

B	04-09-2026	Cliente	SEDIMA	C.Pedraza	O.Escorcia
Rev	Fecha	Emitido Para	Elaboró	Revisó	Aprobó

INGENIERÍA DETALLADA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN AUTÓNOMO PARA LA LÍNEA TEMPORAL SAMORÉ: CRUCE “LA CHINA”



ANÁLISIS DE IMPACTOS HIDRÁULICOS POR CAMBIO DE DIÁMETRO 12" A 6" (1749-IN-P-260)

CLIENTE:



+57 3507268200



info@sedima.com.co



www.sedima.com.co

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO	3
2. ALCANCE	3
3. DATOS DE ENTRADA Y CRITERIOS DE DISEÑO	3
4.1. Criterio sobre los materiales	4
4.2. Condición de la válvula	4
5. GEOMETRÍA ANALIZADA	4
6. PROPIEDADES DEL GAS Y MODELO DE COMPRESIBILIDAD	5
7. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	5
8. PÉRDIDAS DE CARGA POR COMPONENTES	6
9. RESULTADOS POR ESCENARIO	6
10. COMPARACIÓN DE ESCENARIOS	9
11. VERIFICACIONES Y OBSERVACIONES DE INGENIERÍA	10
12. CONCLUSIONES	11
13. CONTROL DE CAMBIOS.....	12
ANEXO A. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS Y ECUACIONES PRINCIPALES.....	13
ANEXO B. REFERENCIAS TÉCNICAS.....	13

ANÁLISIS DE IMPACTOS HIDRÁULICOS POR CAMBIO DE DIÁMETRO 12" A 6"

1. OBJETO

Presentar la memoria de cálculo desarrolla para el cálculo hidráulico del tramo mostrado en la geometría de diseño propuesta, con el propósito de estimar la presión de salida P_2 para cuatro escenarios representativos de operación, en el proyecto para implementar un sistema de protección autónomo para la línea temporal Samoré, a la altura del cruce aéreo "La China".

2. ALCANCE

El modelo de cálculo desarrollado considera el comportamiento de flujo compresible del gas natural, la variación de densidad con la presión, la fricción distribuida y las pérdidas localizadas asociadas con codos, reducción, válvula de bola y reducciones concéntricas, bajo cuatro escenarios operacionales:

Escenario	P_1 (psig)	Caudal (MMSCFD)
1	1100	28
2	1100	41
3	550	28
4	550	41

3. DATOS DE ENTRADA Y CRITERIOS DE DISEÑO

Parámetro	Valor adoptado	Observación
Presión de entrada, P_1	1100 / 550 psig	Según escenario
Caudal	28 / 41 MMSCFD	Según escenario
Gravedad específica	0,56	Respecto al aire
Temperatura de cálculo	60 °F (15,6 °C)	Supuesto por ausencia de dato operativo
Gas	Gas natural	Composición detallada no suministrada
Línea principal	12" API 5L X60 Sch 20	Diámetro interior calculado: 12,250"
Tramo reducido	6" API 5L X42 STD	Diámetro interior calculado: 6,065"
Longitud 12" aguas arriba	2,200 m	Inferida de la geometría
Longitud 6"	4,000 m	Según cotas del dibujo
Longitud 12" aguas abajo	2,552 m	Inferida de la geometría
Rugosidad	0,045 mm	Acero comercial
Viscosidad dinámica	0,012 cP	Valor representativo; sin composición detallada
K codo 12"	0,20 por codo	4 codos en total
K reducción 12"×6"	0,264	Estimación geométrica
K válvula bola 6"	0,05	Válvula full bore, 100 % abierta
K expansión 6"×12"	0,570	Estimación conservadora
Elevación P_1 - P_2	≈ 0 m	P_1 y P_2 a elevación equivalente

