

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“PROYECTO DE INSTALACIÓN DE LA RED DE GAS
NATURAL DE UNA EMPRESA INDUSTRIAL CON
50000 m³ DE CONSUMO DIARIO”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECANICO

PERCY JUAN MEZA CORNEJO

PROMOCION 1984-II

LIMA-PERU

2004

V

/II

A la memoria de mis padres,
Por forjarme,

A mis hermanos;

Y al apoyo indesmayable de
Mi esposa e hijos.

P.M.C.

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

Tabla de contenido	
Índice de Cuadros	V
Índice de Figuras	VII

TABLA DE CONTENIDO

Prólogo	1
Capítulo 1	4
Introducción	4
1.1 Objetivos del Informe	4
1.2 Antecedentes	4
1.3 Alcance del Informe	5
1.4 Contenido	5
Capítulo 2	7
El Gas Natural	7
2.1 ¿Qué es el Gas Natural?	7
2.2 Proceso de Formación	7
2.3 Composición	8
2.4 Análisis del Gas natural	9
2.5 Propiedades Físicas	11
2.6 Propiedades Químicas	12
2.7 Ventajas del Gas Natural	14
2.8 Precauciones con el Gas Natural	16

2.9	Impacto económico del Gas Natural	17
2.10	Impacto medioambiental del Gas Natural	18
Capítulo 3		21
Reservas, Producción y Mercado del Gas Natural en el Perú y el Mundo		21
3.1	Reservas de Gas Natural en el Perú y el Mundo	21
3.1.1	Reservas de Gas Natural en el Perú	21
3.1.2	Reservas de Gas Natural en el Mundo	22
3.2	Producción de Gas Natural en el Perú	25
3.3	Mercado y Valor Agregado del Gas Natural en el Perú	26
3.3.1	Mercado para el Gas Natural en el Perú	26
3.3.2	Valor Agregado del Gas Natural en el Perú	30
Capitulo 4		38
La Empresa depositaria del proyecto y la Industria Automotriz		38
4.1	Breve Reseña de la Empresa depositaria del proyecto	38
4.2	Importancia de la Industria automotriz en el Perú y el Mundo	39
4.2.1	La industria automotriz en el Mundo	39
4.2.2	La industria automotriz en el Perú	43
4.2.3	La industria automotriz en América	44
4.3	Layout de la Fábrica	47
4.4	Diagrama de Flujo simplificado	49

Capítulo 5	54
Diseño de la Red Interna de Gas Natural en una Fábrica de 50000 m³ de Consumo Diario	54
5.1 Alternativa de uso de uno o dos combustibles.	54
5.2 Cálculo del consumo de Gas Natural en la Fábrica	55
5.3 Determinación de los Parámetros de Diseño	56
5.4 Cálculo del Diámetro de la tubería entre el Gasoducto y la ERMP	58
5.5 Diseño de la Estación de regulación y Medición Primaria (ERMP)	59
5.5.1 Ubicación de la ERMP	59
5.5.2 Composición de una ERMP	59
5.5.3 Selección de la Válvula Reguladora de Presión, las Válvulas de Alivio, los Filtros y el Medidor	64
5.5.4 Cálculo del Diámetro de las Tuberías, Velocidad y Caídas de Presión en la ERMP	67
5.6 Diseño de la Estación de Regulación Secundaria N° 1	77
5.6.1 Ubicación de la ERS N° 1	77
5.6.2 Composición de una ERS	77
5.6.3 Selección de la Válvula Reguladora de Presión, las Válvulas de Alivio, los Filtros y el Medidor	78
5.6.4 Cálculo del Diámetro de las Tuberías, Velocidad y Caídas de Presión en la ERS N° 1	79
5.7 Diseño de la Red de Gas natural en la Planta Mecánica A	80
5.7.1 Cálculo del Diámetro de las Tuberías, Velocidad y Caídas de Presión en la Planta Mecánica A	80

5.8	Verificación de las caídas de presión señaladas en el Acápite 5.3 (Determinación de los Parámetros de Diseño)	84
5.9	Verificación del espesor y el diámetro por Cálculo del esfuerzo de la tubería	85
5.10	Protección anticorrosiva	88
5.11	Pruebas	91
	Capítulo 6	93
	Costos de la Instalación	93
	Conclusiones	96
	Apéndice	98
	Anexo 1 - Bridas – Accesorios – Longitud equivalente de accesorios y válvulas	98
	Anexo 2 - Norma ASTM A-53	104
	Anexo 3 - Información de componentes	106
	Anexo 4 - Protección anticorrosiva	115
	Planos	117
	Bibliografía	118

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1.	Reservas de gas natural del Perú fines 2001	22
Cuadro N° 2.	Reservas de gas natural al final del 2002 por países	23
Cuadro N° 3.	Clasificación de las 500 empresas más grandes del mundo	42
Cuadro N° 4.	Producción mundial de vehículos año 2002	43
Cuadro N° 5.	Artefactos consumidores de gas natural y sus respectivos consumos en la Planta Mecánica A	55
Cuadro N° 6.	Planilla de cálculo – Red de Tuberías ERS N° 1	80
Cuadro N° 7.	Planilla de cálculo – Red de tuberías de la Planta Mecánica A	81
Cuadro N° 8.	Lista de materiales	87
Cuadro N° 9.	Costo de materiales	93
Cuadro N° 10.	Costo de obras civiles	95
Cuadro N° 11.	Estimado otros costos	95
Cuadro N° 12.	Resumen de costos	95
Cuadro N° 13.	Dimensiones de accesorios	99
Cuadro N° 14.	Longitud equivalente de accesorios	101
Cuadro N° 15.	Longitud equivalente de válvulas	103
Cuadro N° 16.	Tabla de capacidades medidor 4" GTS, GTX, Clase E	107
Cuadro N° 17.	Válvula reguladora de presión DN 80 – Relación del caudal con las Pent. y Psal.	108
Cuadro N° 18.	Selección del cabezal de control en función de Psal.	109
Cuadro N° 19.	Válvulas alivio Fisher – Tabla de presiones	110

permisibles

Cuadro N° 20. Filtros serie FAG-A	112
Cuadro N° 21. Filtros tipo cartucho – Caudal en función de ΔP y Pent.	113

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Corte de un yacimiento de gas natural y petróleo	8
Figura 2.	Reservas mundiales probadas de gas natural final 2002 por regiones	23
Figura 3.	Esfera de GNL	36
Figura 4.	Cruceta endurecida por carbonitruración en horno a gas natural	47
Figura 5.	Carrocería en dispositivo de soldadura – ensamble final	50
Figura 6.	Carrocería pintada sobre skid	52
Figura 7.	Engranaje de caja de cambio endurecido por carbonitruración en horno a gas natural	53
Figura 8.	Horno continuo de secado de pintura de carrocerías a gas natural	53
Figura 9.	Corte válvula reguladora de presión EQA, mod. 99	77
Figura 10.	Tubería revestida gas natural DN 20” soldada y sin mangas	92
Figura 11.	Medidor tipo turbina American Meter Mod. GTS y clase E	106
Figura 12.	Carta de selección del tipo de medidor en función de la presión y caudal	107
Figura 13.	Válvula reguladora de presión Fiorentini, Mod. Norval	108

Figura 14. Dimensiones de válvula reguladora de presión, Mod. Norval	109
Figura 15. Válvula alivio Fisher, Modelos 289H y 289HH, angulares de 1"	110
Figura 16. Diagrama Pent. vs. Caudal – Válvula alivio Fisher – Mod. 289H	111
Figura 17. Válvula esférica Worcester	14
Figura 18. Cinta para revestir tuberías enterradas	115
Figura 19. Junta dieléctrica	116
Figura 20. Ánodos de sacrificio en plena fabricación	116

PRÓLOGO

Desde que se descubriera el Gas de Camisea, en los yacimientos de San Martín – año 1984 - y Cashiriari – año 1986 -, las cosas cambiaron sustancialmente para el país. Se encontró una nueva fuente energética, que tanta falta hacía para apuntalar la decreciente producción de hidrocarburos. Luego de veinte años, en un período de avances y retrocesos, fundamentalmente en el plano político, el Perú podrá hacer uso desde este año, de este preciado recurso que alberga en sus entrañas.

Miles de empleos generados durante la etapa de construcción del proyecto y US\$ 1,500 millones de dólares ya comprometidos, ¹ 600 millones en explotación, 800 millones, en los dos ductos de la parte de transporte, y cerca de 100 millones en distribución en Lima y Callao. Proyecciones de inversión de US\$ 1,800 millones en Gas Natural Licuado (GNL) , más unos 500 millones de dólares para extender la red a las provincias del interior del país de mayor demanda, en el mediano plazo; son los beneficios tangibles y directos que ha representado y representará este recurso energético. Se creará un nuevo espacio tecnológico y laboral. Dependerá del país, de sus técnicos, profesionales y visión de sus empresarios, dominar a cabalidad esta nueva tecnología y darle el valor agregado, que multiplique la riqueza de la materia prima. Si bien la inversión está garantizada por el uso

¹ Datos aparecidos en la Revista Industria Peruana de la SNI, Mayo 2003

en la generación eléctrica y consumo doméstico, comercial e industrial, será tarea de los peruanos elaborar un Plan que tienda a la utilización del gas natural para la producción de fertilizantes, explosivos, metanol, y otros.

Para los profesionales y técnicos habrá un espacio en consultoría, diseño y ejecución de proyectos industriales, comerciales y residenciales, así como en la comercialización de equipos y componentes. Para los empresarios industriales, se abrirá la oportunidad para fabricar tuberías, accesorios, componentes como filtros, válvulas, etc. .

El PBI nacional crecerá debido al gas natural, los ingresos fiscales se incrementarán por el pago de impuestos y regalías, los costos de fabricación se reducirán para aquellos productos que utilizan energía térmica, el costo del transporte automotor a GNC se reducirá, y la contaminación se reducirá en la misma proporción en que crezca el consumo de gas.

Habrá transferencia de tecnología proveniente de las empresas extranjeras ganadoras de las licitaciones en sus diferentes etapas. Así tenemos empresas con amplia experiencia en este campo proveniente de Argentina, Estados Unidos, Corea del Sur y Bélgica.

El autor de este informe se suma a esta nueva tecnología en el país, ocupándose de la instalación de la red de gas natural interna en una empresa industrial.

Como parte de este trabajo, también he incluido un estudio de la industria automotriz en América y en el Mundo, en razón de que la empresa que me sirve como modelo para realizar la instalación de la red de gas natural,

pertenece a este sector; pero también con la finalidad de llamar la atención sobre la importancia que tiene la industria más importante del mundo, en la generación de empleo, en el valor agregado de nuestro acero, y en el aporte de impuestos a la caja fiscal.

Incluyo, además, un estudio sobre el valor agregado que debería dársele al gas natural en nuestro país, como una forma de multiplicar la riqueza contenida en el gas como materia prima.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos del Informe

- a.** Establecer una metodología de trabajo para la realización de proyectos de instalaciones de gas natural en empresas industriales.
- b.** Reorientar el uso de combustibles, que permitan bajar los costos de producción de la industria nacional, para hacerla más competitiva internacionalmente; y que a la vez sea producido en el país, como es el caso del gas natural.

1.2 Antecedentes

El gas natural se viene usando de una manera intensiva en la industria y para uso doméstico, luego que terminara la segunda guerra mundial. Algunos países como Estados Unidos, la ex U.R.S.S o la Argentina, muy pronto se embarcarían en la explotación de sus yacimientos. En cambio, en el Perú con la excepción de Talara y Aguaytía, con pequeños volúmenes de producción y consumo, recién desde el 2004 se entrará en una explotación y consumo, que progresivamente irá creciendo y desplazando a otros combustibles, como el GLP, petróleo diesel, petróleo residual y kerosene.

De manera que los principales centros de consumo de energía, en donde están radicados una diversidad de industrias podrán hacer uso de este combustible, y por ende, se irán multiplicando los proyectos de instalación de gas natural en plantas nuevas, o de sustitución y conversión de combustibles

en plantas ya existentes.

1.3 Alcance del Informe

- a. El Informe está limitado a las etapa de diseño de la instalación de la red interna de Gas Natural para la Planta de Mecánica A de la empresa industrial, cuyas características se señalan en el capítulo 4. Sin embargo la Estación de Regulación y Medición Primaria (ERMP) ha sido diseñada para el consumo inmediato y para el consumo futuro proyectado.
- b. Todos los datos referidos a los consumos, presiones y ubicaciones de los aparatos térmicos, son proporcionados por la empresa responsable del Proyecto integral.
- c. La instalación de gas natural de la fábrica depositaria del proyecto, empieza aguas debajo de la válvula de bloqueo general, ubicada en una caja, fuera de la línea municipal.

1.4 Contenido

El informe consta de seis capítulos. En el capítulo dos se señalan cómo está constituido el gas natural, su proceso de formación, sus características físicas y químicas, las precauciones que hay que tener para su suso y manipulación, así como sus ventajas y cualidades, y sus impactos tanto a la economía, como al medio ambiente. El capítulo tres está dedicado a conocer las reservas, producción y mercado del gas natural en el Perú y el mundo. En el capítulo cuatro se muestra la empresa que sirve de aplicación

para la instalación motivo del presente informe. También aprovecho para hacer un estudio de cómo se encuentra el sector automotriz en el mundo.

Los capítulos cinco y seis están dedicados al diseño de la red interna de gas natural. Se hace un estudio detallado de los elementos que la conforman, así como la demostración de su viabilidad técnica, mediante el uso de las herramientas de la ingeniería, complementándose para esto con planos e información útil.

CAPÍTULO 2. EL GAS NATURAL

2.1 ¿Qué es el Gas natural?

El gas natural es un combustible fósil compuesto en gran proporción por metano, y en pequeñas cantidades por otros gases, como el etano, propano, butano y pentano.

2.2 Proceso de Formación

El gas natural se formó hace decenas de millones de años a partir de los restos de plantas y animales microscópicos que vivían en los mares templados del trópico, por ejemplo, en lo que es ahora la cuenca amazónica. Los restos de las plantas y animales cayeron al lecho del mar y fueron cubiertos de lodo traído por los ríos. El lodo se fue endureciendo hasta convertirse en roca sedimentaria. Bajo el peso de la roca, los restos se vieron sujetos a calor y presión extremos y, como resultado, se convirtieron en hidrocarburos : petróleo y gas natural.

El gas natural se encuentra atrapado entre formaciones de roca porosa, formando inmensos depósitos, los cuales están cubiertos por una capa de roca impermeable. Tal como se observa en la Fig. 1.1 el gas natural se encuentra en la parte superior, luego le siguen hacia abajo los elementos de mayor densidad como el petróleo y el agua. ²

² Instalaciones de Gas, Néstor Quadri, p. 2

La roca madre del gas natural de Camisea se empezó a formar hace alrededor de 300 a 400 millones de años durante el período geológico pre-andino.

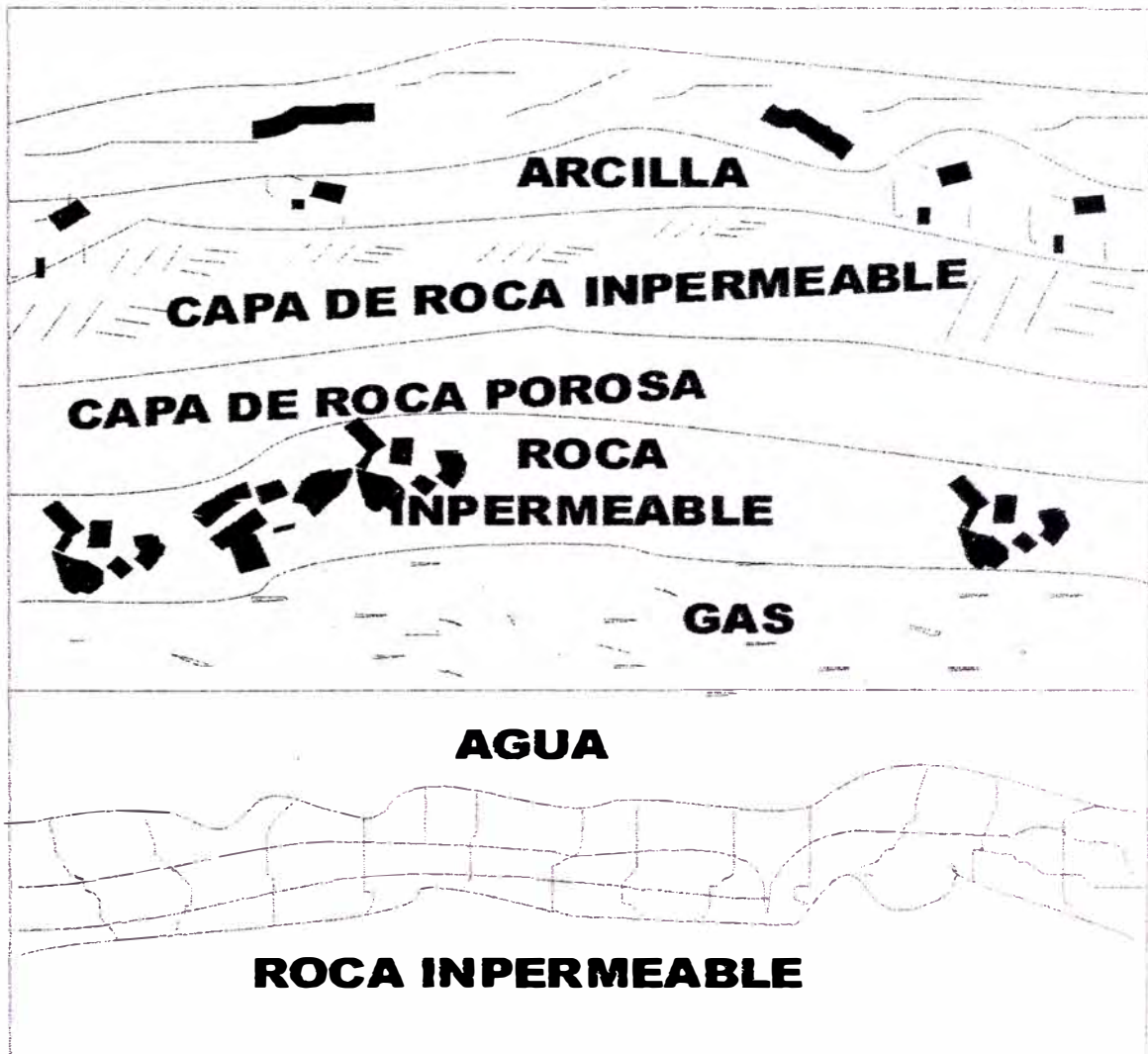


Fig. 1. Corte de un yacimiento de gas natural y petróleo

2.3 Composición

El gas natural es una mezcla de diversos hidrocarburos gaseosos, de los cuales el principal componente es el Metano, en una proporción del 70 al 95 %, dependiendo del yacimiento. La parte restante está compuesta por :

Etano (C_2H_6), Propano (C_3H_8), Butano (C_4H_{10}) e hidrocarburos superiores; y en proporciones mínimas: Vapor de Agua, Anhídrido Carbónico, Nitrógeno, Hidrógeno Sulfurado, etc..

2.4 Análisis de Gas Natural³

Existen diversos procedimientos de análisis para establecer los porcentajes de los distintos hidrocarburos y de los demás componentes en el gas natural y productos afines. Los métodos o aparatos comúnmente usados para la determinación de los hidrocarburos, son:

- **Fraccionamiento a baja temperatura.**

Se utiliza el aparato Podbielniak – y similares – el cual consiste en una columna de laboratorio rellena para la destilación fraccionada de gas natural, licuado por enfriamiento con aire y nitrógeno líquidos. La base de la columna puede calentarse mediante una resistencia eléctrica. Todos los componentes del gas, que no son hidrocarburos, no se determinan en el Podbielniak. Pueden determinarse en cambio por los otros métodos que se describen a continuación:

- **Espectrómetro de masa.**

Este método se basa en la deflexión de su trayectoria que sufren las moléculas ionizadas de un gas muy diluido, en un campo magnético.

³ Megapiping 2000, Cap. 2

La ionización se efectúa en una cámara de ionización. Las partículas ionizadas son aceleradas por la acción de un voltaje elevado y deflexionadas de su camino en el campo magnético, de acuerdo con su masa.

- **Espectrómetro de absorción infrarroja.**

En principio es similar a un espectrómetro común, pero utiliza rayos infrarrojos cuya refracción con gases y otros medios incoloros es más pronunciada y característica que la de los rayos de la luz visible.

Los distintos componentes son identificados por comparación de sus aspectos con espectros patrones de productos puros, determinados en el mismo aparato o publicados en la literatura. La cantidad de componentes se determina en base a la intensidad de la absorción registrada.

- **Cromatografía de gases.**

Los métodos "cromatográficos" se basan en la diferente velocidad e intensidad con que distintos materiales son absorbidos y adsorbidos, por un adsorbente dado. Por ejemplo, si una solución que contiene varias sustancias es pasada lentamente a través de una columna de material adsorbente, cada sustancia aparece en un nivel distinto de la columna. Hoy en día, y especialmente en la cromatografía de gases, que mayormente son incoloros, ya no se utiliza el color como propiedad característica de las zonas separadas, sino se procede como sigue:

La muestra del gas mezclado con un "gas portador", que puede ser helio o hidrógeno ("fase móvil") es pasada a través de una columna de un sólido inerte, poroso, granulada, tal como polvo de ladrillo refractario ("soporte"), cuya superficie está cubierta con una fina película de un líquido absorbente no volátil, tal como silicón o dioctil-ftalato. ("fase estacionaria"). En su pasaje a través de la columna, los distintos componentes del gas son absorbidos con distinta velocidad e intensidad sobre la fase estacionaria y después desorbidos gradualmente por la corriente del gas portador puro. Con dimensiones y velocidades apropiados, se consigue una separación completa del gas en sus componentes.

2.5 Propiedades físicas ⁴

El gas natural es un producto incoloro, inodoro, no tóxico, ni corrosivo y más ligero que el aire. Su densidad, medida respecto de la del aire tomada como unidad, oscila comúnmente entre 0,6 y 0,7 según sea el contenido de hidrocarburos condensables (propano y superiores), pudiendo aún ser mayor si fuese muy rico en estos últimos.

Es factible licuarlo a $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$, para ser transportado a grandes distancias por barcos metaneros (GNL). También es factible comprimirlo a 250 bar para ser utilizado como combustible en el transporte automotor (GNC). Poder calorífico PCS: $9.000 - 11.000\text{ kcal/m}^3$; PCI: $8.000 - 10.000\text{ kcal/m}^3$

⁴ Megapiping 2000 Cap. 1

2.6 Propiedades químicas

Los combustibles fósiles o sus derivados como las gasolinas, petróleo diesel o residual, producen, en su combustión, óxidos de carbono, azufre y nitrógeno que es necesario limitar al máximo para reducir la lluvia ácida, el efecto invernadero y el deterioro de la calidad del aire.

En cambio, el gas natural no contiene azufre en su composición, por lo que su combustión no emite los óxidos correspondientes, principales responsables de la lluvia ácida. Asimismo, la tecnología de combustión desarrollada permite reducir sensiblemente la temperatura de la llama, lo que se traduce en una reducción del orden del 40% en la producción de óxidos de nitrógeno, en relación a otros combustibles.

Igualmente por su composición molecular, -de su componente mayoritario, el Metano: un átomo de carbono por cuatro de hidrógeno -, el dióxido de carbono, producido por la combustión del gas natural es de un 50% a un 70% del producido por otros combustibles. Además, los humos, no contienen cenizas ni otros residuos sólidos.

Por tratarse de un gas, su mezcla con aire, por estar en la misma fase, y posterior combustión es más fácil que con otros combustibles fósiles. Por tanto, la necesidad de aire para la combustión es menor (Poder Comburívoro) y la tasa de aireación es más próxima a la unidad, es decir la

combustión es casi estequiométrica. Por tanto, el Poder Fumígeno (cantidad de productos de combustión) son menores.

Además, la configuración de la llama es más fácil, mayor capacidad de ajuste y mejor regulación, junto con una mayor velocidad en la propagación de la llama, lo que permite un elevado rendimiento en la combustión, una mejor automatización de los equipos de combustión y reducción de tamaño.

La Combustión es completa como consecuencia de la facilidad de la mezcla aire combustible y la velocidad de propagación de la llama y por tanto se reduce considerablemente la aparición de productos inquemados o gases tóxicos como el CO. Esta limpieza de los productos de la combustión proporciona la posibilidad de reducir la temperatura de los humos de combustión, incrementando el rendimiento de los equipos e instalaciones.

Como consecuencia de su estado gaseoso, una característica fundamental es la capacidad de compresibilidad, y por tanto provoca que la densidad del gas natural varia con la P y T.

$$\rho = \frac{PxM}{RxT}$$

El gas natural es más ligero que el aire, a diferencia de los gases licuados del petróleo (GLP), y en consecuencia tiende a dispersarse en el aire impidiendo la formación de bolsas de gas y aumentando la seguridad de su utilización.

Otro efecto importante de la compresibilidad es sobre la facturación, ya que como la densidad varía con la Presión y la Temperatura, la energía transmitida por unidad de volumen medida es diferente, y por tanto la facturación puede variar considerablemente, en los extremos de una tubería a igualdad de peso.

Por otro lado, como consecuencia de su naturaleza gaseosa presenta una amplia flexibilidad en la utilización, así como facilidad de uso. Además, tiene una propiedad muy importante y es la posibilidad de almacenamiento, algo que con la electricidad no es posible y que afecta de modo muy importante tanto al funcionamiento del sistema como del mercado.

2.7 Ventajas del Gas Natural

Las ventajas del uso del gas natural, las podemos resumir :

Ventajas para las instalaciones y los equipos

a) La composición libre de impurezas, así como la ausencia de partículas e inquemados como productos de la combustión produce las siguientes consecuencias:

- ⊙ Posibilidad de calentamiento directo, lo cual implica:
 - Simplificación de las instalaciones. No hay precalentamiento del combustible. Ahorro en inversión y Mantenimiento .
 - Mejora de los Rendimientos - No hay fluido intermedio -.

- Por su elevado Poder Calorífico hay una disminución del consumo de combustible. Ahorro en los costos de operación.
- Obtención de temperaturas más elevadas:

Temperatura teórica de combustión:	1.950°C (aire) 2.780°C (oxígeno)
Potencia específica de la llama:	1,21 kW/m ² (aire) 38,15 kW/m ² (oxígeno)

⊙ Prolonga la vida de los equipos y su mantenimiento. Como no hay presencia de azufre ni en el gas, ni en los productos de la combustión, el efecto corrosivo es bastante reducido.

Mejora de la calidad de vida. Con sólo abrir una llave, el consumidor tiene a su disposición el gas natural que proporciona instantáneamente una energía de uso inmediato, y que requiere poco mantenimiento, tiene un bajo costo de operación y es de gran confiabilidad. Debido a que el gas natural se almacena en los gasoductos del proveedor, los consumidores no necesitan instalaciones de depósito, pudiendo no obstante satisfacer sin dificultad su demanda de energía aunque sea muy grande. Cuando se cierra la llave del gas, la combustión se interrumpe instantáneamente, no habiendo desperdicio alguno; por lo tanto, la tecnología del gas natural ofrece un considerable potencial de ahorro de

energía. Por último, dado que la combustión de gas no deja residuos, no hay necesidad de almacenar ni desechar cenizas

2.8 Precauciones con el Gas Natural

Hay que tener precaución en su utilización ya que al ser un gas, se obtienen mezclas dentro de los límites de inflamabilidad rápidamente (entre 5 y 15 % de concentración), lo que impone la necesidad de ventilaciones en todos los ambientes donde haya aparatos o equipos consumidores de gas natural, para evitar estas concentraciones que, junto con focos de ignición (temperatura de Ignición: 650-750 °C), pueden dar lugar a deflagraciones o explosiones.

Para evitar accidentes sólo basta manipular, operar y mantener los equipos siguiendo procedimientos seguros, tal como se debe hacer con los combustibles líquidos. Y adicionalmente, lo reitero, tener muy en cuenta la ventilación .El gas natural no es más peligroso que éstos últimos. El aparente inofensivo kerosene, cuántos accidentes ha causado, incluso con pérdidas de vida, por la explosión de los tanques de las cocinas, por no haberse efectuado las acciones de mantenimiento.

Tampoco es un gas venenoso, ni tóxico. Los desmayos o la asfixia, pueden sobrevenir por desplazamiento de oxígeno.

2.9 Impacto Económico del Gas Natural

Todas las ventajas señaladas en el acápite 2.4, dedicado a señalar las ventajas del gas natural, tienen un impacto significativamente importante.

Entre las fuentes de energía primaria más utilizadas, el Gas Natural se ha convertido **desde 1999 en la segunda fuente de energía mundial**. De acuerdo con las proyecciones del Departamento de Energía de Estados Unidos US DOE, el crecimiento de la demanda de gas natural en el periodo 1998-2020 crecerá a una tasa promedio anual de 3.2%. Este crecimiento ha llevado al gas natural a ocupar desde 1999 el segundo lugar como fuente de energía mundial desplazando al carbón de esta posición y manteniéndose, el gas natural, desde entonces, como segundo energético mundial a lo largo del periodo proyectado por el DOE.

