

B	10-09-2026	Cliente	SEDIMA	P. Guerra	O. Escorcía
Rev	Fecha	Emitido Para	Elaboró	Revisó	Aprobó



PROYECTO: PCV THOMAS

ANÁLISIS CONCEPTUAL DE LA SOLUCIÓN (1015-IN-X-150)



Cliente:



TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO	3
2. ALCANCE	3
3. CRITERIOS DE DISEÑO.....	4
4. BASES DE DISEÑO.....	5
5. PROPIEDADES Y RELACIÓN DE PRESIONES	5
6. RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE CV.....	6
6.1 Interpretación técnica de los resultados	7
7. ESTIMACIÓN DETALLADA DE RUIDO AERODINÁMICO DE LA VÁLVULA DE CONTROL.....	7
8. ESPECIFICACIÓN PRELIMINAR RECOMENDADA.....	9
9. CONFIGURACIÓN MECÁNICA TÍPICA DE INSTALACIÓN	9
10. RECOMENDACIONES CLAVES	10
11. FUENTES Y REFERENCIAS CONSULTADAS	12
12. CONTROL DE CAMBIOS.	13

ANÁLISIS CONCEPTUAL DE LA SOLUCIÓN

1. OBJETO

Presentar el análisis conceptual de la solución de ingeniería que se considera apropiada para implementar satisfactoriamente un sistema de independización operacional a las líneas 20F y 20I en el nodo Mamonal.

2. ALCANCE

El presente documento establece el análisis conceptual con inclusión de resultados de cálculo de ingeniería básica para el dimensionamiento de una válvula de control de presión destinada al servicio de gas natural de alta presión, para lograr la independización operacional de las líneas 20F y 20I en el nodo Mamonal, manejando tres niveles independientes de presión de entrada: 1050 psig, 1100 psig y 1200 psig; y por el otro lado mantener una presión regulada de 936 psig para demandas de flujo establecidas en 50, 70 y 100 MMSCFD. La combinación de dichas variables generará nueve puntos de evaluación, que serán cabalmente abordados en el presente informe.

El alcance comprende el cálculo del coeficiente de flujo C_v , la aplicación de los criterios técnicos de selección, la verificación de velocidades en las líneas de entrada y salida, la estimación de ruido aerodinámico, la preselección mecánica de la válvula y la definición de una configuración típica de instalación.

Estos resultados se conciben como base técnica para el diseñador en apoyo a la especificación y lograr consultas a fabricantes o procura de los elementos, no como sustituto del sizing final que deberá proveer mediante certificado el suministrador del producto.

3. CRITERIOS DE DISEÑO

Referencia	Aplicación
IEC 60534-2-1:2011 + Corr. 1:2015	Ecuaciones de capacidad para flujo compresible e incompresible en válvulas de control bajo condiciones instaladas.
ANSI/ISA-75.01.01	Marco armonizado con IEC para ecuaciones y factores de dimensionamiento de válvulas de control.
IEC 60534-8-3:2010	Método teórico para predicción del nivel externo de presión sonora generado por gases/vapores secos en válvulas de control.
ASME B31.8-2025	Código rector de tuberías de transmisión/distribución de gas y estaciones asociadas; se adopta como referencia principal del piping.
ASME B16.34	Ratings presión-temperatura, materiales, ensayos y requisitos mecánicos del cuerpo de válvula.
API RP 14E	Chequeo complementario de velocidad erosional mediante $V_e = C/\sqrt{\rho}$; se usa como screening conservador, no como límite universal de gasoductos onshore.
AGA / ANSI Z380 GPTC Guide	Guía de tecnología de tuberías de transmisión, distribución y gathering de gas; se utiliza como referencia de buenas prácticas complementarias.
ASME B36.10M	Diámetros y espesores de tubería de acero al carbono; se emplean IDs Schedule 40 únicamente para verificación hidráulica preliminar.

Para la velocidad del sistema se adopta como criterio principal un máximo de 100 ft/s (30.5 m/s) en condición pico (Alineado a NTC-3949) , acompañado de un criterio de diseño preferente sensiblemente inferior cuando sea practicable. Adicionalmente se aplica API RP 14E con $C=100$ como verificación erosional conservadora para servicio continuo de gas limpio.