4.1. Criterio sobre los materiales

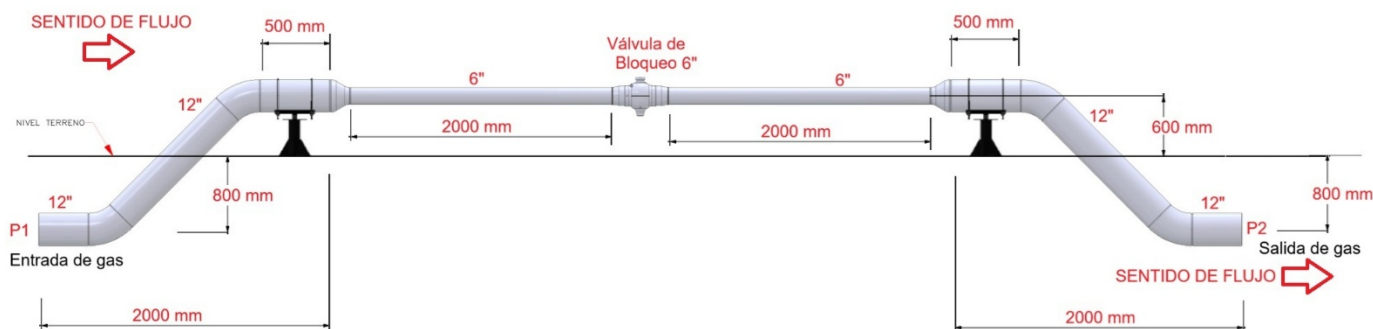
Los grados API 5L X60 y X42 se consideran para la identificación mecánica de las tuberías. Para la pérdida de carga, la variable determinante es el diámetro interior, junto con la rugosidad y la longitud. En consecuencia, el cambio de grado de acero no modifica por sí mismo el resultado hidráulico mientras se mantengan los diámetros internos y condiciones superficiales adoptados.

4.2. Condición de la válvula

Se modela la válvula de bloqueo como una válvula de bola de paso completo, cuerpo soldado y extremos soldados, totalmente abierta. El tipo constructivo y la conexión soldada no determinan por sí solos la pérdida hidráulica; para el cálculo definitivo debe utilizarse el diámetro real del paso o el Cv/K certificado por el fabricante que se adquiriera a través del proceso de procura.

5. GEOMETRÍA ANALIZADA

La geometría corresponde al diseño conservador que sugestivamente induce el menor impacto de delta P posible. El tramo presenta dos cambios de dirección aguas arriba y dos aguas abajo, una reducción de 12" a 6", un tramo recto de 6" de aproximadamente 4 m, la válvula de bloqueo y la posterior expansión a 12".



Elemento	Dimensión / criterio	Resultado
12" Sch 20	OD 12,750"; t = 0,250"	ID = 12,250"
6" STD	OD 6,625"; t = 0,280"	ID = 6,065"
Tramo 12" aguas arriba	Proyección 2,0 m; $\Delta z = 0,8$ m; recto 0,5 m	$L \approx 2,200$ m
Tramo 6"	2,0 m + 2,0 m	$L = 4,000$ m
Tramo 12" aguas abajo	Proyección 2,0 m; $\Delta z = 1,4$ m; recto 0,5 m	$L \approx 2,552$ m
Reducción	12" x 6"	$\beta = D6/D12 = 0,495$
Expansión	6" x 12"	$\beta = 0,495$

La longitud inclinada se obtiene mediante Pitágoras: $\sqrt{1,5^2 + 1,4^2} = 2,052$ m. Estos valores se suman a los respectivos tramos rectos de 0,5 m.

6. PROPIEDADES DEL GAS Y MODELO DE COMPRESIBILIDAD

Se adopta la gravedad específica suministrada (0,56) sin acceder a la cromatografía completa y una consideración de temperatura uniforme de 60 °F (codición base). El peso molecular equivalente se estima mediante:

$$MW \approx 28,967 \times 0,56 = 16,22 \text{ kg/kmol}$$

El factor de compresibilidad Z se estima mediante la correlación de Dranchuk–Abou-Kassem (DAK), a partir de propiedades pseudocríticas estimadas con la gravedad específica. Esta correlación es una forma reconocida de aproximar Z para gas natural cuando no se dispone de una composición completa.

Condición	Z estimado
1100 psig; 60 °F	0,8474
550 psig; 60 °F	0,9188
Salida escenario 1	0,84743
Salida escenario 2	0,84745
Salida escenario 3	0,91886
Salida escenario 4	0,91893

La presión absoluta se utiliza en todas las ecuaciones de gas. Por ejemplo, para 1100 psig: $P_{abs} = 1100 + 14,73 = 1114,73 \text{ psia}$; para 550 psig: $P_{abs} = 564,73 \text{ psia}$.

7. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El cálculo se resuelve como un balance de energía para flujo compresible, isotérmico, con caudal másico constante. En cada tramo recto se actualizan presión, densidad, velocidad y factor de fricción. Las pérdidas localizadas se aplican mediante coeficientes K en la sección correspondiente.

7.1. Conversión del caudal

$$Q = Q_s \cdot (P_s/P) \cdot (T/T_s) \cdot (Z/Z_s)$$

Esta expresión relaciona el caudal estándar con el caudal real en la tubería. Se adopta como condición estándar 14,73 psia y 60 °F.

7.2. Densidad del gas

$$\rho = P \cdot MW / (Z \cdot R \cdot T)$$

7.3. Pérdida por fricción

$$\Delta P_f = f \cdot (L/D) \cdot (\rho V^2/2)$$

El factor de fricción se calcula para flujo turbulento con una forma explícita de la ecuación de Colebrook/Haaland.

7.4. Pérdidas localizadas

$$\Delta P_K = K \cdot (\rho V^2 / 2)$$

Los accesorios de 12" utilizan la velocidad de 12"; la reducción, válvula y expansión se evalúan con la velocidad del tramo de 6". La presión se expresa finalmente en psi.

8. PÉRDIDAS DE CARGA POR COMPONENTES

Componente	K adoptado	Base de cálculo
Codo 12" – 4 unidades	0,20 c/u	Cambio de dirección suave
Reducción 12"x6"	0,264	Relación $\beta = 0,495$; transición gradual
Válvula de bola 6"	0,05	Full bore, completamente abierta
Expansión 6"x12"	0,570	Criterio conservador basado en expansión

Los coeficientes K de reducción y expansión constituyen estimaciones de ingeniería asociadas a la geometría inferida. En una emisión para construcción o aprobación regulatoria deberán sustituirse por valores del fabricante del elemento que finalmente se adquiera por vía del proceso de procura, o consultando las fichas técnicas de los accesorios comprados para el proyecto.

9. RESULTADOS POR ESCENARIO

9.1. Escenario 1: $P_1 = 1100$ psig; $Q = 28$ MMSCFD

Para esta condición, la presión absoluta de entrada es 1114.73 psia. El cálculo compresible produce una presión de salida de 1099.820 psig y una caída total de 0.180 psi.

Variable	Resultado
P1	1100.000 psig
P1 absoluta	1114.730 psia
Caudal	28.00 MMSCFD
Z de entrada	0.84741
Z de salida	0.84743
Velocidad en 12"	1.35 m/s
Velocidad en 6"	5.51 m/s
Reynolds 12"	2.148e+06
Reynolds 6"	4.338e+06
Factor de fricción Darcy 12"	0.01342
Factor de fricción Darcy 6"	0.01504
Caída total	0.180 psi
P2	1099.820 psig
Caída relativa	0.0164 %

Punto / componente	Presión aguas abajo (psig)
Tubería 12" aguas arriba	1099.999
Codo 12" aguas arriba 1	1099.998
Codo 12" aguas arriba 2	1099.996
Reducción concéntrica 12" x 6"	1099.960
Tubería 6"	1099.908
Válvula de bola 6" full bore	1099.901
Expansión 6" x 12"	1099.824
Codo 12" aguas abajo 1	1099.822
Codo 12" aguas abajo 2	1099.821
Tubería 12" aguas abajo	1099.820

9.2. Escenario 2: $P_1 = 1100$ psig; $Q = 41$ MMSCFD

Para esta condición, la presión absoluta de entrada es 1114.73 psia. El cálculo compresible produce una presión de salida de 1099.614 psig y una caída total de 0.386 psi.

