



UNLPam
Universidad Nacional de La Pampa



FACULTAD DE
INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO Y DISEÑO FINAL

Título: DISEÑO Y CALCULO DE ESTACIÓN REGULADORA DE PRESIÓN
PARA GAS NATURAL, E.R.P VILLA LOS CÓNDORES

Autor: LEPE, PABLO EZEQUIEL

Grado Académico: INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

Tutor Académico: Ing. SCHPETTER, NICOLÁS

Ciudad de Presentación: GENERAL PICO, LA PAMPA

Año: 2023

Fecha de Aprobación: 08 de septiembre

Tribunal Evaluador: Ing. Amigone Jorge, Ing. Gago Luis, Ing. Vicente Diego.

Sede General Pico, La Pampa.

RESUMEN

El siguiente proyecto tiene como objetivo principal diseñar y calcular la estación reguladora de presión (E.R.P) en el barrio Villa Los Cóndores de la localidad de Esquel provincia de Chubut, para brindar el acceso al servicio de gas natural a los pobladores que actualmente carecen de este servicio esencial, y permitir mejorar la calidad de vida en materia de calefacción y confort.

El proyecto se enfoca en determinar los equipos necesarios para el proceso de filtrado, regulación y medición del gas natural que se distribuirá en Villa Los Cóndores. Además, se verificará que la planta cumpla con los estándares de ruido establecidos por la normativa, y se calculará la protección anticorrosiva necesaria para prevenir daños en las cañerías soterradas.

Para llevar a cabo el proyecto, se realizará un exhaustivo estudio y análisis de la normativa vigente, utilizando normas nacionales e internacionales de diferentes organismos como ENARGAS, Camuzzi Gas del Sur, ASME y ANSI, entre otros.

Con este trabajo se espera brindar una solución efectiva a la falta de acceso al servicio de gas natural en el barrio Villa Los Cóndores, mejorando así la calidad de vida de sus habitantes y cumpliendo con los estándares y regulaciones establecidos por las autoridades competentes.

Palabras claves: Estación reguladora de presión, gas natural, Villa Los Cóndores, diseño y cálculo de equipos, regulación y filtrado, normativa de aplicación.

ABSTRACT

The main objective of the following project is to design and calculate the Pressure Regulating Station (P.R.S) in Villa Los Cóndores neighborhood, located in Esquel, Chubut province, in order to provide access to natural gas service to the residents who currently lack this essential service, and to improve the quality of life in terms of heating and comfort. The project will focus on determining the necessary equipment for the filtering, regulating, and measuring process of the natural gas to be distributed in Villa Los Cóndores. Additionally, it



UNLPam

Universidad Nacional de La Pampa



**FACULTAD DE
INGENIERÍA**

will be verified that the plant complies with the noise standards established by regulations, and the necessary anti-corrosion protection will be calculated to prevent damage to the buried pipelines. To carry out the project, an exhaustive study and analysis of the current regulations will be conducted, using national and international standards from different organizations such as ENARGAS, Camuzzi Gas del Sur, ASME, and ANSI, among others. This work aims to provide an effective solution to the lack of access to natural gas in the Villa Los Cóndores neighborhood, thus improving the quality of life for its residents and complying with the standards and regulations established by the competent authorities.

Key Words: Pressure Regulating Station, natural gas, Villa Los Cóndores, equipment design and calculation, regulation and filtration, applicable regulations.

PROYECTO Y DISEÑO FINAL

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNLPam

“Diseño y Cálculo de la Estación Reguladora de
Presión para Gas Natural, E.R.P Villa Los
Cóndores-Esquel, Chubut”

Autor: Lepe Pablo Ezequiel

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Plan: 2015

Docente Tutor: Ing. Schpetter Nicolás

Fecha: 08 de Mayo de 2023

I. RESUMEN

El presente proyecto final de la carrera Ingeniería Electromecánica se realizó conforme a la Resolución 069/2021 del Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa.

Pretende proporcionar una solución a la necesidad de los pobladores del barrio Villa Los Cóndores de la localidad de Esquel, Chubut, quienes no cuentan con el acceso al servicio esencial de gas natural.

Mediante la instalación de una estación reguladora de presión, se distribuirá gas natural a los vecinos de la zona, proporcionando energía con diversas aplicaciones entre ellos calefacción y uso doméstico.

Se calculará y determinará los equipos necesarios a utilizar en la estación reguladora de presión para asegurar el correcto proceso de filtrado, regulación y medición del gas natural a distribuir en Villa Los Cóndores.

Finalmente se verificará que la planta reguladora cumpla con los estándares de ruido normativo, y se calculará la protección anticorrosiva necesaria para mitigar los fenómenos corrosivos en las cañerías soterradas.

A lo largo del proyecto será necesario el estudio y análisis de la normativa de aplicación vigente. Se utilizará normas nacionales e internacionales de diferentes organismos como por ejemplo ENARGAS, Camuzzi Gas del Sur, ASME, ANSI.



I.	RESUMEN.....	4
II.	INTRODUCCIÓN.....	6
III.	DESARROLLO	9
	MARCO REGULATORIO	9
	CONSIDERACIONES GENERALES	10
	RECORRIDO POR LA E.R.P	10
	CONDICIONES DE OPERACIÓN	14
	DIMENSIONAMIENTO DE CAÑERÍAS	17
	SEPARADOR DE POLVO	26
	CALENTADOR INDIRECTO DE GAS	31
	VÁLVULAS REGULADORAS.....	44
	VÁLVULA DE ALIVIO POR SOBREPRESIÓN.....	49
	EMISIÓN DE RUIDO EN PUENTE DE REGULACIÓN	52
	SISTEMA DE MEDICIÓN	54
	PROTECCIÓN CATÓDICA	57
	ACCESORIOS.....	62
	PINTURA	68
IV.	CONCLUSIONES.....	68
V.	BIBLIOGRAFÍA.....	70
VI.	ANEXOS.....	70

II. INTRODUCCIÓN

Villa Los Cóndores se encuentra dentro del ejido urbano de la localidad de Esquel, Chubut. Está ubicada en una zona de alta vegetación, rodeado de montañas y paisajes con un positivo impacto visual.

Actualmente cuenta con más de 100 habitantes, y es una zona de potencial crecimiento ya que disponen del servicio de energía eléctrica, agua potable y el municipio de Esquel pretende urbanizarlo a través de la pavimentación de sus calles.

Por otra parte, el invierno en la zona puede llegar a ser muy severo, con frecuentes nevadas, altas precipitaciones y temperaturas mínimas promedio de -7 [°C], por lo que la calefacción de los hogares toma una notable relevancia. Actualmente los pobladores emplean como principal método de calefacción, algunos de los mencionados a continuación:

- Combustible forestal o leña: En este caso de árboles de la zona como por ejemplo sauce, maitén, lenga, etc.

El inconveniente con este método es el alto costo del material, de unos \$40.000 mensuales, y el bajo rendimiento. Además, tratándose de una zona con cercanía a reservas naturales, se trata de mantener y cuidar el hábitat, por lo que el talado de árboles es controlado y restringido.

Los habitantes que emplean este método, acopian leña para toda la estación invernal con los cuidados que ello requiere y el potencial peligro de contraer enfermedades de roedores presentes en el lugar, como por ejemplo el hantavirus.

- Energía eléctrica: Según los equipos eléctricos que se utilicen para calefacción, se estima que el costo del servicio es de aproximadamente \$25.000 mensuales, además del precio de adquisición de los propios equipos.

Por otro lado, la Cooperativa 16 de octubre, distribuidora del servicio energético, recientemente informó que no dispone de factibilidad de servicio eléctrico para nuevos usuarios en la zona.

- Gas Licuado de Petróleo (G.L.P.): El acceso a la zona es por calle de tierra, con pendiente ascendente. Durante el periodo invernal, debido a la formación de hielo en la calzada y las condiciones climáticas adversas, el acceso para los camiones con cargas de G.L.P. se vuelve realmente difícil. El costo utilizando este método se estima en más de \$50.000 mensuales, según información suministrada por el distribuidor regional, Coopetel, con base en la localidad de El Bolsón, Rio Negro.

Una ventaja para los usuarios que emplean este sistema, es que podrán utilizar la instalación de la cañería interna, realizando solo el cambio de algunos componentes en los equipos de calefacción para la conversión de gas licuado de petróleo a gas natural.

Se estima que un usuario del lugar podría tener un consumo mensual promedio de gas natural, de 800 [m³] con un costo \$9.000 según el cuadro tarifario de la empresa distribuidora Camuzzi Gas del Sur disponible en la página oficial <https://camuzzigas.com.ar/tarifas-vigentes>.

Por otro parte, el impedimento actual para el acceso al servicio de gas natural, se debe a que las redes de distribución de las localidades próximas como Esquel y Trevelin, se encuentran a 12 km y 10 km del sitio respectivamente y no llegan hasta la zona por la gran extensión que deberían atravesar y la correspondiente caída de presión a la que estarían sometidas.

Por todo lo mencionado, y para mejorar la calidad de vida de los residentes en materia de calefacción y uso doméstico, se decide la construcción de la Estación Reguladora de Presión de gas natural, en adelante “E.R.P Villa Los Cóndores”.

La planta permitirá abastecer del servicio, a 26 familias a corto plazo y se proyecta para 100 usuarios potenciales.

La distribuidora de gas natural, Camuzzi Gas del Sur, será quien apruebe el proyecto constructivo para el desarrollo de la estación reguladora de presión e

inspeccionará la construcción y montaje de la misma, para luego adquirir su operación y mantenimiento.

Camuzzi es la empresa licenciataria del servicio de distribución de gas natural de la región patagónica, siendo necesaria para tal fin, la operación de extensos gasoductos con amplias instalaciones superficiales como estaciones reguladoras de presión, plantas de compresión, trampa de scrapper, etc.

GASODUCTO PATAGÓNICO

Las localidades de Esquel y Trevelin están alimentadas por el gasoducto de nombre “Patagónico” que recorre a la provincia de Chubut, de este a oeste, iniciando en la localidad de Comodoro Rivadavia. Este gasoducto se constituye en cañería de 10 [pulgadas] con material de acero API 5L X52. Debido a la caída de presión que sufre producto del extenso recorrido que atraviesa y los consumos de las localidades que abastece, el Gasoducto Patagónico cuenta con una planta compresora que permite recuperar la presión del sistema y asegurar las condiciones óptimas de caudal y presión a las localidades de Esquel y Trevelin.

En la figura n°1 se observa que el gasoducto Patagónico alimenta la planta reguladora de Esquel 1^{ra} Etapa y a partir de allí, se derivan los ramales de alimentación para las localidades de Esquel y Trevelin. El Ramal a Trevelin está construido en cañería de diámetro 3 [pulgadas] con material acero A.S.T.M. A 53 grado A. Dado que la traza de esta cañería, se sitúa por cercanías del barrio Villa Los Cóndores, se alimentará a la Estación Reguladora de Presión mediante de una derivación de esta cañería.

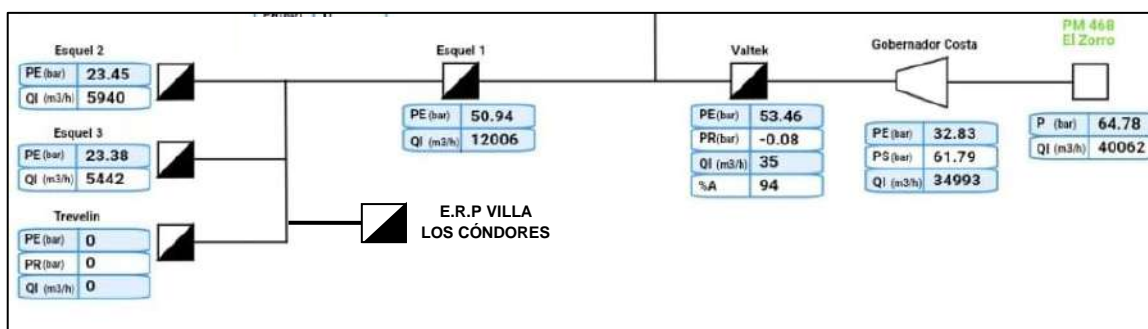


Figura n° 1: Esquema Unifilar Gasoducto Patagónico - Camuzzi Gas del Sur

III. DESARROLLO

La estación reguladora E.R.P Villa Los Cóndores cuenta con equipos de filtrado, regulación y medición de gas natural, todo ensamblado en una única instalación, en lo que se conoce como una “planta paquete”.

Se desarrollan los cálculos y la selección de los equipos necesarios, como por ejemplo filtros, calentador indirecto, válvulas reguladoras, válvula de seguridad por sobrepresión, equipo de medición, etc, junto con el dimensionamiento de las cañerías de entrada y salida de la planta (diámetro, espesor, tipo de cañería) todo bajo el marco de la normativa de aplicación correspondiente.

Además se verificará que los niveles de ruido emitidos por la planta, cumplan con los estándares de calidad exigidos por el ente regulador ENARGAS.

Por último, se determina la protección anticorrosiva de las cañerías soterradas y los tipos de accesorios a utilizar. A lo largo del proyecto, se determinará los cuerpos y espesores de los equipos, mientras que los accesorios y detalles constructivos que fueran necesarios (como manómetros auxiliares, testigos de accionamiento, etc.) quedaran a cargo de los propios fabricantes de los equipos.

MARCO REGULATORIO

El proyecto de diseño y cálculo para la E.R.P Villa Los Cóndores, se realiza conforme a la normativa de aplicación vigente, detallada a continuación:

- **ENARGAS NAG 100:** Normas Argentinas mínimas de seguridad para el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías
- **ENARGAS NAG 148:** Condiciones de seguridad para la ubicación de estaciones de separación y medición, y estaciones reductoras de presión.

Empleada para el dimensionamiento y la selección de equipos y accesorios necesarios utilizados en la E.R.P.

- **Código ASME Sección VIII, División I** - (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)

Utilizada para el análisis y cálculo de recipientes sometidos a presión, en este caso, para el filtro separador de polvo, y válvulas de seguridad.

➤ **Instructivos, Normas y Procedimiento técnicos de la Distribuidora, Camuzzi Gas del Sur.**

Series de especificaciones técnicas de aplicación, exigida por la Distribuidora, para los detalles constructivos de una estación reguladora de presión.

<https://www.camuzzigas.com.ar/proveedores/informacion-para-contratistas>

- **API 12 K:** Especificación para calentador de tipo indirecto API (Instituto Americano de Petróleo)
- Como norma de consulta se utiliza ENARGAS, NAG 201: Disposiciones, normas y recomendaciones para uso de gas natural en instalaciones industriales.

El Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS) es un organismo autárquico creado mediante la Ley N.º 24.076 en el año 1992. Se encuentra en el ámbito de la Secretaría de Energía del Ministerio de Economía de la Nación, y cumple con las funciones de regulación, control, fiscalización y resolución de controversias, que le son inherentes en relación con el servicio público de transporte y distribución de gas de la República Argentina. ¹

CONSIDERACIONES GENERALES

RECORRIDO POR LA E.R.P

El gas natural de la E.R.P Villa Los Cóndores, se recibe desde el Gasoducto Patagónico, a partir de una derivación del ramal de alimentación a la localidad de Trevelin. Se transporta con una presión máxima de 34 [kg/cm²] y luego en la estación reguladora se reduce y regula a una presión de hasta 4 [kg/cm²] para su posterior distribución y consumo.

¹ <https://www.enargas.gob.ar/secciones/institucional>

Al ingresar a la E.R.P Villa Los Cóndores, el gas natural atraviesa un filtro separador de polvo (3) para evitar que partículas con determinados tamaños, lleguen a los internos de las válvulas reguladoras (7) y equipos sensibles instalados aguas abajo. Luego el fluido circula por un serpentín de un equipo calentador indirecto (5), donde el gas incrementa su temperatura para evitar luego, en el salto de regulación de presión, la formación de hidratos que congelen las válvulas reguladoras y sus señales de comandos. Estos hidratos pueden dificultar e incluso bloquear el accionamiento de las válvulas reguladoras, provocando la interrupción del servicio de distribución de gas natural.

Continuando con el recorrido, el gas natural se dirige hacia la entrada del puente de regulación. La E.R.P contará con dos ramales de regulación, uno principal y otro secundario, seteados con valores diferentes de presión para asegurar la continuidad del servicio ante fluctuaciones o desperfectos. Estos ramales se conforman con válvulas de bloqueo de entrada y salida (6), la válvula reguladora (7) donde se produce la reducción y regulación del gas natural, y la válvula de seguridad por sobrepresión (9).

Luego de reducir y regular la presión, el gas se dirige hacia el puente de medición. Aquí se registra el volumen de gas desplazado a partir de un medidor o caudalímetro (13) instalado en conjunto con una unidad correctora. Previo al medidor, el gas atraviesa un filtro FM (12) capaz de retener partículas de menor micraje, necesario para proteger los mecanismos internos del caudalímetro.

La unidad correctora a utilizar será el modelo Corus PTZ del fabricante Actaris. Se trata de un equipo electrónico que trabaja en conjunto con el medidor y permite convertir el volumen de gas contabilizado, a valores con condiciones normales de presión y temperatura (15 [°C] y 1,033 [kg/cm²]). Para registrar estas variables se emplean un sensor de temperatura tipo PT1000 y una sonda de presión, del tipo piezo-resistiva.

En conformidad con los estándares de calidad normativos y como medida de seguridad, es necesario odorizar el gas natural antes de su distribución para el consumo industrial y residencial. En este caso, el gas de alimentación a la

E.R.P Villa Los Cóndores se encuentra odorizado desde el punto de inyección en la E.R.P Esquel 1º Etapa.

El proceso de odorización del gas natural se realiza para la identificación de posibles pérdidas o fugas y consiste en utilizar un equipo de inyección automático, que pulveriza un compuesto sulfurado de manera proporcional al caudal de gas desplazado. El compuesto que se utiliza recibe el nombre de metil-mercaptano.

Concluida la etapa de regulación y medición, el gas natural se dirige hacia la válvula de salida (14) para su distribución en redes de polietileno que llegan hasta los puntos de consumos residenciales e industriales.