La selección final debe satisfacer simultáneamente ruido, vibración, pérdida de presión, integridad mecánica y mantenibilidad.

4. BASES DE DISEÑO

Parámetro	Valor adoptado
Gas	Natural, >95 % mol CH ₄
Composición representativa	95 % CH ₄ , 3 % C ₂ H ₆ , 1 % C ₃ H ₈ , 1 % N ₂ ; solo para propiedades preliminares
P1	1050 / 1100 / 1200 psig
P2	936 psig fija
Caudal estándar	50 / 70 / 100 MMSCFD
Temperatura de cálculo	80 °F (26.7 °C), asumida hasta disponer de dato de proceso
Base estándar de caudal	60 °F y 14.696 psia
Peso molecular estimado	16.864
Gravedad específica gas/aire	0.582
k = Cp/Cv	1.30
xT preliminar	0.70, representativo de globo/cage
FL para screening acústico	0.90
FP para sizing base	1.00

5. PROPIEDADES Y RELACIÓN DE PRESIONES

Presión	Z Peng-Robinson	Densidad aprox. a 80 °F (kg/m ³)
936 psig	0.8644	51.30
1050 psig	0.8518	58.30
1100 psig	0.8465	61.42
1200 psig	0.8366	67.72

$$x = (P1 - P2) / P1(abs) \quad ; \quad F_{\gamma} = k / 1.4 \quad ; \quad Y = 1 - x / (3 F_{\gamma} xT)$$

P _{Entrada} (psig)	Delta P (psi)	x	Y	F _{gamma} *xT	Condición
1050	114.0	0.1071	0.9451	0.650	No crítico
1100	164.0	0.1471	0.9246	0.650	No crítico
1200	264.0	0.2173	0.8885	0.650	No crítico

Los nueve casos permanecen por debajo del umbral preliminar $F_{\gamma} * xT$; por tanto, con el Trim conceptual adoptado el flujo no alcanza la condición crítica, lo cual es totalmente favorable al cumplimiento de las condiciones de proceso establecidas. La condición de 1050 psig presenta la menor caída disponible y, en consecuencia, demanda el mayor Cv para un mismo caudal.

6. RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE CV

Mediante la expresión de cálculo:

Gas and Steam Sizing Equation Application		
EQUATION		APPLICATION
A	$Q_{SCFH} = 59.64 C_v P_1 \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \sqrt{\frac{520}{GT}}$	Use only at very low pressure drop ($\Delta P/P_1$) ratios of 0.02 or less.
B	$Q_{critical} = C_g P_1 \sqrt{520 / GT}$	Use only to determine critical flow capacity at a given inlet pressure.
C	$Q_{SCFH} = \sqrt{\frac{520}{GT}} C_g P_1 \sin \left[\left(\frac{59.64}{C_1} \right) \left(\sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right) \right] \text{ rad}$ OR	Universal Gas Sizing Equation. Use to predict flow for either high or low recovery valves, for any gas adhering to the perfect gas laws, and under any service conditions.
D	$Q_{SCFH} = \sqrt{\frac{520}{GT}} C_g P_1 \sin \left[\left(\frac{3417}{C_1} \right) \left(\sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right) \right] \text{ Deg}$	
E	$Q_{lb/hr} = 1.06 \sqrt{d_1 P_1} C_g \sin \left[\left(\frac{3417}{C_1} \right) \left(\sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right) \right] \text{ Deg}$	Use to predict flow for perfect or non-perfect gas sizing applications, for any vapor including steam, at any service condition when fluid density is known.
F	$Q_{lb/hr} = \left[\frac{C_s P_1}{1 + 0.00065 T_{sh}} \right] \sin \left[\left(\frac{3417}{C_1} \right) \left(\sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right) \right] \text{ Deg}$	Use only to determine steam flow when inlet pressure is 1000 psig or less.

