los requerimientos de la **NOM-007-SECRE-2010**, y se manifiesta que en general las Citadas Válvulas no quedaron equidistantes debido a que se buscó la mejor ubicación considerando aspectos técnicos, de seguridad, geográficos, y de accesibilidad en línea con lo establecido en el numeral **7.36.1** de la **NOM-007-SECRE-2010**, mismo que señala que ***“En caso de restricciones físicas o de accesibilidad, el espaciamiento entre válvulas de seccionamiento puede ser modificado para permitir que la válvula sea instalada en un lugar accesible”***.

0301 39



Comisión Ejecutiva de Regulación y Vigilancia de los Servicios Públicos  
C.E.R.V. S.A. de C.V.  
Calle de la Libertad, No. 100, Colonia Centro, Ciudad de México, D.F.  
Teléfono: (55) 52 00 00

Con relación a los factores de diseño del 15% y del 30% plasmados en la **MEMORIA TECNICO DESCRIPTIVA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE** en el Apartado **ESPECIFICACIONES DE LA TUBERÍA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE AGUASCLAIENTES-ZACATECAS**, debemos aclarar que:

l) Se empleó el programa **GasCALC 3.0** para la determinación del espesor requerido para la presión máxima de operación en el Gasoducto de 452.06 Psi. El software requiere como un dato la especificación de la Clase de Localización (**Class Location**), e integra al resultado que nos entrega un Factor de Diseño idéntico al que consigna el numeral **7.10** de la **NOM-007-SECRE-2010**, como se muestra en el siguiente ejemplo:

Pipe Data...	
Diameter:	12.75
Wall Thickness:	0.120
SMYS:	60000
Pressure:	452.06

Design Factors...	
Class Location:	0.40
Location Exceptions:	1.00
Longitudinal Joint:	1.00
Operating Temperature:	1.000

Buttons: Calculate, Get, Save, Print, Close

La Clase es 4, por lo que internamente le asigna un factor de 0.4; por lo que si en este mismo ejemplo de cálculo se modifica la Clase a 3, el factor ahora es de 0.5 de acuerdo con la Norma y por lo tanto el espesor ahora igual a  $(0.12 \times 0.4 \div 0.5) = 0.096$ , lo cual confirma el ejemplo siguiente:

Pipe Data...	
Diameter:	12.75
Wall Thickness:	0.096
SMYS:	60000
Pressure:	452.06

Design Factors...	
Class Location:	0.50
Location Exceptions:	1.00
Longitudinal Joint:	1.00
Operating Temperature:	1.000

Buttons: Calculate, Get, Save, Print, Close

Es decir el cálculo expuesto considera los factores mínimos requeridos por la **NOM-007-SECRE-2010**.

03 01 40

COMISION REGULATORIA  
DE ENERGIA  
GENERAL DEL SECTOR ENERGETICO

II) Además de lo explicado en el punto anterior el proveedor de la Tubería sugiere que en la selección se integren además dos factores por Corrosión Interna y por irregularidad en el espesor en la fabricación, de 1.15 y 1.08 respectivamente (15% y 8% extra). Sin embargo GNI toma estas recomendaciones y designa como factores de diseño Propios 1.3 y 1.15 (30% y 15%).

III) Independientemente de los factores de seguridad considerados, TGNZ decidió adquirir la tubería en un grado X60 (0.219 milésimas de espesor) por ser el inmediato superior a lo calculado, podría haber sido técnicamente en 0.188 mm que es un espesor comercial pero no cumplía pues lo calculado es de 0.200 mm que no es comercial, y por otro lado a ese espesor y con el diámetro calculado la tubería se arriesgaría a un doblez durante la construcción.

IV) En conclusión los factores de diseño usados son: 0.4 de acuerdo a la Clase de Localización que se asumió para el Diseño, y de manera adicional se consideraron factores extra por recomendaciones del fabricante de la Tubería.



03 0141

QUALITY ASSURANCE  
SERVICES  
CORPORATION



COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

## ANEXO 3

# CARACTERÍSTICAS DE TECNOLOGÍA, DISEÑO, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Apéndice 3.2      Especificaciones y características del Sistema de transporte.





COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

El Sistema de transporte tendrá las características que se detallan a continuación:

Trayecto	Diámetro nominal mm (in)	Longitud (km)	Especificación de la tubería	Presión de operación kPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión de Operación Máxima Permisible kPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad de transporte Mm <sup>3</sup> /d (MMPCSD)	
						Sin compresión	Con compresión
Aguascalientes – Calera, Zacatecas	304.8 (12)	172.469	Acero al carbono API 5L X60	2 158 (22)	3 117 (31.8)	538.775 (19.03)	1 077.55 (38.1)





COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

## ANEXO 3

# CARACTERÍSTICAS DE TECNOLOGÍA, DISEÑO, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Apéndice 3.3 Planos del trazo del gasoducto, de ubicación de los puntos de entrega y recepción y de instalaciones del Sistema de transporte.







COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

**Planos y Diagramas**

Se adjuntan los siguientes planos del Sistema de transporte de gas natural:

	CONTENIDO	IDENTIFICACIÓN
1	Plano General de la Trayectoria del Sistema de Transporte	GNI-Ags-Zac-Tr-Gral-12_02 Rev. 0
2	Diagrama de Flujo de Gas Natural. Sistema de transporte de gas natural de Zacatecas Etapa 1 y Diagrama de Flujo de Gas Natural. Sistema de transporte de gas natural de Zacatecas Etapa 2.	N/D



Summary Report - c:\modelajes\GDCTOS\zacatecas\MAY-13\ZAC TRAY REAL\la 30 micrones Y 20 MMSCFD\gdcto zac-tr-13MAY13-30...

(Unless Otherwise Noted All Summaries Are Of Reportable Facilities Only)

Compressor Data...

Model Contains No Compressors...

Pipe Summary...

Size/Type	Inside Diameter, Inches	Length, m	Cost
12S-.219	12.312	172469	0
Total =		172469	0

Regulator Data...

Model Contains No Regulators...

Supply Nodes...

Node Name	% of Total	Flow Rate	Pressure
CITY GATE	100.00	20.000 MMcfd	312.91 Psi
Total All Flows =		20.000 MMcfd	

System Summary...

Total Node Count: 30  
Total Pipe Count: 29

Known Pressures: 1  
Unknown Pressures: 29  
Known Loads: 29  
Unknown Loads: 1  
Total Knowns: 30  
Total Unknowns: 30

Number Of Nodes Turned Off: 0  
Nodes Connected Only To Turned Off Pipes: 0

Known Temperatures: 30  
Unknown Temperatures: 0  
Known Gas Properties: 0  
Unknown Gas Properties: 30

Design Factor: 1.000  
Total Base Flow (Load) In To The System: 20.000 MMcfd  
Total Base Flow (Load) Out Of The System: 20.000 MMcfd

Total External Flow (Load) In To The System: 0.000 MMcfd  
Total External Flow (Load) Out Of The System: 0.000 MMcfd

Total All Flows In To The System: 20.000 MMcfd  
Total All Flows Out Of The System: 20.000 MMcfd  
Difference In Total Flows: 0.000 MMcfd

Element Summary...

Compressors: 0  
Fittings: 0



Page 1  
COMISION REGULADORA  
DE ENERGIA  
SECRETARIA DE ENERGIA

03 03 04

Summary Report - c:\modelajes\GDCTOS\zacatecas\MAY-13\ZAC TRAY REAL\la 30 micrones Y 20 MMSCFD\gdcto zac-tr-13MAY13-30...

Pipes: 29  
Regulators: 0  
Valves: 0  
Wells: 0

Attribute Valves: 0

Number Of Closed Elements: 0

Graphics Summary...  
(All Facilities)

Graphic Vertices: 556  
Arcs: 0  
Polylines: 28  
Two Point Lines: 1

Minimum X Coordinate Value: 734925.956374916  
Minimum Y Coordinate Value: 2412759.50366539  
Maximum X Coordinate Value: 784795.496111911  
Maximum Y Coordinate Value: 2542819.11609903



Page 2

03 03 05

GOBIERNO DEL ESTADO DE ZACATECAS  
SECRETARÍA DE ECONOMÍA

Header Report: c:\modelajes\GDCTOS\zacatecas\WAY-13\ZAC TRAY REAL\la 30 micrones Y 20 MMSCFD\gdcto zac-tr-13MAY13-30