A continuación se determinará las condiciones de operación de la Estación Reguladora de Presión Villa Los Cóndores, con los equipos y accesorios necesarios para su operación y mantenimiento.

LAY-OUT ESTACIÓN REGULADORA DE PRESIÓN, VILLA LOS CÓNDORES

De acuerdo a lo detallado en el recorrido por la Estación Reguladora de Presión, E.R.P Villa Los Cóndores, se presentan en la figura n° 2, la ubicación de los principales equipos y componentes que conforman la planta.

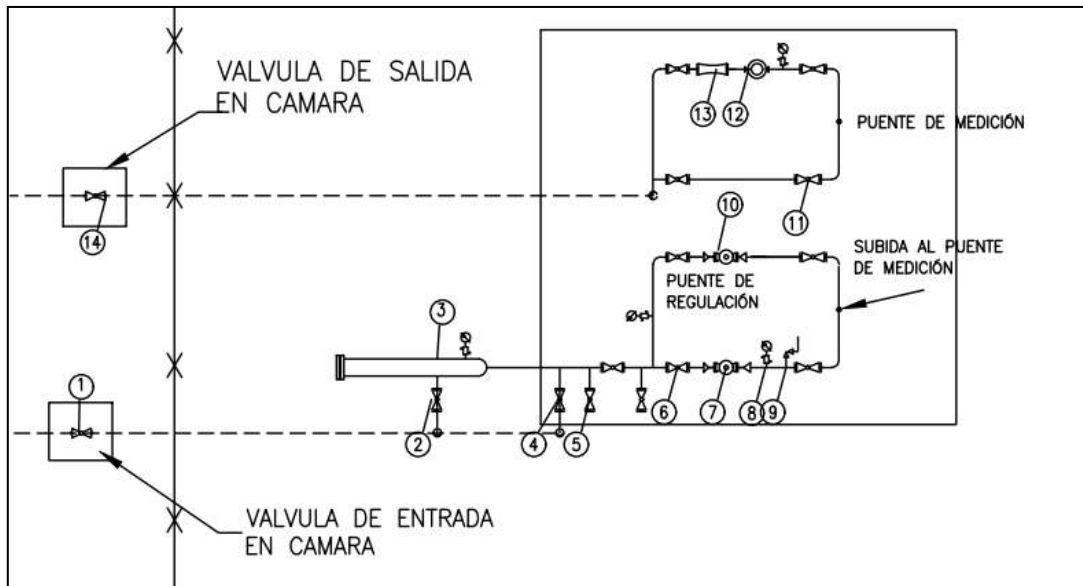


Figura n° 2: Esquema E.R.P Villa Los Cóndores

POS	CANT	DENOMINACION
1	1	VALVULA BLOQUEO ESFERICA ENTRADA E.R.P
2	1	VALVULA DE BLOQUEO ENTRADA SEPARADOR DE POLVO
3	1	SEPARADOR DE POLVO
4	1	VALVULA DE BLOQUEO - BY PASS SEPARADOR DE POLVO
5	2	VALVULA DE BLOQUEO ENT/SAL CALENTADOR INDIRECTO
6	4	VALVULA DE BLOQUEO PUENTE REGULACIÓN
7	1	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN-PUENTE PRINCIPAL
8	4	MANOMETRO DIFERENCIAL DE PRESIÓN
9	1	VALV. DE SEGURIDAD POR ALVIO ANTE SOBREPRESIÓN
10	1	VÁLVULA REGULADORA DE PRESION. PUENTE RESERVA
11	4	VALVULA BLOQUEO ESFERICA PUENTE MEDICIÓN
12	1	FILTRO FM PARA MEDIDOR
13	1	MEDIDOR A TURBINA PARA 150 SM3/H
14	1	VALVULA BLOQUEO ESFERICA SALIDA E.R.P

Tabla n° 1: Equipos y accesorios E.R.P Villa Los Cóndores

CONDICIONES DE OPERACIÓN

La localidad de Esquel cuenta con 13.600 usuarios, con un consumo horario per cápita de 1,35 [m³/h], mientras que Trevelin con 3.600 usuarios mantiene un consumo horario per cápita de 1,5 [m³/h].

De acuerdo a las condiciones climáticas desfavorables se supone al consumo per cápita en Villa Los Cóndores mayor que en la localidad de Esquel.

Se estima proporcionar a corto plazo de gas natural a mas de 20 futuros usuarios, por lo que el caudal mínimo de la planta deberá ser de 40 [m³/h], con un consumo per cápita de 1.5 [m³/h]

Ahora bien, suponiendo un consumo estimado por usuario de 800 [m³] mensuales y 100 futuros usuarios a incorporar en un plazo de 10 años, la planta se proyecta para un caudal horario máximo de 150 [m³/h].

En la tabla n° 2 se detallan los usuarios de las localidades de Esquel y Trevelin durante el periodo marzo del año 2023, obtenidos a partir de datos proporcionados por la Distribuidora.

UNIDAD DE NEGOCIOS ANDINA														
ESTADISTICA DE USUARIOS														
CENTRO OPERATIVO ESQUEL										MES: mar-23				
										1	2	3	4	5
ORD	MES	U.O.	LOCALIDAD	COD	AÑO	R	J	SC	P	OF	CORT.	USUARIOS TOTAL		
9200-0	mar-23	21	Esquel	110	2023	12.173	-	17	1.265	221	388	13.676		
9203-0	mar-23	21	Trevelin	46	2023	3.107	-	1	363	73	99	3.544		

Tabla n° 2: Usuarios de las localidades de Esquel y Trevelin.

La máxima presión de entrada a la E.R.P Villa Los Cóndores está determinada por la máxima presión de operación (M.A.P.O) del ramal de alimentación a Trevelin. Esta presión está dada por las características técnicas-constructivas del material y cañería utilizada

La figura n°3 es un extracto de la base unificada de información (B.U.D.I) de la Distribuidora, Camuzzi Gas del Sur, donde se pueden observar las principales características de la cañería, como la M.A.P.O de 34 [kg/cm²], año de habilitación, longitud, diámetro, espesor, revestimiento y sistema de protección catódica.

La presión mínima de alimentación, está determinada por la mínima necesaria en la E.R.P Trevelin para asegurar la continuidad del servicio de gas natural.

Durante el invierno del año 2022, con nevadas extremas en toda la región, la distribuidora afrontó picos de consumos que disminuían considerablemente la presión de alimentación a la localidad de Trevelin, poniendo en peligro la continuidad del servicio. Según datos proporcionados por la Distribuidora, el valor mínimo de presión registrado en la E.R.P Esquel 1° etapa para poder alimentar a la E.R.P Trevelin con los consumos máximos, fue de 27 [kg/cm²].

A partir de esa información, la mínima presión de alimentación a la E.R.P Villa Los Cóndores será de 25 [kg/cm²] de acuerdo con la figura n° 4.

En tanto que la presión de distribución a partir de la E.R.P Villa Los Cóndores será de 4 [kg/cm²].

Por lo tanto, con los datos relevados, las condiciones de operación de la E.R.P Villa Los Cóndores serán las siguientes:

Presión de Entrada mínima ($P_{1\text{min.}}$): 25 [kg/cm²]

Presión de Entrada máxima ($P_{1\text{máx.}}$): 34 [kg/cm²]

Caudal Máximo ($Q_{\text{máx.}}$): 150 [m³/h]

Caudal Mínimo ($Q_{\text{min.}}$): 40 [m³/h]

Presión regulada (P_2): 4 [kg/cm²]

En adelante, para el cálculo y dimensionamiento de equipos, se empleará la condición crítica de la E.R.P, es decir aquella operación que requiera suministrar el caudal máximo ($Q_{\text{máx.}}$) con la mínima presión de entrada a la E.R.P ($P_{1\text{min.}}$)



ATRIBUTOS DE LA CAÑERÍA - GENERALES Prog. Desde: 0.00 Prog. Hasta: 24,664.00 **Buscar** Ubicación Técnica de SAP padre:

Compañía	Unidad de Negocio	Centro Operativo	Centro de Gestion	Provincia	Localidad
Camuzzi Gas del Sur	Andina	Andina	ANDINA-ESQUEL	Chubut	Trevelin

Longitud (m)	Tipo Cañería	Prog. Inicial (m)	Prog. Final (m)	Ø(")	e(mm)	Norma	MAPO(kg/cm)	P_Oper(Kg/c)	T_circ MAPO(Kg/cn)	TFME	%TFME Mapo	Tipo
24,664.00 AC	Ramal	0.00	24,664.00	3" (88.9 mm)	3.6	ASTM-A53-G ^A	34	34	419.81	2,110.00	19.90	LD

Clase de Trazado	Factor de Diseño (F)	Presión de Diseño (bar)	Prueba Hidráulica (bar)	Fabricante	Tapada (m)	Fecha de Habilitación	Tensión Circunferencial Operación	% TFME Operación
1						01/01/1994	419.81	19.90

PROTECCION CATODICA

Superficie Total (m2)	Superficie Protegida (m2)	Criterio	Estado del Revestimiento	Cantidad TR	Densidad de corriente (mA/m2)	Revestimiento	Sistema de Protección	Tipo de Medición	Tratamiento Diferencial	Vinculación IRF
6,888.35	6,888.35	850 OFF	Desconocido	0	0.00	G1-PE extruido bicapa c/adhesivo blando tipo mastic	Impresa		Sin Tratamiento	

Figura n° 3: Características técnicas del ramal de alimentación a la E.R.P Trevelin – BUDI Camuzzi Gas del Sur

CÁLCULO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN EN UN GASODUCTO (Fórmula Ing. Barbatto)

P2	25.1	Presión final absoluta en Kg/cm2	
P1	26.9	Presión inicial absoluta en Kg/cm2	
Q	98.000	Caudal transportado en m3/día	4.900
E	0.9	Rendimiento de la cañería	Caudal transportado en m3/hora
To	288	Temperatura base en °K (273 +15°C)	
Po	1,033	Presión de base (atmosférica) en Kg/cm2	
D	7.7	Diámetro interno de la cañería en cm	
Z	1,03	Factor de supercompresibilidad en función de Pm, T y G	
T	288	Temperatura del gas en la cañería en °K	
L	1	Longitud de la cañería en Km	
G	0.63	Densidad relativa del gas (aire = 1)	

Figura n° 4: Mínima presión de entrada a E.R.P Villa Los Cóndores, según fórmula de Camuzzi Gas del Sur

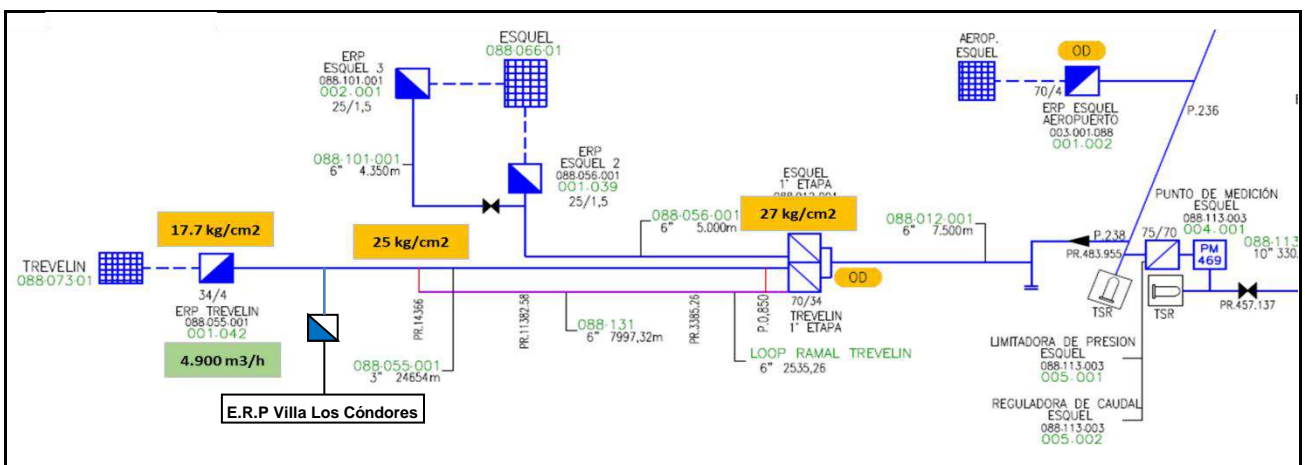


Figura n° 5: Valores de presión mínima de operación en ERP's.

DIMENSIONAMIENTO DE CAÑERÍAS

Según la figura nº 6, la unión entre cañerías y accesorios de acero deberá realizarse de manera soldada si se tratara de diámetro mayor o igual a 2 [pulgadas], con los correspondientes procedimientos de calificación de soldadura (PCS), registro de procedimiento de soldadura (RPS), calificación de soldador (RCS) y ensayos no destructivos (E.N.D) debidamente aprobados, de acuerdo a la norma internacional API 1104 o ASME IX última revisión.

TIPO DE UNION PARA CAÑERIAS AEREAS Gráfico N° 1

Kg/cm ² M. φ mm (")	0,020	0,160	0,800	2,00	< 5,00	> 5,00
	13 (1/2)	SE ADMITEN UNIONES ROSCADAS				
19 (3/4)						
25 (1)						
32 (1 1/4)						
38 (1 1/2)						
51 (2)						
63 (2 1/2)						
76 (3)						
102 (4)						
156 (6)						UNIONES SOLDADAS

Figura nº 6: Tipo de uniones de cañerías- NAG 201

Se calculará el diámetro y espesor de las cañerías de entrada y salida a la planta, y se verificarán las velocidades del fluido en su recorrido.

Para determinar el diámetro de la cañería de entrada a la E.R.P Villa Los Cóndores, se aplica la fórmula de Weymouth para gas natural a alta presión, y para la cañería de salida de la planta se utiliza la fórmula de Renouard para media y alta presión.

Se verificará que durante todo el recorrido en las instalaciones, el fluido circule con una velocidad menor a 40 [m/s], de acuerdo a lo exigido por la norma Enargas-NAG 148.

Por recomendación de la Distribuidora se tomará como valor máximo de velocidad del fluido 20 [m/s], con resultados satisfactorios en emisiones de ruido y vibraciones sobre las cañerías que circula.

CAÑERÍA DE ENTRADA A LA E.R.P

Se propone inicialmente un diámetro a utilizar y un coeficiente de eficiencia (E) unitario, y se verifica que la capacidad de transporte sea mayor al caudal diario requerido, luego simplemente se ajusta el valor de caudal real de acuerdo a la corrección del coeficiente de eficiencia E.

Fórmula de Weymouth, para alta presión:

$$Q = C * K * E * \sqrt{\frac{P1^2 - P2^2}{L}}$$

Donde:

Caudal diario (Q): [m³/día]

C: Constante de Weymouth

D: Diámetro de cañería [cm]

K: factor de súper compresibilidad

E: Coeficiente de eficiencia

P1: Presión absoluta inicial del tramo [kg/cm²]

P2: Presión absoluta final del tramo [kg/cm²]

L: Longitud del tramo [km]



Nominal Pipe Size		Outside Diameter (mm)	Nominal Wall Thickness Schedule														
NPS	DN		SCH 5s	SCH 10s	SCH 10	SCH 20	SCH 30	SCH 40s	SCH STD	SCH 40	SCH 60	SCH 80s	SCH XS	SCH 80	SCH 100	SCH 120	SCH 140
1/8	6	10.3		1.24				1.73	1.73	1.73		2.41	2.41	2.41			
1/4	8	13.7		1.65				2.24	2.24	2.24		3.02	3.02	3.02			
3/8	10	17.1		1.65				2.31	2.31	2.31		3.20	3.20	3.20			
1/2	15	21.3	1.65	2.11				2.77	2.77	2.77		3.73	3.73	3.73			
3/4	20	26.7	1.65	2.11				2.87	2.87	2.87		3.91	3.91	3.91			
1	25	33.4	1.65	2.77				3.38	3.38	3.38		4.55	4.55	4.55			
1 1/4	32	42.2	1.65	2.77				3.56	3.56	3.56		4.85	4.85	4.85			
1 1/2	40	48.3	1.65	2.77				3.68	3.68	3.68		5.08	5.08	5.08			
2	50	60.3	1.65	2.77				3.91	3.91	3.91		5.54	5.54	5.54			

Tabla n° 3: Dimensiones normalizadas de cañería de acero - catálogo Octal Steel ²

VALORES DEL COEFICIENTE K	
Presión inicial kg/cm ²	Coficiente K
5 a 10	1,01
10 a 20	1,02
20 a 25	1,03

Tabla n° 4: Dossier Instalaciones Industriales- Facultad de Ingeniería UNLPam

El punto de conexión al ramal de Trevelin para la alimentación de la E.R.P Villa Los Cóndores se encuentra aproximadamente a 400 [m] de la zona de implantación de la planta, donde finaliza el loop o refuerzo de ramal que se observa en el gráfico n° 5 (progresiva de gasoducto Pk 14+366)

Suponiendo en primera instancia, una cañería con diámetro de 1 ½ [pulgadas], schedule 80 (espesor 5.08 mm), una caída de presión máxima admisible de 1% y el coeficiente de eficiencia (E) de valor unitario, se obtiene lo siguiente:

L: 0.44 [km] (con un 10% adicional por pérdida de carga en accesorios)

² [Find out Steel Pipe Dimensions & Sizes \(Schedule 40, 80 Pipe Means\) \(octalsteel.com\)](http://octalsteel.com)

Valores de presión absoluta:

P1: 26 [kg/cm²]

P2: 25.74 [kg/cm²]

Di (1 1/2"): 48.3 [mm]

$$D = Di - 2 * e$$

$$D = 48.3[mm] - 2 * 5.08[mm] = 38,14 [mm]$$

$$C = 36,28 * \sqrt[3]{(D[cm])^8}$$

$$C = 36,28 * \sqrt[3]{3,81^8} = 1288,40$$

$$Q = C * K * E * \sqrt{\frac{P1^2 - P2^2}{L}}$$

$$Q = 1288,40 * 1.03 * 1 * \sqrt{\frac{(26[\frac{kg}{cm^2}])^2 - (25.74[\frac{kg}{cm^2}])^2}{0.44 [km]}}$$

$$Q_{max \text{ de transporte}} = 7337,72 [\frac{m^3}{dia}]$$

$$Q_{m\acute{a}x. requerido} = 150 [\frac{m^3}{h}] * 24 [h] = 3600 [\frac{m^3}{dia}]$$

$$Q_{m\acute{a}x. requerido} < Q_{m\acute{a}x \text{ de transporte}}$$



Caudal en m³/día

Diámetro Pulg.	500.000	300.000	200.000	120.000	80.000	50.000	30.000	20.000	12.000	8.000	5.000	3.000	2.000	1.2
3/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,1	1,10	1,06	1,02	0,95
1	—	—	—	—	—	—	—	—	1,15	1,10	1,05	1,03	0,99	0,92
1 1/2	—	—	—	—	1,22	1,19	1,15	1,11	1,06	1,0	0,96	0,90	—	—
2	—	—	1,22	1,20	1,17	1,13	1,09	1,03	1,01	0,98	0,90	—	—	—
3	—	1,17	1,16	1,14	1,09	1,02	0,97	0,95	0,90	0,85	0,80	—	—	—
4	1,13	1,11	1,10	1,05	1,01	0,96	0,92	0,90	0,82	—	—	—	—	—
6	1,06	1,02	0,98	0,94	0,88	0,86	0,84	0,78	—	—	—	—	—	—
8	1,01	0,96	0,92	0,88	0,84	0,82	0,79	0,72	—	—	—	—	—	—
10	0,94	0,93	0,87	0,84	0,81	0,79	0,72	—	—	—	—	—	—	—
12	0,90	0,87	0,81	0,80	0,78	0,73	—	—	—	—	—	—	—	—

E es un coeficiente que multiplicado por el caudal hallado en la fórmula de Weymouth nos da el caudal real. Para encontrarlo entremos con los valores del diámetro y el caudal dado por la fórmula si suponemos E = 1. (Informaciones Técnicas de Gas del Estado).