Gas and Steam Sizing Nomenclature

$C_1 = C_g / C_v$	$\Delta P =$ pressure drop across valve, psi
$C_g =$ gas sizing coefficient	$Q_{critical} =$ critical flow rate, SCFH
$C_s =$ steam sizing coefficient, $C_g / 20$	$Q_{SCFH} =$ gas flow rate, SCFH
$C_v =$ liquid sizing coefficient	$Q_{lb/hr} =$ steam or vapor flow rate, pounds per hour
$d_1 =$ density of steam or vapor at inlet, pounds/cu. foot	$T =$ absolute temperature of gas at inlet, degrees Rankine
$G =$ gas specific gravity (air = 1.0)	$T_{sh} =$ degrees of superheat, °F
$P_1 =$ valve inlet pressure, psia	

Se obtienen como resultado de análisis, lo siguientes datos:

P _{Entrada}	P _{Reg}	Q	Delta P	Cv proceso	Cv Selección
1050	936	50	114	76.1	152.2
1050	936	70	114	106.6	213.1
1050	936	100	114	152.2	304.4
1100	936	50	164	63.2	126.4
1100	936	70	164	88.5	177.0
1100	936	100	164	126.4	252.8
1200	936	50	264	49.4	98.7
1200	936	70	264	69.1	138.2
1200	936	100	264	98.7	197.4

6.1 Interpretación técnica de los resultados

El punto gobernante para capacidad es $P_1=1050$ psig, $P_2=936$ psig y $Q=100$ MMSCFD, con C_v de proceso requerido de 152.2 y C_v nominal objetivo de 304.4. La razón física es la menor caída de presión disponible entre entrada y set point. A medida que P_1 aumenta, la válvula dispone de mayor energía de expansión y requiere un coeficiente de flujo menor.

El criterio de selección debe interpretarse correctamente: para cada escenario se plantea hipotéticamente una válvula cuyo C_v nominal trabaje apropiadamente a las condiciones del punto establecido, por lo que en condiciones de servicio utilizaría el 50 % de su capacidad de flujo nominal. Esto no equivale necesariamente a 50 % de carrera, especialmente en una característica igual porcentaje o Quick opening.

Resulta importante dejar claro que si se instala una única válvula para todo el espectro de las condiciones de proceso establecidas, deberá seleccionarse contra el C_v objetivo del caso gobernante y la apertura real de los otros ocho casos será determinada por la curva C_v -travel del fabricante.

7. ESTIMACIÓN DETALLADA DE RUIDO AERODINÁMICO DE LA VÁLVULA DE CONTROL

La predicción se desarrolla como una estimación referencial según la arquitectura e indicaciones de la norma IEC 60534-8-3 para gas seco monofásico. Se parte de la premisa de geometría de una válvula globo single-stage, single-port/cage, con cuerpos conceptuales **NPS 4 y NPS 6**, $FL=0.90$, $F_d=0.28$ correspondiente aproximadamente a una capacidad relativa C_v requerido/ C_v nominal=0.50, y tubería aguas abajo **NPS 8 Sch 40 y NPS 12 Sch STD**. Los valores obtenidos son para propósitos de contexto referencial de estimación y no constituyen garantía acústica para cumplimiento estricto de todos los fabricantes en los tamaños mencionados.

Las consideraciones del modelo de estimación se resumen en:

- 1) Determinación del régimen acústico mediante x y los límites de presión de IEC.
- 2) Cálculo del diámetro equivalente del jet D_j a partir del C_v requerido, FL y F_d .
- 3) Estimación de potencia mecánica del jet y eficiencia de conversión acústica.
- 4) Distribución de energía en bandas de tercio de octava.
- 5) Aplicación de transmisión a través de pared de tubería, propagación geométrica y ponderación A.
- 6) Suma logarítmica de bandas para obtener el nivel de presión acústica ponderada (L_pA), medido a 1m.