Design Factor: 1  
Convergence Tolerance: 0.1 M<sup>3</sup>/hr  
Maximum Iterations: 400  
Upper Dampening Factor: 10  
Lower Dampening Factor: 0.01

Last Solved: On 05/13/13 At 10:42:07

Largest Node Error: 0.000 M<sup>3</sup>/hr At Node VALV. SECCIONAMIENTO 28

Base Pressure: 14.73 Psi  
Base Temperature: 60 C

Compressibility Method: GPSA  
Temperature Calculated: No  
Temperature Calculation Method: None  
Joule-Thomson Effect Considered: No  
Gas Property Mixing Calculated: No  
Gas Property Mixing Calculated: No  
Apply Design Factor To External Load: Yes  
Ignore Related Node Data: No  
Smart One-Way Processing: No

Minimum System Pressure: 1 Psi  
Optimized By: Cost

Solved With Program Revision: Revision: 074 - April 09, 2012

Customer File Version: 9.5  
Node File Version: 9.4  
Pipe File Version: 9.3  
Pipe Fitting File Version: 9.0  
Pipe Vertex File Version: 9.1  
Attribute Valve File Version: 9.1  
Graphic Settings File Version: 9.4  
User Graphics File Version: 9.1

Summary Report - c:\MODELAJES\GDCTOS\zacatecas\MAY-13\ZAC TRAY REAL\la 30 micrones Y MAX CAP\gdcto zac-tr-13\MAY13-30-CAP\MAX...

(Unless Otherwise Noted All Summaries Are Of Reportable Facilities Only)

Compressor Data...

Model Contains No Compressors...

Pipe Summary...

Size/Type	Inside Diameter, Inches	Length, m	Cost
12S-.219	12.312	172469	0
Total =		172469	0

Regulator Data...

Model Contains No Regulators...

Supply Nodes...

Node Name	% of Total	Flow Rate	Pressure
CITY GATE	100.00	56.230 MMcf/d	551.01 Psi
Total All Flows =		56.230 MMcf/d	

System Summary...

Total Node Count: 30  
 Total Pipe Count: 29  
 Known Pressures: 1  
 Unknown Pressures: 29  
 Known Loads: 29  
 Unknown Loads: 1  
 Total Knowns: 30  
 Total Unknowns: 30

Number Of Nodes Turned Off: 0  
 Nodes Connected Only To Turned Off Pipes: 0

Known Temperatures: 30  
 Unknown Temperatures: 0  
 Known Gas Densities: 0



Summary Report - c:\MODELAJES\GDCTOS\zacatecas\MAY-13\ZAC TRAY REAL\la 30 micrones Y MAX CAP\gdcto zac-tr-13MAY13-30-CAPMAX...

Fittings: 0  
Pipes: 29  
Regulators: 0  
Valves: 0  
Wells: 0

Attribute Valves: 0

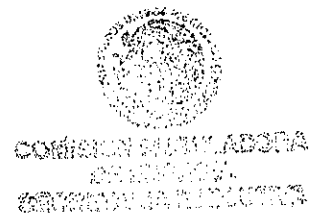
Number Of Closed Elements: 0

Graphics Summary...  
(All Facilities)

Graphic Vertices: 556  
Arcs: 0  
Polylines: 28  
Two Point Lines: 1

Minimum X Coordinate Value: 734925.956374916  
Minimum Y Coordinate Value: 2412759.50366539  
Maximum X Coordinate Value: 784795.496111911  
Maximum Y Coordinate Value: 2542819.11609903

03 03 12



Summary Report - c:\modelajes\GDCTOS\zacatecas\MAY-13\ZAC TRAY REAL\la 30 micrones Y 40 MMSCFD\gdcto zac-tr-13MAY13-30...

(Unless Otherwise Noted All Summaries Are Of Reportable Facilities Only)

Compressor Data...

Model Contains No Compressors...

Pipe Summary...

Size/Type	Inside Diameter, Inches	Length, m	Cost
12S-.219	12.312	172469	0
Total =		172469	0

Regulator Data...

Model Contains No Regulators...

Supply Nodes...

Node Name	% of Total	Flow Rate	Pressure
CITY GATE	100.00	40.000 MMcfd	452.06 Psi
Total All Flows =		40.000 MMcfd	

System Summary...