Tabla n° 5: Coeficiente de Eficiencia E-Dossier Instalaciones Industriales

Realizando interpolación lineal, se determina el coeficiente de eficiencia con un valor de E: 0.91 y se ajusta el valor de la capacidad de transporte para el diámetro de la cañería seleccionada.

$$Q = 1288,40 * 1.03 * 0.91 * \sqrt{\frac{(26[\frac{kg}{cm^2}])^2 - (25.74[\frac{kg}{cm^2}])^2}{0.44 [km]}}$$

$$Q \text{ máx. de transporte} = 6677,33 \left[\frac{m^3}{día} \right]$$

Verificación de velocidad:

$$V = \frac{365.35 * Q}{D^2 * P2}$$

$$V = \frac{365.35 * 150 \left[\frac{m^3}{h} \right]}{(38.14 [mm])^2 * 25.74 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]}$$

$$V = 1,46 \left[\frac{m}{s} \right]$$

El diámetro analizado cumple con las condiciones máximas de operación, pero por exigencia de la Distribuidora el diámetro mínimo aceptable al vincularse a

un ramal de alimentación, debe ser como mínimo de 2 [pulgadas] Schedule 80, previendo la alimentación para una planta con mayor capacidad y con fines prácticos para los trabajos de soldadura en el empalme de derivación del ramal.

CAÑERÍA DE SALIDA DE LA E.R.P

Con una caída de presión máxima admisible de 1% y una extensión de 50 metros, se determinará la sección mínima de la cañería de salida de la E.R.P

Fórmula de Renouard para media y alta presión:

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{48,6 * s * L * Q^{1.82}}{P1^2 - P2^2}}$$

Donde:

S: Densidad del gas natural (0.6)

L: longitud del tramo, con 10% adicional por pérdida de carga. 55 [m]

Q: Caudal [m³/h]

P1: Presión absoluta de salida [kg/cm²]. (Presión absoluta regulada)

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{48,6 * 0.6 * 55 [m] * (150[\frac{m^3}{h}])^{1.82}}{(5[\frac{kg}{cm^2}])^2 - (4,975[\frac{kg}{cm^2}])^2}}$$

$$D = 40,90 [mm]$$

Para cumplir con el cálculo de alta y media presión, la cañería de salida a la E.R.P deberá ser de un diámetro interior mayor a 40,90 [mm].

En línea con la entrada a la planta, se selecciona cañería de diámetro nominal 2 [pulgadas] Schedule 80, de manera de mantener el mismo diámetro en las instalaciones de la E.R.P.

Verificación de la velocidad del fluido en cañería de salida

$$V = \frac{365.35 * Q}{D^2 * P2}$$

$$V = \frac{365,35 * 150 \left[\frac{m^3}{h}\right]}{(49,22 [mm])^2 * 4,975 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]}$$

$$V = 4,54 \left[\frac{m}{s}\right]$$

VERIFICACIÓN DE ESPESOR DE CAÑERÍA

Para el análisis del espesor de cañería se aplica la norma ENARGAS NAG 100 con sus correspondientes secciones.

De la sección 105, se aplica la fórmula para el espesor de la cañería de acero

$$t = \frac{P * d}{2 * S * F * E * T}$$

Siendo:

t: Espesor nominal de pared de la cañería [mm]

P: Presión de operación [kg/cm²]

d: Diámetro exterior de la cañería [mm]

S: Tensión de fluencia de acuerdo con la sección 107 NAG-100 [kg/cm²]

F: Factor de diseño de acuerdo con la sección 111 NAG-100.

E: Factor de junta longitudinal de acuerdo con la sección 113 NAG-100.

T: Factor de temperatura de acuerdo con la sección 115 NAG-100.

El material de la cañería a utilizar, será API 5L X42 de acuerdo con la especificación técnica SCE-IN-501-0001 de la Distribuidora.

<https://www.camuzzigas.com.ar/proveedores/informacion-para-contratistas>



ESPECIFICACION	GRADO	TIPO	TFME (psi)
API 5 L	A25	BW,EW,S	25.000
API 5 L	A	EW,GMAW,S,SAW	30.000
API 5 L	B	EW,GMAW,S,SAW	35.000
API 5 L	X42	EW,GMAW,S,SAW	42.000
API 5 L	X46	EW,GMAW,S,SAW	46.000
API 5 L	X52	EW,GMAW,S,SAW	52.000
API 5 L	X56	EW,GMAW,S,SAW	56.000
API 5 L	X60	EW,GMAW,S,SAW	60.000
API 5 L	X65	EW,GMAW,S,SAW	65.000
API 5 L	X70	EW,GMAW,S,SAW	70.000
API 5 L	X80	EW,GMAW,S,SAW	80.000
ASTM A 53	Hornos Siemens Martin, eléctrico, básico con oxígeno	BW	25.000
ASTM A 53	Convertidor Bessemer	BW	30.000
ASTM A 53	A	ERW,S	30.000
ASTM A 53	B	ERW,S	35.000
ASTM A 106	A	S	30.000
ASTM A 106	B	S	35.000
ASTM A 106	C	S	40.000
ASTM A 135	A	ERW	30.000
ASTM A 135	B	ERW	35.000
ASTM A 139	A	EFW	30.000
ASTM A 139	B	EFW	35.000
ASTM A 381	Clase Y 35	DSA	35.000
ASTM A 381	Clase Y 42	DSA	42.000
ASTM A 381	Clase Y 46	DSA	46.000
ASTM A 381	Clase Y 48	DSA	48.000
ASTM A 381	Clase Y 50	DSA	50.000
ASTM A 381	Clase Y 52	DSA	52.000
ASTM A 381	Clase Y 56	DSA	56.000
ASTM A 381	Clase Y 6<)	DSA	60.000
ASTM A 381	Clase Y 65	DSA	65.000
ASTM A 134	-	EFW	(1)
ASTM A 155	-	EFW	(1)
ASTM A 333	1	S,ERW	30.000
ASTM A 333	3	S,ERW	36.000
ASTM A 333	4	S	35.000
ASTM A 333	6	S,ERW	35.000
ASTM A 333	7	S,ERW	35.000
ASTM A 333	8	S,ERW	75.000
ASTM A 333	9	S,ERW	46.000
ASTM A 359	-	ERW	35.000

Tabla n° 6: Tabla de Tensión de Fluencia, S. - Apéndice G2 NAG 100

La determinación del factor de diseño será de acuerdo a la clasificación de la clase de trazado según la sección n°5 – NAG 100.

El factor de diseño a utilizar (F) será de 0.6, ya que se trata de una clase de trazado 1 con cruce, sin caño camisa, de la servidumbre de un camino público.



ESPECIFICACION	CLASE DE CAÑO	FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL (E)
IRAM-IAS U500-2613 (*)	Sin costura	1,00
	Soldado por resistencia eléctrica	1,00
	Soldado a tope en horno	0,60
ASTM A 106	Sin costura	1,00
ASTM A 333	Sin costura	1,00
ASTM A 381	Soldado eléctricamente	1,00
	Soldado por doble arco sumergido	1,00
ASTM A 671	Soldado por fusión eléctrica	1,00
ASTM A 672	Soldado por fusión eléctrica	1,00
ASTM A 691	Soldado por fusión eléctrica	1,00
API 5L	Sin costura	1,00
	Soldado por resistencia eléctrica	1,00
	Soldado por destello eléctrico	1,00
OTROS	Soldado a tope en horno	0,60
	Caño mayor de 101 mm.	0,80
OTROS	Caño de 101 mm. o menor	0,60

Tabla n° 7: Factor de junta longitudinal, E - Sección 113 NAG-100

TEMPERATURA DEL GAS EN		FACTOR DE REDUCCION POR TEMPERATURA (T)
°C	°F	
121 o menos	250 o menos	1,00
149	300	0,967
177	350	0,933
204	400	0,900
232	450	0,807

Tabla n° 8: Factor de temperatura, T - Sección 115 NAG-100

Con los datos de las cañerías de entrada y salida a la E.R.P se verifica el espesor de las mismas.

$$t \text{ cañeria de entrada} = \frac{34 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 60,30 [mm]}{2 * 2952,89 [kg/cm^2] * 0,6 * 1 * 1}$$

$$t \text{ cañeria de entrada} = 0,57 [mm]$$

$$t \text{ cañeria de salida} = \frac{4 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 60.3 [mm]}{2 * 2952,89 [kg/cm^2] * 0,6 * 1 * 1}$$

$$t \text{ cañeria de salida} = 0,06 [mm]$$

Por lo tanto para toda la cañería de la E.R.P Villa Los Cóndores, se utilizará material API 5L X42, con diámetro nominal de 2 [pulgadas], espesor Schedule 80 (5,54 mm), que satisfacen los requerimientos de dimensionamiento, espesor y velocidad de fluido.

El resultado de la baja velocidad del fluido, se debe al sobredimensionamiento de la cañería, lo cual conlleva un incremento en los costos del material. Con estas dimensiones se logra disponer de un line pack o pulmón de recuperación mayor para las situaciones de demanda con mayor consumo aunque con una velocidad de recuperación menor.

SEPARADOR DE POLVO

Para una estación reguladora de presión de gas natural, se debe decidir si se emplea un separador de polvo, o un separador de polvo y líquido, con el fin de proteger los equipos de regulación y medición aguas abajo y garantizar el suministro de un fluido limpio, con estándares de calidad satisfactorios.

Los criterios que se siguen para la selección de este equipo dependen de la calidad con la que el fluido ingrese a la planta.

En este caso, el gas proviene desde la E.R.P de 1^{ra} etapa en Esquel, donde se lleva a cabo un filtrado previo de las partículas de polvo y líquido provenientes del gasoducto Patagónico.

Luego de la válvula de entrada a la E.R.P Villa Los Cóndores, se instala un filtro de polvo de manera horizontal capaz de retener, en el cartucho interno de fibra de vidrio, partículas de más de 80 micrones, mientras que en la rama de medición se instala un filtro FM para retener partículas aun de menor tamaño.

Este tipo de configuración de plantas, es el más utilizado en líneas de distribución, donde se dispone de una E.R.P de 1^{ra} etapa que recibe el fluido desde el gasoducto de alimentación, y se realiza el filtrado y regulación inicial. Luego, en las plantas de 2^{da} etapa se lleva a cabo el filtrado de polvo y el salto de regulación final para la distribución de gas natural en redes por lo general de polietileno, en condiciones seguras y con estándares de calidad adecuados para consumos residenciales e industriales.

La selección del filtro separador de polvo se determina a partir de las curvas características, utilizando como datos la presión mínima y caudal máximo que recibirá el equipo.

Presión min: 25 [kg/cm²]

Caudal máx.: 150 [m³/h]

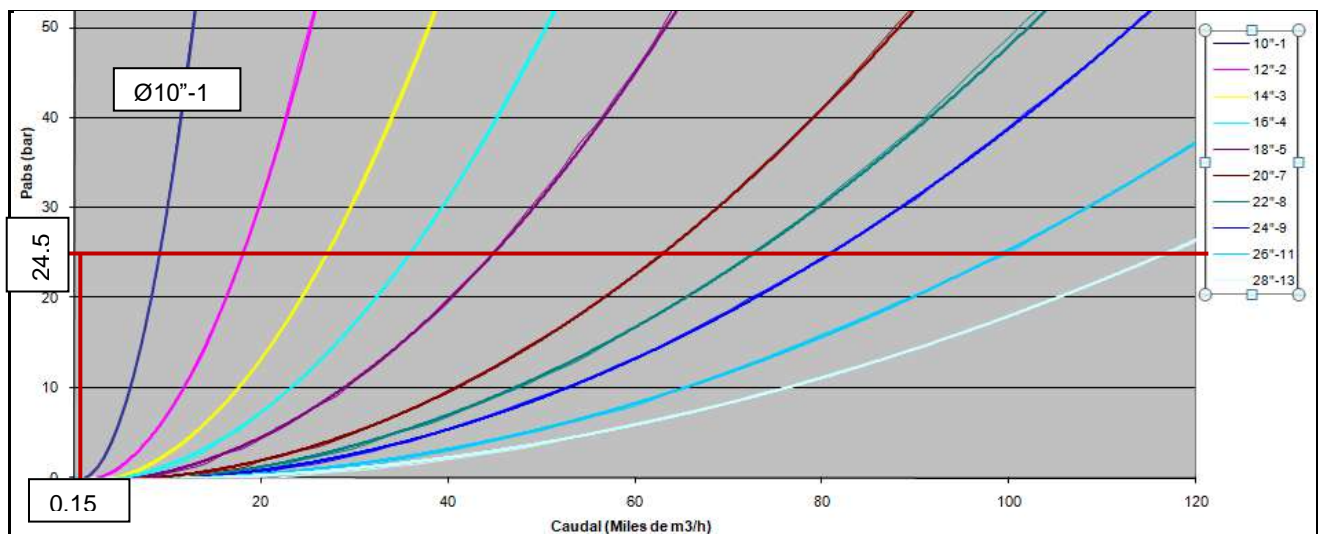


Gráfico n° 7: Gráfico de separador de polvo- Distribuidora Camuzzi Gas del Sur

Del gráfico n°7 se determina un filtro con cuerpo de 10 [pulgadas] y una unidad filtrante³.

Luego se determina la resistencia mecánica necesaria del cuerpo envolvente del equipo, siguiendo los lineamientos de diseño de la norma internacional ASME Sección VIII división I.

La parte UG-27 de la norma establece que para la determinación del espesor de un cuerpo cilíndrico sometido a presión interna, se debe analizar el espesor mínimo requerido debido a los esfuerzos circunferenciales y los esfuerzos longitudinales, de modo que la tensión normal máxima no exceda la tensión admisible del material

Si el espesor propuesto inicialmente para el equipo es mayor al determinado por los esfuerzos mencionados, entonces el dimensionamiento será correcto.

³ Cartucho de fibra de vidrio de boro silicato, instalado en el interior del separador de polvo

Cabe mencionar que al espesor mínimo determinado se deberá sumarle el espesor por corrosión definido en 1.6 mm de acuerdo a la norma ASME Sección VIII.

Ahora, considerando como material de construcción para el filtro, acero A.S.T.M. A 105 Gr. B, y un espesor Schedule 80 (15.09 mm), con diámetro exterior del cuerpo de 273,1 [mm], la tensión admisible del material se extrae del código ASME Sección II, parte D, de acuerdo a la temperatura máxima de operación, la cual será menor a 40 [°C].

Allowable Stress (MPa), ASME Section II, Part D, Table 5A - SI Units

Spec. No.	Type/ Grade	Alloy Desig./ UNS No.	Class/ Cond./ Temper	Size/ Thickness (mm)	P-No.	Group No.	Min. Tensile Strength (MPa)	Min. Yield Strength (MPa)	External Pressure Chart No.	Maximum Use Temperature	Notes	<40C
SA-105	...	K03504			1	2	485	250	CS-2	538	G13, G15, T3	165

Tabla n° 9: Tensión admisible - ASME Sección II Parte D

$$S = 165 \text{ [MPa]} = 1682 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Esfuerzo Circunferencial

$$tm = \frac{P * R}{S * E - 0.6P}$$

$$tm = \frac{34 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] * 121,46[\text{mm}]}{1682 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] * 1 - 0.6 * 34 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]} = 2,48 \text{ [mm]}$$

Esfuerzo Longitudinal

$$tm = \frac{P * R}{2 * S * E - 0.4 * P}$$

$$tm = \frac{34 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] * 121,46[\text{mm}]}{2 * 1682 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] * 1 - 0.4 * 34 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]} = 1,23 \text{ [mm]}$$

Siendo

t_m : Espesor del equipo [mm]

P: Presión máxima de operación [kg/cm²]

R: Radio interno del equipo [mm]

S: Tensión admisible del material [kg/cm²]

E: Eficiencia de junta (Ver ASME Sección VIII, Div. I parte UW-12-Recipientes soldados)

El espesor del cabezal semielíptico del filtro se determina según la parte UG-23 de la norma ASME Sección VIII División I.

$$t_m = \frac{P * D}{2 * S * E - 0.2 * P}$$

$$t_m = \frac{34 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 242.92 [mm]}{2 * 1682 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 1 - 0.2 * 34 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]}$$

$$t_m = 2.45 [mm]$$

Luego sumando el sobre espesor por corrosión al mayor de los espesores determinados por los esfuerzos analizados, el espesor mínimo para el cuerpo del filtro será:

$$t_m = t_{max.} + t_{corrosion} [mm]$$

$$t_m = 2,48 [mm] + 1,6 [mm]$$

$$t_m = 4.08 [mm]$$

En conclusión, el espesor adoptado inicialmente para los cálculos efectuados, Schedule 80 (15.09 mm), satisface las condiciones máximas de operación.