El gas natural, por sus precios competitivos y su eficiencia como combustible, permite alcanzar considerables economías a quienes lo utilizan. Para el país significará evitar gastar anualmente divisas del orden de 700 millones de dólares, y pasar de la condición de importadores a exportadores de combustibles.

Por otro lado el cambio en la matriz energética nacional permitirá que la tarifa eléctrica se reduzca. Se estima que, la reducción podría ser del orden del 20%. Esto determinará que los costos de producción de los productos peruanos bajen, y por lo tanto la economía peruana sea más competitiva internacionalmente. De esta manera habrá mejores condiciones para plantear proyectos que apunten al mercado global, y que tengan eco en inversionistas nacionales o extranjeros.

Los beneficios directos de Camisea, que se consideraron inicialmente son del orden de tres mil millones de dólares, durante los 33 años, en que se ha estimado la vida del proyecto. Monto que corresponderá al pago de regalías, IGV, impuesto a la renta, y disminución de las tarifas de electricidad. Recientemente se han dado los primeros pasos para la exportación del gas natural en estado líquido (GNL) hacia México, lo cual permitiría la instalación de una planta para la licuefacción, la cual estaría ubicada entre Cañete y Chincha, al Sur de Lima, y demandaría una inversión en el lado peruano de US\$ 1800 millones.

Por otro lado es de esperar inversiones por miles de millones de dólares en el mediano y largo plazo, con el objeto de extender la red de gas natural al interior del país.

2.9 Impacto Medioambiental del Gas Natural

Por ser el combustible más limpio de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica..

El gas natural tiene un impacto favorable para el medio ambiente, que lo podemos resumir de la siguiente manera:

a) Reducida emisión de contaminantes.

El gas natural no emite cenizas ni partículas sólidas a la atmósfera, genera una reducida emisión de óxidos de nitrógeno (NOx), de monóxido de carbono (CO), de dióxido de carbono (CO₂) y de hidrocarburos reactivos. Como ejemplo, las emisiones de CO₂ a la atmósfera constituyen el principal

causante del calentamiento de la tierra y la tendencia mostrada durante las últimas décadas era de un crecimiento acelerado. Existe un compromiso mundial para controlar esta situación. La cantidad de CO₂ producido en la combustión de los diferentes combustibles depende de la composición de los mismos. El gas natural compuesto en su mayoría por metano (CH₄) presenta la menor proporción carbono – hidrogeno entre los combustibles fósiles, generando un 50% y un 30% menos de CO₂ que el carbón y el petróleo respectivamente.

Asimismo, virtualmente no genera dióxido de azufre (SO₂). Estas características le dan una importante ventaja respecto de otros combustibles fósiles como el carbón, el petróleo diesel y el petróleo residual . La llamada "lluvia ácida" conduce paulatinamente a una importante deforestación, causada por los óxidos de azufre generados en la utilización de combustibles fósiles sólidos y líquidos, prácticamente inexistentes en el gas natural

b) Impacto en las etapas de producción, transporte y distribución.

Gracias a los avances tecnológicos desarrollados, sus etapas de producción, transporte, distribución y utilización no presentan riesgos ni causan impacto ambiental apreciable. A diferencia de los combustibles líquidos, que cuando han ocurrido accidentes con buques-tanque de gran o pequeño calado, han contaminado ríos, mares o lagos, el gas natural por su estado gaseoso, y por ser más liviano que el aire, rápidamente se disipa en la atmósfera. Eso sí, cuando las pérdidas sean muy grandes, y durante un tiempo muy

prolongado, se podría acumularse mezclas que estarían dentro de los límites de inflamabilidad. La recomendación es no acercarse a ninguna fuente que genere chispa, en tanto no se detenga la fuga.

c) Impacto durante la construcción de las instalaciones.

Todas las energías de origen fósil influyen en mayor o menor medida sobre el medio ambiente, durante la fase de construcción. La mayor parte de las instalaciones e infraestructuras de gas natural, como son los gasoductos y redes de distribución, tienen carácter subterráneo y, por tanto, no causan impacto apreciable sobre el paisaje, y están protegidos contra rupturas. El resto de las instalaciones visibles, principalmente estaciones de regulación de presión y/o medición, plataformas y plantas de regasificación, por las tecnologías aplicadas, son a su vez sumamente respetuosas con el entorno.

CAPÍTULO 3. RESERVAS, PRODUCCIÓN Y MERCADO DEL GAS NATURAL EN EL PERÚ Y EL MUNDO

3.1 Reservas de Gas natural en el Perú y el Mundo

3.1.1 Reservas de Gas Natural en el Perú

El Perú cuenta con tres cuencas gasíferas

- Talara – Sechura, situada en el norte del país
- Aguaytía, ubicada en el departamento de Ucayali
- Camisea, ubicada en el departamento del Cusco

Las reservas contenidas en estas cuencas aparecen resumidas en el cuadro N° 1, y corresponden al Ministerio de Energía y Minas a fines del 2001.

Estas cifras coinciden por las proporcionadas por BP Statistical Review para fines del 2002, y se puede apreciar en el Cuadro N° 2. Según este cuadro las reservas probadas en el Perú para fines del 2002 son de 8.7 TCF, mientras que el Ministerio de Energía y Minas para fines del 2001, proporciona como reservas, 8.724 TCF.

Se señala que las reservas probables de Camisea, serían 2.3 TCF.

Cuadro N° 1. Reservas de gas natural del Perú fines 2001– Fuente MEM

AREA	RESERVAS	
	TCF	TMC
Noroeste (Talara)	0.340	0.0096
Aguaytia	0.276	0.0078
Camisea (Lote 88)	8.108	0.2296
Total País	8.724	0.2470

3.1.2 Reservas de Gas Natural en el Mundo

El gas natural, a diferencia de otros combustibles, se encuentra presente en todos los continentes.

El cuadro N° 2, publicado por BP Statistical Review, sobre las Reservas Probadas al final del 2002 por países, muestran que, las mayores reservas están ubicadas en Europa y Euroasia con el 39.2%, siendo la Federación Rusa la que destaca nítidamente por sus enormes reservas que configuran un 30.5% del total de dicha región. Otra región con grandes reservas de gas natural es el Oriente Medio, con una participación mundial del 36.0%. La región con menos reservas es Centro y Sudamérica con el 4.5%, aportando de ese total el Perú con el 0.2%.

La Fig. N° 2, muestra los volúmenes de reservas de gas natural probadas por regiones a fines del 2002. Europa y Euroasia tienen alrededor de 61

TMC, y le sigue Oriente Medio con cerca de 56 TMC, bastante alejados se encuentran las reservas del Asia Pacífico y Africa, con 12.61 y 11.84 TMC, y en el último pelotón Sur y Centro América y Norteamérica, con cifras cercanas, de alrededor de los 7 TMC.

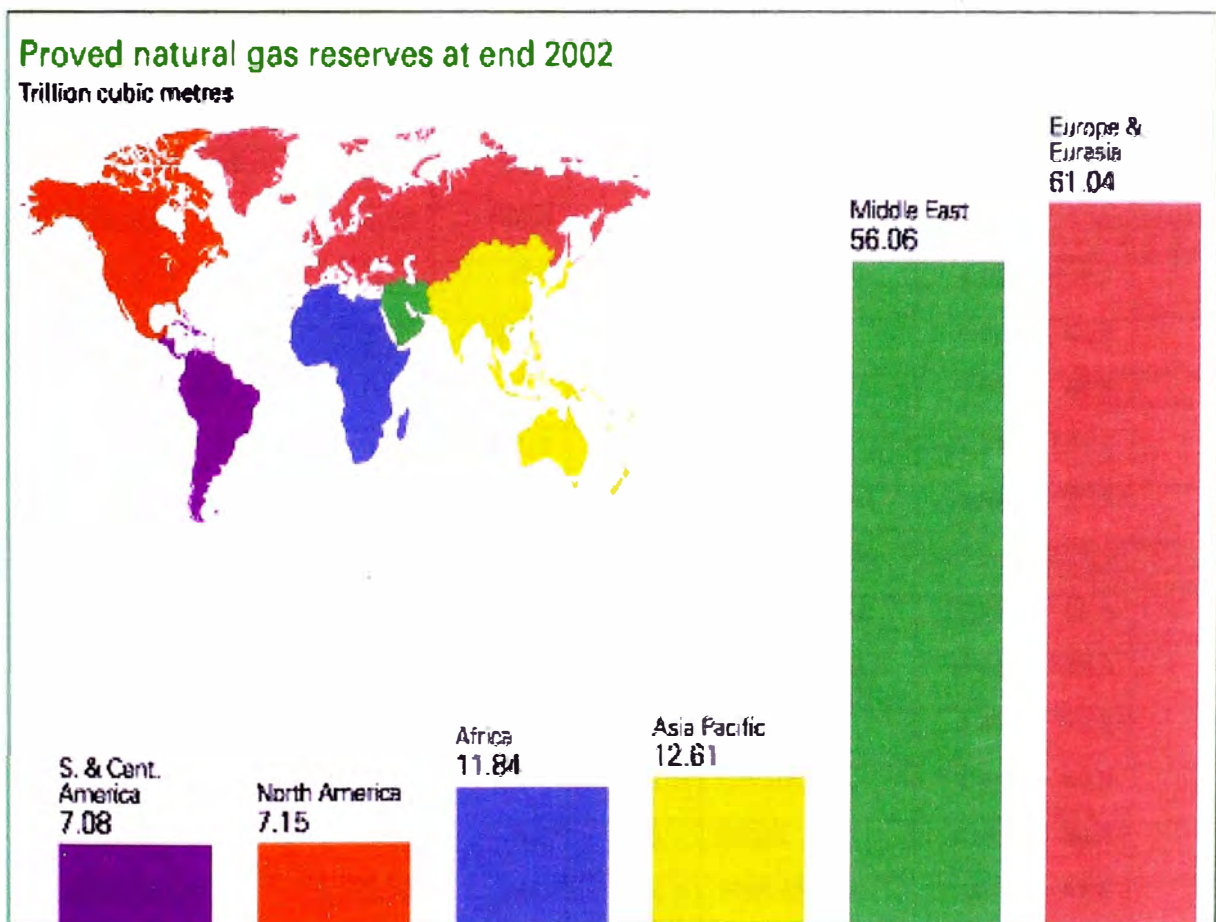


Fig. 2. Reservas mundiales probadas de gas natural final 2002
Por regiones⁵

Cuadro N° 2. Reservas de gas natural al final del 2002 por países

⁵ Fuente : BP Statistical Review Energy 2003

RESERVAS GAS NATURAL PROBADAS FINAL 2002 POR PAISES							
PAISES	TMC	TPC	% TOT	PAISES	TMC	TPC	% TOT
USA	5.19	183.5	3.3	ARAB. SAUD.	6.36	224.7	4.1
CANADA	1.70	60.1	1.1	EM. AR. UN.	6.01	212.1	3.9
MEXICO	0.25	8.8	0.2	IRAN	23.00	812.3	14.8
TOTAL N. AMER.	7.15	252.4	4.6	IRAQ	3.11	109.8	2.0
ARGENTINA	0.76	27.0	0.5	KUWAIT	1.49	52.7	1.0
BOLIVIA	0.68	24.0	0.4	OMAN	0.83	29.3	0.5
BRASIL	0.23	8.1	0.1	QATAR	14.40	508.5	9.2
COLOMBIA	0.13	4.5	0.1	SIRIA	0.24	8.5	0.2
PERU	0.25	8.7	0.2	YEMEN	0.48	16.9	0.3
TRINIDAD Y TOB.	0.66	23.5	0.4	OTROS OR.M.	0.05	1.6	
VENEZUELA	4.19	148.0	2.7	TOTAL OR. M.	56.06	1979.	36.0
OTROS S. Y C.A.	0.18	6.4	0.1	ARGELIA	4.52	159.7	2.9
TOTAL S. Y C. A.	7.08	250.2	4.5	EGIPTO	1.66	58.5	1.1
AZEEIRBAIJAN	0.85	30.0	0.5	LIBIA	1.31	46.4	0.8
ALEMANIA	0.32	11.3	0.2	NIGERIA	3.51	124.0	2.3
DINAMARCA	0.08	3.0	0.1	OTROS AFR.	0.84	29.5	0.5
FEDERACION RUSA	47.57	1680.0	30.5	TOTAL AFR.	11.84	418.1	7.6
ITALIA	0.23	8.0	0.1	AUSTRALIA	2.55	90.0	1.6
KAZAJHSTAN	1.84	65.0	1.2	BANGLADES	0.30	10.6	0.2
NORUEGA	2.19	77.3	1.4	BRUNEI	0.39	13.8	0.3
PAISES BAJOS	1.76	62.0	1.1	CHINA	1.51	53.3	1.0
POLONIA	0.17	5.8	0.1	INDIA	0.76	26.9	0.5
REINO UNIDO	0.70	24.6	0.4	INDONESIA	2.62	92.5	1.7
RUMANIA	0.10	3.6	0.1	MALASIA	2.12	75.0	1.4
TURKMENISTAN	2.01	71.0	1.3	PAKISTAN	0.75	26.4	0.5
UCRANIA	1.12	39.6	0.7	PAPUA N. G.	0.35	12.2	0.2
UZBEKISTAN	1.87	66.2	1.2	TAILANDIA	0.38	13.3	0.2
OTR. EUR.-EURASIA	0.24	8.4	0.2	VIETNAM	0.19	6.8	0.1
TOT. EUR.-EURASIA	61.04	2155.8	39.2	OTROS AS. P.	0.69	24.5	0.4
TOTAL MUNDIAL	155.7	5501.5	100.0	TOTAL AS. P.	12.61	445.3	8.1

TMC : Trillón de metros cúbicos

TPC : Trillón de pies cúbicos

%TOT : Porcentaje del total mundial

3.2 Producción de Gas natural en el Perú

La producción actual de gas natural proviene de los yacimientos de Talara y Aguaytía. El gas natural se produce en dos áreas geográficas

En el Noroeste

En el área de Talara se usa el gas natural como combustible en la generación de electricidad (Central Térmica de EEP SA), en las operaciones de las industrias petroleras de la zona y también como combustible residencial (aproximadamente 350 viviendas). Existe la posibilidad de que se desarrollen proyectos de distribución en las ciudades de Talara, Sullana y Piura.

En la Selva Central

En el área de Pucallpa se usa el gas natural como combustible para la generación eléctrica (Central Térmica de Aguaytía Energy) y en las operaciones petroleras. Existe la Posibilidad de que se desarrollen proyectos de distribución de gas natural en la ciudad de Pucallpa.

3.3 Mercado y Valor Agregado del Gas Natural en el Perú

El año 2002, el Perú importó hidrocarburos por un monto cercano a los US\$ 700 millones. Con el gas de Camisea esta situación se revertirá pasando a contar con una balanza comercial de hidrocarburos positiva, permitiendo exportar GLP, diesel, kerosene y nafta de los líquidos, y gas licuado de petróleo. Pero las posibilidades de un buen aprovechamiento del gas natural, depende de cómo la clase dirigente nacional sepa plantear un Plan que conduzca a darle valor agregado a este recurso no renovable.

3.3.1 Mercado para el gas natural en el Perú

El consumo primario del gas natural está en su utilización como combustible, en los hogares para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua; en centrales termoeléctricas; en procesos industriales de calentamiento, secado y generación de vapor; y en el transporte automotor (Gas Natural Comprimido, GNC, o Gas Natural Vehicular, GNV).

Uso doméstico. El gas natural puede utilizarse en los hogares para cocinar, lavar y secar, y obtener agua caliente, calefacción y climatización. Y en el jardín, el gas natural permite calentar patios y terrazas.

Las modernas cocinas a gas, están equipadas ahora con los dispositivos más modernos: encendido electrónico y sistemas termopar que cortan el paso del gas si se apaga la llama. Los hornos de gas son programables, autolimpiables y disponen de un encendido automático. El gas natural

también se utiliza en las lavadoras y en las lavavajillas, que usan el agua calentada por las termas o calentador de agua, que los hay de distinto tipo.

Los calentadores de gas natural producen agua caliente al instante y sin límite. Estos calentadores funcionan sólo cuando se necesita agua caliente, lo que permite un máximo ahorro de energía. Los acumuladores almacenan agua caliente para cuando se necesite en varios puntos a la vez y en grandes cantidades.

La calefacción doméstica es otro mercado para el gas natural. Si bien en Lima, por su temperatura de invierno que no baja de los 12°C, este mercado será reducido, si tendrá un uso muy extendido, cuando el gas llegue a las ciudades frías como Huancayo, Cusco, La Oroya, Huaraz, Puno, etc. Así pues, el gas natural permite calentar los hogares alcanzando el máximo confort. La calefacción a gas es la forma mas económica, eficiente y ecológica de disfrutar de una temperatura agradable en todo el hogar. El gas natural es una energía de excelentes rendimientos en calefacción.

Entre las aplicaciones en este campo podemos mencionar entre muchos:

Calefactores de tiro balanceado.

Calefacción por tubos radiantes.

Sistemas de climatización de piscinas.

Uso Comercial. En este sector el gas natural será utilizado en panaderías y restaurantes. Los combustibles utilizados actualmente en panaderías como la electricidad, el petróleo o el GLP, serán sustituidos por el gas natural.

Uso en clínicas y hospitales. En estas instalaciones el gas natural será utilizado para cocción de alimentos, agua caliente para diferentes usos, vapor para áreas como la lavandería.

Generación de Electricidad. Como combustible es utilizado para la generación de electricidad en centrales termoeléctricas. Cabe destacar la creciente participación del gas natural en la generación de electricidad en centrales térmicas convencionales y en centrales eléctricas de ciclo combinado que permitirá, la obtención de importantes economías a través de un rendimiento más elevado, así como de una disminución notoria de los niveles de contaminación. También hay otros factores que están contribuyendo a esta tendencia, y son los costos de inversión bastante menores; menores tiempos de montaje e instalación; y su versatilidad en la elección de su localización, lo cual también redundará en menores costos en líneas de transmisión. Si bien el costo de generación de hidroelectricidad es menor que en las centrales térmicas a gas natural, los factores señalados y la estacionalidad del recurso hídrico, hacen que sea creciente la construcción de estas últimas.

En la Industria. También es usado, en la totalidad de los sectores industriales que demandan energía térmica. Las aplicaciones industriales

más destacadas son la generación de vapor, cocción de productos cerámicos, vidrio, cemento, alimentarios, tratamientos térmicos, procesos de secado directo, sistema de calefacción, generación eléctrica y hornos de fusión. **La industria del cemento** consume una considerable cantidad de energía térmica, representando el combustible entre un 25 y un 40% del precio del producto final.⁶ Por este motivo el gas natural, cuando se dispone de él, se utiliza con frecuencia como fuente de calor para las cementeras. Por otra parte, la utilización del gas natural en la industria del cemento mejora la calidad del clinker, porque hay una mejor cocción, no hay aportación de cenizas al cemento, como en el caso del carbón, y porque se reduce la polución atmosférica. Las aplicaciones térmicas de **la industria del vidrio** se reparten en dos grupos de naturaleza esencialmente distinta:

Por una parte, las operaciones de fusión o elaboración en las cuales el aparato más representativo es el horno de balsa.

Por otra, las operaciones mediante las que el vidrio es transformado en productos comerciales. La mayor parte de los productos sufren diversos tratamientos tales como el recocido, requemado, corte y decoración que son a su vez operaciones térmicas.

La industria cerámica consiste esencialmente en el trabajo de la arcilla. En la industria de la cerámica de construcción, el combustible se utiliza exclusivamente en el secado y en la cocción. En el caso de la cerámica fina

⁶ Tecnología del Gas, Deutsh Irving, p. 60

el combustible se emplea además para operaciones de barnizado, vitrificado y decoración.

En **la industria textil**, se utiliza como combustible para generar vapor para los procesos de tintorería, y también en las Chamuscadoras, en las que el hilo se hace pasar por una llama para eliminar la pelusa que ha quedado libre luego de la torsión.

El transporte automotor, es otro sector donde el gas natural encuentra una aplicación extendida, por su bajo costo y su menor emisión de contaminantes. Se lo usa como combustible de una manera dual con la gasolina o el petróleo diesel. Inicialmente sólo los vehículos de encendido por chispa (gasoleros) se convertían a gas natural, pero desde hace pocos años se están convirtiendo vehículos de encendido por compresión (diesel). Ya se encuentran en el mercado buses a GNV de más de 250 HP. En países como la Argentina toda la flota de taxis opera con gas natural, y es muy probable que en el Perú ocurra lo mismo.

3.3.2 Valor Agregado del Gas Natural

Nuestro país se caracteriza por ser un productor y exportador de materias primas. Desde hace décadas tuvimos esta condición. Nos encontramos en lugares preferentes en la producción y exportación de plata, oro, cobre, zinc y plomo. También exportamos hierro. En exportación de harina de pescado, estamos en los primeros lugares. Con las excepciones del refinado del oro, plata y cobre, se vende sin mayor valor agregado. Parte de la riqueza está

en la materia prima, pero la parte más gruesa está en la transformación, en la fabricación de productos acabados o intermedios, es decir en la producción con valor agregado, lo que representaría mayores ingresos fiscales, la posibilidad de fabricación de una serie de bienes terminados e intermedios que demandará esta industria naciente en el Perú, pudiéndose destinar los mismos para otros sectores industriales. También se estaría generando mayores puestos de trabajo para técnicos y profesionales, entre ellos ingenieros de varias ramas, ya sea en forma directa, como indirecta; y lográndose para el país transferencia de tecnología en este campo energético.

Si bien el consumo primario del gas natural se encuentra en los hogares, comercios, hospitales, industrias, generación termoeléctrica y transporte automotor, existen otros caminos complementarios para un aprovechamiento más integral, que representa mayores beneficios económicos. Por su alto contenido en hidrógeno, es la materia prima más utilizada en la **producción de amoniaco**, el cual se utiliza para la producción de **úrea y otros fertilizantes**. Un abono completo debe contener los 3 elementos más importantes para la alimentación vegetal: ácido fosfórico, nitrógeno y potasio. Se lo utiliza, también, en la industria petroquímica, para la **producción de metanol y etileno**. El **gas natural licuado (GNL)**, si bien está destinado a ser usado como combustible, representa la oportunidad para el comercio internacional del gas natural, que por lo general no es global, sino que esta circunscrito a mercados locales y regionales. Su

exportación por parte de países productores les permite tener una fuente de ingresos, y a los importadores satisfacer sus demandas energéticas. La **producción de hierro esponja**, es otra alternativa de uso con valor agregado del gas natural.

Amoniaco

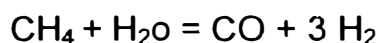
Gas de olor picante, incoloro, de fórmula NH_3 , muy soluble en agua. Su punto de fusión es $-77,7\text{ }^\circ\text{C}$, su punto de ebullición $-33,35\text{ }^\circ\text{C}$, y tiene una densidad relativa de 0,68 a su temperatura de ebullición y a 1 atmósfera (760 mm Hg) de presión.

El amoniaco se produce espontáneamente en la descomposición de las materia orgánicas que contienen nitrógeno, tales como estiércoles y residuos orgánicos. Una parte del gas se pierde por evaporación en la atmósfera, donde se la encuentra de nuevo, sea libre, sea en forma de sales amoniacaes – carbonato y nitrato-.

El amoníaco era conocido por los antiguos, quienes lo obtuvieron a partir de la sal amónica, producida por destilación del estiércol de camello cerca del templo de Júpiter Amón en Libia (de ahí su nombre). En Europa, durante la edad media, el amoníaco se obtenía calentando los cuernos y pezuñas de bueyes, y se llamaba espíritu de cuerno de ciervo. El alquimista alemán Basil Valentine obtuvo el amoníaco libre, y, en torno a 1777, el químico francés Claude L. Berthollet determinó su composición.

En el siglo XIX, la principal fuente de amoníaco fue la destilación de la hulla; era un derivado importante en la fabricación de los combustibles gaseosos.

Hasta mediados del siglo pasado, la mayoría del amoníaco se producía sintéticamente a partir de hidrógeno y nitrógeno por el proceso de Haber-Bosch ⁷. Pero en la actualidad prácticamente se ha generalizado la obtención del amoníaco empleando al gas natural como materia prima. El hidrógeno se obtiene por conversión catalítica del metano con el vapor de agua.:



El amoníaco es un refrigerante importante y se usa mucho en la industria química, especialmente en la fabricación de fertilizantes, ácido nítrico y explosivos

Eteno

Es el miembro más simple de la clase de compuestos orgánicos llamados alquenos. El eteno es un gas incoloro, con un olor ligeramente dulce, y su fórmula es $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$. El eteno tiene un punto de fusión de $-169,4\text{ }^\circ\text{C}$ y un punto de ebullición de $-103,8\text{ }^\circ\text{C}$.

Es ligeramente soluble en agua, y se produce comercialmente mediante craqueo y destilación fraccionada del petróleo, así como del **gas natural**. El eteno arde con una llama brillante. Debido a su doble enlace, es muy reactivo y forma fácilmente numerosos productos como el bromoetano, el 1,2-etanodiol (etilenglicol) y el **polietileno**. En agricultura se utiliza como colorante y agente madurador de muchas frutas. El gas de Camisea tiene 10% de eteno, pero se necesita una planta de separación al lado del yacimiento.

Metanol

Líquido inflamable de fórmula CH_3OH . Su punto de ebullición es de 64.5°C a 760 mm Hg, y su punto de congelamiento de -97.8°C . Presenta un ligero olor a alcohol. Tiene varios nombres comerciales: metanol, alcohol metílico, hidrato de metilo, hidróxido de metilo. Usos solvente, combustible, así como en la síntesis de compuestos orgánicos como el metanal (formaldehído).

El interés por reducir las emisiones contaminantes que provocan el efecto invernadero han alentado a buscar combustibles más eficientes. Los combustibles basados en gas natural son una selección prometedora: el mundo tiene vastas reservas de gas natural, las cuales son ampliamente reconocidas como una fuente limpia de energía. Sin embargo esto plantea ciertos desafíos, puesto que la mayoría de estas reservas está ubicada fuera de las principales regiones consumidoras de energía.

Una solución es producir prontamente productos líquidos transportables de estas reservas de gas natural. Para esto, se está desarrollando tecnología para la producción de síntesis de gas a gran escala altamente eficiente (syngas). La producción de syngas es el primer y más costoso paso en el proceso de fabricación del metanol, donde el gas natural es convertido a hidrógeno y óxidos de carbono. El syngas puede luego ser convertido a metanol u otros combustibles líquidos, y especialmente compuestos químicos.

Gas Natural licuado (GNL)

Cuando no es factible técnica o económicamente, el tendido de gasoductos subterráneos o submarinos, el gas natural se puede transportar a lugares lejanos. Para esto, se licúa a 163°C bajo cero (-163°C), su volumen queda

reducido 600 veces y se transporta en buques metaneros hacia los países consumidores. En el puerto receptor es descargado en las plantas o terminales de almacenamiento y regasificación, donde tras ser almacenado a presión atmosférica en grandes tanques criogénicos, es impulsado a alta presión y transformado de nuevo a su fase gas antes de ser inyectado en la red de gasoductos para su transporte a los centros de consumo, siendo estas instalaciones por su carácter subterráneo altamente respetuosas con el paisaje.

Afortunadamente una buena noticia ha ocurrido para el Perú con respecto al GNL. El 29 de setiembre de este año, se ha firmado un contrato entre la compañía Hunt Oil, - empresa norteamericana que es integrante del consorcio que explotará el gas natural de Camisea, conjuntamente con otras dos empresas – y Tractebel de México para la exportación de gas natural licuado a México. La inversión total en los dos países será del orden de los US\$ 3000 millones, mientras que en el Perú se invertirán US\$ 1800 millones. A no dudar un megaproyecto, que si lo unimos al proyecto Camisea por US\$ 1600 millones, estaría representando un monto total de US\$ 3400 millones, con lo cual se constituiría como el megaproyecto privado más importante de la historia peruana, superando así, a otro megaproyecto minero, como fue el de Antamina, donde se invirtieron US\$ 2200 millones. Mediante este contrato se exportará, en 20 años, 4 TPC (0,113314 TMC = 113.314 Billones m³)



Fig. 3 . Esfera de GNL

Hierro Esponja

Este es un método de producción de acero moderno y más económico. El mineral de hierro se reduce a esponja de hierro (hierro finamente dividido sin llegar a fundir). Esta esponja de hierro, que contiene muy pocas impurezas, se utiliza en las acerías en sustitución de la chatarra.⁷ La reducción a esponja no se hace siempre con carbón, sino también con gases reductores, como el monóxido de Carbono, en mezcla con hidrógeno y metano. El gas de Camisea contiene un 80% de metano. Un proyecto con este método está evaluando Aceros Arequipa, para una planta de 700.000 TM, lo que consumiría 7 millones m³ de gas natural.⁸

Cogeneración

⁷ Fritz Tegeder-Ludwig Mayer-Métodos de la Industria Química. P. 180

⁸ Fernando Rodrigo-Gerente del Instituto Canadiense del Petróleo- Fórum "Gas de Camisea, Retos y Perspectivas".