Total Node Count: 30  
Total Pipe Count: 29

Known Pressures: 1  
Unknown Pressures: 29  
Known Loads: 29  
Unknown Loads: 1  
Total Knowns: 30  
Total Unknowns: 30

Number Of Nodes Turned Off: 0  
Nodes Connected Only To Turned Off Pipes: 0

Known Temperatures: 30  
Unknown Temperatures: 0  
Known Gas Properties: 0  
Unknown Gas Properties: 30

Design Factor: 1.000  
Total Base Flow (Load) In To The System: 40.000 MMcfd  
Total Base Flow (Load) Out Of The System: 40.000 MMcfd

Total External Flow (Load) In To The System: 0.000 MMcfd  
Total External Flow (Load) Out Of The System: 0.000 MMcfd

Total All Flows In To The System: 40.000 MMcfd  
Total All Flows Out Of The System: 40.000 MMcfd  
Difference In Total Flows: 0.000 MMcfd

Element Summary...

Compressors: 0  
Fittings: 0



03 03 21

Summary Report - c:\modelajes\GDCTOS\zacatecas\MAY-13\ZAC TRAY REAL\la 30 micrones Y 40 MMSCFD\gdcto zac-tr-13\MAY13-30...

Pipes: 29  
Regulators: 0  
Valves: 0  
Wells: 0

Attribute Valves: 0

Number Of Closed Elements: 0

Graphics Summary...  
(All Facilities)

Graphic Vertices: 556  
Arcs: 0  
Polylines: 28  
Two Point Lines: 1

Minimum X Coordinate Value: 734925.956374916  
Minimum Y Coordinate Value: 2412759.50366539  
Maximum X Coordinate Value: 784795.496111911  
Maximum Y Coordinate Value: 2542819.11609903





Header Report: c:\modelajes\GDCTOS\zacatecas\MAY-13\ZAC TRAY REAL\la 30 micrones Y 40 MMSCFD\gdcto zac-fr-13MAY13-30

Design Factor: 1  
Convergence Tolerance: 0,1 M<sup>3</sup>/hr  
Maximum Iterations: 400  
Upper Dampening Factor: 10  
Lower Dampening Factor: 0.01

Last Solved: On 05/13/13 At 11:32:07

Largest Node Error: 0.000 M<sup>3</sup>/hr At Node VALV. SECCIONAMIENTO 28

Base Pressure: 14.73 Psi  
Base Temperature: 60 C

Compressibility Method: GPSA  
Temperature Calculated: No  
Temperature Calculation Method: None  
Joule-Thomson Effect Considered: No  
Gas Property Mixing Calculated: No  
Gas Property Mixing Calculated: No  
Apply Design Factor To External Load: Yes  
Ignore Related Node Data: No  
Smart One-Way Processing: No

Minimum System Pressure: 1 Psi  
Optimized By: Cost

Solved With Program Revision: Revision: 074 - April 09, 2012

Customer File Version: 9.5  
Node File Version: 9.4  
Pipe File Version: 9.3  
Pipe Fitting File Version: 9.0  
Pipe Vertex File Version: 9.1  
Attribute Valve File Version: 9.1  
Graphic Settings File Version: 9.4  
User Graphics File Version: 9.1

Header Data - Page 1



COMISION FEDERAL DEL DISTRITO  
FEDERAL  
SECRETARIA EJECUTIVA

03 03 23



COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

## ANEXO 3

# CARACTERÍSTICAS DE TECNOLOGÍA, DISEÑO, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Apéndice 3.4

Códigos y normas aplicables.

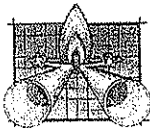




COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

El sistema de transporte cumplirá con las características y especificaciones establecidas en las normas oficiales mexicanas aplicables, y para todo lo no previsto por éstas, se cumplirá con las especificaciones técnicas establecidas por el Código ASME B31.8 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems" de los Estados Unidos de América, las cuales se utilizan internacionalmente en las instalaciones de tuberías para la conducción de gas.

En esta sección se incluyen las especificaciones del diseño, construcción, para la selección de materiales (tuberías, válvulas, conexiones para estaciones de regulación y medición del gas) del sistema de transporte.