Variable	Resultado
P1	1100.000 psig
P1 absoluta	1114.730 psia
Caudal	41.00 MMSCFD
Z de entrada	0.84741
Z de salida	0.84745
Velocidad en 12"	1.98 m/s
Velocidad en 6"	8.07 m/s
Reynolds 12"	3.145e+06
Reynolds 6"	6.352e+06
Factor de fricción Darcy 12"	0.01326
Factor de fricción Darcy 6"	0.01499
Caída total	0.386 psi
P2	1099.614 psig
Caída relativa	0.0351 %

Punto / componente	Presión aguas abajo (psig)
Tubería 12" aguas arriba	1099.998
Codo 12" aguas arriba 1	1099.995
Codo 12" aguas arriba 2	1099.991
Reducción concéntrica 12" x 6"	1099.915
Tubería 6"	1099.802
Válvula de bola 6" full bore	1099.788
Expansión 6" x 12"	1099.623
Codo 12" aguas abajo 1	1099.619
Codo 12" aguas abajo 2	1099.616
Tubería 12" aguas abajo	1099.614

9.3. Escenario 3: $P_1 = 550$ psig; $Q = 28$ MMSCFD

Para esta condición, la presión absoluta de entrada es 564.73 psia. El cálculo compresible produce una presión de salida de 549.614 psig y una caída total de 0.386 psi.

Variable	Resultado
P1	550.000 psig
P1 absoluta	564.730 psia
Caudal	28.00 MMSCFD
Z de entrada	0.91881
Z de salida	0.91886
Velocidad en 12"	2.89 m/s
Velocidad en 6"	11.80 m/s
Reynolds 12"	2.148e+06
Reynolds 6"	4.338e+06
Factor de fricción Darcy 12"	0.01342
Factor de fricción Darcy 6"	0.01504
Caída total	0.386 psi
P2	549.614 psig
Caída relativa	0.0702 %

Punto / componente	Presión aguas abajo (psig)
Tubería 12" aguas arriba	549.998
Codo 12" aguas arriba 1	549.995
Codo 12" aguas arriba 2	549.991
Reducción concéntrica 12" x 6"	549.915
Tubería 6"	549.802
Válvula de bola 6" full bore	549.788
Expansión 6" x 12"	549.623
Codo 12" aguas abajo 1	549.619
Codo 12" aguas abajo 2	549.616
Tubería 12" aguas abajo	549.614

9.4. Escenario 4: $P_1 = 550$ psig; $Q = 41$ MMSCFD

Para esta condición, la presión absoluta de entrada es 564.73 psia. El cálculo compresible produce una presión de salida de 549.173 psig y una caída total de 0.827 psi.

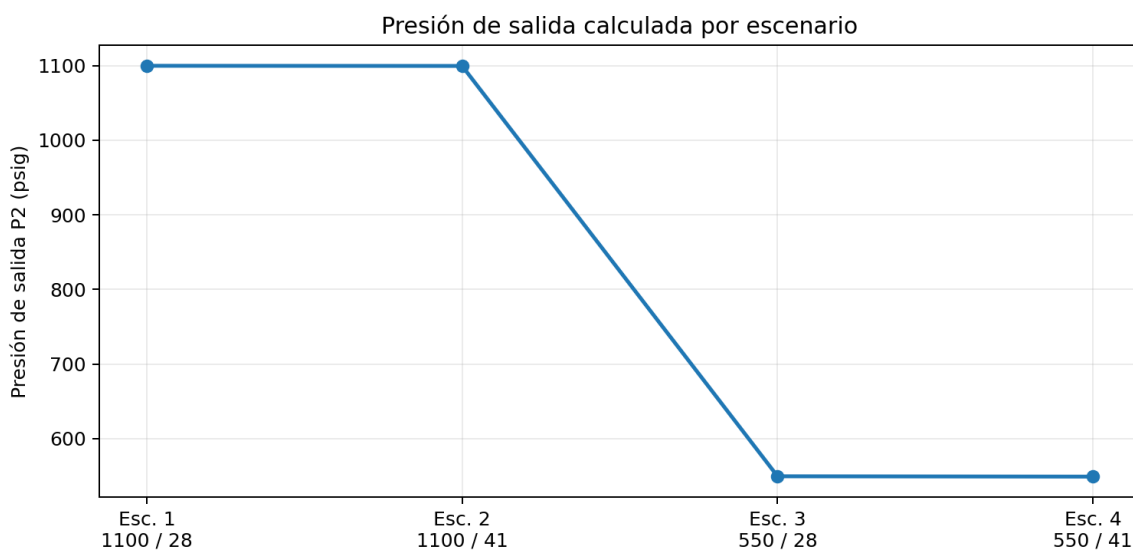
Variable	Resultado
P1	550.000 psig
P1 absoluta	564.730 psia
Caudal	41.00 MMSCFD
Z de entrada	0.91881
Z de salida	0.91893
Velocidad en 12"	4.24 m/s
Velocidad en 6"	17.28 m/s
Reynolds 12"	3.145e+06
Reynolds 6"	6.352e+06
Factor de fricción Darcy 12"	0.01326
Factor de fricción Darcy 6"	0.01499
Caída total	0.827 psi
P2	549.173 psig
Caída relativa	0.1504 %