Por lo tanto, el filtro a emplear será de 10 [pulgadas], con 1 elemento filtrante, material A.S.T.M. A 105 Gr. B, con espesor Schedule 80.



Figura n° 8: Filtro de Polvo- Fabricante Gora



Figura n° 9: Cartucho de fibra de vidrio de boro silicato

CALENTADOR INDIRECTO DE GAS

El congelamiento en las válvulas de control que operan con gas natural depende de varios factores, algunos de ellos por ejemplo, son la calidad del fluido, grado de humedad, caída de presión en las válvulas y la temperatura del gas. Este fenómeno conlleva como consecuencia, desperfectos en la regulación del gas a distribuir e incluso provocar la interrupción del suministro a los usuarios.

Los hidratos se pueden formar incluso a temperaturas superiores a los 15 [°C] si el salto de presión fuera lo suficientemente alta.

Alguno de los métodos que se utilizan para evitar la formación de hidratos en el puente de regulación y en las señales de comandos son deshidratar el gas e instalar dos válvulas reguladoras en serie para realizar la caída de presión deseada en dos etapas, si el salto de regulación fuese de gran escala.

Otro método utilizado es calentar el gas antes de producir la caída de presión o también calentar el cuerpo de la válvula próximo a los asientos de la misma.

Inicialmente la E.R.P Villa Los Cóndores no contará con este equipo ya que los caudales, el salto de regulación y la calidad del gas a distribuir no justifican la instalación del mismo. Sin embargo, al tratarse de un equipo de suma importancia y de un análisis complejo, se simulará el cálculo con las condiciones de operación de la E.R.P Villa Los Cóndores.

Se analizarán los tubos intercambiadores de calor (serpentín y tubo de fuego) y el quemador necesario, de acuerdo a la norma internacional API 12 K.

Del gráfico n° 10 se puede observar que la curva de formación de hidratos para la mínima presión de entrada a la planta comienza a los 32 °F (0°C) y para la máxima presión de entrada, a los 38 °F (3°C)

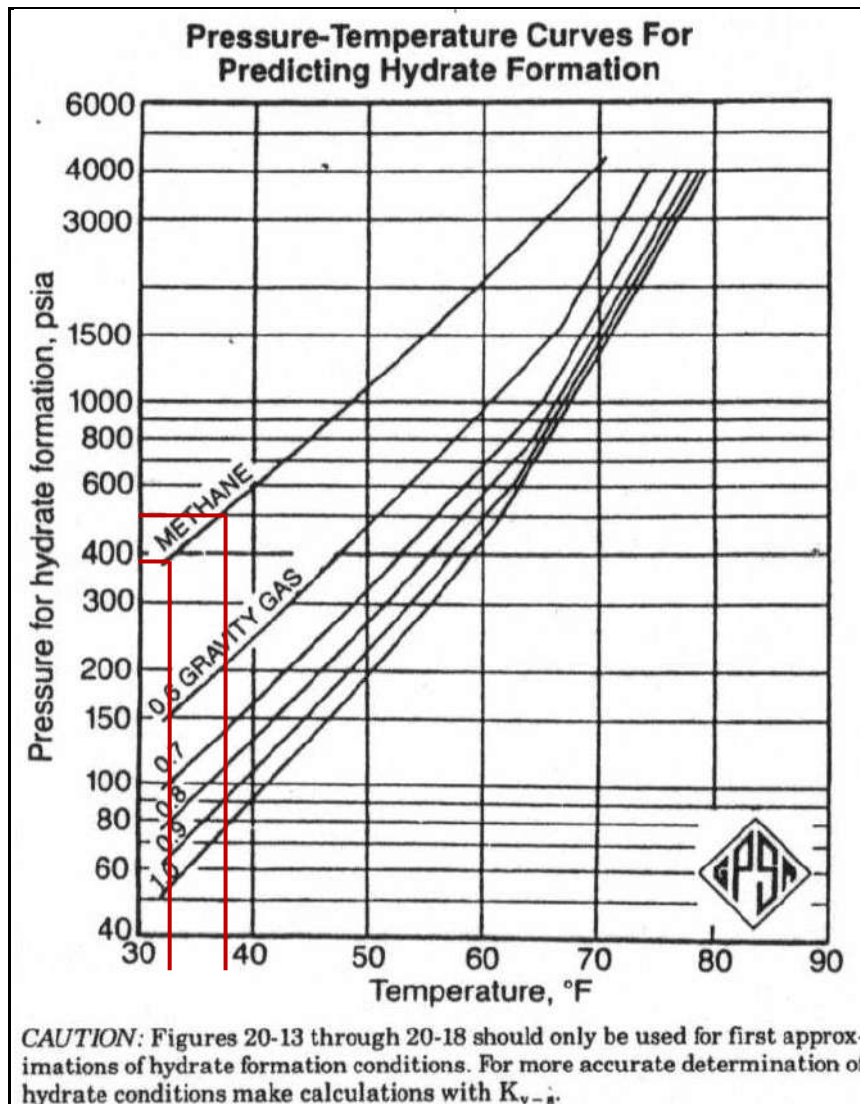


Figura n° 10: Curva de formación de Hidratos. Fuente GPSA ⁴

El gas que circula por el gasoducto Patagónico, se recibe en la E.R.P. Trevelin a una temperatura aproximada de 5 [°C], según información proporcionada por la distribuidora, ya que en la E.R.P Esquel se realiza un precalentamiento de gas, por lo que se tomará este valor como la temperatura del gas de entrada a la E.R.P Villa Los Cóndores. En tanto que para la temperatura aguas abajo del calentador indirecto, la Distribuidora recomienda una temperatura mínima de 20 [°C]. Con estos valores, el salto de temperatura máximo será de 15 [°C].

⁴ Asociación de Proveedores de Procesadores de Gas <http://www.gasprocessors.com/>

La temperatura del baño térmico que atravesará el gas natural, se establece en 70 [°C], ya que los fabricantes sugieren mantener la temperatura en un rango de 60 [°C]. a 85 [°C].

Temperaturas mayores mantienen al equipo con exigencias elevadas y favorecen la sedimentación de impurezas del agua, mientras que temperaturas menores pueden no ser suficientes ante un incremento en la demanda de consumo y permitiría la formación de hidratos en el cuadro de regulación.

Toda la información mencionada fue consultada y verificada con personal experimentado de la empresa Camuzzi Gas del Sur.

Finalmente los datos operativos que se establecen para el análisis y cálculo del equipo son los siguientes:

- Presión de Entrada mínima ($P_{1 \text{ min.}}$): 25 [kg/cm²]
- Presión de Entrada máxima ($P_{1 \text{ máx.}}$): 34 [kg/cm²]
- Caudal Máximo ($Q_{\text{máx.}}$): 150 [m³/h]
- Temperatura del gas de entrada a la E.R.P (T_e): 5 [°C]
- Temperatura aguas debajo de la reguladora (T_s): 20 [°C]
- Temperatura del baño térmico (T_b): 70 [°C]
- Presión regulada (P_2): 4 [kg/cm²]

Para determinar la mínima energía calorífica a transferir al gas natural, se utiliza la ecuación de calor específico

$$Cp = \frac{Q}{m * \Delta T}$$

$$Q = V * \rho * Cp * \Delta T$$

$$Q = 150 \left[\frac{m^3}{s} \right] * 0.78 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 0.6 \left[\frac{kcal}{h * kg * ^\circ C} \right] * 15 [^\circ C]$$

$$Q = 1053 \left[\frac{kcal}{h} \right] = 4176 \left[\frac{BTU}{h} \right]$$

Donde

Q: Calor requerido [kcal/h]

V: Volumen de gas a calentar [m³/h]

ρ: Densidad del gas natural 0.78 [kg/m³]

C_p: Calor específico [kcal/h*kg°C]

ΔT: Salto de temperatura en el calentador [15 °C]

El calor específico se obtiene a partir del gráfico n° 20 con la temperatura promedio entre la salida y entrada del gas al calentador.

$$T_p = \frac{T_s + T_e}{2}$$

$$T_p = \frac{20 [^{\circ}\text{C}] + 5 [^{\circ}\text{C}]}{2}$$

$$T_p = 12,5 [^{\circ}\text{C}] = 54,5 [^{\circ}\text{F}]$$

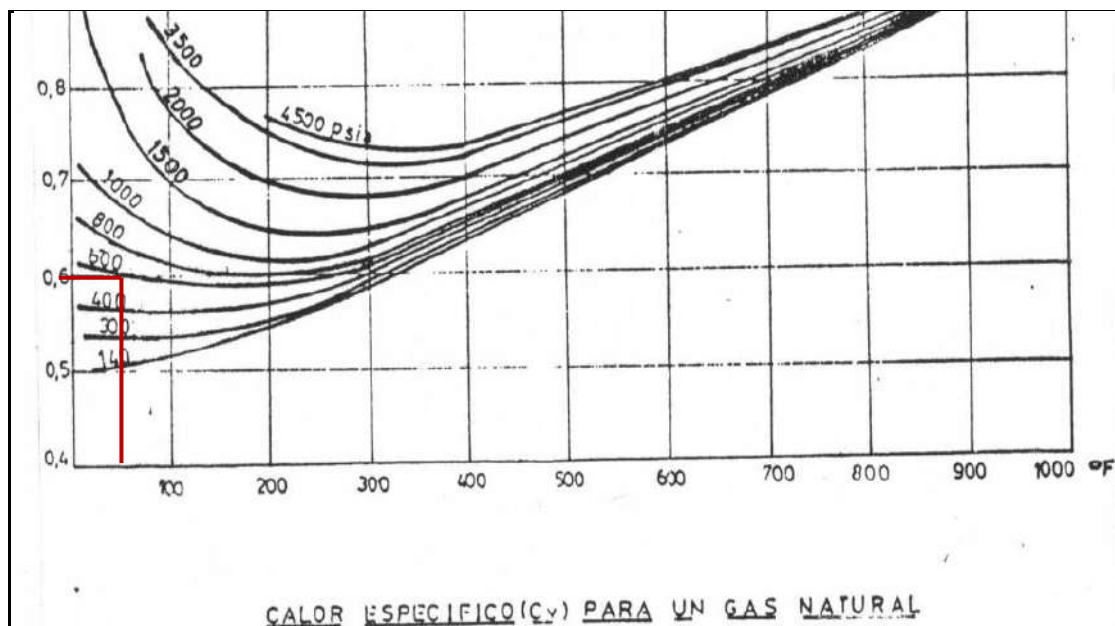


Figura n°11: Calor específico gas natural - GPSA

$$C_p = 0.6 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h} * \text{kg} * ^{\circ}\text{C}} \right]$$

Con un rendimiento del 85%, la capacidad total del equipo deberá ser como mínimo de 1239 [Kcal/h] (4913 [BTU/h]).

El equipo que mejor se ajusta a esta requerimiento es el modelo de la marca ARMEC, 50-4-1-1 de 12608 [Kcal/h] (50.000 [BTU/h]) por ser el de menor capacidad en el mercado. Es evidente que el equipo queda sobredimensionado, pero como se mencionó anteriormente, para este caso no es necesario el empleo de un equipo de estas características pero por la relevancia y complejidad que implica su análisis, se procede a realizar el cálculo completo del equipo.

FABRICANTE ARMEC S.R.L				
POTENCIA	MODELO	Ø Serpentin	SCH	AREA
BTU/H	ACI	pulg.		pie2
50.000	50-4-1-1	1	80	10

Tabla n° 10: Características Calentador ARMEC 50-4-1-1

ÁREA DE TRANSMISIÓN

La transferencia de calor que se realiza por los tubos del interior de la caldera, denominado comúnmente serpentín, será por el método de convección con la siguiente fórmula a aplicar:

$$A = \frac{Q}{U * T_m}$$

Donde

A: Área total de transferencia de calor [m²]

Q: Transferencia de Calor total [kcal/h]

U: Coeficiente de transferencia de calor [kcal/hr*m²*°C]

T_m: Diferencia de temperatura media logarítmica [°C]

Para determinar el coeficiente de transferencia de calor total (U), se ingresa a la figura n° 22 teniendo en cuenta el diámetro del serpentín y el caudal total diario de gas natural, en millones de pie cúbico [MMSCFD].

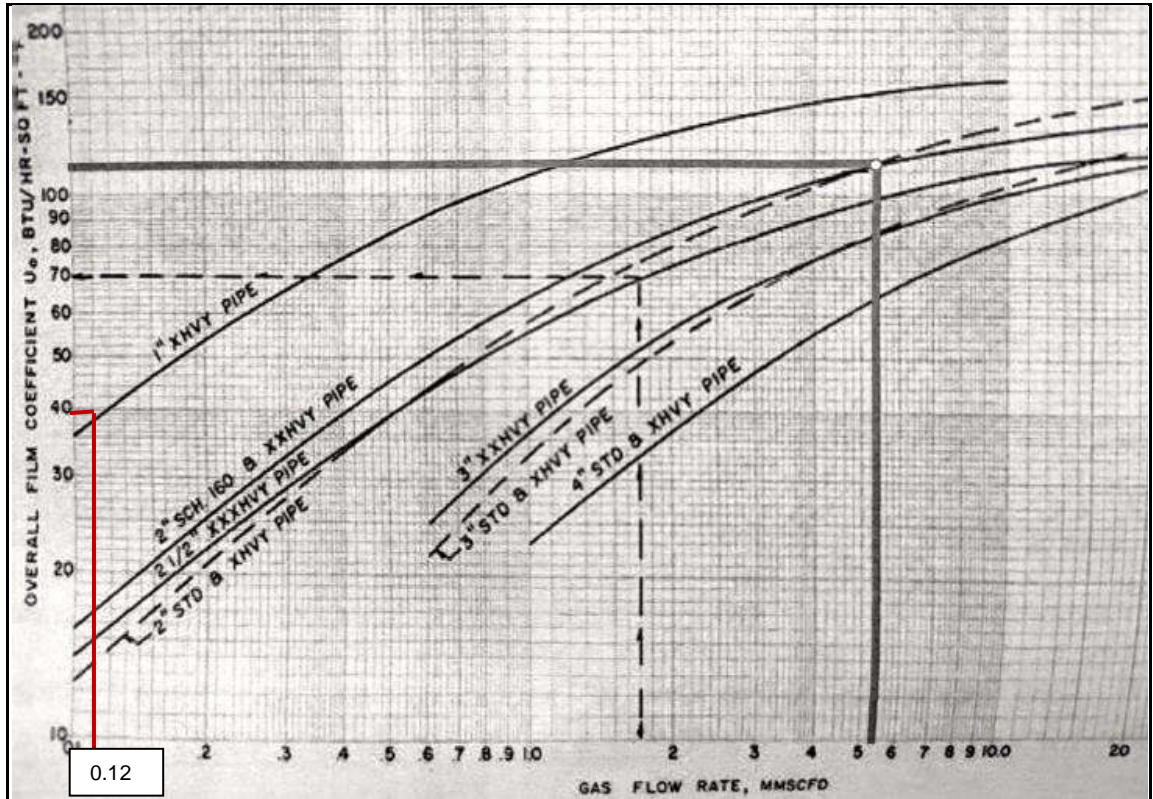


Figura n° 12: Gráfico Coeficiente de transmisión. Distribuidora Camuzzi Gas del Sur

$$Q = 150 \text{ [m}^3\text{/h]} = 0.12 \text{ [MMSCFD]}$$

Ø serpentín: 1 [pulgadas] Schedule 80, de acuerdo con la Tabla n° 10.

$$U = 40 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \right]$$

$$U = 63,80 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

Luego se determina la diferencia de temperatura media logarítmica de acuerdo a la sección D.5 de la norma API 12 K

$$T_m = \frac{GTD - LTD}{\text{Ln}\left(\frac{GTD}{LTD}\right)}$$

Siendo

T_m : Diferencia de temperatura media logarítmica [°C]

Mayor diferencia de temperatura (GTD): Diferencia entre la temperatura del baño de agua y la del fluido a la entrada del calentador.

Menor diferencia de temperatura (LTD): Diferencia entre temperatura del baño de agua y la del fluido a la salida del calentador

$$GTD = (T_b - T_e) = 70[°C] - 5[°C] = 65 [°C]$$

$$LTD = (T_b - T_s) = 70[°C] - 20[°C] = 50 [°C]$$

$$T_m = \frac{GTD - LTD}{\ln\left(\frac{GTD}{LTD}\right)} = \frac{65 - 50}{\ln\left(\frac{65}{50}\right)} = 57,17 [°C]$$

Con todos los datos determinados, el área de transmisión de calor para el serpentín será:

$$A = \frac{Q \text{ necesario}}{U * T_m}$$

$$A = \frac{1239 \text{ [kcal]}}{63.8 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h} * °\text{C} * \text{m}^2} \right] * 57.17 [°\text{C}]}$$

$$A = 0,33 \text{ [m}^2\text{]} = 3.65 \text{ [ft}^2\text{]}$$

Por lo tanto, el modelo de calentador indirecto ARMEC ACI 50-4-1-1 de 50.000 [BTU/h], con serpentín de 1 [pulgada] SCH 80, con un área de transmisión de 10[ft²] según tabla n° 10, satisface la demanda requerida.