En donde los resultados obtenidos son:

P_{in}	P_{Reg}	Q	$Cv_{proceso}$	Cv Selección	Régimen	fp aprox. Hz	Mach salida	LpA,1m dBA
1050	936	50	76.1	152.2	I	3516	0.016	87.4
1050	936	70	106.6	213.1	I	2972	0.022	89.0
1050	936	100	152.2	304.4	I	2486	0.032	90.5
1100	936	50	63.2	126.4	I	4559	0.016	90.7
1100	936	70	88.5	177.0	I	3853	0.022	92.5
1100	936	100	126.4	252.8	I	3223	0.031	94.3
1200	936	50	49.4	98.7	I	6361	0.016	94.7
1200	936	70	69.1	138.2	I	5376	0.022	96.7
1200	936	100	98.7	197.4	I	4498	0.031	98.7

La estimación para válvula convencional se encuentra aproximadamente entre 87.4 y 98.7 dBA a 1 m. El caso acústicamente gobernante es 1200 -> 936 psig a 100 MMSCFD, con 98.7 dBA. El incremento de presión de entrada reduce el Cv requerido, pero aumenta la energía disipada y, por tanto, puede elevar el ruido.

Lo anterior marca una pauta clave en la especificación del producto, puesto que con la restricción contractual de ruido en 85 dBA o inferior, todos los casos muestran que superan dicho nivel, en consecuencia la especificación técnica deberá incorporar un trim low-noise, cage multiorificio, reducción multietapa, difusor aguas abajo o combinación equivalente, para cumplir con el requerimiento.

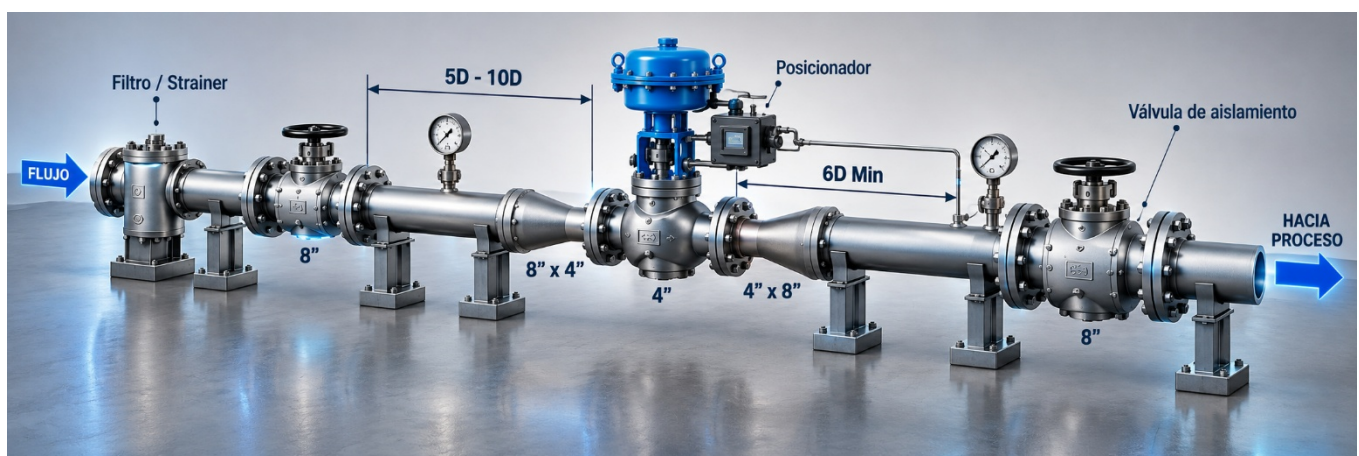
Es importante que al final, el fabricante proveedor del equipo a adquirir le certifique al cliente el nivel de ruido estimado con los factores acústicos correspondientes.

8. ESPECIFICACIÓN PRELIMINAR RECOMENDADA

importante que al final, el fabricante proveedor del equipo a adquirir le certifique al cliente el nivel de ruido estimado con

Ítem	Recomendación preliminar
Servicio	Reducción de presión GN: 1050-1200 psig a 936 psig; 50-100 MMSCFD
Cv gobernante	152.2 proceso; 304.4 Selección
Tipo	Globo, cage-guided, pressure-balanced o Rotatoria 90° para servicio de gas a alta presión.
Característica	Lineal o Igual porcentaje
Trim	Low-noise / multiorificio para cumplir LpA <=85 dBA
Cuerpo conceptual	NPS 4 de alta capacidad o NPS 6 con trim reducido
Líneas principales	NPS 8 aguas arriba y NPS 8 aguas abajo, sí la PCV es de 4" NPS 12 aguas arriba y NPS 12 aguas abajo, sí la PCV es de 6"
Actuador	Neumático de pistón o diafragma, dimensionado para Delta P máximo y condición de falla
Posicionador	Digital, con diagnóstico y realimentación de posición
Acción de falla	Definir por HAZOP/LOPA; fail-close es candidato habitual pero en este caso es importante definir mediante un análisis de seguridad.
Protección aguas abajo	Evaluar en fase de ingeniería de detalle la conveniencia funcional de implementar arreglos complementarios de tipo monitor/slam-shut, PSV o HIPPS según MAOP y filosofía de protección.