La cogeneración con gas natural es uno de los sistemas de producción conjunta de energía térmica y eléctrica, en las industrias y locales comerciales, con altas necesidades de calor y electricidad. Una planta de cogeneración está compuesta por un motor de combustión interna de ciclo Otto o turbina de gas que acciona un alternador (generador eléctrico).

Se puede aprovechar la energía térmica liberada por este conjunto generador a través de la combustión de los gases, mediante intercambiadores de calor instalados en los circuitos de refrigeración de las camisas de aceite lubricante, mas un aprovechamiento extra en una caldera de recuperación de gases de escape.

Usualmente la ubicación de estas plantas es próxima a los consumidores

Esta aplicación del gas permite alcanzar importantes rendimientos globales del combustible y una notable reducción de la emisión de contaminantes.

CAPÍTULO 4. LA EMPRESA DEPOSITARIA DEL PROYECTO

4.1 Breve reseña de la empresa depositaria del Proyecto

Las características de este tipo de proyectos en el campo industrial, son similares tanto para una empresa perteneciente a un sector, como a otro sector. Así tenemos que la instalación de la red de gas natural va a tener características similares ya sea que se trate de una empresa cervecera, como de una empresa de vidrios, o una empresa metalmecánica. La empresa que he tomado como referencia para instalar una red de gas natural interna, se encuentra ubicada en el sector automotriz de un país hermano al nuestro. Concretamente se trata de Fiat Auto Argentina S. A., radicada en la provincia de Córdoba . ¿Cuál es la razón?. Trabajé en esta empresa, entre los años 94 y 98, antes y durante la Ampliación, que significó una inversión de US\$ 642 millones. Con esta inversión la producción que se venía realizando en dos ciudades, Córdoba y Buenos Aires, se concentró en una sola planta, la de Córdoba.

Esta fábrica produce autos tipo sedán y station wagon, y tiene una capacidad instalada de 800 vehículos por día. Algunas partes como la caja de cambio, se producen íntegramente en la misma, mientras que otras como el motor o el embrague, parcialmente. La mayoría del resto de partes se producen en empresas instaladas en un Parque Industrial cercano.

En la Planta de Mecánica A se fabrica toda la piñonería de la caja de

cambios – y su correspondiente tratamiento térmico. En la subplanta de fundición de aluminio, se fabrican piezas inyectadas, como la tapa de válvulas del motor, o la campana cubrevolante del embrague; y piezas fundidas como el múltiple de admisión.

4.2 Importancia de la Industria Automotriz en el Mundo

En el siguiente acápite, mostraremos una semblanza de la trascendental importancia que tiene para los países del primer mundo, así como para algunos países emergentes de gran crecimiento en las últimas décadas, como China, Brasil, México, Argentina, por ser altamente generadores de empleo y por ser una industria donde la cadena del acero crea y multiplica la riqueza . Personalmente me ha tocado ver de cerca los encontronazos y enfrentamientos entre Argentina y Brasil, dentro del marco del MERCOSUR. Cada uno defendiendo su producción y sus puestos de trabajo, con uñas y dientes.

4.2.1 La industria Automotriz en el Mundo

La industria automotriz que inicia Peugeot con su producción en serie en 1891, muy pronto se convertiría en una importante industria en Francia, Alemania, EE.UU., Italia e Inglaterra. El desarrollo de esta industria fue impresionante, sólo comparada con el desarrollo de la industria ferroviaria desde 1832 en buena parte del mundo.⁹ Ya en 1929, EE.UU. producía anualmente 4,8 millones de vehículos, frente a los 554.000 de Europa

⁹ La primera línea de ferrocarril de América del sur se construyó en el Perú en 1851

Occidental. Japón incursiona en esta industria sólo a partir de 1960, cuando produce apenas 166.000 vehículos. Pero ya en 1990 producía alrededor de 10 millones. El gran salto en calidad y eficacia de fabricación, la práctica de la Ingeniería Concurrente, el uso de sistemas CAD/CAM en el diseño, la práctica de herramientas de calidad como el TQM. Just In time, TPM, 5S, le permitieron producir un auto cada 15 horas/trabajador frente a las 35 horas/trabajador de Europa y EE. UU. Corea del Sur es el único país, en estas últimas décadas, que ha desarrollado su industria automotriz independientemente de las marcas ya establecidas, consiguiendo financiamiento, diseño y construcción.

La industria automotriz es la mayor industria de fabricación del mundo. Su capacidad de transformación del acero, su impacto sobre el empleo, la inversión, el comercio exterior y el medio ambiente hacen que tenga una inmensa importancia económica, política y social. En Europa occidental la industria automovilística representa el 10% de la producción industrial y emplea directa o indirectamente a 9 millones de personas. Por esa razón la alientan, la promueven, y la protegen cuando es necesario, tal como sucedió ante el avance arrollador de la industria japonesa. EE.UU. y Europa se vieron obligados a plantearles la fabricación de autos japoneses en esos países, o la reducción de sus cuotas de exportación. En el Cuadro N°. 3 que corresponde a la clasificación de las 500 empresas más grandes del mundo que anualmente hace la revista Fortune, se puede apreciar entre las 10 primeras, cuatro automotrices, dos pertenecen a los EE.UU. – General Motors y Ford –, y una a Japón – Toyota, y liderando esta clasificación a dos

automotrices, con unos ingresos espectaculares, que en el caso de General Motors casi triplica nuestro PBI nacional del 2002, dando ocupación a 647.000 empleados.

El Cuadro N° 4 , corresponde a la producción automotriz mundial del año 2002. Los volúmenes de EE.UU. y Japón, no se diferencian mucho de las estadísticas de los últimos cinco años. Entre los iniciadores de la industria automotriz, ya no están entre los 10 primeros Italia, y Gran Bretaña, aparece rezagado en un noveno lugar. Lo sorprendente es la ubicación de China y Corea del Sur. China viene a pasos agigantados, ayudado por un enorme mercado interno de 1.200 millones de habitantes, y sobre todo por los más altos montos de Inversión Extranjera Directa del mundo, en los últimos diez años, con un crecimiento sostenido de su PBI del orden del 8,5% anual promedio, durante 35 años. Su producción automotriz, creció en el último año 39%, y ya lo tenemos superando a Corea del Sur. Brasil, con una dependencia total de las grandes marcas automotrices, se encuentra en el décimo lugar, bastante cerca de Gran Bretaña, habiendo sido el año 2002 un año de nulo crecimiento, motivado en gran medida por la recesión económica.

Cuadro Nº 3. Clasificación de las 500 empresas más grandes del mundo

LAS 500 GRANDES  DEL MUNDO

**LAS 100
MAS GRANDES DEL MUNDO**

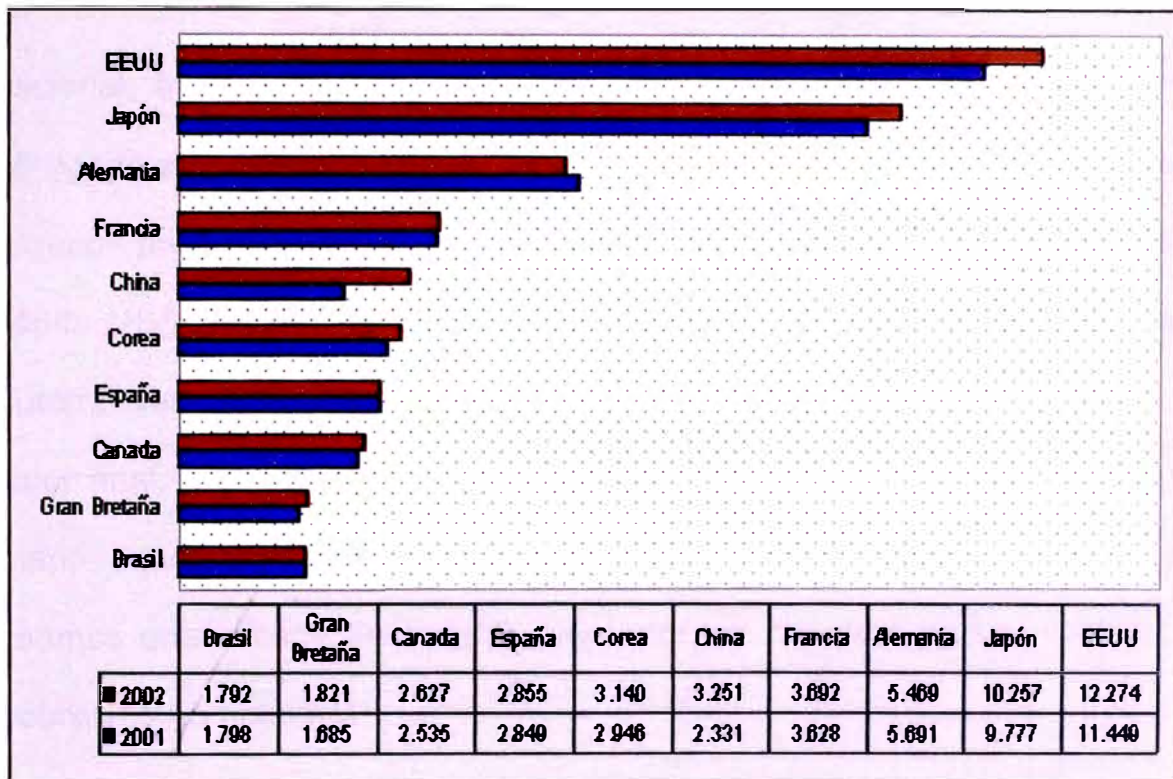
Las Grandes no crecieron el año pasado; se hicieron más ricas. He aquí un resumen de las primeras 100 de esta afamada lista y un análisis de su desempeño.

PAISES CON EL MAYOR NUMERO DE COMPAÑIAS



RANK	RANK 1995	EMPRESA	PAIS	INGRESOS		GANANCIAS		ACTIVOS		ACTIVO NETO DE LOS ACCIONISTAS		EMPLEADOS		
				1996	Cambio en % desde 1995	1996	Cambio en % desde 1995	1996	1995	1996	1995	1996	1995	
1	4	GENERAL MOTORS	EE.UU.	168.363,0	(0,3)	4.963,0	8	27,9	222.142,0	42	23.410,0	20	647.000	3
2	7	FORD MOTOR	EE.UU.	146.391,0	7,2	4.446,0	11	7,4	262.867,0	33	26.762,0	14	371.702	3
3	2	MIYAZAKI	JAPON	144.942,8	—	321,9	292	2,3	61.144,5	135	5.391,5	236	41.634	276
4	1	MIYAZAKI	JAPON	140.203,7	—	394,1	271	13,8	77.871,5	121	8.864,0	123	35.000	308
5	3	TOYOTA	JAPON	135.542,1	—	110,9	411	(0,5)	59.179,6	140	3.961,3	308	6.999	470
6	10	ROYAL DUTCH/SHELL GROUP	6 BAHOLANDA	128.174,9	16,7	8.007,1	1	28,7	124.373,4	80	63.126,6	2	101.000	98
7	6	MARUBENI	JAPON	124.820,9	—	178,6	370	14,8	68.865,4	136	4.134,9	300	65.000	175
8	9	EXXON	EE.UU.	119.434,0	8,6	7.510,0	2	16,1	95.527,0	102	43.542,0	4	79.000	141
9	5	SHIMIZU	JAPON	119.201,3	—	(1.292,8)	491	(714,2)	43.506,3	173	4.500,3	261	26.200	354
10	8	TOYOTA MOTOR	JAPON	108.702,0	(2,1)	3.426,2	18	28,7	102.417,0	95	45.762,4	3	150.736	51
11	12	WAL-MART STORES	EE.UU.	106.147,0	12,0	3.056,0	22	11,5	39.501,0	186	17.143,0	38	675.000	2
12	20	GENERAL ELECTRIC	EE.UU.	79.179,0	13,1	7.280,0	3	10,8	272.402,0	31	31.125,0	9	239.000	22
13	11	NISSAN TRUCK	JAPON	78.921,2	—	136,9	395	—	43.647,6	172	2.104,1	395	17.497	997
14	15	HIPPO TELEGRAPH & TELEPHONE	JAPON	78.320,7	(4,4)	1.330,3	100	(39,8)	115.864,5	84	36.997,5	6	230.300	75
15	18	INTL. BUSINESS MACHINES	EE.UU.	75.947,0	5,6	5.429,0	6	29,9	81.132,0	115	21.620,0	23	260.648	19
16	13	DAEWOO	JAPON	75.669,0	(10,1)	784,2	106	(46,6)	80.328,2	116	28.472,3	16	330.152	16
17	16	AT&T	EE.UU.	74.525,0	(6,4)	5.900,0	5	4.150,4	55.552,0	148	20.295,0	28	130.400	65
18	14	HIPPO LIFE INSURANCE	JAPON	72.575,0	(12,8)	2.799,1	33	15,3	322.730,2	20	4.322,0	262	86.695	126
19	22	MOBIL	EE.UU.	72.267,0	8,3	2.984,0	24	24,7	46.400,0	166	19.077,0	35	43.000	272
20	17	DAIMLER-BENZ	ALEMANIA	71.589,3	(0,9)	1.776,1	73	—	72.331,5	126	16.975,2	39	290.029	12
21	27	BRITISH PETROLEUM	GRAN BRETAÑA	69.851,9	22,6	3.985,2	12	125,1	55.307,3	149	21.725,9	22	53.150	218
22	19	MIYAZAKI ELECTRIC INDUSTRIAL	JAPON	68.147,5	(3,2)	1.223,9	112	—	70.100,0	129	29.792,1	12	270.451	18
23	24	VOLKSWAGEN	ALEMANIA	66.527,5	8,2	437,9	257	77,3	60.823,3	137	7.375,2	170	260.811	21
24	34	DAEWOO	COREA DEL SUR	65.160,2	77,2	460,3	250	—	73.091,6	125	10.432,2	194	106.314	36
25	25	SIEMENS	ALEMANIA	63.704,7	5,0	1.877,1	66	48,0	57.310,1	143	15.431,0	50	379.000	6
26	30	CHRYSLER	EE.UU.	61.397,0	15,4	3.529,0	16	74,3	56.184,0	116	11.571,0	83	126.000	67

Cuadro N° 4. Producción mundial de vehículos año 2002



Fuente : CEAGA (Cluster de Empresas de Automoción de Galicia)

4.2.2 La industria automotriz en el Perú

La producción automotriz en el Perú está reducida a la fabricación de componentes para el mercado de reposición. Las ensambladoras como Toyota, Nissan, Volkswagen, Mitsubishi, Chrysler, que ya tenían, algunas de ellas, produciendo en el Perú por 20 años, cerraron sus puertas, al igual que el conjunto de empresas que le producían las autopartes. Técnicos, obreros e ingenieros fueron lanzados a la calle entre los años 91 y 92. Si bien es cierto que, la política industrial del gobierno del 85 – 90 hizo que al final de ese quinquenio, las empresas asentadas en el país se empobrecieran, al igual que el conjunto de la sociedad peruana, no es menos cierto que el

advenimiento de la globalización, y una política liberal sin ningún programa de contingencia para defender la industria nacional, y la mano de obra nacional, terminarían por liquidar un importante sector que le daba valor agregado a nuestro acero, y le daba impulso a otros sectores de la industria. Algunos pensarán que en el Perú, por el tamaño de su economía – PBI per cápita US\$ 2.200 - , es improbable tener una industria ensambladora de automóviles, en la que ya se había alcanzado producir en el país el 40 % del valor final, y que debemos contentarnos con “producir” autos de segunda mano, descartados en Japón, y reacondicionados en Ceticos – Tacna. pero veamos que sucede en nuestro alrededor, en nuestros países vecinos, tan pobres como nosotros.

4.2.3 La industria automotriz en América

Los supuestos argumentos para la inexistencia de una industria automotriz en el Perú, no son tales para Colombia, Chile y Venezuela, menos, por supuesto para Brasil, Argentina y México.

Esta industria subsiste en nuestro continente, a pesar de la crisis económica y recesión que se vive en estos países en los últimos años. A continuación haremos un repaso de la situación en que se encuentra esta industria en los indicados países.

Brasil. En el 2002 se encontraba ubicado en la décima ubicación, en la clasificación mundial de la industria automotriz, tal como se puede apreciar en el Cuadro N° 4 . Entre 1996 y 2000 llegaron inversiones, que ascendieron a más de US\$ 17.000 millones, como consecuencia de la

estabilidad de su moneda ¹⁰ y de ventajas fiscales otorgadas por los estados brasileros con la finalidad de atraer inversiones; así como de un escenario prometedor y estable en el Mercosur. Las principales marcas mundiales se radicaron en este país, sobre todo en el sudeste brasileño: Sao Paulo, Río de Janeiro, Porto Alegre, Minas Gerais. Como resultado de esta inversión Brasil cuenta con 20 plantas, logrando duplicar su capacidad instalada en ese período, y ahora está en capacidad de producir 3.200.000 vehículos al año. La recesión económica que vive la región, y sobre todo el Mercosur, la crisis económica mundial, ahondada por los hechos del 11 de Setiembre y el conflicto en Irak, han impedido una mayor ocupación de su capacidad instalada.

México. Es el país con mayor crecimiento acelerado de Latinoamérica. Se ha convertido en la octava potencia exportadora mundial, y primer exportador de manufacturas de América Latina. Su superficie es sólo el 50% mayor que la del Perú. En el 2001, sus exportaciones fueron de casi US\$ 159.000 millones. Entre 1994 y 2001, los flujos de Inversión Extranjera Directa fueron de US\$ 112.000 millones. Esta situación económica, aunada a una política de apertura, su participación en el NAFTA con EE.UU. y Canadá, y la negociación de Tratados de Libre Comercio (TLC) con 12 países, le han permitido el 11º lugar en el mundo, en la producción de automóviles, logrando exportar 1,4 millones de vehículos el año 2001.

Argentina. Al igual que Brasil, su industria automotriz se vio favorecida con un flujo de inversiones extranjeras y nacionales de alrededor de US\$ 8.000

¹⁰ La moneda de Brasil es el Real

millones entre 1992 y 1999. También, sustentada en un período de estabilidad y crecimiento económico ¹¹, así como por la expectativa de crecimiento y consolidación del Mercosur.

Su producción en el 2000, fue de 339.246 vehículos, y en los últimos años atraviesa por una disminución de su producción por la aguda crisis económica que vive en estos tiempos.

Venezuela. Es uno de los socios del Perú en el CAN. Su industria automotriz que se inicia en los años 70, se ha mantenido vigente, a pesar de los altibajos de la su economía. Están establecidas marcas como GM. Ford, Toyota, Chrysler, Hyundai y Daimler- Benz. Su producción, en el año 2000, fue cercana a los 150.000 vehículos.

Colombia.

Colombia tiene un PBI per cápita de US\$ 2.100, ligeramente menor que el nuestro. Su economía no ha atravesado momentos traumáticos como los vividos en el Perú en los inicios de la década del 90, ni tampoco aperturó totalmente su mercado, protegiendo de esta manera su industria. El año 2002 produjo 55.000 vehículos, entre marcas americanas, europeas y asiáticas.

Chile.

A pesar de tener un mercado del tamaño del colombiano, sin embargo su producción es más reducida. Sólo dos empresas se encuentran ensamblando vehículos.

¹¹ En 1996 el PBI per cápita argentino era de US\$ 8.510

General Motors produce camionetas LUV de en su Planta de Arica desde hace 29 años, al amparo de beneficios fiscales, exportando a México, Argentina, Venezuela, Colombia y Bolivia. En la actualidad, la planta da trabajo a 410 empleados, pero además de estos empleos directos, otros cientos de puestos se benefician en forma indirecta a través de las autopartistas y proveedores. En 1997, produjo 21.877 camionetas.

Peugeot produce autos en los Andes, ubicada a unos 70 km. de Santiago, que exporta a México, Venezuela, Colombia y Ecuador. En el 2002, produjo más de 8.000 autos.



Fig. 4 . Cruceta endurecida por carbonitruración en horno a gas natural

4.3 Layout de la Fábrica

La disposición de la fábrica la podemos apreciar gráficamente en el Plano N°

1. En este imagen gráfica observamos lo siguiente :

- ⊙ Seis plantas productivas: Mecánica A, Mecánica B, Chapistería A, Chapistería B, Pintura y Montaje.

- ⊙ La planta Mecánica A, a su vez, tiene dos sub plantas sub planta Tratamiento Térmico y sub planta Fundición de Aluminio.
- ⊙ Un almacén de material productivo
- ⊙ Un almacén de repuestos
- ⊙ Una sala de compresoras
- ⊙ Una sala de bombas
- ⊙ Un taller de montacargas
- ⊙ Una playa cubierta para almacenamiento de vehículos nuevos
- ⊙ Una pista de pruebas
- ⊙ Dos Plantas de Tratamiento de Residuos : Una de Tratamiento de aguas Residuales, y otra de Tratamiento de Residuos Sólidos y aceites.
- ⊙ Un edificio administrativo
- ⊙ Un edificio para el Centro de Capacitación
- ⊙ Una playa cubierta para almacenamiento de vehículos nuevos
- ⊙ Una subestación eléctrica de alta a media tensión – 63000/13200 V -, la que alimenta a otras tres subestaciones de media a baja tensión – 13200/380 V.

Quiero dejar aclarado que un diagrama de flujo más refinado, debería incluir la disposición de toda la maquinaria que integra esta fábrica. Pero en una empresa industrial de esta naturaleza, existen no menos de 500 máquinas, que intervienen en el ciclo productivo, ya sea directa o indirectamente. Como el objetivo central del presente informe es la instalación de la red interna de

gas natural, considero inoportuno concentrar esfuerzos en mostrar la ubicación de dicha maquinaria.

4.4 Diagrama de Flujo Simplificado

El diagrama de flujo simplificado se puede apreciar en el Plano N° 1. En esta vista gráfica se puede apreciar que

- ⊙ El almacén productivo juega un rol importante en la producción. En esta área se acopiarán las partes que conforman el vehículo, que provienen de los autopartistas, para distribuirse a las plantas productivas. Algunas partes saldrán como material en bruto, otras, como material semi procesado, como es el caso de piñones forjados sin maquinar, a la planta Mecánica Caja de cambios, en donde se le harán los maquinados correspondientes, tallado de dientes, tratamiento térmico, y finalmente el rectificado. Esta pieza se irá luego a la zona de Ensamble de la Caja de Cambios, para continuar a la Planta de Montaje como parte integrante de dicha caja. Pero habrán otros casos en los que las partes, como anillos, pistones o bielas – que no son manufacturados en esta fábrica - saldrán del almacén, para ser directamente ensamblados en la zona de Ensamble de Motores; dirigiéndose luego, como parte integrante del motor a la Planta de Montaje.

Esta fábrica está concebida para aplicar en su estructura productiva, el concepto "Just in Time". Para ello, en una acción coordinada ha comprometido la instalación de sus proveedores en un Parque industrial, muy cerca de esta fábrica automotriz. De manera que los componentes lleguen a tiempo y en la cantidad requerida.

⊙ Los elementos que conforman la carrocería, no se elaborarán en esta fábrica. Lo hará otra empresa autopartista especializada. Dichos elementos llegarán al Almacén Productivo, para dirigirse, luego, a las Plantas de Chapistería A o B, en donde se elaborarán los subconjuntos en base a procesos de soldadura. Luego, los subconjuntos se montarán en un dispositivo especial, en donde se soldarán, obteniéndose la carrocería terminada. En la fig. 5 se puede observar este dispositivo. Algunos procesos de soldadura por resistencia eléctrica serán realizados por robots.

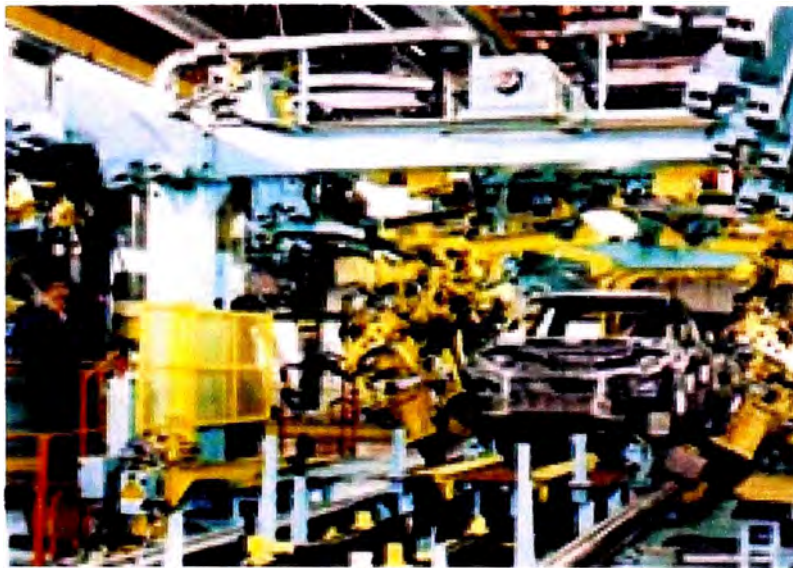


Fig. 5 . Carrocería en dispositivo de soldadura - ensamble final

⊙ La carrocería terminada, se desplazará y transportará aguas abajo, sujetadas a unas estructuras especialmente diseñadas, llamadas "skid". En la Fig. 6, se aprecia una carrocería ya pintada, montada sobre un skid pintado de color amarillo. Estos skid con las carrocerías se montan sobre cintas accionadas por motores eléctricos. De la Planta de Chapistería A, las carrocerías son transportadas a la Planta de Pintura, cruzando un puente que une dichas plantas. En esta planta, las carrocerías pasarán por 5 etapas:

- a) Pretratamiento. Etapa en la cual se realiza el **fosfatizado**
- b) Cataforesis. Luego esta pintura se seca en un **horno continuo**.
- c) Sellado. Las uniones metálicas se sellan con PVC para que se vean uniformes luego del pintado, y para evitar la corrosión en esas áreas.
- d) Aplicación de fondos. Se aplica en estado pastoso pulverizado, a las superficies inferiores del auto, a fin de protegerlo contra la corrosión, y darle cierto aislamiento acústico. Luego pasa a un **horno continuo** para su secado.
- e) Pintado. El color final del auto se obtiene en esta etapa. Es un sistema de pintura electrostática, aplicado de dos maneras : Las superficies externas, laterales y superiores lo realiza un robot, mientras que las superficies internas de las puertas lo realizan con soplete. Este sistema de pintado es

realizado dentro de una cabina especialmente acondicionada. Luego la carrocería pasa a un **horno continuo** para su secado respectivo.



Fig. 6 . Carrocería pintada sobre skid

f) Aplicación de aceite ceroso. Esta es la última etapa del ciclo de pintado., y se realiza en una cabina cerrada. Aquí se le aplica a la carrocería un aceite con contenido de cera pulverizado, para darle brillo y protección a la pintura.

⊙ Después de esta última etapa, las carrocerías pasarán a la Planta de Montaje en cinta de transporte, atravesando un puente que comunica estas dos plantas. A esta planta llegarán del almacén Productivo y de las otras plantas productivas todos los componentes y partes que conforman el vehículo.

El transporte de la carrocería terminada, que se iniciará en la Planta de Chapistería A, será completamente automatizada, teniendo siempre la opción manual como alternativa. Los motores de las cintas y de los ascensores serán controlados por PLC, los que a su vez estarán enlazados

formando una red. Switchs de fines de carrera, detectores de proximidad, inductivos, barreras de seguridad fotoeléctricas, serán los elementos que controlen el desplazamiento de los skid.



Fig. 7. Engranaje de caja de cambio endurecido por carbonitruración en horno a gas natural



Fig. 8. Horno continuo de secado de pintura de carrocerías a gas natural

CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LA RED INTERNA DE GAS NATURAL EN UNA FABRICA DE 50000 m³ DE CONSUMO DIARIO

5.1 Alternativa de uso de uno o dos combustibles

En este informe se utilizará un solo tipo de combustible. La decisión está a favor del gas natural. Lo que yo he podido observar en fábricas argentinas, es la dependencia de un solo combustible: el gas natural. Pero aquí estamos en el Perú. ¿Cuáles podrían ser las razones para pensar en la utilización de dos combustibles?, por ejemplo el gas natural y petróleo residual. Una razón podría ser la probabilidad de un ataque terrorista, que corte el suministro de gas natural por varios días, con las consiguientes consecuencias y pérdidas acarreadas a las empresas por entregas no realizadas a tiempo, etc.. Pero tener una instalación con dos combustibles significa mayores costos de inversión. En el caso de empresas que tienen sus instalaciones funcionando con algún tipo de combustible, podrían estar pensando en contar con dos combustibles.

Una alternativa a un hipotético corte de suministro de gas natural, puede ser la utilización de gasómetros, que permitan cubrir parte de la demanda, mientras dure la emergencia.

La reflexión sobre este punto la pongo en el tapete, pero en el presente informe, es el gas natural, el combustible motivo del mismo.