ESPESOR DEL SERPENTÍN

La verificación se realiza retomando a la fórmula de la sección 105 de ENARGAS NAG 100, sumado al espesor por corrosión. El material para el

serpentín será acero A.S.T.M. A 53 Gr. B con una tensión de fluencia (TFME) de 2460 [kg/cm²].

$$tm = \frac{P * D}{2 * S * F * E * T}$$

$$tm = \frac{34 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 33,4 [mm]}{2 * 2460 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 0.5 * 1 * 1} = 0,46 [mm]$$

$$tm = 0,46 [mm] + 1,6 [mm]$$

$$tm = 2,06 [mm]$$

El serpentín del equipo seleccionado, de diámetro nominal 1 [pulgada] Schedule 80 (4.55 mm) cumple con las solicitaciones mínimas.

Ahora teniendo en cuenta el área de 10 [ft²] y diámetro de 1 [pulgada] del serpentín según tabla n° 10, se determina la longitud mínima del mismo.

$$L = \frac{A}{Au}$$

$$L = \frac{0.9 [m^2]}{2 * \pi * 0,012 [m]}$$

$$L = \frac{0.9 [m^2]}{2 * \pi * 0,012 [m]}$$

$$L = 12 [m]$$

Siendo:

L: Longitud del serpentín [m]

A: Área de contacto de acuerdo al modelo a utilizar 10 [ft²] (0.9 [m²])

Au: Perímetro del serpentín [m]

Con lo cual la longitud total para el serpentín será de 12 [m]. Como posible configuración de cañería se podrá tomar 6 ramas de 2 [m] cada una, aunque los detalles constructivos como se menciono anteriormente, los define el fabricante.

CAÍDA DE PRESIÓN EN EL SERPENTÍN

Aplicando la fórmula de Renouard, con los datos ya obtenidos, se verifica la caída de presión en el serpentín del equipo.

$$Pb = \sqrt{Pa^2 - (48.6 * \rho * Lc * G^{1.82} * Di^{-4.82})}$$

Donde:

Pa: 34 [kg/cm²] Presión máxima de operación

Lc: Longitud total de pérdida de carga, se establece para los accesorios un incremento a la longitud del 10%.

G: Caudal de gas en [m³/h]

Di: Diámetro interno de la serpentina.

$$Pb = \sqrt{(34[\frac{kg}{cm^2}])^2 - (48.6 * 0.6 * 13.2 [m] * (150 \frac{m^3}{h})^{1.82} * (24.3 [mm])^{-4.82})}$$

$$Pb = 33,98 [\frac{kg}{cm^2}]$$

$$Caída de Presión en el serpentín (\Delta P) = Pb - Pa = 0,01 [\frac{kg}{cm^2}]$$

DIMENSIONAMIENTO DEL TUBO DE FUEGO

Según API 12K punto 5.5 “Densidad de calor pirotubular”, el calor liberado a través de la sección transversal del tubo de fuego deberá ser tal que la densidad de calor máxima no debe superar los 15.000 [$\frac{BTU}{h*in^2}$]

La determinación del área del tubo de fuego se calcula según la siguiente expresión:

$$Atf = \frac{Qt}{\rho Q * \eta}$$

$$Atf = \frac{50.000 \left[\frac{BTU}{h} \right]}{15.000 \left[\frac{BTU}{h * in^2} \right] * 0.75}$$

$$Atf = 4.44 [in^2]$$

$$r = \sqrt{\frac{4.44 [in^2]}{\pi}}$$

$$r = 30,20 [mm]$$

Donde

Atf: Área del tubo de fuego [in^2]

Qt: Capacidad del equipo a utilizar. $50.000 \left[\frac{BTU}{h} \right]$

ρQ : Densidad de calor transversal máxima. $15.000 \left[\frac{BTU}{h * in^2} \right]$

η : Eficiencia de transferencia. 75%

Luego, se determina la longitud del tubo de fuego según API 12 K sección 4.4, con el coeficiente de transmisión lateral máxima (CTL): $12.000 [BTU/ft^2]$.

$$A = \frac{Q}{CTL}$$

$$A = \frac{50.000 \left[\frac{BTU}{h} \right]}{12.000 \left[\frac{BTU}{ft^2} \right]}$$

$$Al = 4.16 [ft^2] = 0,38 [m^2]$$

$$L = \frac{0.38 [m^2]}{2 * \pi * 0.038[m]} = 1,5 [m]$$

Por lo tanto el tubo de fuego será de diámetro 3 [pulgadas] con diámetro exterior de 88.9 [mm], Schedule 40 (5.49 mm), de longitud máxima de 1.5 [m].

QUEMADOR

El quemador o equipo de combustión necesario para la transferencia de calor, se determina con la siguiente expresión.

$$q = \frac{Q}{PCS * \eta}$$

Donde

q: Capacidad del quemador.

Q: Transferencia de calor. 50.000 [BTU/h]: 12.600 [kcal/h]

PCS: Capacidad calórica inferior. 8500 [kcal/m³]

η: eficiencia del quemador. 0,8

$$q = \frac{12600 \left[\frac{kcal}{h} \right]}{8500 \left[\frac{kcal}{h} \right] * 0.8}$$

$$q = 1,85 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Con lo que el quemador deberá tener una capacidad de 1,85 [m³/h]

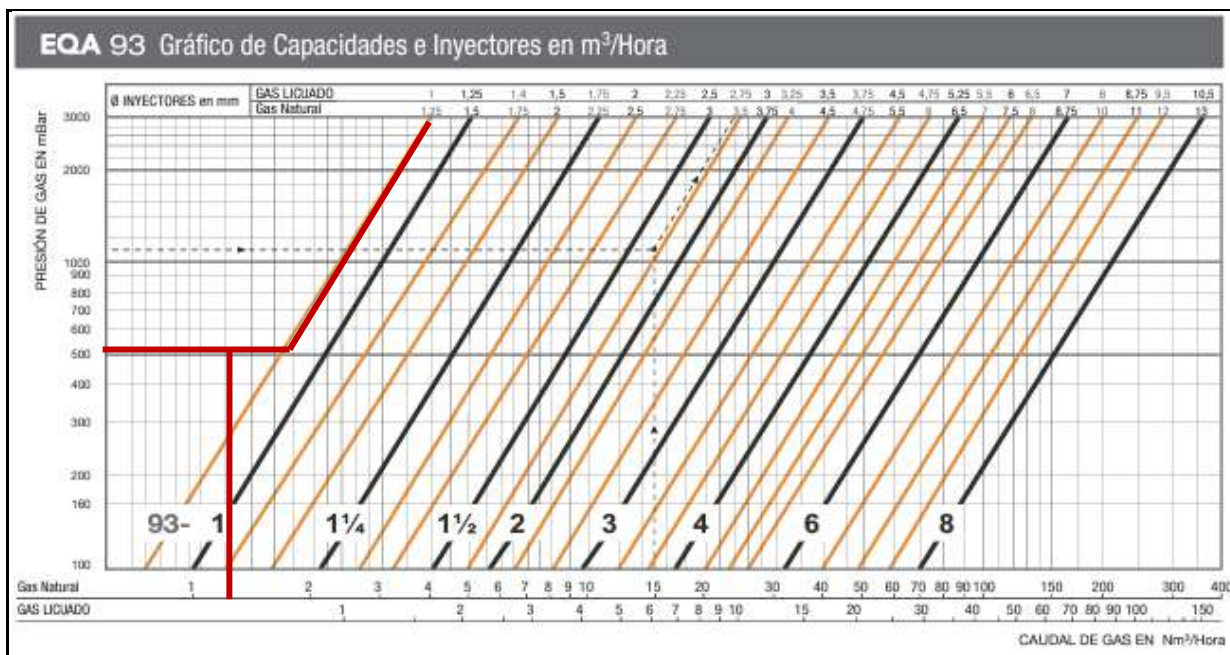


Figura n° 13: Quemadores EQA 93 -www.eqa.com.ar

Para la capacidad requerida, se utilizará un quemador del fabricante E.Q.A. modelo 93, con presión de alimentación de 0.5 [kg/cm²] e inyector de 1.25 [mm]



Figura n° 14: Quemador EQA 93



Figura n° 15: Calentador Indirecto de Gas Natural - www.ittsa.com.ar

VÁLVULAS REGULADORAS

En general, toda vez que resulte impracticable la interrupción del suministro de gas natural, en este caso por tratarse de la alimentación a una red de distribución para usuarios residenciales, la planta de regulación y medición se deberá proyectar contemplando la instalación de un sistema de regulación adicional en reserva para el caudal de diseño.

Por lo mencionado, la E.R.P Villa Los Cóndores contará con 2 ramas o puentes de regulación, una principal y otra de reserva, ambas instaladas con válvulas reguladoras y dispositivos de seguridad ante una sobrepresión en el sistema.

Ante una falla en el ramal principal, la misma se bloqueará con la presión regulada en ese momento. Con el consumo de caudal aguas abajo del puente de regulación, la presión de descarga irá disminuyendo hasta el valor de presión seteado en el ramal secundario, es entonces cuando este último se activa y toma el control de la regulación. Durante este lapso de operación, los operadores de la Distribuidora serán quienes verifiquen y reparen los desperfectos que hubiera en el ramal principal, para luego proceder a su habilitación.

La conformación de ambos ramales de regulación serán idénticos pero con valores de presión diferentes. Iniciarán en primer lugar por una válvula de bloqueo esférica de paso total seguido por una válvula de seguridad con bloqueo por sobrepresión, luego la válvula reguladora, una válvula de alivio por sobrepresión y por último una válvula de bloqueo esférica de paso total de operación manual.

Para la determinación de las válvulas reguladoras se utilizan las tablas de caudales que proporciona el fabricante o bien con el cálculo del coeficiente de flujo de gas (C_g) que representa el comportamiento del pasaje de gas por el orificio interno de la válvula según las diferentes condiciones de operación.

Se utilizará válvulas reguladoras de la marca Sarandi Técnica S.A o SATESA, por ser de industria nacional lo que representa una ventaja para la disposición de repuestos y partes blandas, además del menor costo respecto de una válvula de fabricación internacional.

El modelo a utilizar será SATESA 623-SO con dispositivo de bloqueo, en lo que se conoce como una válvula dual o monoblock, ya que además de operar como válvula reguladora, también cumple la función de válvula de seguridad con bloqueo por sobrepresión.

En cuanto a la característica de caudal inherente, en lo que se define como la relación existente entre el caudal que escurre a través de la válvula y la variación porcentual de la carrera, cuando se mantiene constante la presión diferencial a través de la válvula, la configuración de la válvula SATESA 623-SO a utilizar será del tipo “igual porcentaje”, ya que deberá ser capaz de suministrar un caudal proporcional a la demanda de consumo instantáneo.

La válvula contará con un dispositivo de bloqueo que accionará ante un exceso de presión en la entrada (S.O). Este dispositivo será de rearme manual para la reguladora del puente principal, y de rearme automático para la válvula del ramal secundario. La válvula con rearme automático se conoce como regulador-monitor ya que ante variaciones de presión, se auto regula sin llegar al corte o bloqueo del mismo. En tanto que el rearme manual es necesario en los puentes principales o primarios por estar seteados con mayores valores de presión. En caso de llegar a la condición de bloqueo, por sobrepresión o desperfecto, la válvula del puente principal requerirá la intervención de un operador para el rearme manual del sistema de bloqueo (SO).

La selección de los internos u orificio que permite el pasaje de gas dentro de la válvula, se realiza en función de las condiciones críticas de operación (Q máximo y Presión de entrada mínima).

Condiciones de operación:

Presión Máxima (P máx.): 34 kg/cm²

Presión Minima (P min.): 24 kg/cm²

Caudal Máximo (Q máx.): 150 m³/h

Caudal Minimo (Q min.): 40 m³/h

DETERMINACIÓN DE LOS INTERNOS DE LA VÁLVULA REGULADORA

Se utiliza la tabla de caudales que proporciona el fabricante SATESA, tomando como referencia el gas natural a 15.6 [°C], densidad específica de 0.6 y caída de presión máxima admisible del 20%.

Para el desarrollo de estas tablas de consumo, se utiliza la siguiente expresión

$$Cg = \frac{\sqrt{G} * Q}{P_1}$$

Dónde:

Q = Caudal [pie³/h]

G = gravedad específica (0,6)

Cg = Coeficiente de capacidad

P₁ = Presión de entrada absoluta [psia]

C₁ = Cg / Cv

Las condiciones de operación críticas son caudal máximo de 150 [m³/h] y presión mínima de entrada a la E.R.P de 25 [kg/cm²]

$$Cg = \frac{\sqrt{0.6} * 5291 \left[\frac{ft^3}{h}\right]}{369,72 [psia]} = 11.08$$

RANGO DE PRESION DE SALIDA	PRESION DE ENTRADA (bar)	PRESION DE SALIDA (bar)	ORIFICIO ø				
			3/32"	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"
1,7 a 4,1 bar	4.5	4.1	14	25	86	151	226
	4.8		16	28	97	175	258
	5.2		17	30	105	194	274
	6.9		24	42	159	294	439
	10.3		36	65	245	479	725
	11		38	69	264	513	793
	13.8		49	87	328	665	-
	20.7		71	127	501	983	-
	24.8		84	151	586	1164	-
	34.5		114	204	793	-	-
	38.6		129	231	898	-	-
	51.7		171	306	-	-	-
	58.6		201	-	-	-	-
	69		229	-	-	-	-

Figura n° 16: Tabla de Caudales Máximos [m³/h]- SATESA 623

Para las presiones mínima y máxima de operación, de acuerdo con los datos de la figura n° 16, con el orificio del obturador de $\frac{1}{4}$ [pulgadas] se cubre la necesidad de caudal máximo.

Para mantener la característica de igual porcentaje durante toda la operación, es conveniente que el obturador de la válvula reguladora trabaje en el rango del 5% al 80% de apertura total.

La limitación del 80% es como consecuencia de lo dificultoso que resulta controlar caudales por encima de ese valor. En tanto que la restricción menor al 5% se motiva en el hecho de la dificultad para la calibración con eso recorridos bajos y en que las venas del fluido pueden erosionar los obturadores y los asientos.

Con los datos de la figura n° 16, para una presión mínima de 24.8 [kg/cm²] y un caudal de 150 [m³/h], la válvula trabajará a 25 % de apertura total.

Teniendo en cuenta la calidad del fluido, se optará por un asiento para el obturador de material acero- teflón.

El cuerpo de las válvulas reguladoras seleccionadas son de diámetro nominal 1 [pulgada], por lo que para la conexión de estos equipos se utilizará reducciones de 2 x 1 [pulgadas] con niples roscados de 1 [pulgada].

En resumen, se utilizará una válvula reguladora monoblock SATESA 623 de 1 [pulgada] de diámetro, roscado, con material ASTM-216 WCB, con orificio interno de $\frac{1}{4}$ [pulgadas] y dispositivo de bloqueo (SO) con rearme manual (RM) para el puente principal, y rearme automático (R.A) para el ramal secundario.



Figura n° 17: REGULADOR SATESA 623

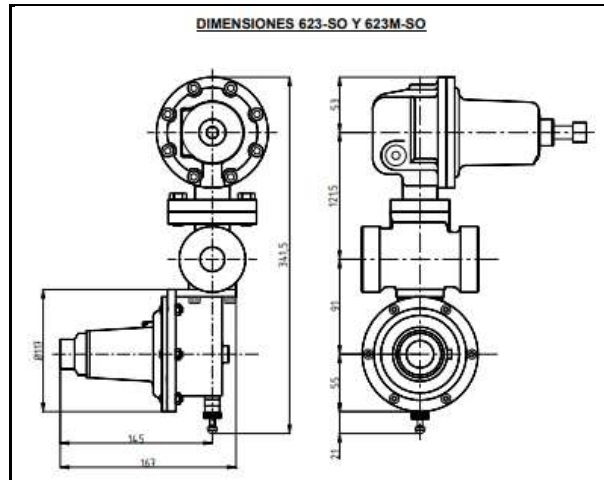


Figura n° 18: REGULADOR SATESA 623 SO

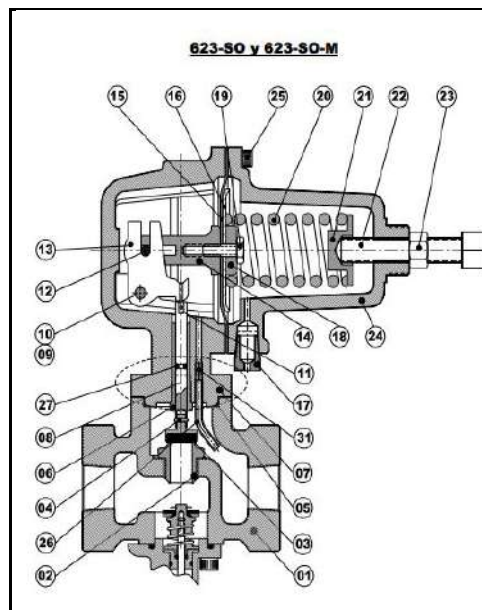


Figura n° 19: CORTE REGULADOR SATESA 623- SO

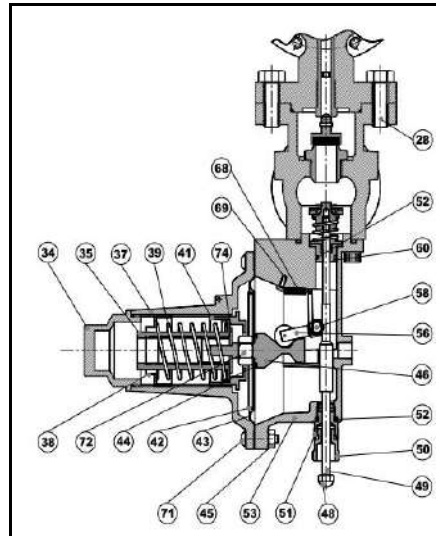


Figura n° 20: DISPOSITIVO DE BLOQUEO SATESA

VÁLVULA DE ALIVIO POR SOBREPRESIÓN

Luego de la válvula reguladora se deberá instalar una válvula de seguridad por sobrepresión o alivio para proteger a la instalación en casos de incrementos de presión ocasionadas por desperfectos de los reguladores.