9. CONFIGURACIÓN MECÁNICA TÍPICA DE INSTALACIÓN



El arreglo mostrado es conceptual. Se recomienda aislamiento de bloqueo a ambos lados, filtración/separación previa cuando exista riesgo de líquidos o partículas sólidas, tramos rectos razonables aguas arriba y aguas abajo, bypass manual sometido a procedimiento, y soportes de anclaje y estabilidad para el flujo seguro de la PCV. La protección contra sobrepresión aguas abajo debe ser independiente del lazo de control cuando se supere la MAOP del sistema de 936 psig y deberá determinarse mediante un análisis independiente de seguridad del proceso.

10. RECOMENDACIONES CLAVES

Ante la pluralidad de escenarios posibles que se evaluaron, para efectos de brindar las recomendaciones al caso, a continuación se agruparán en tres situaciones de flujo, así:

- Situación de Flujo 1: $Q = 50$ MMSCFD

P_{Entrada}	P_{Reg}	Q	Delta P	Cv_{proceso}	$Cv_{\text{Selección}}$
1050	936	50	114	76.1	152.2
1100	936	50	164	63.2	126.4
1200	936	50	264	49.4	98.7

- Situación de Flujo 2: $Q = 70$ MMSCFD

P_{Entrada}	P_{Reg}	Q	Delta P	Cv_{proceso}	$Cv_{\text{Selección}}$
1050	936	70	114	106.6	213.1
1100	936	70	164	88.5	177.0
1200	936	70	264	69.1	138.2

- Situación de Flujo 3: $Q = 100$ MMSCFD

P_{Entrada}	P_{Reg}	Q	Delta P	Cv_{proceso}	$Cv_{\text{Selección}}$
1050	936	100	114	152.2	304.4
1100	936	100	164	126.4	252.8
1200	936	100	264	98.7	197.4

En dónde en términos de condición agreste, el delta P máximo es inferior a 20 Bar y el delta P mínimo es cercano a 10 Bar, y el Cv ideal requerido para las situaciones de flujo 1 y 2 estaría entre 180-220 y para la situación de flujo 3 estaría en el orden de 300. Con lo cual las tecnologías tipo globo y globo rotativo pudieran ser una elección apropiada para satisfacer este caso.

Table 15. Maximum Flow Coefficients for Full-Sized Trim with Equal Percentage Cage and Normal Flow Direction

Valve	Valve Size, NPS	Cv at Max. Valve Plug Travel
ET	1	17.2
	1-1/2	35.8
	2	59.7
	2-1/2	99.4
	3	136
	4	224
	6	394
	8 ⁽¹⁾	567
	8 ⁽²⁾	819

Por lo tanto para los escenarios de flujo 1 y 2, el cumplimiento se podría lograr con una válvula de control lineal tipo Globo ET, de la casa matriz Fisher ANSI 600, en tamaño NPS 4" con NXG Trim (Cv=179,2); trabajando desde el 28% hasta en 59% para cubrir a satisfacción ambas situaciones de flujo.

P _{Entrada}	P _{Reg}	Q	Delta P	Cv _{proceso}	NPS 4 (Cv=224)	NPS 4 + NXG Tim (Cv=179,2)
1050	936	50	114	76,1	34%	42%
1100	936	50	164	63,2	28%	35%
1200	936	50	264	49,4	22%	28%

P _{Entrada}	P _{Reg}	Q	Delta P	Cv _{proceso}	NPS 4 (Cv=224)	NPS 4 + NXG Tim (Cv=179,2)
1050	936	70	114	106,6	48%	59%
1100	936	70	164	88,5	40%	49%
1200	936	70	264	69,1	31%	39%