Transportadora de Gas Natural de  
Zacatecas, S.A. de C.V.

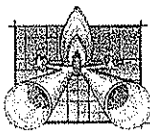
## NORMATIVIDAD APLICADA

Normatividad a utilizar en el diseño.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS USADAS EN EL DISEÑO		
Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Código ASME B 31.8, Ed. 1995 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems".	Código que establece los requisitos mínimos de seguridad para el diseño y construcción de tuberías conductoras de gas natural.	Este código ha sido empleado en Norteamérica desde antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares, (ANSI).
Standard API 1104 "Welding of Pipelines and Related Facilities";	Standard que establece los requisitos mínimos para ejecutar uniones soldadas en las tuberías conductoras de gas natural.	Standard aceptado en la industria de las tuberías en los Estados Unidos.
GPSA Libro de ingeniería con información provista por la Asociación de Procesadores y Comerciantes de Gas.	Resumen con la información básica para diseño, relativa al proceso del gas e industrias relacionadas.	Libro publicado en 1935 que es aceptado en todas las áreas industriales relacionadas con especificaciones hidráulicas en tuberías para conducir gas.
Código ASME Sección VIII, Div.1 "Rules for Construction of Boilers & Pressure Vessels".	Establece bases de diseño para la fabricación e inspección de recipientes a presión tales como filtros y odorizadores.	Este código es aceptado para el diseño y la fabricación de recipientes a presión instalados en sistema de tuberías.
Norma Oficial Mexicana NOM 007 SECRE 2010 "Transporte de Gas Natural".	Norma que establece los requisitos y especificaciones de los sistemas de transporte de gas natural.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.

03 04 02

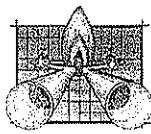




Transportadora de Gas Natural de  
Zacatecas, S.A. de C.V.

### Normatividad a utilizar en la construcción

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS USADAS EN LA CONSTRUCCIÓN		
Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Código ASME B 31.8, Ed. 1995 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems".	Código que establece los requisitos mínimos de seguridad para el diseño y construcción de tuberías conductoras de gas natural.	Este código ha sido empleado en Norteamérica desde antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares, (ANSI).
Standard API 1104 "Welding of Pipelines and Related Facilities";	Standard que establece los requisitos mínimos para ejecutar uniones soldadas en las tuberías para gas natural.	Standard aceptado en la industria de las tuberías en los Estados Unidos.
Standard API 5L1 "Recommended Practice for Transport and Handling of Pipeline Materials".	Procedimiento que indica las prácticas para el transporte, carga y manejo de tuberías.	Procedimiento aceptado en la industria del transporte y de construcción de tuberías para gasoductos.
GPSA Libro de ingeniería con información provista por la Asociación de Procesadores y Comerciantes de Gas.	Resumen con la información básica para diseño, relativa al proceso del gas e industrias relacionadas.	Libro publicado en 1935 que es aceptado en todas las áreas industriales relacionadas con especificaciones hidráulicas en tuberías para conducir gas.
Código ASME Sección VIII, Div.1 "Boilers and Pressure Vessels Construction Rules".	Establece bases de diseño para la fabricación e inspección de recipientes a presión tales como filtros y odorizadores.	Este código es aceptado para el diseño y la fabricación de recipientes a presión instalados en sistema de tuberías.
Norma Oficial Mexicana NOM 007 SECRE 2010 "Transporte de Gas Natural".	Norma que establece los requisitos y especificaciones de los sistemas de transporte de gas natural.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.



Transportadora de Gas Natural de  
Zacatecas, S.A. de C.V.

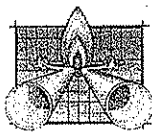
### Normatividad a utilizar en la operación del sistema

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS USADAS EN LA OPERACIÓN		
Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Código ASME B 31.8, Ed. 1995 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems".	Código que establece los requisitos mínimos de seguridad para el diseño y construcción de tuberías conductoras de gas natural.	Este código ha sido empleado en Norteamérica inclusive antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares, (ANSI).
GPSA Libro de ingeniería con información provista por la Asociación de Procesadores y Comerciantes de Gas.	Resumen con la información básica para diseño, relativa al proceso del gas e industrias relacionadas.	Libro publicado en 1935 que es aceptado en todas las áreas industriales relacionadas con especificaciones hidráulicas en tuberías para conducir gas.
Norma Oficial Mexicana NOM 007 SECRE 2010 "Transporte de Gas Natural".	Norma que establece los requisitos y especificaciones de los sistemas de transporte de gas natural.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.