5.2 Cálculo del Consumo de Gas Natural en la Fábrica

Como ya se indicó en el Acápite 1.3, Alcance del Informe, se definió que “Todos los datos referidos a los consumos, presiones y ubicaciones de los aparatos térmicos o artefactos, son proporcionados por la empresa responsable del Proyecto integral”. De manera que, la información proporcionada será nuestro Dato de Entrada para realizar el diseño correspondiente.

También en el Alcance del Informe se definió que, el diseño de la instalación va estar limitada a la Planta Mecánica A. Sin embargo el diseño de la Estación de Regulación y Medición Primaria (E.R.M.P.) se va a efectuar considerando el consumo total de la Fábrica proyectado, vale decir tomando en cuenta la Planta Mecánica A, y el consumo adicional proyectado.

En el siguiente cuadro, Nº 5, se indican los artefactos que consumen gas natural en la Planta Mecánica A.

Cuadro Nº 5. Artefactos consumidores de gas natural y sus respectivos consumos en la Planta Mecánica A

PLANTA MECÁNICA A
Sub Planta Tratam. Térmico
<ul style="list-style-type: none">▪ 4 Generadores Endogas▪ 4 Hornos Carbomitruración▪ 3 Hornos Revenido▪ 3 Hornos Recocido▪ 4 Lavadoras
Sub Planta Fundición Aluminio
<ul style="list-style-type: none">▪ 3 Hornos Fusión Aluminio▪ 14 Hornos

PLANILLA DE ARTEFACTOS						
POS.	CANT.	ARTEFACTO		CONSUMO m ³ /h		PRES. TRAB. QUEMADOR mmc.a.
		CLASE	APLICACION	UNIT.	TOTAL	
PLANTA MECANICA A						
SUBPLANTA TRATAMIENTO TERMICO						
1	4	Horno	Generador	50	200	300
2	4	Horno	Carbonitrur.	45	180	1000
3	3	Horno	Revenido	15	45	500
4	3	Horno	Cementación	40	120	1000
5	4	Lavad.	Calent. agua	5	20	300
Subtotal Consumo Tratamiento térmico					565 m³/h	
SUBPLANTA FUNDICION ALUMINIO						
6	3	Horno	Fusión Alum.	100	300	500
7	11	Horno	Alimt. Inyects.	9	99	300
8	3	Horno	Alimt. Maquina Fundición	9	27	300
Subtotal Fundición Aluminio					426 m³/h	
Total Consumo Planta Mecánica A					991 m³/h	
Consumo Estimado Planta pintura					709 m³/h	
Consumo adicional proyectado				709 + 300 = 1009 m³/h		
TOTAL CONSUMO FABRICA					2000 m³/h	

5.3 Determinación de los Parámetros de Diseño

Caudal.

- Para el diseño de la ERMP: Del Cuadro N° 5 : $Q_{M\acute{a}x.} \equiv 2000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ¹²

Se asume, de acuerdo a las características de la producción :

$$Q_{M\acute{i}n.} \equiv 850 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

- El diseño de la Estación de Regulación Secundaria N° 1 (E.R.S. N° 1), se

hará en base a $Q_{M\acute{a}x.} \equiv 991 \text{ Nm}^3/\text{h}$ y $Q_{M\acute{i}n.} \equiv 850 \text{ Nm}^3/\text{h}$

tal como se indica en el Cuadro N° 5, y corresponde al Consumo de la Planta Mecánica A.

¹² N, S, St, significa Normal o Estándar, y delante de la unidad de caudal señala que es a condiciones normales de 15° C de Temperatura ambiente y 1 Atm. de presión

Presión

- La presión de entrada a la Fábrica, o sea aquella presión del gas natural en el gasoducto en el ramal de ingreso a la Fabrica será de **12 kg/cm² (M)**, y para esta presión, la presión mínima garantizada contractualmente por el Concesionario es de **5 kg/cm² (M)**¹³. Esta presión mínima será la que utilicemos para el cálculo de la tubería entre el Gasoducto y la ERMP, o más específicamente entre la válvula general de bloqueo del Concesionario y la entrada a la ERMP. La razón es que con este valor estamos en las condición más crítica.
- La presión regulada de la ERMP será de **3 kg/cm² (M)**, y la obtendremos a la salida de la Válvula reguladora de Presión
- La presión regulada de la ERS N° 1 será de **0.184 kg/cm² (M)**, que equivale a **0.18 bar (M)** y la obtendremos a la salida de la Válvula reguladora de Presión de la mencionada Estación.

Caída de Presión

- La caída de presión entre la válvula general de bloqueo del Concesionario y la entrada a la Válvula Reguladora de Presión de la ERMP, será como máximo de 10 %.
- La caída de presión entre ERMP y la ERS N° 1, no debe ser mayor del 20 %. Esta caída de presión no comprende las pérdidas localizadas en el medidor, ni en la placa limitadora de caudal del medidor

¹³ (M) significa presión manométrica

- La caída de presión en el tramo de medición, vale decir sumando las caídas de presión parciales del Filtro, Medidor y Placa Limitadora de Caudal del Medidor, no debe ser mayor del 15 %.

Velocidad

- En todos los puntos de la instalación la velocidad de circulación del gas deberá ser siempre inferior a 40 m/seg .

5.4 Cálculo del Diámetro de la tubería entre el Gasoducto y la ERMP

$$V = 365.35 \times \frac{Q}{D^2 \times P} \quad (1)$$

En donde:

Q : Caudal, en Nm³/ h

D : Diámetro interior de la tubería, en mm

P : Presión absoluta del gas natural, en kg/cm²

Como la velocidad no debe ser mayor de 40 m/seg, asumimos una velocidad de 30 m/seg

Q = 2000 Nm³/ h

P = 5 kg/cm² (M) = 6.033 kg/cm² (A)

Reemplazando valores en la ecuación N° 1 y resolviendo tenemos :

$$D^2 = 365.35 \times \frac{2000}{30 \times 6.033}$$

$$D = 63.54 \text{ mm}$$

Este valor aunque es cercano a 63.5 mm = 2½", es mayor, por ello tomamos la medida comercial más cercana por arriba, o sea

Diámetro de la tubería entre el Gasoducto y la ERMP = 3" = 76 mm

Recalculamos el valor de la velocidad:

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{76^2 \times 6.033}$$

$$V = 20.97 \text{ m/seg}$$

5.5 Diseño de la Estación de regulación y Medición Primaria (ERMP)

5.5.1 Ubicación de la ERMP

- Las recomendaciones para la ubicación de la ERMP, indican que debe estar ubicada en la línea municipal, con puerta exterior a la calle, a fin de que personal de la empresa distribuidora de gas natural tenga acceso directo.
- Las fábricas que he tenido oportunidad de conocer, tienen sus ERMP cerca de alguna puerta de ingreso. Si bien esto no está indicado dentro de las recomendaciones, le encuentro una justificación desde el punto de vista de seguridad, ante posibles daños causados intencionalmente, o robos. O incluso, si se tratase de condiciones anómalas en la ERMP, el vigilante que se encuentre en dicha puerta estará al tanto de dicho evento, comunicando al personal indicado.
- Teniendo en cuenta las consideraciones señaladas, la decisión tomada es ubicar la ERMP en la línea municipal , y cerca de una de las puertas de ingreso.

5.5.2 Composición de una ERMP

Una E.R.M.P. puede contar hasta con seis sistemas y un conjunto de elementos auxiliares:

a) Sistema de Regulación ¹

Este sistema estará constituido, básicamente por una Válvula Reguladora de Presión de funcionamiento automático, instalada aguas arriba de la válvula de seguridad, y aguas abajo del filtro. Esta válvula debe ser capaz de reducir la presión de ingreso y eliminar las fluctuaciones, a pesar de la variabilidad de las presiones de la red de distribución o gasoductos

Para la selección de reguladores, deben tenerse en cuenta los tres principales factores:

- Presión de suministro a la entrada (mínima y máxima).
- Presión regulada deseada.
- Caudal

También debe tenerse en cuenta información complementaria, pero importante, como :

- Extremos, roscados o embridados
- Peso de la válvula
- Dimensiones del cuerpo y del cabezal

El sistema de regulación debe suministrar el caudal de diseño para las condiciones mínimas de presión de entrada.

b) Sistema de Medición

Permite la medición del consumo de la fábrica. De acuerdo a la información proporcionada al concesionario o ente responsable acerca de los consumos y presión regulada del sistema de regulación, ellos son los encargados de definir el tipo de medidor y , como el caso de algunos países, lo entrega a la empresa destinataria sin costo alguno, siendo el propietario el Concesionario o ente responsable.

Factores importantes para la selección de un medidor ¹⁴ :

- Presión de entrada al medidor
- Caudales máximo y mínimo entregados por la válvula reguladora de presión

Selección del medidor por los valores de caudal ¹⁵

Si observamos la carta de selección del tipo de medidor en función de la presión y caudal, Fig. N° 12, Anexo N° 3, encontramos que existen valores de presión y caudal que apuntan sólo a un tipo de medidor. En otros casos a dos, y hasta tres tipos de medidor. Pero la tendencia observada en esta carta y lo que ocurre en la práctica es usar, a menores presiones y caudales, medidores tipo Diafragma; y a mayores valores, medidores tipo Turbina.

En todos los casos, es preciso tomar en cuenta los valores mínimo y máximo del caudal.

c) Sistema de Seguridad

Se encarga de la protección de la Estación ante eventuales eventos de sobrepresión, generados por cualquier causa. Los reguladores pueden

¹⁴ Catálogo de American Meter

¹⁵ Idem

trabarse por fallas mecánicas, originando en tal caso, presiones elevadas en la red de consumo. Se utilizan dos tipos de válvulas de seguridad:

- *Por bloqueo.* Bloquean el pasaje de gas en caso de sobrepresión.
- *Por alivio.* En caso de sobrepresión ventean gas a la atmósfera

En nuestro caso, utilizaremos dos válvulas de alivio en la ERMP, y una en la ERS N° 1, tal como lo indican las recomendaciones^{11A}.

d) Sistema de Filtrado

Es importante la separación de impurezas en toda la red, a fin de no obstruir el funcionamiento de las válvulas y de los artefactos. El elemento filtrante debe garantizar la remoción de mínimo el 95% de las partículas superiores a 5 μm . Este sistema contará con un filtro tipo cartucho, ubicado aguas arriba de la válvula reguladora de presión; y un segundo filtro, aguas arriba del medidor. Se coloca un filtro antes del medidor para protegerlo y evitar así errores en la medición. El filtrado del gas tiene por objeto eliminar las partículas extrañas que éste arrastre, dado que dichas impurezas provocan un efecto de erosión en las válvulas y reguladores, atento a la alta velocidad de circulación.

e) Sistema de Odorización

Cuando desde el City Gate llegase gas natural sin odorizar este sistema se encarga de la odorización. Dijimos en el acápite 2.5, Propiedades Físicas, que el gas natural era inodoro. Con el propósito de contar con un elemento adicional de seguridad, se recurre a este recurso, a fin de que sea detectado rápidamente ante eventuales fugas.

f) Sistema de Hidratación

En climas muy fríos. El contenido de agua o vapor de agua en el gas, así como el contenido de hidrocarburos condensables ante un aumento de presión o disminución de temperatura, resultan inconvenientes para la conducción del gas por tuberías ya que provocaría obstrucciones de importancia.

Es por ello que el gas natural debe someterse siempre que sea necesario a procesos de deshidratación y de extracción de gasolina.

La humedad del gas al condensar da origen, mediante su combinación con los hidrocarburos a baja temperatura, a la formación de hidratos de gas que pueden taponar las cañerías. Para que tal formación se produzca se requiere una presión elevada y una temperatura baja. A cada valor de la presión corresponde una temperatura por debajo de la cual pueden formarse hidratos si existe humedad. A mayor presión es también mayor aquella temperatura. Por ello este inconveniente es más común a mayores presiones. Para evitarlo debe procederse a deshidratar el gas, es decir, bajar su punto de rocío hasta temperaturas inferiores a 0°C. Ello se efectúa mediante procesos que emplean como absorbedores agentes sólidos o líquidos.

g) Elementos auxiliares

Estos elementos permiten complementar el funcionamiento y le otorgan a la instalación una adecuada operatividad. Los **manómetros** permiten conocer las presiones de entrada a la E.R.M.P., y la presión regulada, aguas abajo de la válvula reguladora de presión. Las **válvulas esféricas** son necesarias para separar los sistemas y cortar el paso del gas, cuando sea necesario, por razones de mantenimiento preventivo o correctivo.

5.5.3 Selección de la Válvula Reguladora de Presión, las Válvulas de Alivio, los Filtros, y el Medidor

Con los datos proporcionados en el Acápito 5.3, Determinación de los Parámetros de Diseño, ya estamos en condiciones de seleccionar estos elementos importantes que forman parte de la Estación de Regulación y Medición Primaria (ERMP) . Ver Anexo N° 3.

Válvula reguladora de Presión (Pos. 8)

- $Q = 2000 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- Presión de entrada Máxima: $P_{eM} = 12 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)}$
- Presión de entrada Mínima: $P_{em} = 5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)}$
- Presión regulada $P_r = 3 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)}$
- Fabricante Fiorentini
- Procedencia Italia
- Extremos A bridas clase 15 RF, según ANSI B16.5
- Tamaño de conexiones 3" (DN 80)
A tuberías
- Modelo Norval

- Tamaño de cabezal 375TR
- Diám. conexión piloto ½"

Filtros

Filtro aguas arriba válvula reguladora de presión (Pos. 7)

- Tipo Cartucho, tipo 1.5
- Fabricante Tartarini
- Procedencia Italia
- Serie FAG-A-AP/150
- Tamaño de conexiones A tuberías 3" (DN 80)
- Máx. presión de trabajo 19 bar
- Caída de presión 150 mbar
- Extremos A bridas ANSI 150

Filtro aguas arriba Medidor (Pos. 25)

- Tipo Cartucho, tipo 2
- Fabricante Tartarini
- Procedencia Italia
- Serie FAG-A/150
- Tamaño de conexiones A tuberías 4" (DN 100)
- Máx. presión de trabajo 6 bar
- Caída de presión 50 mbar
- Extremos A bridas ANSI 150

Válvulas de alivio por venteo

Válvula de alivio aguas abajo de la válvula reguladora de presión (Pos.28) y

Válvula de alivio aguas abajo del medidor (Pos.28') . Ver Plano N° 3

Consideraciones para la selección de las válvulas de alivio ^{11A}

▪ La presión de alivio de la válvula Pos. 28 debe ser 40% por encima de la presión regulada. $P_{\text{aliv. Pos.28}} = 1.40 \times 3 = 4.20 \text{ bar (M)}$

▪ La presión de alivio de la válvula pos. 28' debe ser el 85% de la presión de alivio de la válvula Pos. 28. $P_{\text{aliv. Pos.28'}} = 0.85 \times 4.20 = 3.57 \text{ bar (M)}$

▪ Las dos válvulas son la misma. La diferencia estará en la regulación efectuada sobre el resorte, ya que, dado el rango de ajuste de la presión de alivio señalado por el fabricante, y mostrado líneas abajo, es factible regular ambas válvulas a las presiones deseadas.

- | | |
|--|------------------------------|
| ▪ Tipo | Angular |
| ▪ Fabricante | Fisher |
| ▪ Procedencia | USA |
| ▪ Serie | 289HH |
| ▪ Resorte | 1D745577142 |
| ▪ Tamaño de conexiones
↳ tuberías | 1" (DN 25) |
| ▪ Rango Ajuste Pres. Alivio
(Rango del resorte) | 45 a 75 psig (3.1 a 5.2 bar) |
| ▪ Máx. regulación Pres. Aliv.
Permisible | 75 psig (5.2 bar) |
| ▪ Máx. Pres. Entrada | 100 psig (6.9 bar) |

Medidor (Pos. 51)

Tipo	Turbina
Fabricante	American Meter
Procedencia	USA
Modelo	4" GTS
Presión de línea	3 bar
Caudal Máx.	2,022 Sm ³ /h
Caída de presión (ΔP)	38.7 mbar

5.5.4 Cálculo del Diámetro de las Tuberías, la velocidad y las Caídas de Presión en la ERMP

El cálculo del diámetro de la tuberías, la velocidad y las caídas de presión lo efectuaremos a la vez y por tramos siguiendo la secuencia establecida en el Plano N° 3 .

Tramo A – B

El **Diámetro** de la tubería ya fue calculado en el Acápite 5.4 :

$$D = 76 \text{ mm}$$

Y la **velocidad** del gas, también

$$V = 20.97 \text{ m/seg}$$

Caída de Presión (ΔP)

Utilizaremos la Fórmula de Renouard simplificada ¹

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times s \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82} \quad (2)$$

Donde :

P_1 y P_2 : Presiones absolutas a la entrada y salida del tramo de tubería
(kg/cm²)

$$P_1 = P_A = 5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)} = 5.000 + 1.033 = 6.033 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)}$$

s : Densidad relativa del gas = 0.65 (aire s = 1)

L : Longitud de cálculo de la tubería (m) = $L_{\text{real}} + L_{\text{eq}}$

Q : Caudal de gas normal a 15° C y 760 mmHg (m³/h) = 2000 m³/h

D : Diámetro interior de la tubería (mm) = 76 mm

$$L_{\text{real}} = 4000 + 2283 + 250 = 6533 \text{ mm} = 6.53 \text{ m}$$

L_{eq}

* 2 codos 90° - 3" ----- 2 x 1.247 = 2.494

* 1 valv. Esférica 3" ----- 1 x 2.94 = 2.94

* 1 Té 3" ----- 1 x 3.508 = 3.508

* 1 Válv. Esférica ½" ----- 1 x 0.52 = 0.52

* 1 Té ½" ----- 1 x 0.71 = 0.71

 $L_{\text{eq}} = 10.17 \text{ m}$

$$L = 6.53 + 10.17 = 16.70 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la Fórmula (2) :

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 16.70 \times 2000^{1.82} \times 76^{-4.82} = 0.462$$

$$P_2 = P_B = (6.033^2 - 0.462)^{1/2} = 5.995 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 6.033 - 5.995 = 0.038 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

Tramo B – C

Siguiendo la misma metodología que para el Tramo A – B, calcularemos el Diámetro de las Tuberías, la velocidad y las Caídas de Presión en los tramos sucesivos

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{76^2 \times 5.995}$$

$$V = 21.10 \text{ m/seg}$$

$$L_{\text{real}} = 500 + 230 + 203 + 250 = 1183 \text{ mm} = 1.18 \text{ m}$$

L_{eq}

* 1 codo 90° ----- 1 x 1.247 = 1.247

* 1 valv. Esférica 3" ----- 1 x 2.94 = 2.94

 $L_{\text{eq}} = 4.187 \text{ m}$

$$L = 1.18 + 4.19 = 5.37 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la Fórmula (2) :

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 5.37 \times 2000^{1.82} \times 76^{-4.82} = 0.1486$$

$$P_2 = P_C = (6.033^2 - 0.1486)^{1/2} = 5.983 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 5.995 - 5.983 = 0.012 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

Tramo C – D

Este tramo corresponde al filtro

El filtro seleccionado, como se puede apreciar en el Acápite 5.5.3, tiene una

caída de presión $\Delta P = 150 \text{ mbar} = 0.153 \text{ kg/cm}^2 = P_C - P_D$

$$P_D = 5.983 - 0.153$$

$$P_D = 5.830 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

Tramo D – E

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{76^2 \times 5.83}$$

$$V = 21.70 \text{ m/seg}$$

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 0.20 \times 2000^{1.82} \times 76^{-4.82} = 0.0055$$

$$P_2 = P_E = (5.83^2 - 0.0055)^{1/2} = 5.823 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 5.830 - 5.823 = 0.007 \text{ kg/cm}^2$$

Tramo E – F

Este tramo corresponde a la válvula reguladora de presión

$$P_E = 5.823 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$P_F = 3.000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)} = 4.033 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

Tramo F – G

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{102^2 \times 4.033}$$

$$V = 17.42 \text{ m/seg}$$

$$L_{\text{real}} = 437 + 229 + 280 + 500 + 710 + 350 = 2506 \text{ mm} = 2.51 \text{ m}$$

L_{eq}

- * 2 codos 90° - 4" ----- 2 x 1.638 = 3.276
- * 1 valv. Esférica 4" ----- 1 x 3.10 = 3.10
- * 2 Té 4" ----- 2 x 4.606 = 9.212
- * 1 Válv. Esférica ½" ----- 1 x 0.52 = 0.52
- * 1 Té ½" ----- 1 x 0.71 = 0.71
- * 1 Reducción 4" x 3" ----- 1 x 0.52 = 0.52

$$L_{eq} = 19.33 \text{ m}$$

$$L = 2.51 + 19.33 = 21.84 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la Fórmula (2) :

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 21.84 \times 2000^{1.82} \times 102^{-4.82} = 0.14629$$

$$P_2 = P_G = (4.033^2 - 0.14629)^{1/2} = 4.015 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 4.033 - 4.015 = 0.018 \text{ kg/cm}^2$$

Tramo G – H

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{102^2 \times 4.015}$$

$$V = 17.49 \text{ m/seg}$$

$$L_{real} = 220 + 229 = 449 \text{ mm} = 0.45 \text{ m}$$

L_{eq}

$$* \text{ 1 valv. Esférica 4"} \text{ ----- } 1 \times 3.10 = 3.10$$

$$L_{eq} = 3.10 \text{ m}$$

$$L = 0.45 + 3.10 = 3.55 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la Fórmula (2) :

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 3.55 \times 2000^{1.82} \times 102^{-4.82} = 0.02378$$

$$P_2 = P_H = (4.015^2 - 0.02378)^{1/2} = 4.012 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 4.015 - 4.012 = 0.003 \text{ kg/cm}^2$$

Tramo H – I

Este tramo corresponde al conjunto filtro – medidor – placa limitadora de caudal

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{102^2 \times 4.012}$$

$$V = 17.51 \text{ m/seg}$$

Del Acápite 5.5.3, Selección de la Válvula Reguladora de Presión, las Válvulas de Alivio, los Filtros, y el Medidor, extraemos las caídas de presión del filtro y medidor :

$$\Delta P_{\text{filtro}} = 50 \text{ mbar} +$$

$$\Delta P_{\text{medidor}} = 38.7 \text{ mbar}$$

$$\Delta P_F + \Delta P_M = 88.7 \text{ mbar} = 0.09 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)}$$

$$\frac{0.09}{4.012} = 2.24 \% < 3\%$$

El Reglamento que tomamos de referencia, señala que la pérdida de carga debida al medidor y al filtro debe ser menor o igual al 3% de la presión a la entrada del filtro.

Asimismo que, la pérdida de carga de la placa limitadora de caudal será menor o igual que el 12% de la presión indicada, con lo cual se desprende que el conjunto filtro – medidor – placa limitadora de caudal introducirá una caída de presión del 15% o menos de la presión a la entrada del filtro.

En la práctica se adopta dicho 15% :

$$0.15 = \frac{4.012 - P_I}{4.012}$$

$$P_I = 3.410 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

Tramo I – J

$$D = 4'' = 102 \text{ mm}$$

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{102^2 \times 3.410}$$

$$V = 20.60 \text{ m/seg}$$

$$L_{\text{real}} = 230 + 229 = 459 \text{ mm} = 0.46 \text{ m}$$

L_{eq}

$$* 1 \text{ valv. Esférica } 4'' \text{ ----- } 1 \times 3.10 = 3.10$$

$$L_{\text{eq}} = 3.10 \text{ m}$$

$$L = 0.46 + 3.10 = 3.56 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la Fórmula (2) :

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 3.56 \times 2000^{1.82} \times 102^{-4.82} = 0.02385$$

$$P_2 = P_J = (3.410^2 - 0.02385)^{1/2} = 3.406 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 3.410 - 3.406 = 0.004 \text{ kg/cm}^2$$

Tramo G – J By-pass

$$D = 3'' = 76 \text{ mm}$$

$$P_G = 4.015 \text{ kg/cm}^2$$

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{76^2 \times 4.015}$$

$$V = 31.51 \text{ m/seg}$$

$$L_{\text{real}} = 703 + 703 + 2788 = 4194 \text{ mm} = 4.20 \text{ m}$$

L_{eq}

$$* \text{ 2 codos } 90^\circ - 3'' \quad \text{-----} \quad 2 \times 1.247 = 2.494$$

$$* \text{ 2 valv. Esférica } 3'' \quad \text{-----} \quad 2 \times 2.94 = 5.88$$

$$* \text{ 1 Té reducción } 4'' \times 3'' \quad \text{-----} \quad 2 \times 3.508 = 3.508$$

$$\text{-----}$$
$$L_{\text{eq}} = 11.88 \text{ m}$$

$$L = 4.20 + 11.88 = 16.08 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la Fórmula (2) :

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 16.08 \times 2000^{1.82} \times 76^{-4.82} = 0.44482$$

$$P_2 = P_J = (4.015^2 - 0.44482)^{1/2} = 3.959 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 4.015 - 3.959 = 0.056 \text{ kg/cm}^2$$

Tramo J – K

A) CUANDO EL FLUIDO VENGA POR EL MEDIDOR

$$D = 4'' = 102 \text{ mm}$$

$$P_J = 3.406 \text{ kg/cm}^2$$

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{102^2 \times 3.406}$$

$$V = 20.62 \text{ m/seg}$$

$$L_{\text{real}} = 385 + 280 + 200 + 229 + 250 + 2283 = 3627 \text{ mm} = 3.63 \text{ m}$$

L_{eq}

$$* \text{ 2 codos } 90^\circ - 4'' \quad \text{-----} \quad 2 \times 1.638 = 3.276$$

* 1 valv. esférica 4" ----- 1 x 3.10 = 3.10

* 1 Té 1/2" ----- 1 x 0.71 = 0.71

 $L_{eq} = 7.606 \text{ m}$

$$L = 3.63 + 7.606 = 11.24 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la Fórmula (2) :

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 11.24 \times 2000^{1.82} \times 102^{-4.82} = 0.0753$$

$$P_2 = P_K = (3.406^2 - 0.0753)^{1/2} = 3.390 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 3.406 - 3.390 = 0.016 \text{ kg/cm}^2$$

B) CUANDO EL FLUIDO VENGA POR EL BY-PASS

$$D = 4" = 102 \text{ mm}$$

$$P_J = 3.959 \text{ kg/cm}^2$$

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{102^2 \times 3.959}$$

$$V = 17.74 \text{ m/seg}$$

Al igual que en el caso anterior : $L = 3.63 + 7.606 = 11.24 \text{ m}$

Reemplazando valores en la Fórmula (2) :

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 11.24 \times 2000^{1.82} \times 102^{-4.82} = 0.0753$$

$$P_2 = P_K = (3.959^2 - 0.0753)^{1/2} = 3.949 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 3.959 - 3.949 = 0.010 \text{ kg/cm}^2$$

Tramo K – L

Este tramo, tal como se puede observar en el Plano N° 3 , Estación de Regulación y Medición Primaria (ERMP), enlaza esta estación con la Estación de Regulación secundaria N° 1 (ERS N° 1).

Tomaremos la presión de K cuando el gas fluya por el tramo del medidor, porque es el más crítico, y porque, además, es el tramo de uso permanente.

$$D = 4'' = 102 \text{ mm}$$

$$P_K = 3.390 \text{ kg/cm}^2$$

$$V = 365.35 \times \frac{2000}{102^2 \times 3.390}$$

$$V = 20.72 \text{ m/seg}$$

$$L_{\text{real}} = 72.50 + 2.25 = 74.75 \text{ m}$$

L_{eq}

$$* \text{ 1 codo } 90^\circ - 4'' \quad \text{-----} \quad 1 \times 1.638 = 1.638$$

$$* \text{ 1 Té reducción } 4'' \times 3'' \quad \text{-----} \quad 1 \times 3.10 = 3.10$$

$$\text{-----}$$
$$L_{\text{eq}} = 6.244 \text{ m}$$

$$L = 6.25 + 74.75 = 81.00 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la Fórmula (2) :

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times 0.65 \times 81.00 \times 2000^{1.82} \times 102^{-4.82} = 0.54257$$

$$P_2 = P_L = (3.390^2 - 0.54257)^{1/2} = 3.346 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 3.390 - 3.346 = 0.044 \text{ kg/cm}^2$$

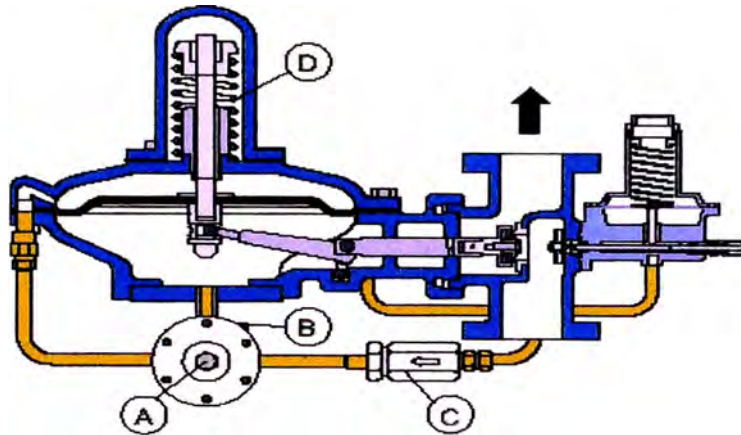


Fig. 9. Corte Válvula reguladora de Presión EQA, mod. 99

5.6 Diseño de la Estación de Regulación Secundaria N° 1

5.6.1 Ubicación de la ERS N° 1

La ubicación de una Estación de Regulación Secundaria (ERS) deberá estar al lado de la planta donde se encuentran los artefactos o aparatos térmicos.