Punto / componente	Presión aguas abajo (psig)
Tubería 12" aguas arriba	549.997
Codo 12" aguas arriba 1	549.989
Codo 12" aguas arriba 2	549.982
Reducción concéntrica 12" x 6"	549.818
Tubería 6"	549.576
Válvula de bola 6" full bore	549.545
Expansión 6" x 12"	549.192
Codo 12" aguas abajo 1	549.184
Codo 12" aguas abajo 2	549.177
Tubería 12" aguas abajo	549.173

10. COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

Los resultados muestran dos tendencias físicas consistentes: la pérdida aumenta aproximadamente con el cuadrado del caudal, mientras que la reducción de la presión absoluta incrementa la densidad específica del caudal real y, por tanto, eleva las velocidades y pérdidas para un mismo caudal estándar.

Escenario	P ₁ (psig)	Q (MMSCFD)	P ₂ (psig)	ΔP (psi)	ΔP/P ₁
1	1100	28	1099.820	0.180	0.0164 %
2	1100	41	1099.614	0.386	0.0351 %
3	550	28	549.614	0.386	0.0702 %
4	550	41	549.173	0.827	0.1504 %



10.1. Componentes dominantes de la pérdida

Escenario 1: la expansión 6"×12" aporta 0.077 psi, la tubería de 6" aporta 0.053 psi, la reducción aporta 0.036 psi y la válvula 0.007 psi.

Escenario 2: la expansión 6"×12" aporta 0.165 psi, la tubería de 6" aporta 0.113 psi, la reducción aporta 0.076 psi y la válvula 0.014 psi.

Escenario 3: la expansión 6"×12" aporta 0.165 psi, la tubería de 6" aporta 0.113 psi, la reducción aporta 0.076 psi y la válvula 0.014 psi.

Escenario 4: la expansión 6"×12" aporta 0.354 psi, la tubería de 6" aporta 0.241 psi, la reducción aporta 0.164 psi y la válvula 0.031 psi.

11. VERIFICACIONES Y OBSERVACIONES DE INGENIERÍA

11.1. Influencia del grado del acero

No se observa una influencia hidráulica directa del grado X60/X42 en la pérdida de carga. La selección del material debe verificarse separadamente desde el punto de vista de resistencia, soldabilidad, tenacidad, presión de diseño, corrosión y código de diseño aplicable.

11.2. Velocidad en el tramo de 6"

La velocidad calculada en 6" varía entre **5.51 y 17.28 m/s** en los cuatro escenarios. El máximo corresponde al Escenario 4. La evaluación de velocidad debe complementarse con los criterios particulares del operador, ruido, vibración, erosión y requisitos de válvulas/accesorios. Ambos valores por debajo de **18.3 m/s (60 Ft/s)** con lo cual claramente se aprecia las condiciones de solvencia manifiesta al transporte de la carga operacional de gas natural por la infraestructura instalada.

11.3. Elevación

Aunque la geometría presenta cambios de elevación importantes dentro del recorrido, P_1 y P_2 se encuentran aproximadamente a la misma cota. Por ello, para efectos prácticos del modelo de cálculo, el término neto de cambio de elevación entre los extremos es totalmente despreciable.

11.4. Dominio de las pérdidas

El tramo corto de 6" concentra la mayor parte de la pérdida hidráulica, principalmente por la mayor velocidad. No obstante, incluso en el Escenario 4 la caída calculada permanece por debajo de 1 psi, ratificando con ello la solvencia de la solución para manejar apropiadamente cada uno de los escenarios modelados.