### Normatividad a utilizar en el mantenimiento del sistema

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS USADAS EN EL MANTENIMIENTO		
Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Código ASME B 31.8, Ed. 1995 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems".	Código que establece los requisitos mínimos de seguridad para el diseño y construcción de tuberías conductoras de gas natural.	Este código ha sido empleado en Norteamérica inclusive antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares, (ANSI).
GPSA Libro de ingeniería con información provista por la Asociación de Procesadores y Comerciantes de Gas.	Resumen con la información básica para diseño, relativa al proceso del gas e industrias relacionadas.	Libro publicado en 1935 que es aceptado en todas las áreas industriales relacionadas con especificaciones hidráulicas en tuberías para conducir gas.
NACE RP-01-69-92 Procedimiento de control de la corrosión en tuberías metálicas sumergidas ó enterradas.	Provee guía de diseño en sistemas de protección catódica, con ánodos de sacrificio y corriente impresa.	Procedimiento aceptado en la industria de las tuberías de acero.
Norma Oficial Mexicana NOM 007 SECRE 2010 "Transporte de Gas Natural".	Norma que establece los requisitos y especificaciones de los sistemas de transporte de gas natural.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.





Transportadora de Gas Natural de  
Zacatecas, S.A. de C.V.

Normatividad a utilizar en la selección de materiales.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS USADAS EN LA SELECCIÓN DE MATERIALES		
Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
API 5L: Especificación para tubería usada en gasoductos.	Especificación para tubos con y sin costura para uso en la industria del gas y el petróleo.	Estándar reconocido en la industria Norteamericana de tuberías.
ASTM A 53 Tubos de Acero, negros y galvanizados en caliente.	Materiales y especificaciones de la fabricación de tubos de acero, con y sin costura.	Define las especificaciones del material, el peso del tubo y el espesor de pared mínimos.
ASTM A 105 Especificación de acero, contenido de carbono y materiales aleantes.	Especificaciones del material a utilizarse en conexiones forjadas, bridas, válvulas y componentes.	Estándar reconocido en la industria Norteamericana de tuberías.
ASTM A 193 Materiales para espárragos y tornillería para servicio en alta temperatura.	Especificación de materiales para fabricación de tornillería que se instala en tuberías a presión.	Estándar reconocido en la industria Norteamericana de tuberías.
ASTM A 194 Materiales para espárragos y tuercas para servicio en media y alta temperatura.	Especificación de materiales para fabricación de tuercas y espárragos ó tornillos que se instalan en tuberías a presión.	Estándar reconocido en la industria Norteamericana de tuberías.
ASTM A 234 Especificación de materiales para aceros en servicio en temperaturas media y alta.	Especificación de materiales para conexiones de tubería de acero al carbono para servicio a mediana y alta temperatura.	Estándar reconocido en la industria Norteamericana de tuberías.
ASME B 16.5 Especificaciones y dimensiones de bridas y conexiones.	Define los rangos de operación en presión y temperatura de bridas y accesorios bridados.	Estándar reconocido en la industria Norteamericana de tuberías.
ASME B 16.9 Fabricación de conexiones en acero, soldables y de embutir.	Define las dimensiones de conexiones soldables para tuberías.	Estándar reconocido en la industria Norteamericana de tuberías.
CSA Z245.200-M92 Recubrimientos para tuberías de acero a base de resinas epóxicas.	Estándares relativos a la aplicación, pruebas, manejo y almacenamiento de materiales de protección anticorrosiva.	Código de referencia reconocido en la industria para la protección de tuberías.
API 6D Especificaciones de válvulas, tapones y accesorios.	Define las dimensiones de válvulas de compuerta, aguja, bola y no-retroceso y tapones.	Estándar reconocido en la industria Norteamericana de tuberías.
Norma Oficial Mexicana NOM 007 SECRE 2010 "Transporte de Gas Natural".	Norma que establece los requisitos y especificaciones de los sistemas de transporte de gas natural.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.





COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

## ANEXO 4

# MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