5.6.2 Composición de una ERS N° 1

La composición de una Estación de Regulación secundaria (ERS) es parecida a la de una Estación de Regulación y Medición Primaria (ERMP).

Cuenta con los Sistemas de Regulación, Protección y Filtración. La diferencia está en que la Estación secundaria, no tiene el Sistema de Medición.

Otra diferencia importante entre estas dos estaciones, lo encontramos en los valores de presión. Por lo general en las ERMP, hasta la válvula reguladora de presión, se tiene el lado de alta presión, mientras que las ERS pertenecen al lado de baja presión.

5.6.3 Selección de la Válvula Reguladora de Presión, las Válvulas de Alivio, los Filtros y el Medidor

Válvula reguladora de Presión (Pos. 30)

- $Q = 991 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- Presión de entrada Máxima: $P_{eM} = 16 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)}$ (para DN 1" – 3")
- Presión de ent. Calculada : $P_{ec} = P_N = 2.145 \text{ bar}$
- Presión regulada : $P_r = 0.18 \text{ bar} = 0.184 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)}$
- Fabricante Fiorentini
- Procedencia Italia
- Extremos A bridas clase 15 RF, según ANSI B16.5
- Tamaño de conexiones 3" (DN 80)
A tuberías
- Modelo Norval
- Tamaño de cabezal 495
- Diám. conexión piloto ½"

Filtro (Pos. 49)

- Tipo Cartucho, tipo 1.5
- Fabricante Tartarini
- Procedencia Italia
- Serie FAG-A
- Tamaño de conexiones 3" (DN 80)
A tuberías
- Máx. presión de trabajo 6 bar

- Caída de presión 75 mbar
- Extremos A bridas ANSI 150

Válvulas de alivio por venteo (Pos. 43)

- Presión de entrada 3 kg/cm² (M)
- Tipo Angular
- Fabricante Fisher
- Procedencia USA
- Serie 289H
- Resorte 1F826927052
- Tamaño de conexiones : 1" (DN 25)

A tuberías

- Rango Ajuste Pres. Alivio 15 a 50 psig (1.0 a 3.4 bar)
(Rango del resorte)
- Máx. regulación Pres. Aliv. : 50 psig (3.4 bar)

Permisible

- Máx. Pres. Entrada 100 psig (6.9 bar)

5.6.4 Cálculo del Diámetro de las Tuberías, Velocidad y Caídas de Presión

La metodología utilizada en los cálculos realizados para la Estación de Regulación y Medición Primaria son los mismos para la Estación de Regulación Secundaria. Las fórmulas usadas para el cálculo de las velocidades y las caídas de presión, también son las mismas.

Cuadro N° 6 .- PLANILLA DE CÁLCULO

RED DE TUBERIAS ERS N° 1

TRAMO	CAUDAL m³/h N	LONGITUD		P1(M) Kg/cm²	P2(M) Kg/cm²	ΔP Kg/cm²	DIA. (mm)	VELOC. (m/seg)
		(m)						
		REAL	CALC.					
L- M	991	0.25	4.99	2.3060	2.3000	0.0060	76	18.94
M- M'	991	1.09	5.28	2.3000	2.2940	0.0060	76	18.98
M'- M''	991	-	-	2.2940	2.1870	0.1070	76	-
M''-N	991	0.27	0.27	2.2170	2.2170	0.0300	76	19.47
N-N'	991	-	-	2.2170	0.1840	0.0200	-	-
N'-O	991	9.48	28.46	0.1840	0.1610	0.0210	102	29.32

5.7 Diseño de la Red de Gas Natural en la Planta Mecánica A

Tal como para la Estación de Regulación y Medición Primaria y Estación de Regulación Secundaria, la metodología de cálculo es la misma.

Los resultados los presentamos en el Cuadro N° 7, Planilla de Cálculo Red de Tuberías Planta Mecánica A.

5.7.1 Cálculo del Diámetro de las Tuberías, Velocidad y Caídas de Presión en Planta Mecánica A

CUADRO N° 7. PLANILLA DE CÁLCULO

RED DE TUBERÍAS DE LA PLANTA DE MECÁNICA A

TRAMO	CAUDAL m³/h N	LONGITUD (m)		P2(M) Kg/cm²	P2(M) Kg/cm²	ΔP Kg/cm²	DIA. (mm)	VELOC. (m/seg)
		REAL	CALC.					
O- P	565	8.00	12.61	0.1610	0.1570	0.040	102	17.05
P- P1	245	1.50	8.67	0.1570	0.1510	0.060	63	19.44
P1- P1'	50	4.00	5.76	0.1510	0.1500	0.010	38	10.96
P1-P2	195	3.50	6.32	0.1510	0.1480	0.030	63	15.55
P2-P2'	50	4.00	5.76	0.1480	0.1460	0.020	38	10.99
P2-P3	145	3.50	6.32	0.1480	0.1460	0.020	63	11.59
P3-P3'	50	4.00	5.76	0.1460	0.1436	0.024	38	11.01
P3-P4	95	3.50	6.32	0.1460	0.1450	0.010	63	7.61
P4-P4'	50	4.00	5.76	0.1450	0.1430	0.020	38	11.02
P4-P5	45	4.00	7.32	0.1450	0.1440	0.010	63	3.61
P5-P5'	15	4.00	5.76	0.1440	0.1430	0.010	38	3.31
P5-P6	30	4.00	6.20	0.1440	0.1430	0.010	38	6.62
P6-P6'	15	4.00	5.76	0.1430	0.1427	0.0003	38	3.31
P6-P7	15	4.00	5.84	0.1430	0.1420	0.0010	38	3.31
P7-P7'	15	4.00	5.76	0.1427	0.1424	0.0003	38	3.31
P-Q	320	6.20	9.46	0.1570	0.1470	0.010	63	25.39
Q-Q1	200	1.60	4.42	0.1470	0.1450	0.020	63	16.00
Q1-Q1'	5	4.00	5.36	0.1450	0.1447	0.0003	25	2.55
Q1-Q2	195	3.50	6.32	0.1450	0.1420	0.0030	63	15.64
Q2-Q2'	45	4.00	5.76	0.1420	0.1400	0.0020	38	9.94
Q2-Q3	150	3.50	6.32	0.1420	0.1400	0.0020	63	12.06
Q3-Q3'	5	4.00	5.36	0.1400	0.1397	0.0003	25	2.56
Q3-Q4	145	3.50	6.32	0.1400	0.1380	0.0020	63	12.08
Q4-Q4'	45	4.00	5.76	0.1380	0.1360	0.0020	38	9.96
Q4-Q5	100	3.50	6.32	0.1380	0.1370	0.0010	63	8.07

..... CONTINÚA CUADRO N° 7. PLANILLA DE CÁLCULO

TRAMO	CAUDAL m³/h N	LONGITUD		P1(M) Kg/cm²	P2(M) Kg/cm²	ΔP Kg/cm²	DIA. (mm)	VELOC. (m/seg)
		(m)						
		REAL	CALC.					
Q5-Q5'	5	4.00	5.36	0.1370	0.1367	0.0003	25	2.56
Q5-Q6	95	3.50	6.32	0.1370	0.1360	0.0010	63	7.67
Q6-Q6'	45	4.00	5.76	0.1360	0.1340	0.0020	38	9.99
Q6-Q7	50	3.50	6.32	0.1360	0.1358	0.0002	63	4.04
Q7-Q7'	5	4.00	5.36	0.1358	0.1355	0.0003	25	2.57
Q7-Q8	45	3.50	6.32	0.1358	0.1356	0.0002	63	3.64
Q8-Q8'	45	4.00	5.76	0.1356	0.1336	0.0020	38	10.00
Q-R	120	5.50	6.50	0.1470	0.1460	0.0010	63	9.61
R-R1	120	7.00	9.82	0.1460	0.1440	0.0020	63	9.61
R1-R1'	40	4.00	5.76	0.1440	0.1424	0.0016	38	8.83
R1-R2	80	4.00	6.82	0.1440	0.1430	0.0010	63	6.42
R2-R2'	40	4.00	5.76	0.1430	0.1414	0.0016	38	8.83
R2-R3	40	4.00	6.82	0.1430	0.1428	0.0002	63	3.21
R3-R3'	40	4.00	5.76	0.1428	0.1412	0.0016	38	8.83
O-O1	426	4.00	7.65	0.1610	0.1560	0.0050	76	23.15
O1-O1'	100	4.00	7.62	0.1560	0.1530	0.0030	51	12.12
O1-O2	326	6.00	9.65	0.1560	0.1520	0.0040	76	17.79
O2-O2'	100	4.00	7.62	0.1520	0.1493	0.0027	51	12.16
O2-O3	226	6.00	9.65	0.1520	0.1500	0.0020	76	12.38
O3-O3'	100	4.00	7.62	0.1500	0.1473	0.0027	51	12.18
O3-O4	126	8.00	11.65	0.1500	0.1490	0.0010	76	6.91
O4-O4'	9	4.00	5.36	0.1490	0.1483	0.007	25	4.57
O4-O5	117	4.50	8.15	0.1490	0.1480	0.0010	76	6.42
O5-O5'	9	4.00	5.36	0.1480	0.1475	0.0005	25	4.571
O5-O6	108	4.50	8.15	0.1480	0.1475	0.0005	76	5.94

..... CONTINÚA Cuadro N° 7. PLANILLA DE CÁLCULO

TRAMO	CAUDAL m³/h N	LONGITUD		P1(M) Kg/cm²	P2(M) Kg/cm²	ΔP Kg/cm²	DIA. (mm)	VELOC. (m/seg)
		(m)						
		REAL	CALC.					
O6-O6'	9	4.00	5.36	0.1475	0.1467	0.0008	25	4.573
O6-O7	99	4.50	8.15	0.1475	0.1470	0.0005	76	5.440
O7-O7'	9	4.00	5.36	0.1470	0.1463	0.0007	25	4.575
O7-O8	90	4.50	8.15	0.1470	0.1467	0.0003	76	4.950
O8-O8'	9	4.00	5.36	0.1467	0.1460	0.0007	25	4.576
O8-O9	81	4.50	8.15	0.1467	0.1464	0.0003	76	4.460
O9-O9'	9	4.00	5.36	0.1464	0.1457	0.0007	25	4.577
O9-O10	72	4.50	8.15	0.1464	0.1462	0.0002	76	3.960
O10-O10'	9	4.00	5.36	0.1462	0.1455	0.0007	25	4.578
O10-O11	63	4.50	8.15	0.1462	0.1460	0.0002	76	3.470
O11-O11'	9	4.00	5.36	0.1460	0.1453	0.0007	25	4.579
O11-O12	54	4.50	7.29	0.1460	0.1450	0.0010	51	6.600
O12-O12'	9	4.00	5.33	0.1450	0.1443	0.0007	25	4.583
O12-O13	45	4.50	6.87	0.1450	0.1444	0.0006	51	5.500
O13-O13'	9	4.00	5.33	0.1444	0.1437	0.0003	25	4.585
O13-O14	36	4.50	6.87	0.1444	0.1436	0.0004	51	4.400
O14-O14'	9	4.00	5.33	0.1436	0.1429	0.0007	25	4.588
O14-O15	27	6.00	6.87	0.1436	0.1434	0.0002	51	3.310
O15-O15'	9	4.00	5.33	0.1434	0.1427	0.0007	25	4.589
O15-O16	18	5.00	6.87	0.1434	0.1433	0.0001	51	2.200
O16-O16'	9	4.00	5.33	0.1433	0.1426	0.0007	25	4.590
O16-O17	9	5.00	6.87	0.1433	0.1432	0.0001	51	1.100
O17-O17'	9	4.00	5.33	0.1432	0.1425	0.0007	25	4.590

5.8 Verificación de las caídas de presión señaladas en el

Acápite 5.3 (Determinación de los Parámetros de Diseño)

Verificación de la Caída de Presión antes de la Válvula Reguladora

$$P_A = 6.033 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$P_E = 5.823 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\Delta P = 0.210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{variación con respecto a } P_A : \frac{0.210}{6.033} = 3.48 \% < 10 \%$$

El cálculo de la caída de presión entre la válvula de bloqueo y la entrada a la válvula reguladora de presión es satisfactorio

Verificación de la Caída de Presión entre la ERMP y la ERS N° 1

Se señaló que, la caída de presión no debe ser mayor del 20 %. Esta caída de presión no comprende las pérdidas localizadas en el medidor, ni en la placa limitadora de caudal del medidor.

La verificación lo haremos en el tramo F – N

$$P_F = 3 \text{ kg/cm}^2 \text{ (M)} = 4.033 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$P_N = 3.22 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A)}$$

$$\frac{4.033 - 3.22}{4.033} = 20.16 \%$$

Cuando hacíamos los cálculos de velocidad y caída de presión para el tramo H – I , habíamos considerado , solamente para la placa limitadora de caudal del medidor una caída de presión del 12 %, por lo tanto, descontando las pérdidas de presión en el medidor y en la placa limitadora,

el valor de 20.16% es ampliamente satisfactorio

5.9 Verificación del Espesor y el Diámetro por Cálculo del esfuerzo de la Tubería

Según la Norma A 53/A 53M¹⁶ :

- * Para tubería 3" - Schedule 40 , el espesor de pared nominal debe ser
0.216" = 5.49 mm
- * Para tubería 4" - Schedule 40 , el espesor de pared nominal debe ser
0.237" = 6.02 mm
- * Esfuerzo de fluencia Mín. ($S_{y\text{mín}}$) = 30,000 psi = 2080 kg / cm²

Verificación para la tubería de 3"

$$\frac{t}{D} = \frac{5.49}{76} = 0.072 > 0.07 , \text{ Estamos ante un cilindro de pared gruesa}$$

Aplicamos la Fórmula del Máximo Esfuerzo Normal

$$\sigma = P_i (d_o^2 + d_i^2) / (d_o^2 - d_i^2)$$

$$P_i = 12 \text{ kg / cm}^2$$

$$d_i = 76 \text{ mm}$$

$$d_o = 88.9 \text{ mm}$$

Reemplazando Valores :

¹⁶ Ver anexo 2

$$\sigma = 12 (88.9^2 + 76^2) / (88.9^2 - 76^2) = 77.67 \text{ kg / cm}^2 \lll 2080 \text{ kg / cm}^2$$

POR LO TANTO : LA TUBERIA DE 3" Y SU ESPESOR SON
SATISFACTORIOS

Verificación para la tubería de 4"

$$\frac{t}{D} = \frac{6.02}{102} = 0.059 < 0.07 , \text{ Estamos ante un cilindro de pared delgada}$$

Aplicamos la Fórmula del Esfuerzo Circunferencial para Cilindros de Paredes Delgadas

$$\sigma = P \times d_o / 2t\eta$$

$\eta = 1$, para tubo de acero sin costura

$$P = 12 \text{ kg / cm}^2$$

$$d_o = 114.3 \text{ mm}$$

$$t = 6.02 \text{ mm}$$

Reemplazando valores :

$$\sigma = 12 \times 114.3 / 2 \times 6.02 \times 1,0 = 113.92 \text{ kg / cm}^2 \lll 2080 \text{ kg / cm}^2$$

POR LO TANTO : LA TUBERIA DE 4" Y SU ESPESOR SON
SATISFACTORIOS

Todos los componentes principales, secundarios y auxiliares, así como instrumentos utilizados tanto en la ERMP Y LA ERS N° 1, se encuentran listados en el Cuadro N° 8, Lista de Materiales

Cuadro Nº 8. LISTA DE MATERIALES

P O S.	C A N T.	DESCRIPCION	DIA. mm	MATERIAL	NORMA O PRESION MÁX. TRABAJO
1	16	Brida Slip-on	76	Acero	ANSI 300
2	1	Junta Aislante Dieléctrica	76	Micarta	ANSI 300
3	4	Válvula Esférica, extremos a bridas	76	Acero	ANSI 300
4		Tubería SCH 40	76	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
5	8	Codo 90° - 3"	76	Acero	ANSI B16.9
6	2	Te normal 3"	76	Acero	ANSI B16.9
7	2	Filtro cartucho FAG-A-AP/150 Tip. 1,5	76	Acero	ANSI 150
8	1	Válv. Reguladora de Presión, extremo a bridas, con piloto, cabezal 375TR	76	Acero	ANSI B16.5
9	3	Reducción concéntrica 4" x 1"	102x25	Acero	ANSI B16.9
10	4	Reducción concéntrica 4" x 3"	102x76	Acero	ANSI B16.9
11		Tubería SCH 40	102	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
12	20	Brida Slip-on	102	Acero	ANSI 150
13	7	Válvula Esférica, extremos a bridas	102	Acero	ANSI 150
14	3	Té Reducción 4" x 3"	102x76	Acero	ANSI B16.9
15	4	½ Cupla roscada 1/2"	13	Acero	S-2000
16		Tubería SCH 40	13	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
17	4	Codo 90° roscado 1/2"	13	Acero	S-2000
18	4	Válvula de Aguja roscada 1/2"	13	Acero	S-2000
19	5	Enterosca ½"	13	Acero	S-2000
20	5	Niple roscado ½"	13	Acero	S-2000
21	5	Válvula Esférica roscada ½"	13	Acero	S-2000
22	4	Manómetro carátula Φ 100 mm	13	Bronce	0 – 5 Bar
23	1	Manómetro carátula Φ 100 mm ;	13	Bronce	0 – 30 Bar
24	3	Té Normal 4"	102	Acero	ANSI B16.9
25	1	Filtro cartucho FAG-A/150 tipo 2	102	Acero	ANSI 150
26	9	Codo 90° - 4"	102	Acero	ANSI B16.9
27		Tubería SCH 40	25	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
28	1	Válv. Seguridad por venteo, Fisher serie 289HH, angular, rosca H/ NPT	25x25	Acero	3.1-5.2 bar
28'	1	Válv. Seguridad por venteo, Fisher serie 289HH, angular, rosca H/ NPT	25x25	Acero	3.1-5.2 bar
29	1	Codo 90° - 2 1/2"	63	Acero	ANSI B16.9
30	1	Válv. Reguladora de Presión, extremo a bridas, con piloto, cabezal 495	76	Acero	ANSI B16.5
31	3	Junta Aislante Dieléctrica	102	Micarta	ANSI 150
32	3	Válvula Esférica roscada 2"	51	Acero	ANSI 150
33	19	Válvula Esférica roscada 1"	25	Acero	ANSI 150
34	13	Válvula Esférica roscada 1 ½"	38	Acero	ANSI 150
35		Tubería SCH 40	38	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
36	3	Reducción concéntrica 3" x 2"	76x51	Acero	ANSI B16.9
37		Tubería SCH 40	63	Acero	ASTM A-53 / Gr. B

38	12	Reducción Concéntrica 2½" x1½"	63x38	Acero	ANSI B16.9
39	6	Reducción Concéntrica 2"x1"	51x25	Acero	ANSI B16.9
40	1	Placa ciega	76	Acero	ANSI 150
41	4	Reducción Concéntrica 2½"x1"	63x25	Acero	ANSI B16.9
42	2	Reducción Concéntrica 4"x2½"	102x63	Acero	ANSI B16.9
43	1	Válvula Seguridad por venteo, Fisher serie 289H, angular, rosca H - NPT	25x25	Acero	0.069-0.3 bar
44	8	Reducción Concéntrica 3"x1"	76x25	Acero	ANSI B16.9
45	12	Brida Slip-on	76	Acero	ANSI 150
46	2	Válvula Esférica, extremos a bridas	76	Acero	ANSI 150
47		Tubería SCH 40	51	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
48	4	Unión doble	13	Acero	S-2000
49	2	Filtro cartucho FAG-A/150 tipo 1.5	76	Acero	ANSI 150
50	1	Placa Limitadora Caudal	102	Acero	ANSI 150
51	1	Medidor de Caudal American Meter Model 4GTS, tipo Turbina	102	-	-
52	1	Anodo de Magnesio, 4 kg, tipo AZ-63	-	-	-
53	1	C.M.P. de 3 puntos	-	-	-
54		Soportes Metálicos : UPN 140 PL. 3/8" ∠ 2" x 3/16" ∠ 3" x 1/4" PLAT. 2" x 1/4" Barra ∅ 3/8"	-	Acero	-

5.10 Protección Anticorrosiva

La protección anticorrosiva es fundamental para la vida de la red de gas natural. Por ello tenemos que proyectar la instalación para que dure toda la vida del proyecto estimada, obviamente con el mantenimiento adecuado de la protección que se establezca.

Protección mediante pintura

Se seguirá el siguiente procedimiento para tubería aérea:

- Una mano de fondo antióxido al cromato de zinc.
- Dos manos de esmalte sintético brillante, para uso marino.

■ Los colores se aplicarán como se indica:

⊙ Tuberías de conducción, bridas, válvulas en general: *amarillo*

⊙ Tuberías de venteo: *amarillo con franjas naranja*

⊙ Perfil de bridas con junta dieléctrica: *rojo*

⊙ Soportes de tubería: *verde*

En caso de repintado se deberá eliminar toda la pintura suelta.

Aislación con revestimientos

Los revestimientos son películas aislantes eléctricamente, de cierto espesor, conformadas en forma continua sobre la superficie metálica de la tubería, para formar una barrera contra el medio agresivo, que puede ser: agua, aire ó suelo.

Para la protección de la tubería enterrada, usaremos **cinta de material sintético**. Ver anexo 4, Fig.18 .

Aislación eléctrica

Por medio de juntas y cuplas dieléctricas. Ver Anexo 4, Fig. 19

Los elementos más usuales son las cuplas aislantes ó las bridas dieléctricas, usadas para interrumpir la continuidad eléctrica entre tramos de diferentes características, como por ejemplo fierro negro con fierro galvanizado.

Protección Catódica

Es un método preventivo para el control de la corrosión.

Se basa en la modificación del potencial eletroquímico del metal que compone las tuberías, a un valor en que la velocidad de corrosión sea nula.

Para proteger catódicamente una instalación, es necesario conocer la necesidad de corriente para obtener el potencial de seguridad. Esto se

logra con un envío de corriente continua, desde un lugar adecuado para determinar los potenciales estructura-suelo, en función de la corriente inyectada.

De acuerdo a la densidad de corriente enviada podemos estimar el estado de protección de la tubería.

Hasta 0.5 (mA/m²) ----- Cobertura buena

Hasta 1.3 (mA/m²) ----- Cobertura pobre

Hasta 5.0 (mA/m²) ----- Cobertura mala

Esta protección la efectuaremos por medio de **ánodos galvánicos**. Ver Fig. 20, Anexo 4. Los ánodos utilizados en protección catódica, son de zinc ó de magnesio, conectados eléctricamente a la instalación por medio de un conductor, suministrando la corriente eléctrica necesaria para evitar la corrosión.

Se instalan en un agujero en el terreno, a una profundidad de 1 m, rodeados de una mezcla despolarizante de yeso y bentonita, en partes iguales, con agregado de agua para formar una pasta, que los cubra totalmente.

La conexión a la tubería se realiza con un conductor de cobre electrolítico, forrado con una vaina de alta rigidez dieléctrica, consistente en un forro de polietileno recapado con doble cobertura de cloruro de polivinilo ó una sola cobertura de polietileno de alto peso molecular.

La unión se efectuará por medio de soldadura tipo cupro-alumino-térmica , realizada con crisol de grafito.

Los pesos de los ánodos más comunes son: de zinc , 1.3 Kg y 7 Kg ; para los de magnesio son. de 1.3 Kg, 3 kg y 7Kg .

5.11 Pruebas

Prueba de Resistencia

Se hará una prueba con agua al conjunto de tuberías y accesorios, con la excepción de la válvula reguladora de presión, filtro, válvulas de alivio y medidor. Se utilizarán carreteles de acero soldados y placas ciegas para sustituir dichos elementos, o seccionar los tramos que se prueben.

El Reglamento señala que se deberá probar a 1.5 veces la presión de trabajo.

Cuando la presión de trabajo sea superior a 5 kg / cm^2 , el tiempo mínimo de duración será de 6 horas.

En nuestro caso, la presión de prueba en la parte aguas arriba de la válvula reguladora de presión será :

$$1.5 \times 12 \text{ kg / cm}^2 = 18 \text{ kg / cm}^2$$

Las partes que operen a una presión menor que 3 Kg/cm^2 , pero mayor que 0.1 Kg/cm^2 se probarán a 1.5 veces la presión de trabajo, durante 2 hs.

Prueba de Hermeticidad

La prueba de hermeticidad se hará al final, con el objeto de detectar cualquier fuga que pudiera haber a través de las uniones.

Presión de prueba Presión de trabajo

Fluido utilizado aire o gas inerte

Tiempo de prueba 24 horas mínimo

Sustancia utilizada : agua jabonosa

Control de Soldadura

El 30% de las uniones soldadas serán probadas mediante radiografía, cuando la presión de trabajo sea inferior o igual a 32 Kg/cm², que es el caso de este Informe.



**Fig. 10. Tubería revestida gas natural DN 20" soldada y sin mangas –
Al lado la zanja que la albergará**

CAPÍTULO 6. COSTOS DE LA INSTALACIÓN

Los costos debido a los materiales utilizados en la instalación de la red interna de gas natural, se muestran en el Cuadro N° 9 .

Los costos debido a las obras civiles, se muestran en el Cuadro N° 10. En el Cuadro N° 11, se tienen los estimados de los costos de diseño, y mano de obra de la fabricación y el montaje. Por último en el Cuadro N° 12 se tiene un resumen de todos los costos.