Estos dispositivos se dimensionarán para ventear menor caudal ante una sobrepresión y evitar la sobre presurización del sistema. La presión de seteo de estos equipos será mayor al seteo por bloqueo incorporado en las válvulas reguladoras.

Para la presión de diseño, o presión de apertura de la válvula de alivio debe considerarse que todos los procesos pueden tener fluctuaciones consideradas normales y para las que se desea que la planta continúe operando.

El valor de apertura de la válvula de alivio a emplear, suele fijarse como un porcentaje de la presión de operación aguas abajo de la reguladora o bien 2 [kg/cm²], el que sea mayor.

Por lo mencionado anteriormente, la presión de apertura de la válvula de seguridad será de 6 [kg/cm²].

El dimensionamiento de una válvula de seguridad se debe realizar según el código ASME VIII división I, con la siguiente expresión.

$$A = \frac{W * \sqrt{\frac{T*Z}{M}}}{C * K * P1}$$

Donde:

A= Área de la tobera [in²]

W= Caudal másico [lb/h]

C= coeficiente isentropico depende de la relación Cp/Cv. Ver gráfico n° 30

K= Coeficiente de descarga adjudicado- Ver gráfico n° 30

P1= Presión absoluta de apertura [psia]

T= Temperatura del gas venteado [°F]

M= Peso molar [g/mol]

Z= factor de compresibilidad del gas

En caso de una falla en la válvula reguladora que provoque su apertura total, con un pasaje del caudal máximo, el coeficiente de flujo Cg será el máximo de acuerdo al orificio seleccionado (1/4 [pulgadas]-tabla n°11) A partir del valor máximo del Cg, se determina el máximo caudal posible que pasaría por el regulador completamente abierto.

COEFICIENTE PARA CALCULO DE VÁLVULA DE ALIVIO					
ORIFICIOS	WIDE-OPEN Cg				C1
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	
	12.8	49	107	185	35

Tabla n° 11: CG máx -SATESA 623

$$Q \text{ máx.} = \frac{P1 \text{ máx} * Cg \text{ máx.}}{\sqrt{G}}$$

$$Q \text{ máx.} = \frac{497,7 \text{ [psi a]} * 49}{\sqrt{0,65}}$$

$$Q \text{ máx.} = 30.248 \left[\frac{ft^3}{h} \right] : 856 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$A = \frac{W * \sqrt{\frac{T * Z}{M}}}{C * K * P1}$$

$$A = \frac{1470,77 \left[\frac{lb}{h} \right] * \sqrt{\frac{59 \text{ [}^\circ\text{F]} * 1}{17.41 \left[\frac{g}{mol} \right]}}}{336 * 0.801 * 99.5 \text{ [psia]}}$$

$$A = 0.10 \text{ [in}^2\text{]}$$

! K = Cp/Cv !	C1 !
! 1,25 !	! 333 !
! 1,26 !	! 334 !
! 1,27 !	! 335 !
! 1,28 !	! 336 !
! 1,29 !	! 337 !
! 1,30 !	! 338 !
! 1,31 !	! 339 !

Tabla n° 12: Coeficiente Isentrópico de gas natural - GPSA

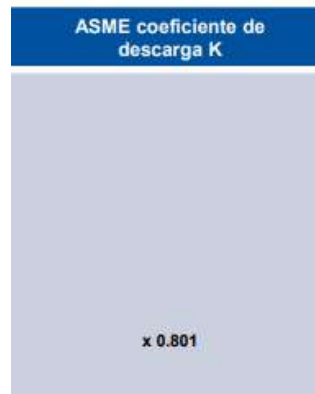


Figura n° 21: Dimensionamiento válvula de seguridad LESER

Continuando con la línea de las válvulas reguladoras a instalar, se selecciona como válvula de seguridad al modelo MO de la marca SATESA con un orificio F, capaz de evacuar 1206 [m³/h], y cuerpo de la válvula de 1 1/2x2 [pulgadas] Serie 300, con presión de apertura de 6 [kg/cm²]

Presión de Alivio (bar)	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
0,68	98	173	271	446	696	1140	1633	2531	3197	3864	5665	9806
1,37	140	247	389	637	966	1631	2332	3613	4566	5503	8089	14005
2,06	181	324	505	830	1294	2119	3033	4697	5932	7152	10514	18203
2,75	223	398	621	1020	1592	2608	3731	5781	7301	8801	12940	22403
3,44	265	473	740	1211	1889	3096	4430	6863	8670	10452	15365	26608
4,13	306	547	856	1401	2187	3585	5131	7947	10038	12101	17789	30791
4,82	348	621	972	1594	2487	4075	5829	9029	11405	13751	20215	34996
5,50	390	696	1088	1784	2785	4563	6528	10113	12774	15400	22644	39201
6,20	431	770	1206	1975	3083	5052	7229	11197	14143	17049	25075	43383
6,89	473	845	1322	2168	3381	5540	7927	12279	15511	18700	27484	47588

Tabla n° 13: Tabla de caudal para orificio válvula de seguridad por alivio SATESA MO

EMISIÓN DE RUIDO EN PUENTE DE REGULACIÓN

De acuerdo con la NAG 100, el nivel sonoro producido por las válvulas reguladoras no debe superar los 85 dB a 1 metro de la válvula reguladora y debe ser menor a 55 dB en la vivienda más cercana, de lo contrario se deberá construir un muro o recinto perimetral de contención alrededor de la E.R.P

Como el efecto del sonido en el oído es logarítmico, se utiliza el concepto de Nivel de Presión Sonora (N.P.S) que se obtiene con los decibelímetros convencionales, y se mide en dB.

Bajo estas condiciones, el nivel de ruido total es la sumatoria de los 5 términos siguientes:

$$SPL = SPL(\Delta P) + \Delta SPL(Cg) + \Delta SPL\left(\frac{\Delta P}{P1}\right) + \Delta SPL(k) + \Delta SPL(P2)$$

SPL: Nivel total de ruido en dB en un punto predeterminado (a 1 metro aguas abajo de la reguladora y sobre la circunferencia que determina el radio de 1 metro alrededor del caño)

SPL (ΔP): Ruido determinado en función de la máxima diferencia de presión

ΔSPL (Cg): Corrección del ruido en dB en función de las condiciones de trabajo de la válvula

ΔSPL ($\Delta P/P1$): Corrección en dB para cada tipo de válvula en base a la siguiente relación: $\Delta P/P1$

ΔSPL (K): Corrección en dB en función del diámetro de la cañería de salida y el espesor de dicha cañería.

ΔSPL ($P2$): Corrección en dB en función de la presión de salida

Se calculará el ruido en base a las condiciones operativas más desfavorable de la planta, con la válvula de control SATESA 623-SO.

$P1$ = Presión de entrada máx/min: 34/25 [kg/cm²]

$P2$ = Presión regulada: 4 [kg/cm²]

Cg : 12. Coeficiente de capacidad obtenido anteriormente en las condiciones más desfavorables (Presión máxima de min y Caudal máximo)

Con los datos obtenidos de tablas del fabricante se obtuvo:

$$SPL(\Delta P) = 20 * \log\left((34 - 4) \left[\frac{kg}{cm^2}\right]\right) = 29.5[dB]$$

$$\Delta SPL(Cg) = 20 * \log(12) = 21.5[dB]$$

$$\Delta SPL\left(\frac{\Delta P}{P1}\right) = 20 * \log\left(\frac{34 - 4}{34}\right) = -1.08[dB]$$

$$\Delta SPL(k) = 20 * \log\left(\frac{5.54 [mm]}{60.3 [mm]}\right) = -20.7 [dB]$$

$$\Delta SPL(P2) = 20 * \log(4) = 12.04 [dB]$$

$$SPL = SPL(\Delta P) + \Delta SPL(Cg) + \Delta SPL\left(\frac{\Delta P}{P1}\right) + \Delta SPL(k) + \Delta SPL(P2)$$

$$SPL = +29.5 + 21.5 - 1.08 - 20.7 + 12.04 = +41.26 [dB]$$

$$SPL = 41.26 [dB] < 85 [dB]$$

Por lo tanto, con las válvulas reguladoras seleccionadas se cumplen los estándares de calidad exigidos por el ente regulador ENARGAS.

SISTEMA DE MEDICIÓN

Las E.R.P llevarán un puente de medición de caudal, que deberán responder según las prácticas recomendadas A.G.A Report 7. El puente de medición deberá contar con los siguientes componentes como mínimo:

- Sistema de filtrado capaz de retener partículas de 5 μ .
- Equipo de medición homologado por la Distribuidora (medidor volumétrico o caudalímetro)
- Unidad correctora, con computador de caudal homologado por la Distribuidora

El sistema de medición deberá poseer un ramal de conexión directa o by-pass que permitirá salir de funcionamiento al ramal de medición en caso de mantenimiento o falla del equipo. Esta rama de by-pass contará en sus extremos con válvula de bloqueo bridada de paso total de accionamiento manual de $\frac{1}{4}$ de vuelta.

La norma A.G.A⁵ 7 establece para la determinación de la capacidad del medidor a utilizar la siguiente fórmula:

⁵ Asociación Americana de Gas

$$Volumen\ máx = \frac{Q_{máx} \cdot \left[\frac{m^3}{h}\right] * 1.01325 [bar]}{P_{medición} [bar] + 1.01325 [bar]}$$

$$Volumen\ máx = \frac{150 \left[\frac{m^3}{h}\right] * 1.01325 [bar]}{3.92 [bar] + 1.01325 [bar]} = 30.8 \left[\frac{m^3}{h}\right]$$

Se utilizará un medidor del tipo turbina, modelo G-25 con capacidad máxima de 40 [m3/h].

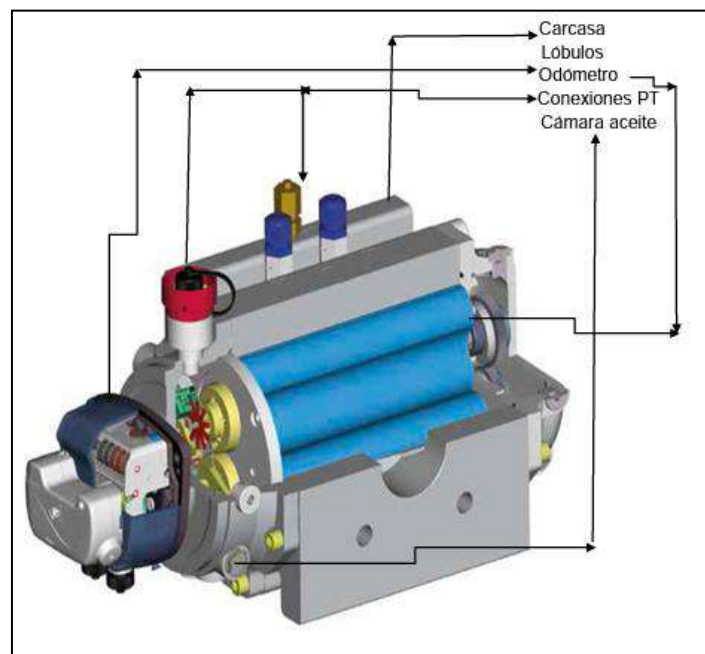


Figura n° 22: Medidor rotativo o de lóbulos - www.epm.com

La unidad correctora es un equipo electrónico que trabaja en conjunto con el medidor para contabilizar el volumen de gas desplazado. Permite corregir el volumen de gas con factores de presión y temperatura en condiciones normales (15 [°C] y 1,03 [kg/cm²]). Para registrar estas variables se emplearán un sensor de temperatura tipo PT1000 y una sonda piezo-resistiva de presión incorporado en la unidad correctora de modelo Corus PTZ del fabricante Actaris.



Figura n° 23: Sensor de temperatura PT 100

Para proteger al equipo de medición de partículas no filtradas en el separador de polvo, se utilizará un filtro FM-02 capaz de retener partículas de hasta 5 μ , con capacidad nominal de acuerdo a la fórmula siguiente extraída del catalogo del fabricante GORA:

$$Q \text{ total: } 316 * (P_{\text{min. entrada}}[\text{bar}])^{0.63}$$

$$Q \text{ total: } 316 * (4.9[\text{bar}])^{0.63}$$

$$Q \text{ total: } 860 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$



Figura n° 24: Filtro FM fabricante GORA⁶

⁶ <http://gora.com.ar/blog/producto/filtros-fm/>

Por último, cabe mencionar que en los puentes de medición de grandes caudales, se instala un accesorio denominado enderezador de vena, el cual permite corregir el flujo del gas reduciendo el número de Reynolds antes de ingresar al caudalímetro o medidor, con un flujo laminar y así obtener mayor precisión en la lectura y mejor funcionamiento del equipo. En este caso, no se requiere de este accesorio por el caudal que se operará.

PROTECCIÓN CATÓDICA

Para mitigar el fenómeno corrosivo, las cañerías a instalar deberán contar con revestimiento de polietileno extruido tricapa, correspondiente al grupo G4 de la norma NAG 140 “Revestimiento anticorrosivo de cañerías y accesorios”, adicionalmente los tramos que se instalen de manera soterrada dentro del predio de la E.R.P deberán contar con otro método de protección catódica, en este caso se utilizará una batería de ánodos galvánicos de sacrificio, por tratarse de un método efectivo, práctico y de fácil mantenimiento y reposición.

Los sistemas de protección catódica del ramal de alimentación y la cañería soterrada dentro del predio de la E.R.P serán de distintos tipos, por lo que se deberán aislar eléctricamente mediante una junta dieléctrica instalada en la válvula de entrada a la E.R.P Villa Los Cóndores. El sistema de protección catódica existente en el ramal de alimentación a Trevelin es por corriente impresa.

El análisis y cálculo necesario para el dimensionamiento de la protección catódica serán realizados conforme a lo solicitado por la Distribuidora Camuzzi Gas del Sur, en la especificación técnica SCE-PC-511-000.

La metodología de cálculo requiere determinar la resistencia total del terreno y conductores eléctricos, la corriente que drena el ánodo a utilizar y la superficie a proteger, considerando una vida útil mínima de 10 años para el ánodo de sacrificio.

Serán necesarios los siguientes datos:

Longitud de cañería a proteger: 450 [m]

Diámetro de cañería: 2 [pulgadas] (60.3 [mm])

Superficie a proteger: 86 [m²]

Densidad de corriente: 10 [μA/m²]

Ánodo de magnesio (Mg) AZ 63 de 8 [kg]

Resistividad del Terreno (ρ): 25 [Ω.m]

Long. del ánodo (L): 0.66 [m]

Diámetro del ánodo (D): 0.09 [m]

$$R_{total} = R_{anodo-terreno} + R_{conductor}$$

$$R_{anodo-terreno} = \frac{\rho * [\ln\left(\frac{8L}{D}\right) - 1]}{2\pi * L}$$

$$R_{anodo-terreno} = \frac{25 [\Omega.m] * \left[\ln\left(\frac{8*0.66[m]}{0.09[m]}\right) - 1\right]}{2\pi * 0.66 [m]}$$

$$R_{anodo-terreno} = 18.51 [\Omega]$$

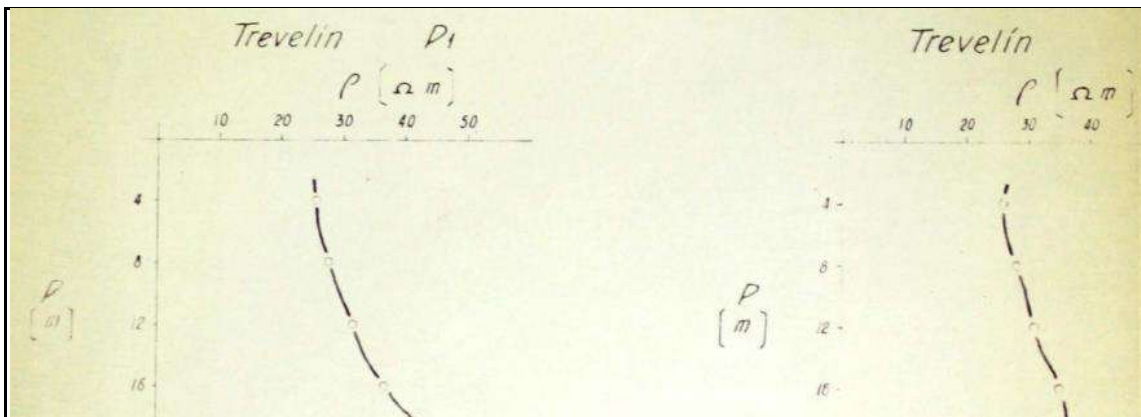


Figura n° 25: Archivo Estudios Hidrogeológicos Trevelin- Chubut. Autores César Vilela y Mario Klein

ALEACION	ALT. POT.	AZ 63
ALUMINIO	.01 max	5.3 a 6.7
ZINC	.00	2.5 a 3.5
MANGANESO	.50 a 1.30	.15 min
SILICIO	.00	.10 max
COBRE	.02 max	.02 max
HIERRO	.03 max	.003 max
NIQUEL	.001 max	.001 max
OTRAS	.30 max	.30 max
MAGNESIO	resto	resto

Tabla n° 14: Características Ánodo AZ63- Fabricante Ánodos Magnalun S.A

ANODO			BOLSA		
PESO	DIAM.	LONG.	PESO	DIAM.	LONG.
kg	mm	mm	kg	mm	mm
1.35	70	220	4.60	140	320
2.30	70	400	17.30	150	600
4	70	635	19	150	800
8	90	660	23	180	800
14.5	145	500	43	200	800

Tabla n° 15: Características Ánodo AZ63- Fabricante Ánodos Magnalun S.A

La resistencia del cable, suponiendo una longitud de 10 metros y una sección 6 [mm²], estará dada por la siguiente fórmula:

$$R_{conductor} = \frac{\rho_{cu} * L_c}{S}$$

$$R_{conductor} = \frac{1,7 \times 10^{-2} * 10 [m]}{6 [mm^2]}$$

$$R_{conductor} = 0,02 [\Omega]$$

$$R_{total} = R_{anodo-terreno} + R_{conductor}$$

$$R_{total} = 18,54 [\Omega]$$

Aplicando la ley de ohm y con el dato del potencial de circulación de un ánodo de Mg, se puede determinar la corriente de drenaje.