Por el otro lado, para subir hasta 100 MMSCFD, que corresponde a la situación de flujo #3, si bajo esa demanda de flujo es posible mantener una presión de entrada en 1200 Psig, la válvula de 4" pudiera considerarse opción válida, si la anterior condición no es posible mantenerla, y la presión de entrada cae por debajo de 1100 Psig, conllevaría a que la válvula NPS 4 trabajase en unos niveles de apertura donde la estabilidad del control de presión, pudiera no corresponder apropiadamente con la tolerancia requerida por el proceso (sin embargo bajo la probabilidad de ocurrencia remota, el cliente pudiera si asumir este riesgo, máxime cuando la filosofía de acción sobre esta válvula considere un control 100% neumático); Ahora bien, si la realidad muestra que ante una demanda de flujo que alcance hasta los 100 MMSCFD, con presiones de entrada que disminuyan por debajo de 1100 psig, lo técnicamente conveniente sería ampliar la capacidad de la válvula instalada, utilizando una válvula tipo globo ET de NPS 6, así:

P _{Entrada}	P _{Reg}	Q	Delta P	Cv proceso	NPS 4 + NXG Tim (Cv=179,2)	NPS 6 + NXG Tim (Cv=315)
1050	936	100	114	152,2	85% *	48%
1100	936	100	164	126,4	71%	40%
1200	936	100	264	98,7	55%	31%

* **Nota:** Los referentes académicos teóricos y las buenas prácticas de selección para una válvula de control lineal recomiendan que los mejores indicadores de desempeño en estabilidad de control del proceso, se logra en el rango de apertura entre el 25% y el 75%; estar por fuera de este rango, pudiere inducir inestabilidades de control por fuera de las tolerancias razonables del proceso.

11. FUENTES Y REFERENCIAS CONSULTADAS

No.	Fuente / referencia
1	IEC 60534-2-1:2011, Industrial-process control valves - Part 2-1: Flow capacity - Sizing equations for fluid flow under installed conditions; incluye Corrigendum 1:2015.
2	IEC 60534-8-3:2010, Industrial-process control valves - Part 8-3: Noise considerations - Control valve aerodynamic noise prediction method.
3	ANSI/ISA-75.01.01, Flow Equations for Sizing Control Valves; armonizada con IEC 60534-2-1.
4	ASME B31.8-2025, Gas Transmission and Distribution Piping Systems.
5	ASME B16.34, Valves - Flanged, Threaded, and Welding End.
6	ASME B36.10M, Welded and Seamless Wrought Steel Pipe.
7	API RP 14E, Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems; utilizada como screening erosional complementario.
8	American Gas Association / ANSI ASC Z380, GPTC Guide for Gas Transmission, Distribution, and Gathering Piping Systems.
9	Baker Hughes, Masoneilan Noise Control Handbook, consideraciones de ruido, velocidad, reductores, soportes y aplicaciones low-noise.
10	Emerson Fisher, Control Valve Sourcebook - Oil & Gas y recursos de control-valve sizing; procedimiento IEC/ISA para fluidos compresibles.
11	Peng, D.-Y. & Robinson, D.B., ecuación de estado Peng-Robinson; utilizada para estimar preliminarmente el factor Z.

Limitación de responsabilidad

Esta memoria corresponde a ingeniería conceptual/básica. Los resultados de Cv, velocidades y ruido son apropiados para preselección, comparación de alternativas y elaboración de requisiciones técnicas, pero no constituyen garantía de capacidad, acústica ni integridad mecánica de un equipo específico. El fabricante seleccionado deberá emitir una hoja de sizing para los nueve puntos, incluyendo Cv requerido, Cv nominal, carrera, FL/FLP, xT/xTP, FP, régimen, Mach, velocidad de salida, ruido y verificación de estabilidad. La ingeniería de detalle deberá completar cálculo de espesor ASME B31.8, esfuerzos/flexibilidad, soportes, protección contra sobrepresión, clasificación de área, materiales y pruebas.

12. CONTROL DE CAMBIOS.

REVISIÓN	FECHA	EMITIDO PARA
Rev A.	07/09/2026	Revisión interna
Rev B.	10/09/2026	Revisión Cliente