Cuadro N° 9. COSTO DE MATERIALES

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UND.	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
1	16	Brida Slip-on, DN 3", ANSI 300	Pz.	29.00	400.00
2	20	Brida Slip-on, DN 4", ANSI 150	Pz.	26.00	520.00
3	12	Brida Slip-on, DN 3", ANSI 150	Pz.	24.00	288.00
4	9	Codo 90° - 4"	Pz.	18.00	162.00
5	8	Codo 90° - 3"	Pz.	16.00	128.00
6	1	Codo 90° - 2 1/2"	Pz.	15.00	15.00
7	4	Codo 90° roscado 1/2"	Pz.	1.20	4.80
8	90	Tubería SCH 40, DN 4", A-53 / Gr. B	Mt.	13.00	1170.00
9	24	Tubería SCH 40, DN 3", A-53 / Gr. B	Mt.	9.00	216.00
10	66	Tubería SCH 40, DN 2 1/2" A-53 /Gr. B	Mt.	7.00	462.00
11	42	Tubería SCH 40, DN 2", A-53 / Gr. B	Mt.	5.00	210.00
12	66	Tubería SCH 40, DN 1 1/2" A-53 /Gr. B	Mt.	3.50	231.00
13	72	Tubería SCH 40, DN 1", A-53 / Gr. B	Mt.	2.70	194.40
14	6	Tubería SCH 40, DN 1/2", A-53 /Gr. B	Mt.	2.00	12.00
15	7	Válv. Esférica,bridas, DN 4",ANSI 150	Pz.	496.00	3472.00
16	4	Válv. Esférica,bridas, DN 3",ANSI 300	Pz.	629.00	2516.00
17	2	Válv. Esférica,bridas, DN 3",ANSI 150	Pz.	316.00	632.00
18	3	Válvula Esférica rosc. 2", ANSI 150	Pz.	121.00	363.00
19	13	Válvula Esférica rosc. 1 1/2", ANSI 150	Pz.	96.00	1248.00
20	19	Válvula Esférica rosc. 1", ANSI 150	Pz.	61.00	1159.00
21	5	Válvula Esférica roscada 1/2", S-2000	Pz.	28.00	140.00
22	4	Válvula Aguja roscada 1/2", S-2000	Pz.	42.00	168.00
23	1	Válv. Reguladora de Presión, bridas, con piloto, cabezal 375TR, Fiorentini	Pz.	2100.00	2100.00
24	1	Válv. Reguladora de Presión, bridas, con piloto, cabezal 495, Fiorentini	Pz.	2100.00	2100.00
25	2	Válv. Seguridad , Fisher serie 289HH, angular, rosca H/ NPT, 3.1-5.2 bar	Pz.	420.00	840.00
26	1	Válvula Seguridad, Fisher serie 289H,	Pz.	420.00	420.00

		angular, rosca H – NPT, 0.069-0.3 bar			
27	1	Filtro cartucho FAG-A/150 tipo 2, DN 4", Tartarini	Pz.	1350.00	1350.00
28 28'	2	Filtro cartucho FAG-A/150 tipo 1.5, DN 3", Tartarini	Pz.	1120.00	2240.00
29	2	Filtro cartucho FAG-A-AP/150 Tip. 1,5 DN 3", Tartarini	Pz.	1120.00	2240.00
30	3	Junta Aislante Dieléctrica, DN 4"	Pz.	85.00	255.00
31	1	Junta Aislante Dieléctrica, DN 3"	Pz.	75.00	75.00
32	1	Manómetro Φ 100 mm , 0 – 30 Bar	Pz.	32.00	32.00
33	4	Manómetro Φ 100 mm, 0 – 5 Bar	Pz.	38.00	152.00
34	1	Medidor de Caudal American Meter Model 4GTS, tipo Turbina	Pz.	-	-
35	1	Placa ciega, DN 3", ANSI 150	Pz.	20.00	20.00
36	1	Placa Limitadora Caudal, DN 4"	Pz.	-	-
37	4	Reducción concéntrica 4" x 3"	Pz.	24.00	96.00
38	3	Reducción concéntrica 4" x 1"	Pz.	22.00	66.00
39	2	Reducción Concéntrica 4"x2½"	Pz.	22.00	44.00
40	3	Reducción concéntrica 3" x 2"	Pz.	18.00	54.00
41	8	Reducción Concéntrica 3"x1"	Pz.	16.00	128.00
42	12	Reducción Concéntrica 2½" x 1½"	Pz.	17.00	204.00
43	4	Reducción Concéntrica 2½"x1"	Pz.	15.00	60.00
44	6	Reducción Concéntrica 2"x1"	Pz.	13.00	78.00
45	3	Té Normal 4"	Pz.	20.00	60.00
46	2	Te normal 3"	Pz.	17.00	34.00
47	3	Té Reducción 4" x 3"	Pz.	20.00	60.00
48	4	Unión doble, DN ½"	Pz.	5.00	20.00
49	5	Niple roscado ½"	Pz.	2.50	12.50
50	5	Enterosca ½"	Pz.	2.00	10.00
51	4	½ Cupla roscada 1/2"	Pz.	2.00	8.00
52	1	Anodo de Magnesio, 7 kg, tipo AZ-63	Pz.	250.00	250.00
53	1	C.M.P. de 3 puntos	Pz.	25.00	25.00
54	18	Soportes metálicos : UPN 140 PL. 3/8" < 2" x 3/16" < 3" x 1/4" PLAT. 2" x 1/4" Barra ϕ 3/8" Tuerca – Arand.	Mt.	9.60	172.80
	1		Pz.	11.50	11.50
	36		Mt.	1.92	69.42
	9		Mt.	3.85	34.65
	6		Mt.	1.30	7.80
	48		Mt.	0.33	15.84
200		Pz.	0.50	100.00	
55	3	Pintura al cromato de zinc	Gal.	35.00	105.00
56	4	Pintura esmalte verde, rojo, amarillo, naranja	Gal.	25.00	100.00
58	30	Cinta revestimiento tubería	Pz.	22.00	660.00
59	48	Empaquetadura	Pz.	3.00	144.00
60	1	Pasta sellado	Gal.	85.00	85.00
61	100	Soldadura	kg	3.40	340.00
TOTAL COSTO MATERIALES				US\$ 28,490.31	

Cuadro N° 10. COSTO DE OBRAS CIVILES

I T E M	C A N T.	DESCRIPCION	UND.	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
1	42	Construcción ERMP (a todo costo)	M2	105.00	4410.00
2	50	Excavación zanja	M3	60.00	3000.00
3	50	Llenado zanja	M3	55.00	2750.00
TOTAL COSTO OBRAS CIVILES				US\$ 10,4600	

Cuadro N° 11. ESTIMADO OTROS COSTOS

I T E M	DESCRIPCION	COSTO US\$
1	Mano de obra Diseño – Fabricación – Montaje	16000.00
2	Radiografía (60 uniones)	960.00
TOTAL OTROS COSTOS		US\$ 16,960

Cuadro N° 12. RESUMEN DE COSTOS

I T E M	DESCRIPCION	COSTO US\$
1	Costo materiales	28.490.31
2	Costo obras civiles	10,460.00
3	Otros costos	16,960.00
4	Gastos Administrativos	7,000.00
SUBTOTAL		US\$ 62,910.31
4	Utilidad	8,000
TOTAL		US\$ 70,910.31

CONCLUSIONES

1. El Reglamento que hemos tomado como marco de referencia, nos indica que la velocidad en ningún punto debe ser mayor de 40 m/seg. Sin embargo hemos procurado estar por debajo de los 30 m/seg, porque esta es la tendencia más reciente internacionalmente. Incluso en algunos países ya tienen reglamentado este último valor de velocidad.
2. Una instalación como la del presente informe, puede tener un consumo bastante inferior a la de una Planta Termoeléctrica, pero los costos de la instalación de ésta última puede resultar menor, porque la red está destinada a alimentar pocos artefactos.
3. La protección catódica es necesaria e imprescindible en una instalación de gas natural, porque se logra confiabilidad, disponibilidad y se evitan los costos de renovación de tuberías por efecto de la corrosión.
4. Una referencia confiable para la selección del diámetro de la tubería de entrada a la ERMP, lo constituye la condición de presión más crítica, vale decir, aquella presión mínima garantizado por el concesionario de la distribución de gas natural.
5. Para la selección del filtro de la ERMP, aguas arriba de la válvula reguladora de presión, la condición más crítica la tenemos con la presión mínima garantizada, puesto que con esta presión se tiene una mayor caída de presión en el filtro.

- 6.** El procedimiento utilizado para el diseño de la red interna de gas natural, que en el presente caso se ha efectuado para una fábrica productora de autos, es similar al de empresas de carácter industrial ubicadas en otros sectores .
- 7.** Un parámetro importante para cualquier estación primaria o secundaria es la presión regulada, es decir la presión a la salida de las mismas. Esta presión regulada será mayor que la mayor presión de entrada admisible a los artefactos.
- 8.** El costo de las tuberías representa sólo el 9% del costo total de materiales, mientras que las válvulas esféricas son las que inciden en mayor proporción, ya que constituyen el 34% de dicho total.
- 9.** Finalmente, espero que este informe sirva a estudiantes, técnicos y profesionales para entender y comprender una instalación industrial de gas natural, tanto desde el concepto básico de su composición, así como los alcances que involucran el diseño. Pero, también, aspectos importantes relacionados al gas natural, como la precaución que se debe tener para su manipulación, mercado, la búsqueda de obtener de éste recurso la una mayor rentabilidad para el país, mercado, etc.

APÉNDICE

ANEXO 1

BRIDAS – ACCESORIOS – LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS Y VÁLVULAS

NORMAL TYPES.



Blind



Welding neck



Lap joint



Socket weld



Threaded



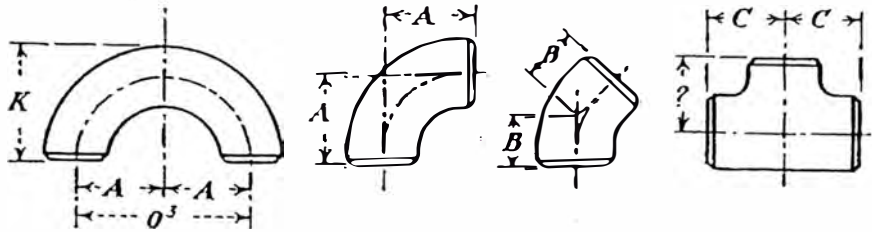
Slip-On

OTHER TYPES.

Fig. 11. Tipos de Bridas

Cuadro N° 13. DIMENSIONES DE ACCESORIOS

TABLE XLIII.—AMERICAN STANDARD STEEL BUTT-WELDING FITTINGS
DIMENSIONS OF ELBOWS, TEES,¹ AND RETURN BENDS
(Tables 1 and 4, ASA B16.9)



(All dimensions in inches)

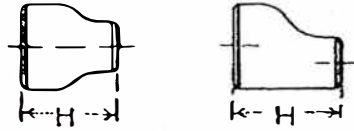
Size	Outside diameter at bevel	Center to end			Back to face
		90-deg welding elbows	45-deg welding elbows	Of run welding tee	180-deg return bend
		A	B	C	K
1	1.315	1½	¾	1½	23¼
1½	1.660	1¾	1	1¾	23½
1½	1.900	2¼	1½	2¼	33¼
2	2.375	3	1¾	2½	43¼
2½	2.875	3¾	1¾	3	53¼
3	3.500	4½	2	3¾	6¼
3½	4.000	5¼	2¼	3¾	7¼
4	4.500	6	2½	4¾	8¼
5	5.563	7¾	3¼	4¾	109¼
6	6.625	9	3¾	5¾	129¼
8	8.625	12	5	7	169¼
10	10.750	15	6¼	8½	20¾
12	12.750	18	7½	10	24¾

¹ The dimensions of welding tees cover those which have side outlets from one size less than half the size of the runway opening of the tees to full size.

² Author's Note: Several manufacturers offer tees having this dimension same as C.

³ Center-to-center dimension, $O = 2A$.

TABLE XLV.—AMERICAN STANDARD STEEL BUTT-WELDING FITTINGS—DIMENSIONS OF REDUCERS
(Table 3, ASA B16.9)









(All dimensions in inches)

Size	Outside diameter at bevel		End to end <i>H</i>	Size	Outside diameter at bevel		End to end <i>H</i>
	Large end O.D.	Small end O.D.			Large end O.D.	Small end O.D.	
1 x 3/4	1.315	0.675	2	4x 1 1/2	4.500	1.900	4
1 x 5/8	1.315	0.840	2	4x 2	4.500	2.375	4
1 x 3/4	1.315	1.050	2	4x 2 1/2	4.500	3.500	4
1 1/4 x 3/4	1.660	0.840	2	4x 3	4.500	3.500	4
1 1/4 x 3/4	1.660	1.050	2	4x 3 1/2	4.500	4.000	4
1 1/4 x 1	1.660	1.315	2	5x 2	5.563	2.375	5
1 1/2 x 1/2	1.900	0.840	2 1/2	5x 2 1/2	5.563	2.875	5
1 1/2 x 3/4	1.900	1.050	2 1/2	5x 3	5.563	3.500	5
1 1/2 x 1	1.900	1.315	2 1/2	5x 3 1/2	5.563	4.000	5
1 1/2 x 1 1/4	1.900	1.660	2 1/2	5x 4	5.563	4.500	5
2 x 3/4	2.375	1.050	3	6x 2 1/2	6.625	2.875	5 1/2
2 x 1	2.375	1.315	3	6x 3	6.625	3.500	5 1/2
2 x 1 1/4	2.375	1.660	3	6x 3 1/2	6.625	4.000	5 1/2
2 x 1 1/2	2.375	1.900	3	6x 4	6.625	4.500	5 1/2
2 1/2 x 1	2.875	1.315	3 1/2	6x 5	6.625	5.563	5 1/2
2 1/2 x 1 1/4	2.875	1.660	3 1/2	8x 3 1/2	8.625	4.000	6
2 1/2 x 1 1/2	2.875	1.900	3 1/2	8x 4	8.625	4.500	6
2 1/2 x 2	2.875	2.375	3 1/2	8x 5	8.625	5.563	6
3 x 1 1/4	3.500	1.660	3 1/2	8x 6	8.625	6.625	6
3 x 1 1/2	3.500	1.900	3 1/2	10x 4	10.750	4.500	7
3 x 2	3.500	2.375	3 1/2	10x 5	10.750	5.563	7
3 x 2 1/4	3.500	2.875	3 1/2	10x 6	10.750	6.625	7
3 1/2 x 1 1/4	4.000	1.660	4	10x 8	10.750	8.625	7
3 1/2 x 1 1/2	4.000	1.900	4	12x 5	12.750	5.563	8
3 1/2 x 2	4.000	2.375	4	12x 6	12.750	6.625	8
3 1/2 x 2 1/4	4.000	2.875	4	12x 8	12.750	8.625	8
3 1/2 x 3	4.000	3.500	4	12x 10	12.750	10.750	8

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS Y VÁLVULAS

Cuadro Nº 14. LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS

TABLE XIV.—EQUIVALENT RESISTANCE OF BENDS, FITTINGS,

		Screwed fittings ¹				90° welding elbows and smooth bends ²					
		45° ell	90° ell	180° close return bends	Tee	R/d = 1	R/d = 1½	R/d = 2	R/d = 4	R/d = 6	R/d = 8
k factor =		0.42	0.90	2.00	1.80	0.48	0.36	0.27	0.21	0.27	0.36
L/d' ratio ³ n =		14	30	67	60	16	12	9	7	9	12
Nominal pipe size, in.	Inside diam. d, in., Sched. 40 ⁴										
		L = equivalent length in feet of Schedule 40 (standard weight) straight pipe ⁷									
½	0.622	0.73	1.55	3.47	3.10	0.83	0.62	0.47	0.36	0.47	0.62
¾	0.824	0.96	2.06	4.60	4.12	1.10	0.82	0.62	0.48	0.62	0.82
1	1.049	1.22	2.62	5.82	5.24	1.40	1.05	0.79	0.61	0.79	1.05
1¼	1.380	1.61	3.45	7.66	6.90	1.84	1.38	1.03	0.81	1.03	1.38
1½	1.610	1.88	4.02	8.95	8.04	2.14	1.61	1.21	0.94	1.21	1.61
2	2.067	2.41	5.17	11.5	10.3	2.76	2.07	1.55	1.21	1.55	2.07
2½	2.469	2.88	6.16	13.7	12.3	3.29	2.47	1.85	1.44	1.85	2.47
3	3.068	3.58	7.67	17.1	15.3	4.09	3.07	2.30	1.79	2.30	3.07
4	4.026	4.70	10.1	22.4	20.2	5.37	4.03	3.02	2.35	3.02	4.03
5	5.047	5.88	12.6	28.0	25.2	6.72	5.05	3.78	2.94	3.78	5.05
6	6.065	7.07	15.2	33.8	30.4	8.09	6.07	4.55	3.54	4.55	6.07
8	7.981	9.31	20.0	44.6	40.0	10.6	7.98	5.98	4.65	5.98	7.98
10	10.02	11.7	25.0	55.7	50.0	13.3	10.0	7.51	5.85	7.51	10.0
12	11.94	13.9	29.8	66.3	59.6	15.9	11.9	8.95	6.96	8.95	11.9
14	13.13	15.3	32.8	73.0	65.6	17.5	13.1	9.85	7.65	9.85	13.1
16	15.00	17.5	37.5	83.5	75.0	20.0	15.0	11.2	8.75	11.2	15.0
18	16.88	19.7	42.1	93.8	84.2	22.5	16.9	12.7	9.85	12.7	16.9
20	18.81	22.0	47.0	105	94.0	25.1	18.8	14.1	11.0	14.1	18.8
24	22.63	26.4	56.6	126	113	30.2	22.6	17.0	13.2	17.0	22.6

which also may be written

$$h_{\lambda} = \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g} = k \frac{v_1^2}{2g}$$

from which the losses due to a *sudden enlargement* are

d_1/d_2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
k factor.....	0.98	0.92	0.83	0.71	0.56	0.41	0.28	0.13	0.04
l/d' ratio n	33	31	28	24	19	14	9.3	4.3	1.3

Considerable difference of opinion exists as to the magnitude of the losses occasioned by *sudden contractions*. Nearly every hydraulics text gives a different set of values. Brightmore¹ con-

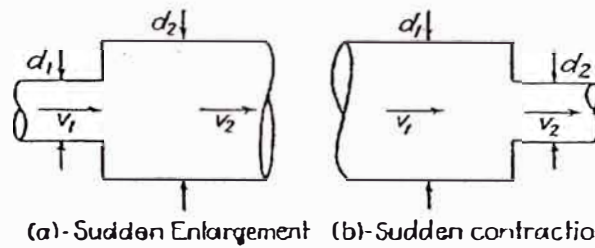


FIG. 13.—Loss due to sudden enlargement or contraction.

cluded that the loss due to a sudden contraction is 0.7 of the loss from a sudden enlargement as given in the preceding paragraph. This is conceded by some to give satisfactory results where velocities are low, say below what would correspond to a loss of 1 ft of head in hydraulics. For higher velocities a more complicated expression seems to be required for k . The following expression has been used by Merriman and others for the loss of head in *sudden contractions*:

$$h_{\lambda} = \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 \frac{v_2^2}{2g} = k \frac{v_2^2}{2g}$$

where

$$C_c = 0.582 + \frac{0.0418}{1.1 - d_2/d_1}$$

The following values for k and n for *sudden contractions* seem a satisfactory compromise:

d_2/d_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
k factor.....	0.46	0.45	0.42	0.40	0.36	0.28	0.19	0.10	0.04
l/d' ratio n	15	15	14	13	12	9.3	6.3	3.3	1.3

¹ A. W. Brightmore, *Proc. Inst. Civil Engrs.*, Vol. 169, p. 323.

Cuadro N° 15. LONGITUD EQUIVALENTE DE VÁLVULAS

Ø (")	LONGITUD EQUIVALENTE EN METROS DE CAÑERÍA (CED.40)				Ø (mm)
	VALVULAS		VALVULAS ESFERICAS		
	GLOBO	EXCLUSA	ROSCADAS Y BRIDADAS		
			S. 150	S. 300	
½	5,270	0,109	0,52	0,52	13
¾	6,985	0,146	0,53	0,53	19
1	8,876	0,186	1,03	1,03	25
1 ¼	11,682	0,247	1,87	1,87	32
1 ½	13,634	0,287	1,40	1,40	38
2	17,507	0,369	3,20	3,20	51
2 ½	20,893	0,439	2,12	2,12	63
3	25,986	0,546	2,94	2,94	76
4	34,160	0,717	3,10	3,10	102
5	42,700	0,897	-----	-----	127
6	51,240	1,080	11,5	11,5	152
8	67,710	1,418	12,1	12,1	203
10	84,790	1,784	17,6	17,6	254
12	101,260	2,123	15,2	15,2	304
14	111,020	2,333	-----	-----	355
16	127,185	2,669	-----	-----	406
18	143,045	3,004	-----	-----	457
20	159,210	3,355	-----	-----	508
24	191,845	4,026	-----	-----	609

ANEXO 2

NORMA ASTM A-53

A 53/A 53M

- of Chemical Composition⁹
- E 213 Practice for Ultrasonic Examination of Metal Pipe and Tubing¹⁰
- E 309 Practice for Eddy-Current Examination of Steel Tubular Products Using Magnetic Saturation¹⁰
- E 570 Practice for Flux Leakage Examination of Ferromagnetic Steel Tubular Products¹⁰
- 2.2 *ANSI Standards:*
- ASC X12¹¹
- B1.20.1 Pipe Threads, General Purpose¹¹
- 2.3 *ASME Standard:*
- B3610 Welded and Seamless Wrought Steel Pipe¹²
- 2.4 *Military Standards:*
- MIL-STD-129 Marking for Shipment and Storage¹³
- MIL-STD-163 Steel Mill Products Preparation for Shipment and Storage¹³
- 2.5 *Federal Standards:*
- Fed. Std. No. 123 Marking for Shipment (Civil Agencies)¹⁴
- Fed. Std. No. 153 Continuous Identification Marking of Iron and Steel Products¹⁴
- 2.6 *API Standard:*
- 5L Specification for Line Pipe¹⁵

3. Ordering Information

- 3.1 Information items to be considered, if appropriate, for inclusion in the purchase order are as follows:
 - 3.1.1 Specification designation (A 53 or A 53M, including year of issue).
 - 3.1.2 Quantity (feet, metres, or number of lengths).
 - 3.1.3 Grade (see Table 1).
 - 3.1.4 Type (see 1.2 and Table 2).

⁹ Discontinued 1989. Replaced by E 1306.
¹⁰ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.03.
¹¹ Available from American National Standards Institute, 11 West 42nd St., 14th Floor, New York, NY 10018.
¹² Available from ANSI International, Three Park Avenue, New York, NY 10016.
¹³ Available from Standardization Documents Under Desk, Dept. 4, Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Ann. NPODS.
¹⁴ Available from General Services Administration, Washington, DC 20405.
¹⁵ Available from American Petroleum Institute, 1220 L Street, Northwest, Washington, DC 20004-4100.

TABLE 2 Tensile Requirements

	Type F	Types E and S	
	Open-hearth, Basic Oxygen, or Electric-Furnace, Grade A	Grade A	Grade B
Tensile strength, min, psi (MPa)	48 000 (330)	48 000 (330)	50 000 (345)
Yield strength, min, psi (MPa)	30 000 (205)	30 000 (205)	35 000 (240)
Elongation in 2 in. (50 mm)	A ^a	A ^a	A ^a

^a The minimum elongation in 2 in. (50 mm) shall be that determined by the following equation:

$$e = 625 000 / (1540 U)^{1/2} + 11.7^2$$

- where:
- e = minimum elongation in 2 in. (50 mm) in percent rounded to the nearest percent.
- A = cross-sectional area of the tension specimen, rounded to the nearest 0.01 in.² (1 mm²), based on the specified outside diameter or the nominal specimen width and specified wall thickness. If the area calculated is equal to or greater than 0.75 in.² (500 mm²), then the value 0.75 in.² (500 mm²) shall be used, and
- U = specified tensile strength, psi (MPa).

^b See Table X4.1 or Table X4.2, whichever is applicable, for minimum elongation values for various size tension specimens and grades.

- 3.1.5 Finish (black or galvanized).
- 3.1.6 Size (either nominal (NPS) (DN) and weight class, schedule number, or both; or outside diameter and nominal wall thickness, Table X2.2 and Table X2.3).
- 3.1.7 Length (specific or random, Section 18).
- 3.1.8 End finish (plain end or threaded, Section 13).
 - 3.1.8.1 Threaded and coupled, if desired.
 - 3.1.8.2 Threads only (no couplings), if desired.
 - 3.1.8.3 Plain end, if desired.
 - 3.1.8.4 Couplings power tight, if desired.
 - 3.1.8.5 Taper tapped couplings for NPS 2 (DN 50) or smaller, if desired.
- 3.1.9 Close coiling, if required (see 8.2).
- 3.1.10 Skelp for tension tests, if permitted (see 17.2).
- 3.1.11 Certification (see Section 22).
- 3.1.12 End use of material.
- 3.1.13 Special requirements, and

TABLE 1 Chemical Requirements

	Composition, max. %								
	Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Copper ^a	Nickel ^a	Chromium ^a	Niobium ^a	Vanadium ^a
Open-hearth, electric-furnace or basic-oxygen									
Grade A	0.25	0.95	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Grade B	0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Type E (electric-resistance-welded)									
Open-hearth, electric-furnace or basic-oxygen									
Grade A	0.25	0.95	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Grade B	0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Type F (remelted pipe)									
Open-hearth, electric-furnace or basic oxygen									
Grade A	0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08

^a For compositions of Types E and F, the maximum shall not exceed 0.005%.


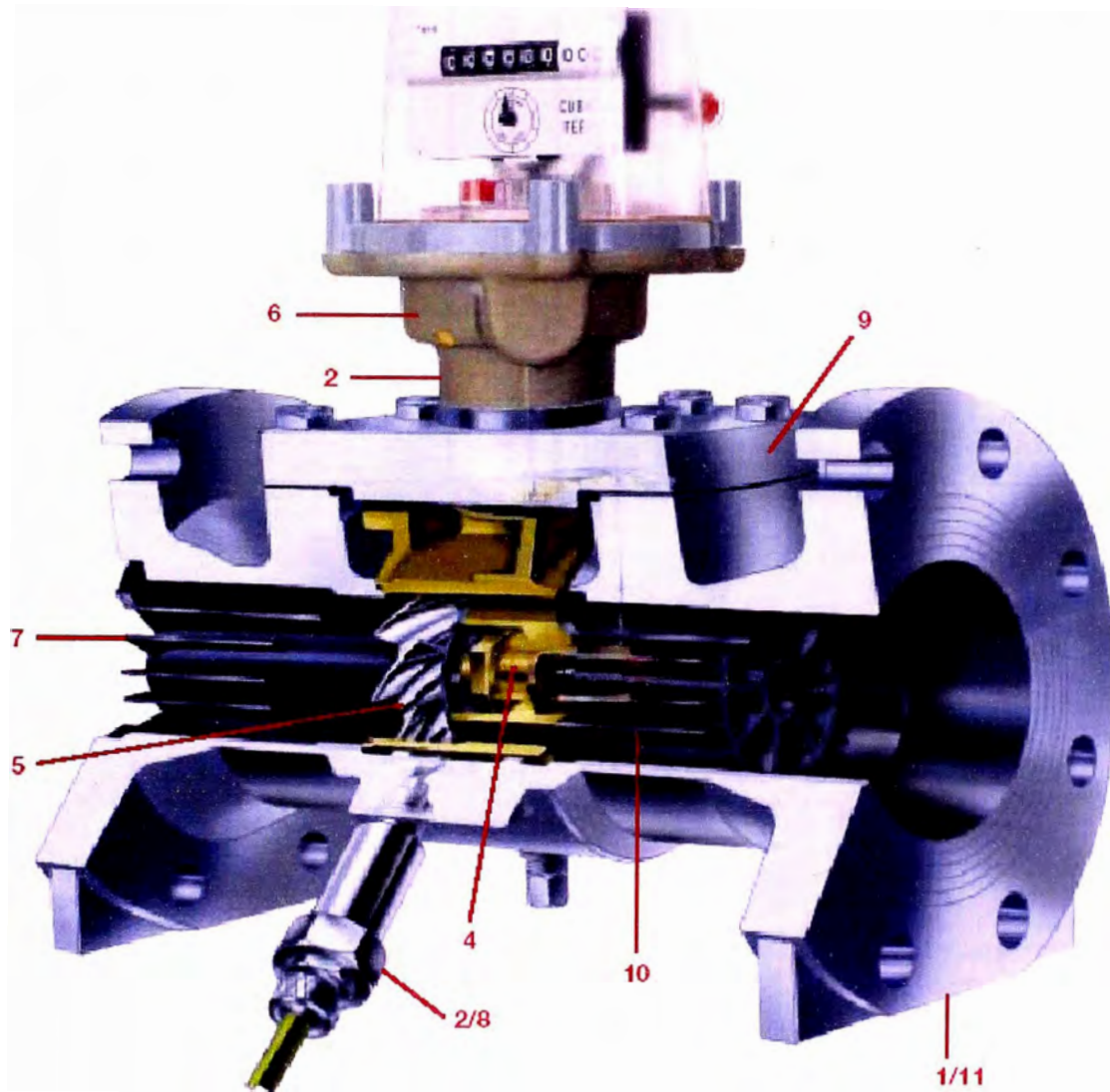
 A 53/A 53M

TABLE X2.2 Dimensions, Weights, and Test Pressures for Plain End Pipe

NPS Designator	DN Designator	Outside Diameter, in. [mm]	Nominal Wall Thickness, in. [mm]	Nominal Weight [Mass] per Unit Length, Plain End, lb/ft [kg/m]	Weight Class	Schedule No.	Test Pressure,
							Grade A
1/8	6	0.405 [10.3]	0.068 [1.73]	0.24 [0.37]	STD	40	700 [4800]
			0.095 [2.41]	0.31 [0.47]	XS	80	850 [5900]
1/4	8	0.540 [13.7]	0.088 [2.24]	0.43 [0.63]	STD	40	700 [4800]
			0.119 [3.02]	0.54 [0.80]	XS	80	350 [5900]
3/8	10	0.675 [17.1]	0.091 [2.31]	0.57 [0.84]	STD	40	700 [4800]
			0.126 [3.20]	0.74 [1.10]	XS	80	850 [5900]
1/2	15	0.840 [21.3]	0.109 [2.77]	0.85 [1.27]	STD	40	700 [4800]
			0.147 [3.73]	1.09 [1.52]	XS	80	850 [5900]
			0.188 [4.78]	1.31 [1.95]	---	160	900 [6200]
			0.294 [7.47]	1.72 [2.55]	XXS	---	1000 [6900]
3/4	20	1.050 [26.7]	0.113 [2.87]	1.13 [1.59]	STD	40	700 [4900]
			0.154 [3.91]	1.48 [2.20]	XS	80	850 [5900]
			0.219 [5.56]	1.85 [2.90]	---	160	950 [6500]
			0.308 [7.82]	2.44 [3.64]	XXS	---	1000 [6900]
1	25	1.315 [33.4]	0.133 [3.39]	1.68 [2.50]	STD	40	700 [4900]
			0.179 [4.55]	2.17 [3.24]	XS	80	850 [5900]
			0.250 [6.35]	2.85 [4.24]	---	160	950 [6500]
			0.358 [9.09]	3.65 [5.45]	XXS	---	1000 [6900]
1 1/4	32	1.560 [42.2]	0.140 [3.56]	2.27 [3.39]	STD	40	1200 [8300]
			0.191 [4.85]	3.00 [4.47]	XS	80	1800 [12 400]
			0.250 [6.35]	3.77 [5.61]	---	160	1900 [13 100]
			0.382 [9.70]	5.22 [7.77]	XXS	---	2200 [15 200]
1 1/2	40	1.900 [48.3]	0.145 [3.68]	2.72 [4.05]	STD	40	1200 [8300]
			0.200 [5.08]	3.53 [5.11]	XS	80	1800 [12 400]
			0.281 [7.14]	4.56 [7.25]	---	160	1950 [13 400]
			0.400 [10.16]	6.41 [9.56]	XXS	---	2200 [15 200]
2	50	2.375 [60.3]	0.154 [3.91]	3.66 [5.44]	STD	40	2300 [15 900]
			0.218 [5.54]	5.03 [7.48]	XS	80	2500 [17 200]
			0.344 [8.74]	7.47 [11.11]	---	160	2500 [17 200]
			0.435 [11.07]	9.34 [13.44]	XXS	---	2500 [17 200]
2 1/2	65	2.875 [73.0]	0.203 [5.16]	5.30 [8.63]	STD	40	2500 [17 200]
			0.276 [7.01]	7.57 [11.41]	XS	80	2500 [17 200]
			0.375 [9.52]	10.02 [14.90]	---	160	2500 [17 200]
			0.552 [14.02]	13.71 [20.09]	XXS	---	2500 [17 200]
3	80	3.500 [88.9]	0.125 [3.18]	4.51 [6.72]	---	---	1290 [8900]
			0.156 [3.96]	5.58 [8.29]	---	---	1600 [11 000]
			0.188 [4.78]	6.56 [9.92]	---	---	1930 [13 350]
			0.215 [5.49]	7.56 [11.29]	STD	40	2220 [15 300]
			0.250 [6.35]	8.59 [12.93]	---	---	2500 [17 200]
			0.281 [7.14]	9.67 [14.40]	---	---	2500 [17 200]
			0.300 [7.62]	10.26 [15.27]	XS	80	2500 [17 200]
			0.438 [11.13]	14.34 [21.35]	---	---	2500 [17 200]
3 1/2	90	4.000 [101.6]	0.125 [3.18]	5.19 [7.72]	---	---	1120 [7700]
			0.156 [3.96]	6.41 [9.53]	---	---	1400 [9700]
			0.188 [4.78]	7.56 [11.41]	---	---	1690 [11 700]
			0.226 [5.74]	9.12 [13.57]	STD	40	2030 [14 000]
			0.250 [6.35]	10.02 [14.92]	---	---	2250 [15 500]
			0.281 [7.14]	11.17 [16.63]	---	---	2500 [17 200]
			0.318 [8.08]	12.52 [18.63]	XS	80	2900 [19 300]
			---	---	---	---	---
4	100	4.500 [114.3]	0.125 [3.18]	5.85 [8.71]	---	---	1000 [6900]
			0.156 [3.96]	7.24 [10.79]	---	---	1250 [8600]
			0.188 [4.78]	8.67 [12.91]	---	---	1500 [10 300]
			0.219 [5.56]	10.02 [14.91]	---	---	1750 [12 100]
			0.237 [6.02]	10.80 [16.07]	STD	40	1900 [13 100]
			0.250 [6.35]	11.36 [16.90]	---	---	2000 [13 800]
			0.281 [7.14]	12.57 [18.87]	---	---	2250 [15 100]
			0.312 [7.92]	13.97 [20.78]	---	---	2500 [17 200]

ANEXO 3

INFORMACIÓN DE COMPONENTES



Features And Benefits (GTS and E-Class Meters)

- 1 *Models with Extended Capacity Ratings* – can reduce the diameter of an entire meter run, resulting in substantial savings in piping, flanges, block valves, etc. See Capacity Tables.
- 2 *Mechanical Drive Models* for use with P&T Correctors or *Electronic Pulse Output Models* to interface directly with popular flow computers.
- 3 *Electronic Temperature Compensation* with Fixed Factor Pressure.
- 4 *Flush-Type Lubrication System* flushes main bearings while meter is in operation.
- 5 *Aluminum Rotors* for high pressure models and for meters with high-frequency pulse outputs.
- 6 *One Output Gear Train* for all meter sizes; reduces spare parts inventory.
- 7 *High-Efficiency Inlet Flo-Guide®* flow conditioners to minimize the effects of flow disturbances in short coupled installations.
- 8 *High-Frequency RF-Type Pulsar* that monitors rotor condition.
- 9 *Interchangeable Pre-Calibrated Measurement Cartridges* for easy maintenance.
- 10 *Pre-Machined Meter Housings* to allow upgrade to AccuTest self-test model.
- 11 *Direct Equimeter Turbine Meter Replacement* with new E-Class models.