12. CONCLUSIONES

En los cuatro escenarios operacionales, la caída de presión es pequeña respecto de la presión de entrada. La geometría propuesta no presenta, bajo las hipótesis adoptadas, ninguna restricción hidráulica significativa para los caudales de 28 y 41 MMSCFD a las condiciones de 550 Psig y 1100 psig.

Resulta importante mencionar que la principal incertidumbre del cálculo no corresponde a la tubería recta, sino a los coeficientes de pérdida de los accesorios, especialmente la válvula y las transiciones 12"x6" y 6"x12". El resultado definitivo deberá actualizarse con información certificada del fabricante al cual finalmente se le adjudique la compra de los elementos, sin embargo como criterio de mayoración conservadora, si se diera la combinación más desfavorable posible de efectos de rugosidades, fouling factors, irregularidades geométricas, entre otros, los resultados de efectos hidráulicos en las caídas de presión estimadas, se amplificarían alrededor de diez veces, con lo cual la realidad más desfavorable estaría dada por:

Escenario	P ₁ (psig)	Caudal (MMSCFD)	ΔP total Estimado (psi)	P ₂ Estimada (psig)
1	1100	28	1.80	1098.20
2	1100	41	3.86	109.14
3	550	28	3.86	546.14
4	550	41	8.27	541.73

Datos numéricos de ΔP que sin lugar a duda, validan completamente la pertinencia hidráulica del diseño propuesto como solución de ingeniería aplicada al proyecto de implementar un sistema de protección autónomo para la línea temporal Samoré, a la altura del cruce aéreo "La China". Ahora bien, si bien es cierto que el diseño geométrico propuesto plantea el escenario hidráulico de menor pérdida posible en la transición constructiva de 12" a 6", el cliente podrá considerar que por el nivel de pérdidas hidráulicas estimadas y la facilidad constructiva por disponibilidad de materiales, que puede hacer todo el montaje de transición aérea en 6"; es decir, mover las reducciones concéntricas de 12" x 6" a nivel enterrado bajo la superficie del terreno y utilizar codos y tuberías de 6" para la transición aérea; para lo anterior podrá apoyarse con el CONSTRUCTOR DE LA OBRA y manejarlo como un cambio AS-Built en la ejecución del proyecto.

13. CONTROL DE CAMBIOS.

REVISIÓN	FECHA	EMITIDO PARA
Rev A.	14/08/2026	Revisión interna
Rev B.	04/09/2026	Revisión cliente

ANEXO A. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS Y ECUACIONES PRINCIPALES

Diámetros internos adoptados:

$$D_{12} = 12,750'' - 2(0,250'') = 12,250''$$

$$D_6 = 6,625'' - 2(0,280'') = 6,065''$$

Relación de diámetros:

$$\beta = D_6 / D_{12} = 0,495$$

Coefficiente aproximado de contracción utilizado:

$$K_c = 0,264$$

Coefficiente aproximado de expansión utilizado:

$$K_e = 0,570$$

Coefficiente de válvula de bola full bore completamente abierta:

$$K_v = 0,05$$

ANEXO B. REFERENCIAS TÉCNICAS

- ASME B36.10M, Welded and Seamless Wrought Steel Pipe — dimensiones de tubería de acero.
- ASME B16.9, Factory-Made Wrought Buttwelding Fittings — dimensiones de fittings de soldadura a tope.
- API Specification 5L, Specification for Line Pipe — clasificación y requisitos de tubería para transporte de hidrocarburos.
- Dranchuk, P. M. & Abou-Kassem, J. H. — correlación de 11 constantes para el factor de compresibilidad de gases naturales.
- Crane Technical Paper No. 410 — Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe — metodología de pérdidas localizadas.

Nota de uso

Este documento representa un cálculo hidráulico preliminar realizado con los datos disponibles y con hipótesis explícitas. No debe interpretarse como aprobación de diseño, cálculo de integridad mecánica ni certificación de aptitud de la válvula o de la tubería. Para emisión IFC/constructiva se recomienda actualizar los parámetros faltantes y someter el cálculo a la revisión de ingeniería correspondiente.