Tipo	Potencial respecto al electrodo de Cu/SO ₄ Cu	Potencial del acero protegido respecto al electrodo de Cu/SO ₄ Cu	Potencial de circulación
AZ63	1,5 V	0,85 V	0,65 V
Alto potencial	1,7 V	0,85 V	0,85 V

Tabla n° 16: Potencial de circulación Ánodo AZ63- Especificación Técnica de Camuzzi SCE-PC-511-0001

$$I = \frac{V[v]}{R[\Omega]}$$

$$I = \frac{0,65[v]}{18,54[\Omega]}$$

$$I = 35 [mA]$$

Luego multiplicando la densidad de corriente por la superficie de la cañería a proteger, se podrá determinar la corriente necesaria a drenar. Si se divide ese valor por la corriente que drena un ánodo, se podrá determinar la cantidad de ánodos a utilizar.

$$I_{protección} = Sup. a proteger \times densidad de corriente$$

$$I_{protección} = 86 [m^2] \times 10 [\mu A/m^2]$$

$$I_{protección} = 860 [\mu A]$$

$$Cantidad\ de\ \acute{A}nodos = \frac{I_{protección}}{I_{ánodo}}$$

$$Cantidad\ de\ \acute{A}nodos = \frac{860\ [\mu A]}{35\ [mA]} = 0,02$$

Determinación de la vida útil:

$$Vida\ Util = \frac{P * \phi * \rho}{I * K}$$

Donde

P: Peso del ánodo [kg]

Φ : Rendimiento de 1 ánodo (0.5 para Mg)

ρ : factor de empleo (0.85 para Mg)

I: Corriente que drena un ánodo [A]

K: equivalente electroquímico del metal. 8.62 [kg/A*año]

$$Vida\ Util = \frac{8[kg] * 0.5 * 0.85}{0.035\ [A] * 8.62\ \left[\frac{kg}{A*año}\right]}$$

$$Vida\ Util = 11,26\ años$$

Por lo tanto el sistema de protección catódica se conformará con 1 ánodo de Mg de 8 [kg], que satisface la condición de vida útil.

La conexión del ánodo de Mg con la cañería soterrada será mediante una caja de inspección denominada CMP (Caja de medición permanente).

Los conductores se unirán a las cañerías a proteger mediante el método de soldadura cuproaluminotérmica.

ACCESORIOS

De acuerdo a la norma ANSI B 16.5 los accesorios y equipos con material de acero, se clasifican de acuerdo a la temperatura y presión de operación en clases de series según la tabla n° 17.

Los accesorios a utilizar hasta la válvula reguladora del puente de regulación serán de Clase 300 que soportan una presión máxima de 51,1 [bar], y luego serán de Clase 150 con una presión máxima de 19,6 [bar].

Tabla Según ANSI B 16.5							
Válida para los materiales:		Forjado: ASTM A105					
		Colado: ASTM A216 WCB					
Temperatura (°C)	Bar						
	Clase 150	Clase 300	Clase 400	Clase 600	Clase 900	Clase 1500	Clase 2500
-29 a 38	19,6	51,1	68,1	102,1	153,2	255,3	425,5

Tabla n° 17: www.tubacero.com

A continuación se detallan los principales accesorios a utilizar en la E.R.P Villa Los Cóndores:

MANÓMETROS

Los manómetros serán del tipo de tubo Bourdon o diafragma con escala circular concéntrica, cuadrante de acuerdo a la presión de operación, herméticos al polvo y agua. Su instalación se realizará mediante una media cupla de ¾ [pulgadas], en conjunto con una válvula de bloqueo y purga, en lo que comúnmente se conoce como manifold.



Figura n° 29: Manifold con válvula de bloqueo y purga. <https://www.linkedin.com/pulse/manyfold-practical-universal-gerard-van-boven>

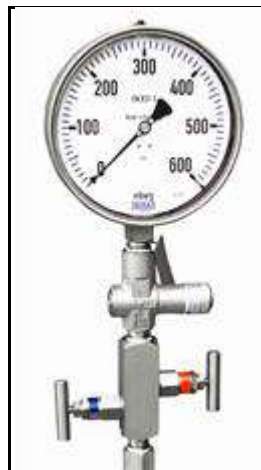


Figura n° 30: <https://www.bloginstrumentacion.com/knowhow/combinacion-de-instrumentos-de-medicion-de-presion-y-manifolds/>

BRIDAS

Las bridas utilizadas en la E.R.P Villa Los Cóndores responden a la norma de aplicación ASME/ANSI B.16.5

De los distintos tipos de bridas normalizadas para el empalme de cañería, se optará por instalar bridas slip-on de cara con resalte (SORF). Este tipo de bridas se desliza por la tubería, en tanto que la cara con resalte (RF) de 1.6 mm facilita la instalación de la junta a utilizar.

El material de las bridas será acero al carbono forjado, calidad ASTM A 105.

La E.R.P Villa Los Cóndores contará con cañería de derivación de entrada y salida al equipo calentador indirecto de gas, con bridas ciegas o BLIND, de cara plana (RF).

Las dimensiones de las bridas a emplear estarán dadas por los diámetros de cañerías y la clasificación de series necesarias, según las siguientes tablas:

Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Clase 150				
	Diámetro de la brida (pulgadas)	Número de pernos	Diámetro de los pernos (pulgadas)	Diámetro de agujero (pulgadas)	Círculo de perno (pulgadas)
1/4	3-3/8	4	1/2	0.62	2-1/4
1/2	3-1/2	4	1/2	0.62	2-3/8
3/4	3-7/8	4	1/2	0.62	2-3/4
1	4-1/4	4	1/2	0.62	3-1/8
1-1/4	4-5/8	4	1/2	0.62	3-1/2
1-1/2	5	4	1/2	0.62	3-7/8
2	6	4	5/8	0.75	4-3/4
2-1/2	7	4	5/8	0.75	5-1/2
3	7-1/2	4	5/8	0.75	6

Tabla n° 18: Dimensiones de Bridas Serie 150 - <https://www.filtrofluido.com/recursos/tablas-de-ansi-asm-b16-5-dimensiones-de-bridas-y-pernos/>

Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Clase 300				
	Diámetro de la brida (pulgadas)	Número de pernos	Diámetro de los pernos (pulgadas)	Diámetro de agujero (pulgadas)	Círculo de perno (pulgadas)
1/4	3-3/8	4	1/2	0.62	2-1/4
1/2	3-3/4	4	1/2	0.62	2-5/8
3/4	4-5/8	4	5/8	0.75	3-1/4
1	4-7/8	4	5/8	0.75	3-1/2
1-1/4	5-1/4	4	5/8	0.75	3-7/8
1-1/2	6-1/8	4	3/4	0.88	4-1/2
2	6-1/2	8	5/8	0.75	5
2-1/2	7-1/2	8	3/4	0.88	5-7/8

Tabla n° 19: Dimensiones de bridas Serie 300 - <https://www.filtrofluido.com/recursos/tablas-de-ansi-asm-b16-5-dimensiones-de-bridas-y-pernos/>

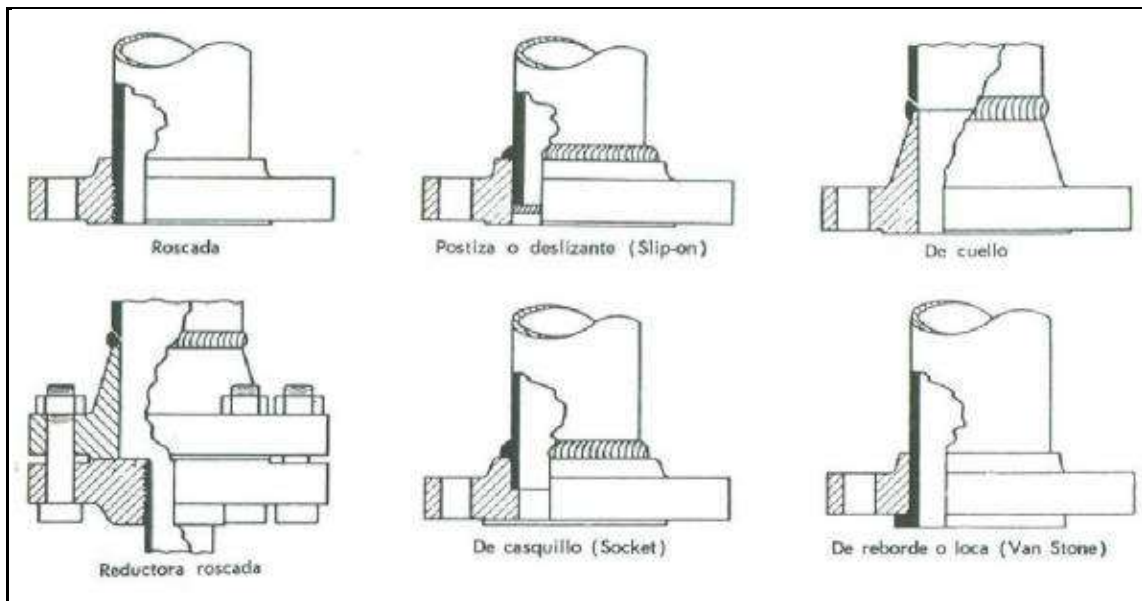


Figura n° 26: Tipos de Bridas para empalme de cañería

JUNTAS

Elementos de sellado instalado entre las caras de las bridas a los efectos de proporcionar la estanqueidad del fluido que circula por las cañerías.

Los materiales a utilizar en las juntas se determinan de acuerdo a la presión de trabajo y el fluido que por ellas circulará. Se utilizarán juntas metalflex o espiral metálicas de serie 150 o 300 de acuerdo a la presión de operación, con material grafito laminado de pureza mayor a 98% con inserto AISI 316 (Grafoil AISI 316) de espesor 2 mm.

Las marcas actualmente homologadas por la Distribuidora son las siguientes: Teadit, Klinger, Pikotek

JUNTAS DIELECTRICAS

Las juntas dieléctricas son utilizadas para controlar las corrientes parásitas mediante el confinamiento de la corrosión electrolítica. Se instalan de forma complementaria con tubos (canutos), arandelas y vías de chispas de material no conductor, que aíslan eléctricamente los espárragos y tuercas del conjunto de bridas a unir. Para asegurar la integridad de la junta durante su instalación,

será necesario utilizar el procedimiento de torque recomendado por el fabricante.

Las juntas a utilizar serán Serie ANSI/ASME 150/300 según la presión de operación que corresponda, mientras que su fabricación se rige por las especificaciones de ANSI B 16.5

Las marcas a utilizar deberán estar homologadas por la Distribuidora (Pikotek, Dinatécnica, etc).

Se instalarán en la válvula de entrada y salida de la E.R.P para aislar eléctricamente los sistemas de protección catódica del ramal de alimentación y la cañería de la E.R.P Villa Los Cóndores.



Figura n° 27: Junta Aislante tipo Pikotek

ESPÁRRAGOS Y TUERCAS

Se trata del conjunto de accesorios para el ajuste entre bridas, compuestos por los espárragos totalmente roscado y sus respectivas tuercas de ajuste. Norma de aplicación, ASME/ANSI B16.5.

Material utilizado para los espárragos, A.S.T.M. A193 gr. B7, y A.S.T.M. A194 gr. 2H para las tuercas.

En la tabla n°20 y 21 se detallan la cantidad de elementos a utilizar y la configuración de ajuste, de acuerdo al diámetro y serie de las bridas a ajustar.

ESPARRAGOS PARA BRIDAS SEGÚN ANSI B16.5 - ANSI B18.2 - ANSI B1.1 - MSS.SP44												
DIAMETRO NOMINAL BRIDAS (Pulg.)	Serie 150			Serie 300			Serie 600			Serie 1500		
	Cantidad	Diametro (Pulgadas)	L (mm)	Cantidad	Diametro (Pulgadas)	L (mm)	Cantidad	Diametro (Pulgadas)	L (mm)	Cantidad	Diametro (Pulgadas)	L (mm)
1/2	4	1/2	63	4	1/2	70	4	1/2	82	4	3/4	108
3/4	4	1/2	63	4	5/8	76	4	5/8	89	4	3/4	114
1	4	1/2	69	4	5/8	82	4	5/8	95	4	7/8	127
1 1/4	4	1/2	69	4	5/8	82	4	5/8	102	4	7/8	127
1 1/2	4	1/2	76	4	3/4	95	4	3/4	108	4	1	140
2	4	5/8	82	8	5/8	89	8	5/8	108	8	7/8	146
2 1/2	4	5/8	89	8	3/4	102	8	3/4	121	8	1	159
3	4	5/8	95	8	3/4	108	8	3/4	127	8	1 1/8	178
3 1/2	8	5/8	95	8	3/4	114	8	7/8	140			
4	8	5/8	95	8	3/4	114	8	7/8	146	8	1 1/4	197
5	8	3/4	101	8	3/4	121	8	1	165	8	1 1/2	248
6	8	3/4	101	12	3/4	127	12	1	171	12	1 3/8	260
8	8	3/4	108	12	7/8	140	12	1 1/8	197	12	1 5/8	292
10	12	7/8	120	16	1	159	16	1 1/4	216	12	1 7/8	337
12	12	7/8	120	16	1 1/8	171	20	1 1/4	222	16	2	375
14	12	1	133	20	1 1/8	178	20	1 3/8	235	16	2 1/4	406
16	16	1	140	20	1 1/4	190	20	1 1/2	254	16	2 1/2	445
18	16	1 1/8	152	24	1 1/4	197	20	1 5/8	273	16	2 3/4	466
20	20	1 1/8	159	24	1 1/4	209	24	1 5/8	292	16	3	540
24	20	1 1/4	178	24	1 1/2	235	24	1 7/8	330	16	3 1/2	616
26	24	1 1/4	190	28	1 5/8	273	28	1 7/8	362			
28	28	1 1/4	203	28	1 5/8	285	28	2	374			
30	28	1 1/4	203	28	1 3/4	305	28	2	381			
34	28	1 1/2	222	28	1 7/8	330	28	2 1/4	406			
32	32	1 1/2	222	28	1 7/8	330	28	2 1/4	406			
36	32	1 1/2	228	32	2	349	28	2 1/2	425			

Tabla n° 20: Cantidad de espárragos para bridas

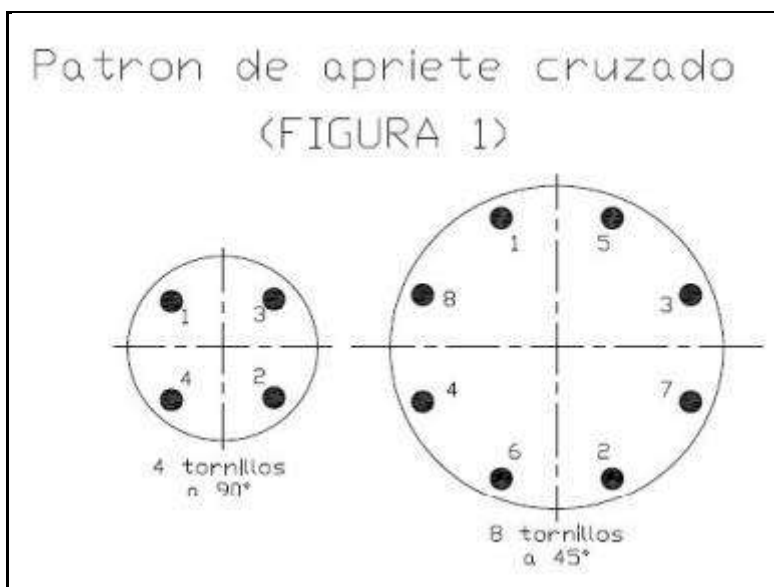


Figura n° 28: Patrón de apriete de espárragos

VÁLVULAS DE BLOQUEO

Deberán ser de cierre rápido, $\frac{1}{4}$ de vuelta, del tipo esférica de paso total, bridadas, de material A.S.T.M. A 216 WCB o A.S.T.M. A 105 Serie ANSI 150/300 según la presión de operación.

Por último, los accesorios de cañería a utilizar como por ejemplo codos, tee y reducción concéntrica serán de material A.S.T.M A 234 WPB de Schedule 80.

PINTURA

De acuerdo a los requerimientos de la Distribuidora y las NAG 201, el pintado de cañería aérea se deberá realizar de la siguiente manera:

- 1 mano de fondo anti oxido con cromato de zinc según norma IRAM 1182
- 2 manos de esmalte sintético brillante amarillo para cañería.

El espesor mínimo total deberá ser de 500 micrones

IV. CONCLUSIONES

El trabajo de diseño y cálculo de una estación reguladora de presión para gas natural, constituye un proceso multidisciplinario que involucra varias áreas de la ingeniería como el estudio y análisis de la mecánica de fluidos, resistencia y conocimientos de materiales, termodinámica, diseño mecánico, neumática, análisis matemático, física, entre otros, que me permitió aplicar los conocimientos adquiridos durante mi carrera universitaria e incluso incorporar y desarrollar nuevos criterios que sumaran a mi formación como futuro profesional.

Para el diseño de los equipos, pude notar la relevancia de las normas internacionales que se utilizan, las cuales se mantienen en constante actualización, y que las normas emitidas por el ente nacional regulador ENARGAS, son adaptaciones en gran parte de las mismas. Por otro lado, el

extenso abanico de normas exigidas, requieren un amplio y detallado estudio y análisis para el desarrollo de este tipo de proyectos.

En cuanto a las ventajas que permitiría la implantación de la E.R.P Villa Los Cóndores, además de facilitar el acceso a un servicio esencial como es el gas natural que implica una mejoría en la calidad de vida, los usuarios abonarían por el servicio, un monto aproximado de \$9.000 mensuales, lo que implica una gran ventaja económica por sobre los demás métodos de calefacción que actualmente se emplean.