Fig. N° 11. Medidor tipo Turbina Mod. GTS y Clase E

Cuadro Nº 16. Tabla de capacidades Medidor 4" GTS, GTX, Clase E

4" GTS, GTX and E-Class Capacities – Output Drive 1.0m³

Line Pressure		45° Rotor Angle					90° Rotor Angle				
		Q _{max} Sm ³ /h	Q _{min} Sm ³ /h	Range Q _{max} :Q _{min}	Min. Actual Flow Rate Am ³ /h	Pressure Drop mbar	Q _{max} Sm ³ /h	Q _{min} Sm ³ /h	Range Q _{max} :Q _{min}	Min. Actual Flow Rate Am ³ /h	Pressure Drop mbar
0.02	2	509	34	15	34	6.0	651	54.1	12	53.9	9.8
0.30	30	657	39	17	30	7.7	841	61.9	14	49.3	12.6
0.70	70	867	45	19	27	10.1	1,108	71.4	16	42.6	16.4
1.00	100	1,006	48	21	24	11.8	1,287	76.4	17	39.7	19.3
2.00	200	1,513	59	26	20	17.8	1,935	93.7	21	31.7	29.0
3.00	300	2,022	66	30	17	23.7	2,567	108.5	24	27.5	38.7
5.00	500	3,047	83	36	14	35.5	3,897	133.5	29	22.5	58.0
7.00	700	4,092	97	42	12	47.4	5,221	154.9	34	19.6	77.4
8.00	800	4,603	103	45	12	53.3	5,867	164.6	36	19.5	87.0
9.00	900	5,127	109	47	11	59.2	6,538	174.0	38	17.8	96.7
10.00	1,000	5,654	114	49	11	65.1	7,231	182.9	40	16.9	106
12.00	1,200	6,714	125	54	10	77.0	8,567	199.8	43	15.6	126
15.00	1,500	8,320	140	60	9	94.7	10,641	223.2	48	14.1	155
20.00	2,000	11,049	162	68	8	124	14,132	258.7	55	12.5	203
30.00	3,000	16,707	201	83	7	184	21,968	321.9	66	10.5	300
35.00	3,500	19,626	220	89	6	213	25,191	350.3	72	9.8	348
40.00	4,000	22,628	237	96	6	243	28,941	379.1	76	9.4	397
50.00	5,000	28,934	271	106	5	302	36,878	433.2	85	8.6	498
60.00	6,000	35,306	303	116	5	361	45,155	495.0	93	8.1	599
70.00	7,000	42,064	335	126	5	420	53,799	555.6	100	7.6	687
80.00	8,000	49,054	366	134	5	480	62,740	594.9	107	7.3	783
90.00	9,000	56,272	396	142	4	539	71,970	632.9	114	7.0	880
100.00	10,000	63,810	426	150	4	598	81,612	691.2	120	6.8	977

Note: Capacity Table values established @ base pressure of 101.325 kPa and base temperature of 15° C. Supercompressibility included. Meters with 90° rotors have higher Q_{max} and Q_{min} values.

Meter Selection by Capacity and Pressure

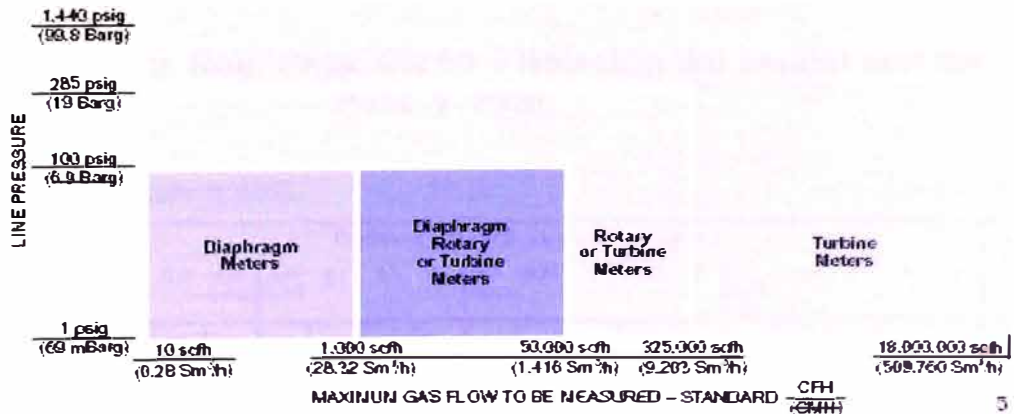


Fig. Nº 12. Carta de selección del tipo de Medidor en función de la presión y caudal

VALVULA REGULADORA DE PRESIÓN FIORENTINI



Fig. 13. Válvula Reguladora Presión Fiorentini, Mod. Norval

Cuadro N° 17. Válv. Reg. Pres. DN 80 – Relación del caudal con las Pent. y Psal.

Regolatore NORVAL - Regulator NORVAL		DN 80															
Pressione entrata Pe (bar) Inlet pressure Pe (bar)	Pressione uscita Pa (bar) - Outlet pressure Pa (bar)																
	0,02	0,05	0,08 D=630	0,08 D=460	0,1	0,3	0,5	0,5 D=375	0,75	1	1,5	2	1 D=375 TP	1,5	2	3	4
0,2	849	787	715	585	549												
0,3	1068	1016	906	805	775												
0,5	1387	1370	1248	1117	1088	827											
0,75	1750	1733	1714	1426	1417	1388	1214	1012									
1	1846	2036	2045	1702	1685	1758	1720	1458	1008								
1,5	1846	2375	2679	1954	1991	2368	2475	2563	1905	1652			1632				
2	1846	2375	2231	1954	1991	2941	3214	2679	2430	2216			2357	2216			
4	1846	2375	2131	1954	1991	2941	4750	3385	3958	4464	5257	4259	4464	3257	4938	5966	
6	1846	2375	2131	1954	1991	2941	4750	3385	3958	4324	6786	7309	4324	6786	7598	7045	6285
8	1846	2375	2201	1954	1991	2941	4750	3385	3958	4324	6786	8143	4324	6786	8143	9645	8128
10	1846	2375	2131	1954	1991	2941	4750	3385	3958	4324	6786	8143	4324	6786	8143	10657	11786
13	1846	2375	2131	1954	1991	2941	4750	3385	3958	4324	6786	8143	4324	6786	8143	10657	13572
16	1846	2375	2131	1954	1991	2941	4750	3385	3958	4324	6786	8143	4324	6786	8143	10657	13572

Portata in litri - Flow rate in liter/h

Cuadro N° 18. Selección del cabezal de control en función de Psal.

Tab. 2

DN		COPERCHI COVERS (mm)						Presione regolata Control pressure inbar
		ø 817	ø 658	ø 630	ø 495	ø 375	ø 275TR	
25	1"				B:23	80:1050	900:4400	
32	1 1/4"				B:23	80:1050	900:4400	
40	1 1/2"				B:23	80:1050	900:4400	
50	2"				B:23	80:1050	900:4400	
65	2 1/2"			8:80	75:500	470:2800	900:4400	
90	3"			8:80	75:500	470:2800	900:4400	
100	4"			10:80	75:500	470:2800	900:4400	
150	6"	12:79	75:405	220:650	390:1900			
200	8"	12:79	75:405	220:650	390:1900			

Fig. N° 14. Dimensiones de Válvula Regul. Presión, Mod. Norval

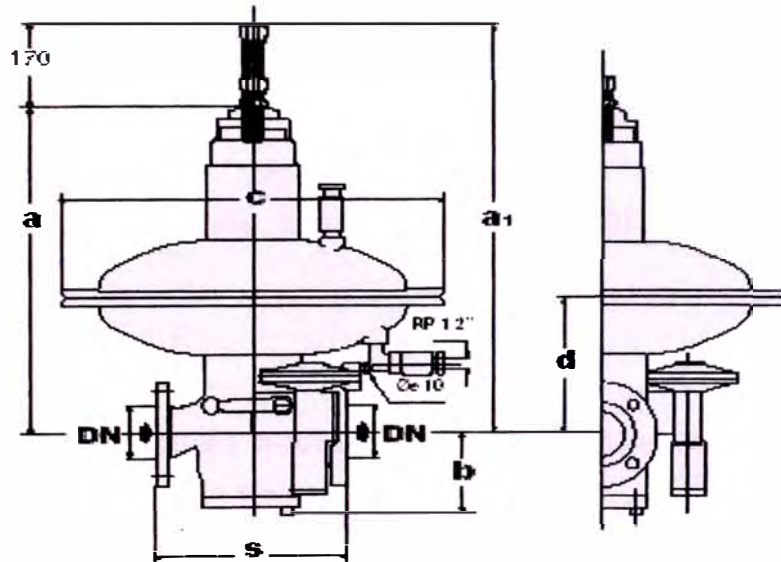
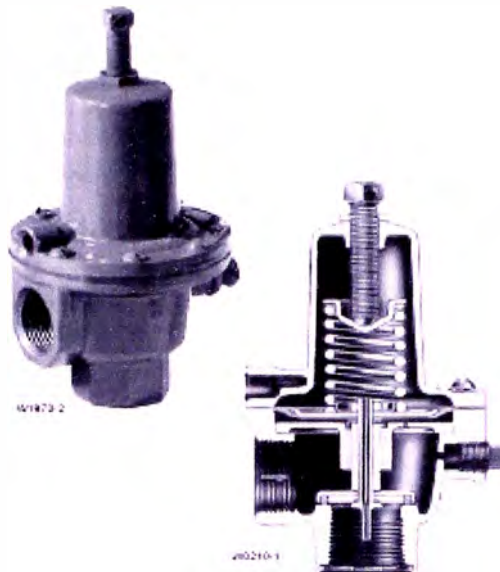


Fig. 4

C		ø 817			ø 658			ø 630			ø 495			ø 375			ø 275TR		
DN	S	b	b1	b2	a	a1	d	a	a1	d	a	a1	d	a	a1	d	a	a1	d
25	1"	183	100	200	250						460	630	175	415	585	150	425	595	155
32	1 1/4"	183	100	200	250						460	630	175	415	585	150	425	595	155
40	1 1/2"	223	120	220	270						475	645	190	435	605	165	445	615	170
50	2"	254	120	220	270						475	645	190	435	605	165	445	615	170
65	2 1/2"	277	140	240	290			540	710	220	500	670	210	455	625	190	465	635	195
90	3"	298	140	240	290			540	710	220	500	670	210	455	625	190	465	635	195
100	4"	362	180	280	330			640	810	310	600	770	300	555	725	275	565	735	290
150	6"	451	220	320	370	760	930	400	720	890	675	845	380	670	840	375			
200	8"	543	280	360	410	860	1030	500	820	990	480	775	845	480	770	840	475		

(*) ANSI 150 - UNI PN 16 - UNI PN 40

VÁLVULA DE ALIVIO A RESORTE FISHER



1-INCH TYPE 289H AND 289HH

Fig. N° 15. Válvula de alivio, Modelos 289H y 289HH, angulares de 1”

Cuadro N° 19. Válvulas alivio – Tabla de presiones permisibles

Table 1. Spring Ranges and Maximum Allowable Relief (Inlet) Pressures

BODY SIZES, INCHES	TYPE	SPRING RANGE (RELIEF PRESSURE SETTINGS)	SPRING PART NUMBER	MAXIMUM ALLOWABLE RELIEF SETTING ¹	MAXIMUM ALLOWABLE RELIEF (INLET) PRESSURE ²
1/4	289U	5 to 25-inches w.c. (12 to 62 mbar) 20-inches w.c. to 3 psig (50 mbar to 0.21 bar)	CV060227022 DF058227022	3 psig (0.21 bar)	10 psig (0.69 bar)
	289A	3 to 13 psig (0.21 to 0.9 bar) 11 to 22 psig (0.76 to 1.5 bar)	02056327022 16258227022	22 psig (1.52 bar)	45 psig (3.1 bar)
3/4 or 1	289L	3 to 5-inches w.c. (7 to 20 mbar)	16413527022	40-inches w.c. (99 mbar)	7 psig (0.52 bar)
		5 to 18-inches w.c. (12 to 45 mbar)	1N3112X0012		
		10 to 18-inches w.c. (25 to 45 mbar) 12 to 40-inches w.c. (30 to 99 mbar)	13A7917X012 13A7916X012		
1	289H	1 to 4.5 psig (0.069 to 0.3 bar)	1F826927052	50 psig (3.4 bar)	100 psig (6.9 bar)
		4 to 15 psig (0.28 to 1.0 bar)	1D892327022		
		10 to 20 psig (0.69 to 1.4 bar)	1D751527022		
		15 to 30 psig (1.0 to 3.4 bar)	1D745527142		
2	289H	7 to 18-inches w.c. (17 to 45 mbar)	16538527052	10 psig (0.69 bar)	25 psig (1.7 bar)
		0.5 to 2.25 psig (0.034 to 0.16 bar)	16538527052		
		1.75 to 7 psig (0.12 to 0.52 bar)	16538527052		
		4 to 10 psig (0.28 to 0.69 bar)	16538527052		
1	289HH	45 to 75 psig (3.1 to 5.2 bar)	1D745527142	75 psig (5.2 bar)	100 psig (6.9 bar)

1. With highest spring range available.
2. Maximum relief pressure setting, psig, bar/MPa.

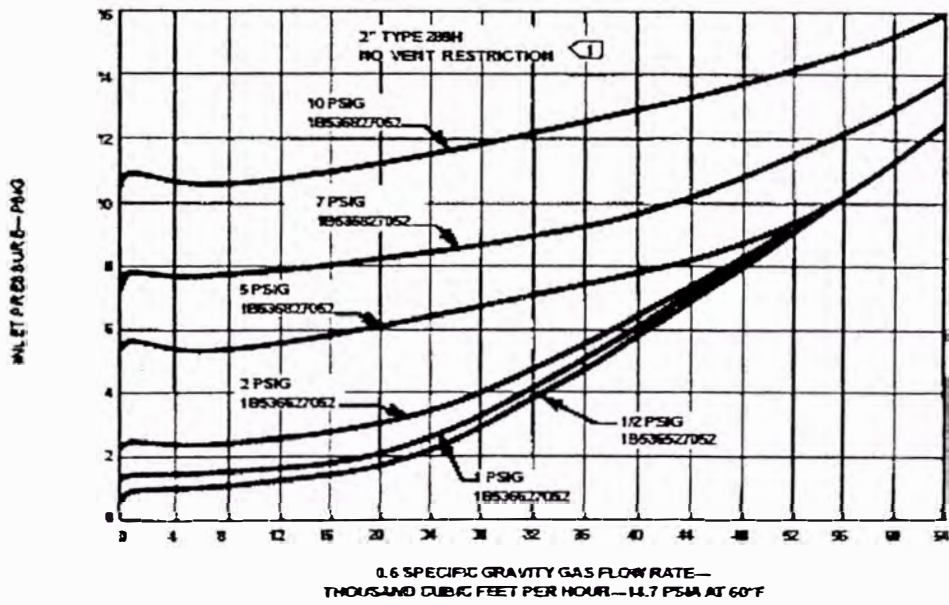
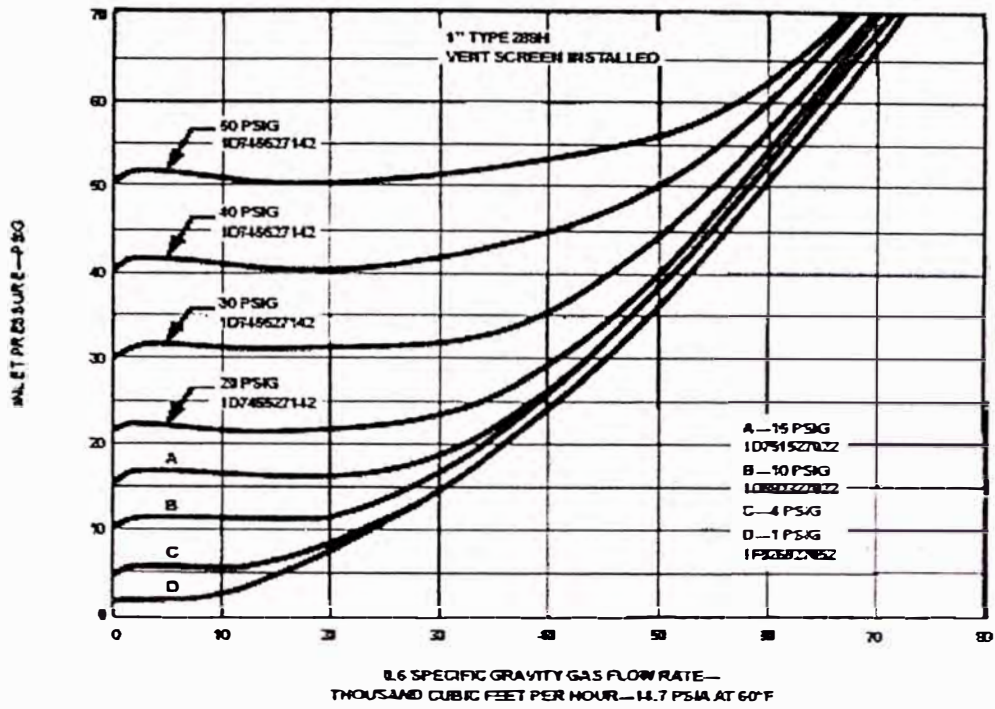


Fig. N° 16. Diagrama Pent. vs. Caudal – Mod. 289H

Cuadro N° 21. Filtros tipo cartucho Caudal en función de la ΔP y Pent.

FAG/ FAG-AP/ FAG-A/ FAG-A-AP/
FAV/ FAV-S/ FAV-SS/
SERIES FILTERS

CAPACITY TABLES in Stm^3/h

Δp - pressure loss in mbar

pm - Inlet pressure in bar

IMPORTANT: In the red marked areas, capacity is restricted by gas speed (maximum 30 m for second) in the filter's tubes. It is recommended that these values not be exceeded.

TIPO 1.5

Δp mbar	10	25	50	75	100	150	200	500
0.5	300	430	650	800	-	-	-	-
1	300	650	750	900	-	-	-	-
2	400	650	950	1100	1300	-	-	-
5	600	900	1300	1600	1900	2200	-	-
10	800	1200	1800	2200	2500	3000	3750	-
16	1000	1400	2200	2800	3200	4000	4700	6700

TIPO 2

Δp mbar	10	25	50	75	100	150	200	500
0.5	000	500	1300	1300	-	-	-	-
1	700	1100	1500	1700	-	-	-	-
2	850	1300	1900	2200	2200	-	-	-
5	850	1300	2750	3200	3700	4750	-	-
10	1200	1800	3000	3500	5000	6250	8500	-
16	1400	2200	3200	4000	5500	6500	10000	12000

VÁLVULAS ESFERICAS WORCESTER

MODELO 51/52/53

Despiece de las componentes

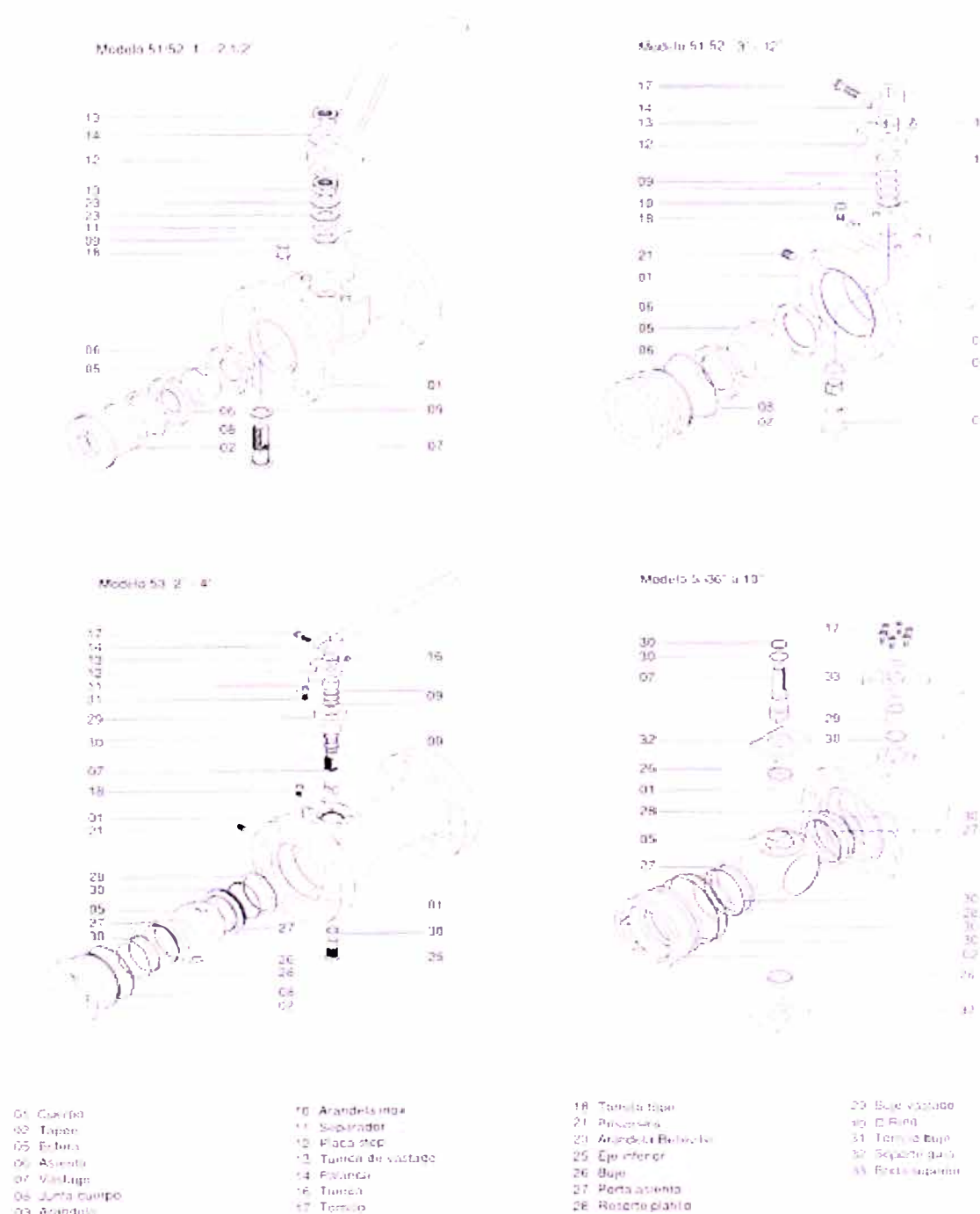


Fig. 17. Válvula Esférica worcester

ANEXO 4 – PROTECCIÓN ANTICORROSIVA



Fig. 18. Cinta para revestir tuberías enterradas

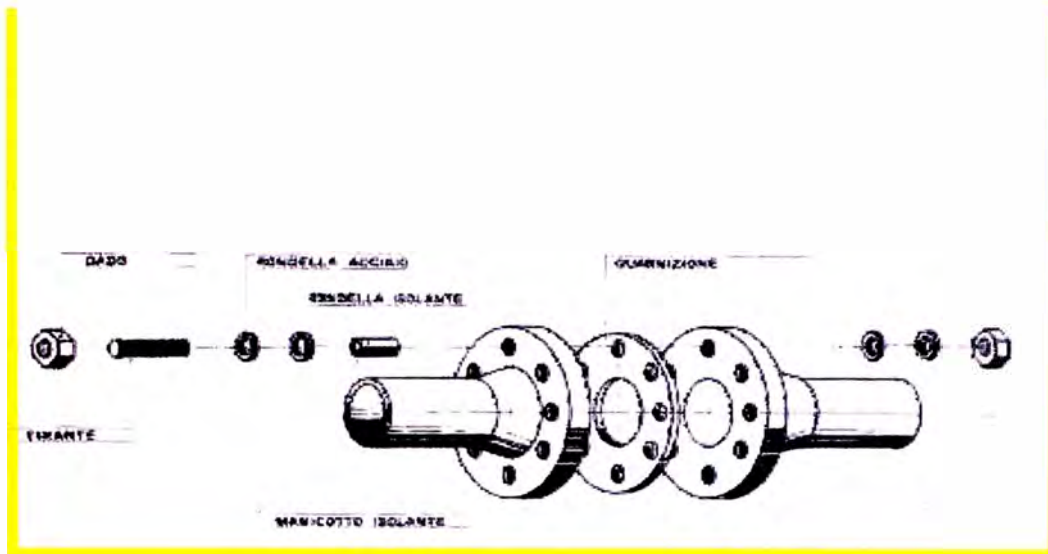


Fig. 19. Junta Dielectrica



Fig. 20. Anodos de Sacrificio en plena fabricación.