Estar desempeñándome como profesional en la oficina técnica de la empresa Camuzzi Gas del Sur, me permitió tener acceso e indagar acerca de los procesos y análisis para la determinación de cada equipo a utilizar y de todo lo necesario para el diseño y cálculo de la E.R.P. Se agradece la colaboración exclusiva del profesional del área técnica de la Distribuidora, Camuzzi Gas del Sur, Sr. Rojas, Luis quien apporto con su conocimiento y experiencia en el área de desarrollo.

V. BIBLIOGRAFÍA

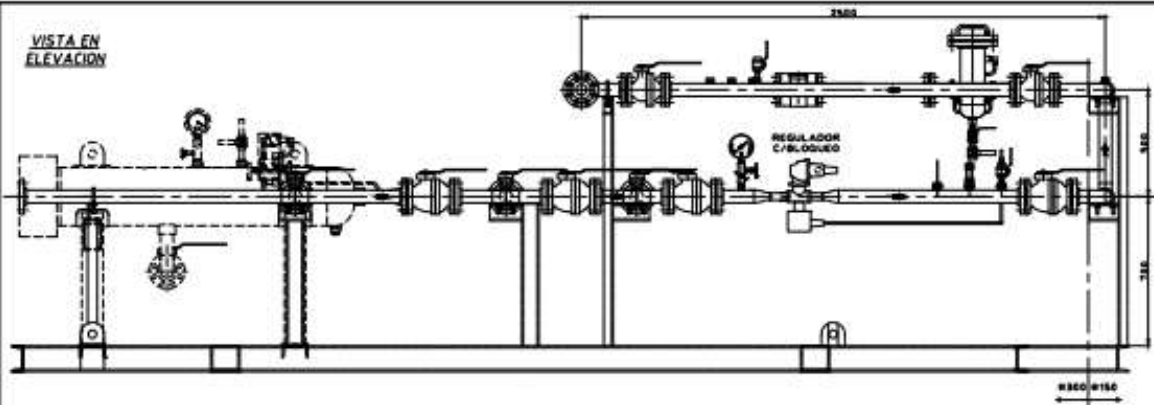
- GPSA – Asociación de proveedores de procesadores de gas – 2004 – GPSA (Volúmenes I y II)
- Código ASME, Sección VII, División I - Reglas para la construcción de recipientes a presión - 2019
- API 12 K - Especificación para calentador de tipo indirecto - 2008
- Cañerías y recipientes a presión - José Luis Otegui y Estaban Rubertis – 2008 – Eudem (Tomo I y II).
- Tratado general de gas – Raul R Llobera – 1987 – Cesarini Hermanos.
- Transporte de fluido por cañerías – Ing. Gentili – Industec.
- Normas y Disposiciones del Ente Nacional Regulador de Gas (ENARGAS).
- Normas y especificaciones técnicas de la Distribuidora Camuzzi Gas del sur.
- Dossier Instalaciones Industriales – Ing. Belliaro Pedro – última revisión
- Bridas de tubería y accesorios con bridas - ANSI B. 16.5 - 2017
- Catálogo regulador SATESA 623 – Revisión 11/2021

VI. ANEXOS

A continuación se presenta el plano de la E.R.P Villa Los Cóndores, con los equipos y accesorios utilizados para el filtrado, puente de regulación y puente de medición.

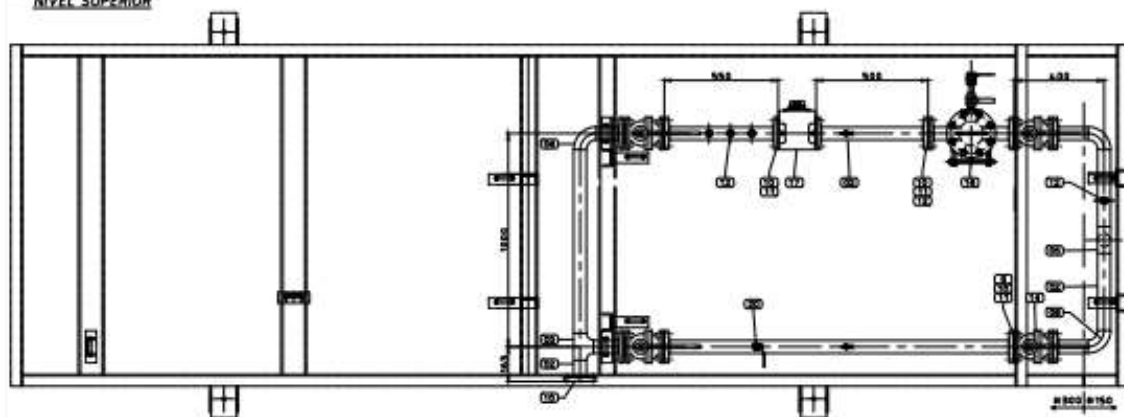


VISTA EN ELEVACION

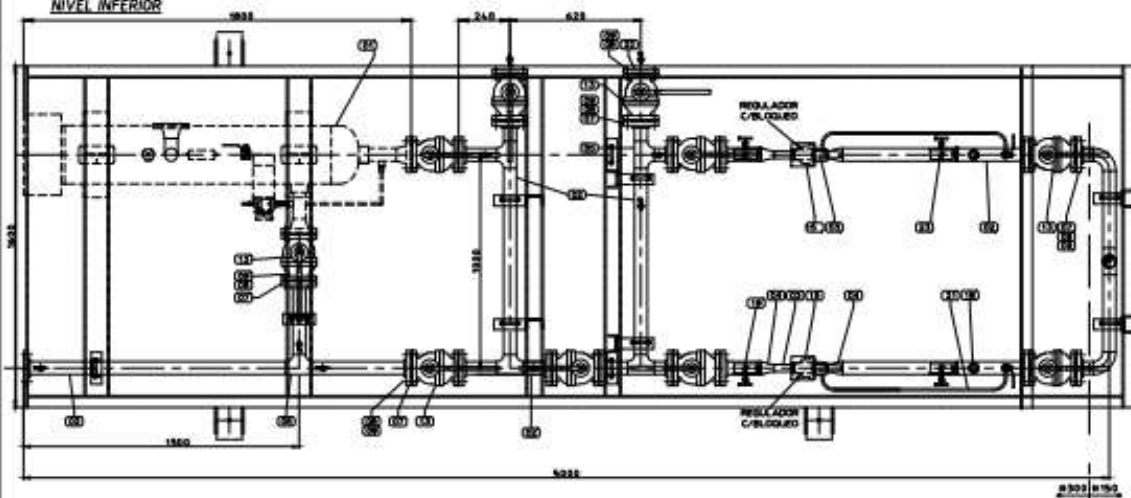


1.-medidas expresadas en milímetros (mm)

VISTA EN PLANTA NIVEL SUPERIOR



VISTA EN PLANTA NIVEL INFERIOR



LISTA DE MATERIALES

POS	DESCRIPCION	MATERIAL	Cant	Un
01	Separador de polvo Ø10" #300	Varios	1	c/u
02	Caño Øn 2" Sch 80 (Esp. 5,54mm)	ASTM A-53 Gr. B	-	m
03	Caño Øn 1" Sch 80 (Esp. 4,55mm)	ASTM A-53 Gr. B	-	m
04	Reduccion Concentrica Ø2" x 1" Sch 80.	ASTM A-234 WPB	2	c/u
05	Te Ø2" Sch 80	ASTM A-234 WPB	8	c/u
06	Codo R.L. 90° Ø 2" Sch 80	ASTM A-234 WPB	5	c/u
07	Brida SORF Øn 2" 300#	ASTM A-105	17	c/u
08	Junta Espiralada Ø 2" #300 Esp.: 4.5 mm	AISI 316-Grafoil	22	c/u
09	Espárrago c/2 tuercas	A-193B7/A-194 2H	176	c/u
10	Brida SORF Øn 2" 150#	ASTM A-105	11	c/u
11	Junta Espiralada Ø 2" #150	AISI 316-Grafoil	13	c/u
12	Media cupla 3/4" NPT S.3000	ASTM A-105	4	c/u
13	Válvula esférica Øn 2" PT. - RF 300#- A Palanca	ASTM-216 WCB	10	c/u
14	Válvula esférica Øn 2" PT. - RF 150#- A Palanca	ASTM-216 WCB	4	c/u
15	Válvula reg. monitor Ø1" NPT -SATESA 623-SO C/ bloqueo	ASTM-216 WCB	2	c/u
16	Filtro FM Ø2" #150	VARIOS	1	c/u
17	Medidor rotativo Ø 2" #150 Marca FMG Mod. FMR 2 G 25	ALUMINIO	1	c/u
18	Valvula de seguridad SATESA orificio F	VARIOS	2	c/u
19	Manom. tipo Bourbon Cuadr.4" -1/2" NPT- Rango 0-60 bar	VARIOS	2	c/u
20	Válvula esférica Øn 1/2" PT. - NPT	ASTM-216 WCB	3	c/u
21	Tubing Ø 1/2"	AISI 316	2	c/u
22	Brida BLRF Øn 2" 300#	ASTM A-105	2	c/u
23	Manom. tipo Bourbon Cuadr.4" -1/2" NPT- Rango 0-10 bar	VARIOS	2	c/u

Proyectó	Lepe Pablo Ezequiel
Dibujó	Lepe Pablo Ezequiel
Revisó	Lepe Pablo Ezequiel
Aprobó	Lepe Pablo Ezequiel

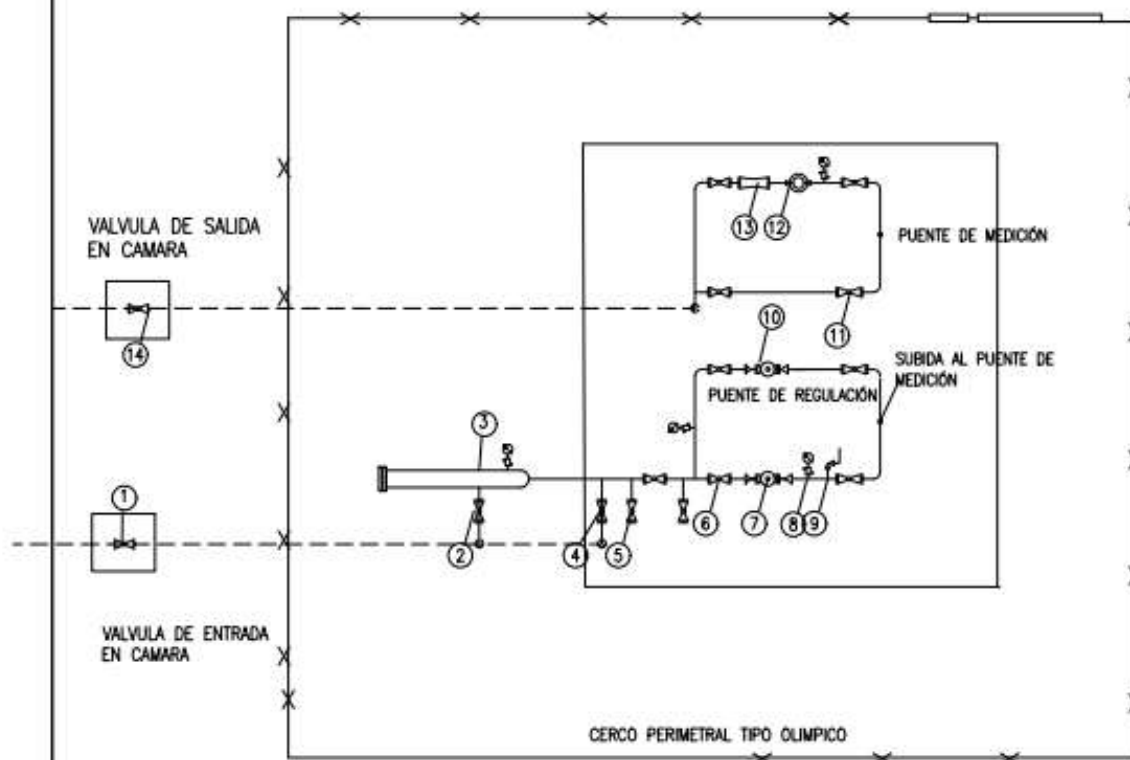


E.R.P VILLA LOS CÒNDORES

ESC: 1:20
Hoja A3

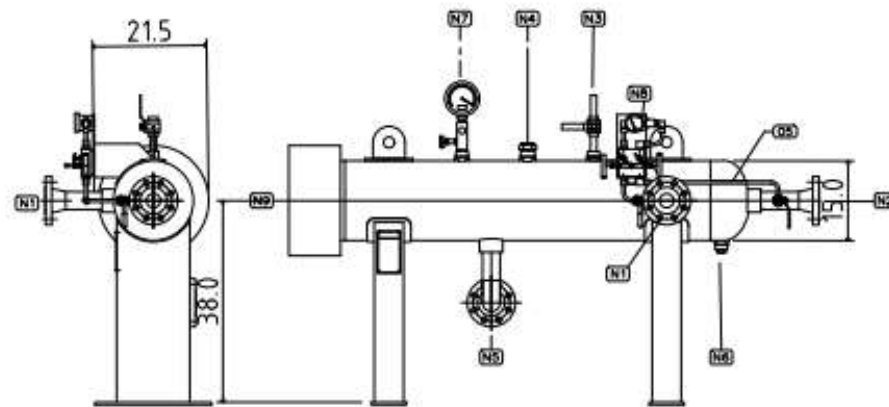
DENOMINACION:
**DETALLES DE CAÑERIAS
 E INSTRUMENTOS**

PROYECTO FINAL DE INGENIERIA
 Plano nº: 1

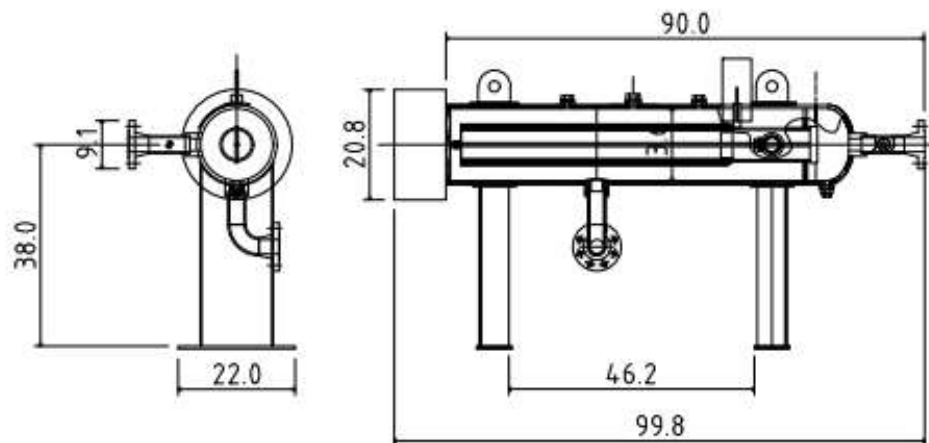


POS	CANT	DENOMINACION
1	1	VALVULA BLOQUEO ESFERICA ENTRADA E.R.P
2	1	VALVULA DE BLOQUEO ENTRADA SEPARADOR DE POLVO
3	1	SEPARADOR DE POLVO
4	1	VALVULA DE BLOQUEO - BY PASS SEPARADOR DE POLVO
5	2	VALVULA DE BLOQUEO ENT/SAL CALENTADOR INDIRECTO
6	4	VALVULA DE BLOQUEO PUENTE REGULACION
7	1	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN-PUENTE PRINCIPAL
8	4	MANOMETRO DIFERENCIAL DE PRESIÓN
9	1	VALV. DE SEGURIDAD POR ALIVIO ANTE SOBREPRESIÓN
10	1	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN. PUENTE RESERVA
11	4	VALVULA BLOQUEO ESFERICA PUENTE MEDICIÓN
12	1	FILTRO FM PARA MEDIDOR
13	1	MEDIDOR A TURBINA PARA 150 SM3/H
14	1	VALVULA BLOQUEO ESFERICA SALIDA E.R.P

Proyctò	Lepe Pablo Ezequiel	 	E.R.P VILLA LOS CONDORES
Dibujò	Lepe Pablo Ezequiel		
Revisò	Lepe Pablo Ezequiel		
Aprobò	Lepe Pablo Ezequiel		
ESC: S/E	DENOMINACION:		PROYECTO FINAL DE INGENIERIA
Hoja A3	LAY-OUT GENERAL E.R.P VILLA LOS CONDORES		Plano nº: 2



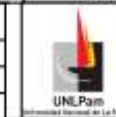
VISTA CONJUNTO - DIMENSIONES PRINCIPALES



LISTADO DE CONEXIONES

POS	Cant	Øn	TIPO	sch	SERIE	SERVICIO	OBSERVACIONES
N1	1	2"	WNRF	80	300	ENTRADA GAS	-----
N2	1	2"	WNRF	80	300	SALIDA GAS	-----
N3	1	1/2"	Threadel	--	3000	VENTEO	-----
N4	1	3/4"	Threadel	--	3000	VALVULA DE ALIVIO	-----
N5	1	2"	WNRF	80	300	DRENAJE	-----
N6	1	1/2"	Threadel	--	3000	PURGA C/ TAPON	-----
N7	1	1/2"	Threadel	--	3000	MANOMETRO	-----
N8	2	1/2"	Threadel	--	3000	INDICADOR DE PRESION DIF	-----
N9	1	10"	C. rápido		3000	ACCESO INTERNO FILTRO	

Proyctò Lepe Pablo Ezequiel
 Dibujò Lepe Pablo Ezequiel
 Revisò Lepe Pablo Ezequiel
 Aprobò Lepe Pablo Ezequiel



E.R.P VILLA LOS CONDORES

ESC:
120

DENOMINACIÓN:

Hoja
A3

FILTRO SEPARADOR DE POLVO
 E.R.P VILLA LOS CONDORES

PROYECTO FINAL DE INGENIERIA

Plano nº: 3



UNLPam

Universidad Nacional de La Pampa



**FACULTAD DE
INGENIERÍA**