PLANOS

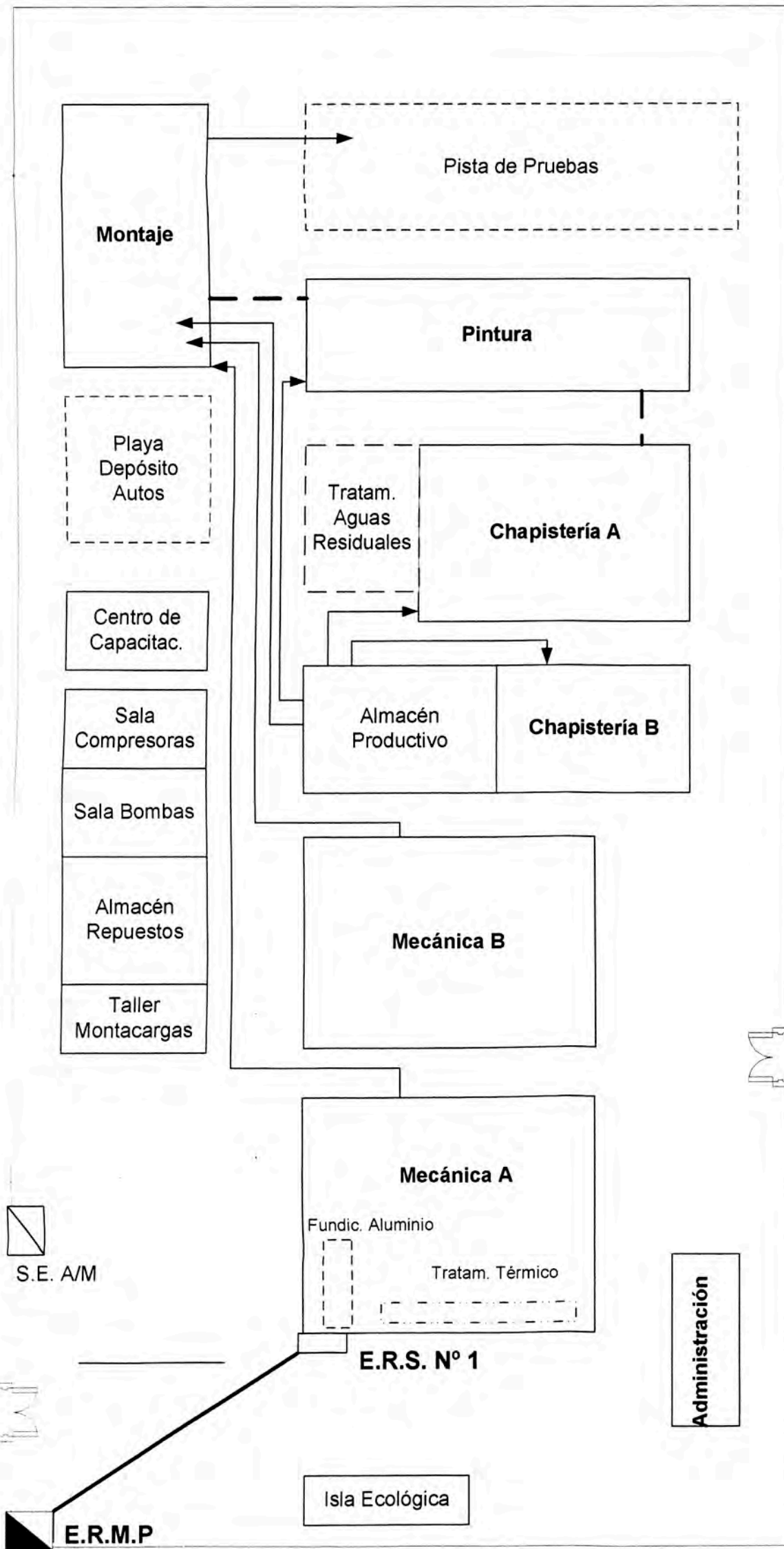
- Plano N° 1 . Layout de la Fábrica – Diag. Flujo Simplificado – Instalación Gas Natural
- Plano N° 2 . Instalación Gas Natural – Vista Isométrica
- Plano N° 3 . Estación de Regulación y Medición Primaria (ERMP)
- Plano N° 4 . Estación de Regulación Secundaria N° 1 (ERS N° 1)
- Plano N° 5 . Red Tuberías Gas Natural Planta Mecánica A

BIBLIOGRAFÍA

- 1 - Revista "Industria Peruana", Sociedad Nacional de Industrias, Mayo 2003 .
- 2 - "Instalaciones de Gas", Néstor Quadri. Librería y Editorial Alsina. Buenos Aires, 1988 .
- 5 - "BP Statistical Review Energy", 2002
- 6 - "Tecnología del Gas", Deutsh Irving . Editorial Blume. Barcelona, 1972 .
- 7 - "Métodos de la Industria Química", Fritz Tegeder – Ludwig Mayer. Editorial Reverté. Buenos Aires, 1984 .
- 8 - Fórum "Gas de Camisea, Retos y Perspectivas". Exposición de Fernando Rodrigo, Gerente del Instituto Canadiense del Petróleo.
- 9A - "Esfuerzos y Deformaciones", Juan Hori Asano.
- 10A - "Piping Handbook", Sabin Crocker .
- 11A - Curso: "Diseño de Instalaciones Industriales de Gas Natural", dictado por el Ing. argentino César Razuri Reyes, Proyectista y Consultor en Instalaciones de gas natural. Colegio de Ingenieros del Perú – 25 y 26 Agosto 2003 .

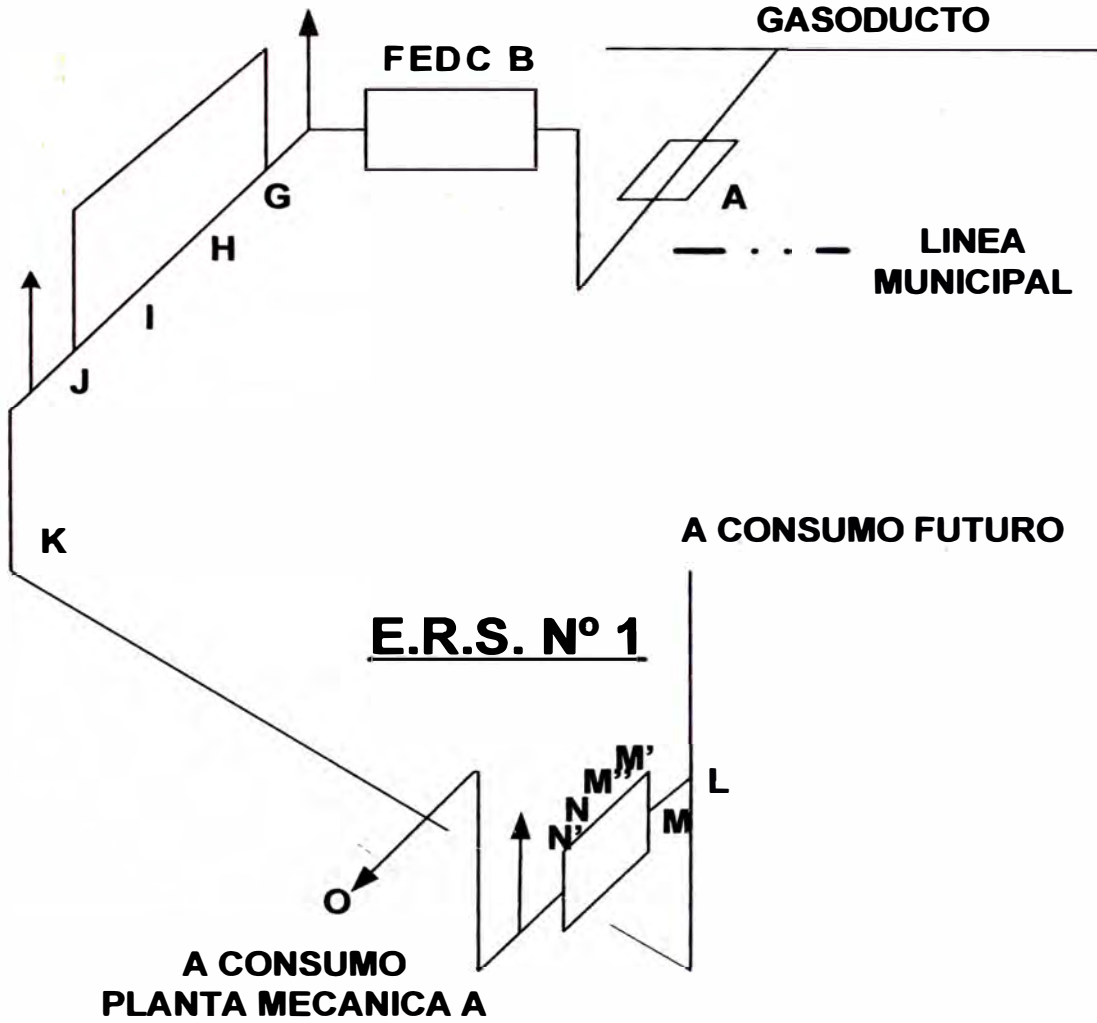
INFORMACIÓN EN INTERNET

- www.mem.gob.pe
- www.megapiping2000.com
- www.enargas.com.ar
- www.aguaytiaenergy.com

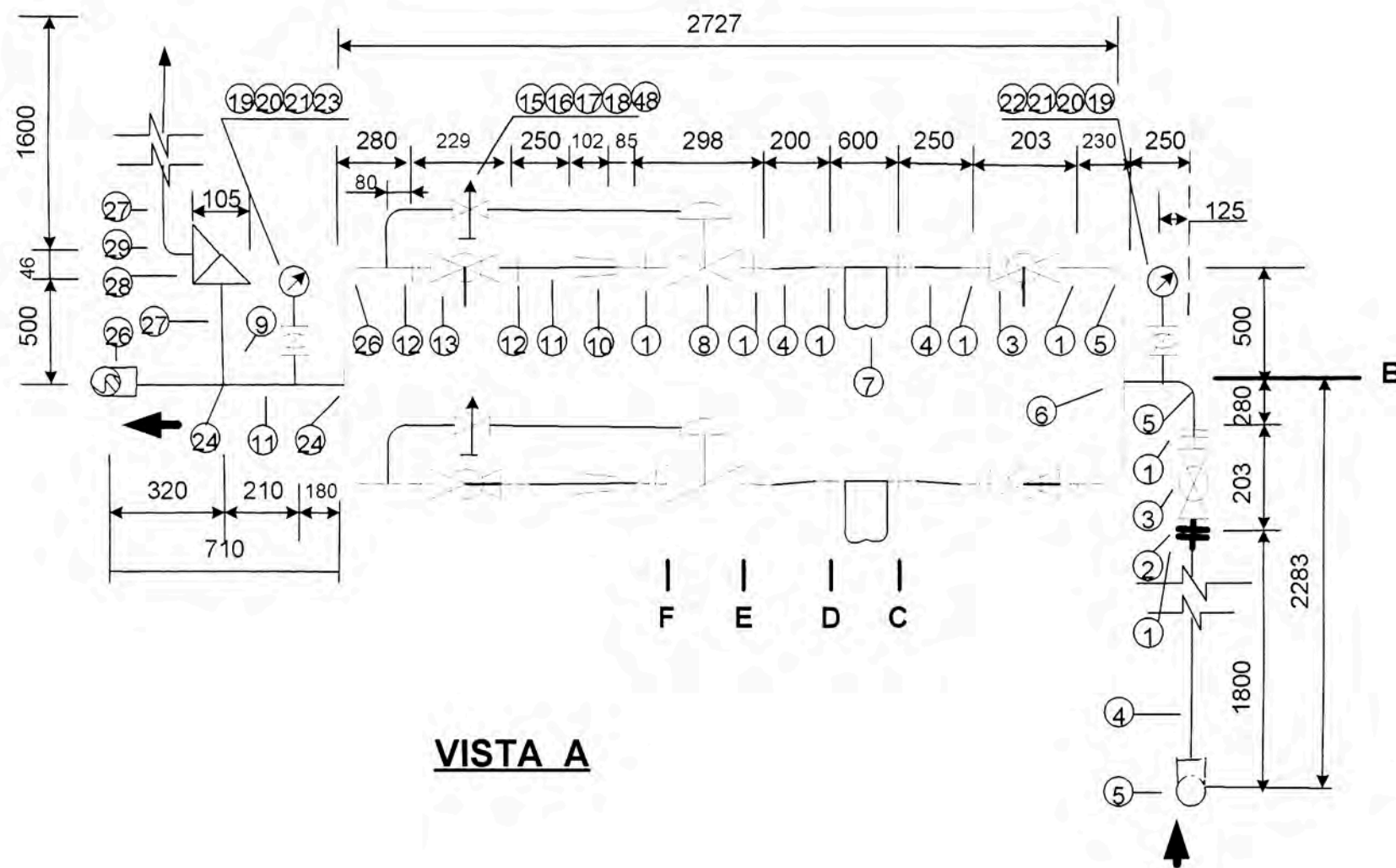


		FACULTAD ING. MECÁNICA U.N.I.	
		LAYOUT DE LA FABRICA - DIAG. FLUJO SIMPLIFICADO - INSTALACION GAS NAT.	
INGENIERIA DEL PROY.		TITULO:	
		PLANO N°: 1	DISEÑADO: Percy Meza C.
ESC: S/E		FECHA: 22/12/03	HOJA: 1 DE: 5

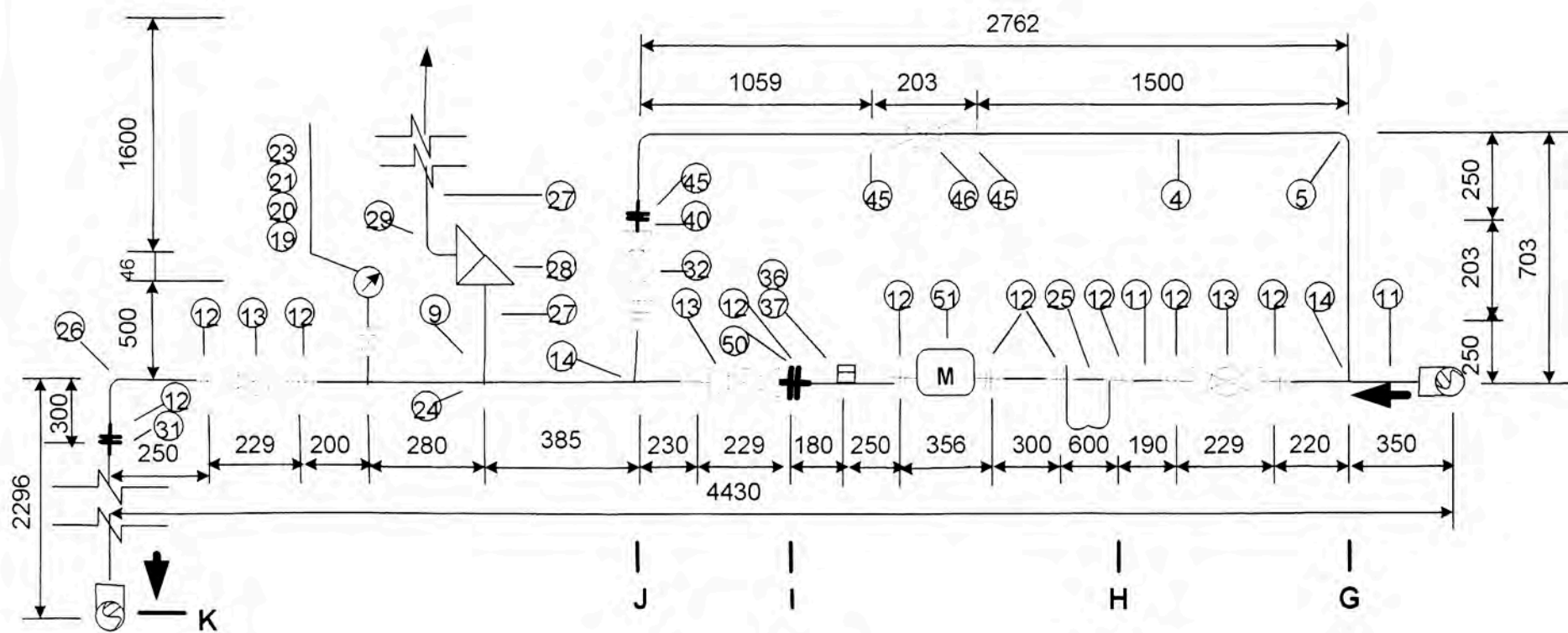
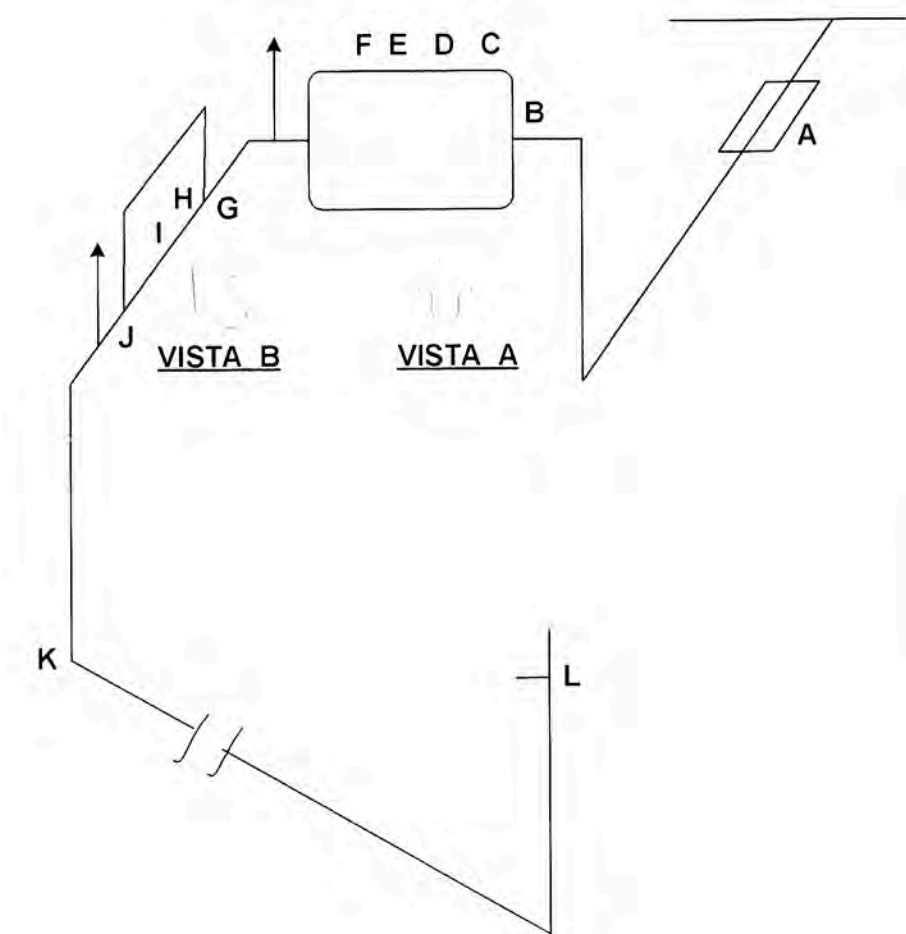
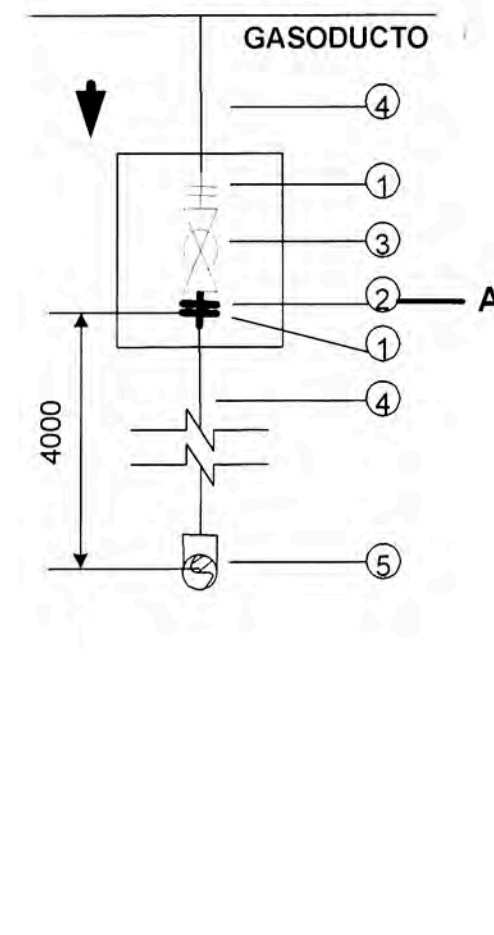
E.R.M.P.



		FACULTAD ING. MECÁNICA U.N.I.	
		TITULO: INSTALACION GAS NATURAL VISTA ISOMETRICA	
INGENIERIA DEL PROY.		PLANO N°: 2	REVISADO: Percy Meza C.
ESC: S/E		FECHA: 22/12/03	HOJA: 2 DE 5

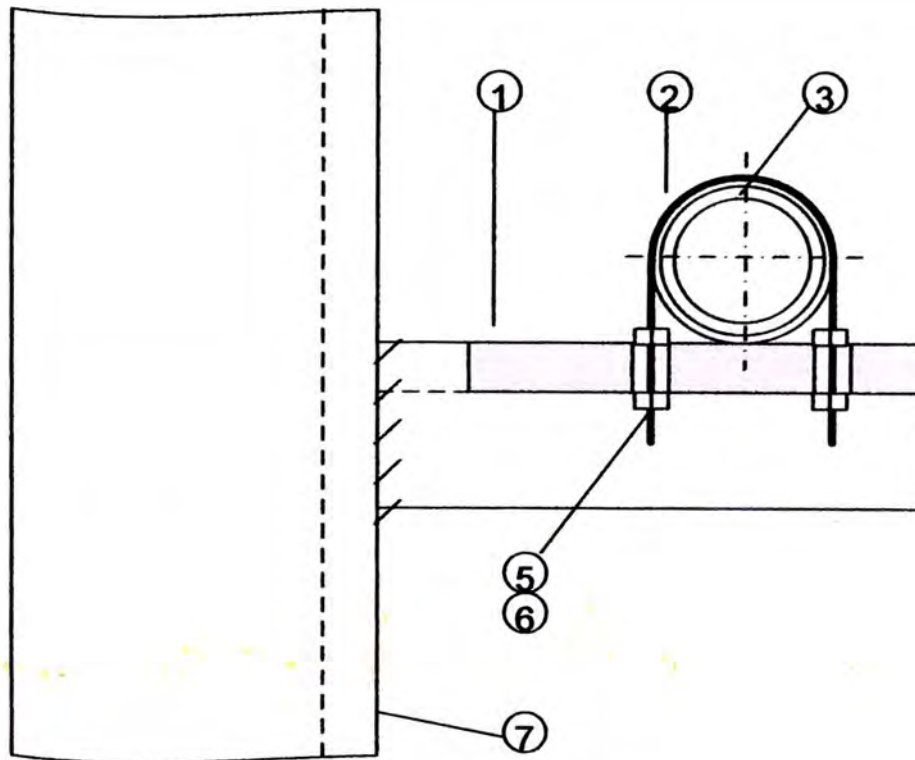


VISTA A



VISTA B

		FACULTAD ING. MECÁNICA U.N.I.	
		TITULO: ESTACION DE REGULAC. Y MEDICION PRIMARIA E.R.M.P.	
INGENIERIA DEL PROY.			
ESC: S/E	PLANO N°: 3		DISEÑADO: Percy Meza C.
	FECHA: 22/12/03		HOJA: 3 DE 5



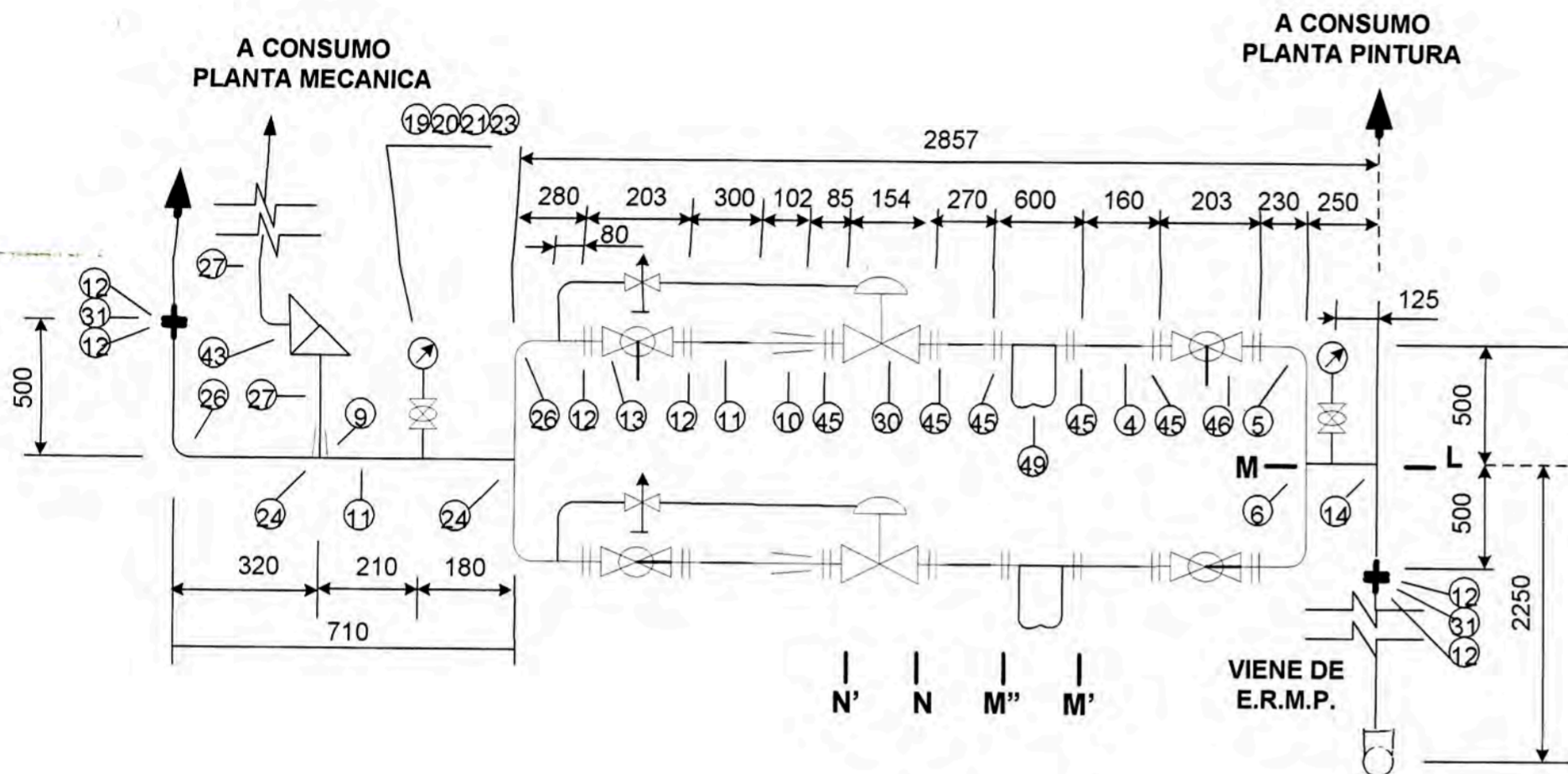
- ① ANGULO 3"X1/4"
- ② ABRAZADERA DIA. 3/8"
- ③ TUBERÍA
- ⑤⑥ TUERCA Y ARANDELA
- ⑦ UPN 140

MATERIALES : Los materiales están señalados en la lista de materiales pág. 87

PROTECCIÓN ANTICORROSIVA: Está señalada en la pág. 88

SUSTENTACIÓN: La tubería aérea tendrá soportes cada dos mt., pudiéndose utilizar media caña de PVC entre tubería y soporte.

		FACULTAD ING. MECÁNICA U.N.I.	
		TITULO: SOPORTE DE TUBERÍA	
INGENIERIA DEL PROY.			
ESC: S/E	PLANO N°: 3-A		DISEÑADO: Percy Meza C.
	FECHA: 22/12/03		



LEYENDA	
SIMBOLO	COMPONENTE
	Válvula Esférica
	Filtro cartucho
	Medidor de caudal
	Válvula reguladora de presión
	Válvula de aguja
	Válvula de alivio angular
	manómetro
	Reducción - Expansión
	Junta Dieléctrica
	Codo a 90°
	Unión embridada

P O S.	C A N T.	DESCRIPCION	DIA. mm	MATERIAL	NORMA O PRESION MÁX. TRABAJO
1	16	Brida Slip-on	76	Acero	ANSI 300
2	1	Junta Aislante Dieléctrica	76	Micarta	ANSI 300
3	4	Válvula Esférica, extremos a bridas	76	Acero	ANSI 300
4		Tubería SCH 40	76	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
5	8	Codo 90° - 3"	76	Acero	ANSI B16.9
6	2	Té normal 3"	76	Acero	ANSI B16.9
7	2	Filtro cartucho FAG-A-AP/150 Tip. 1,5	76	Acero	ANSI 150
8	1	Válv. Reguladora de Presión, extremo a bridas, con piloto, cabezal 375TR	76	Acero	ANSI B16.5
9	3	Reducción concéntrica 4" x 1"	102x25	Acero	ANSI B16.9
10	4	Reducción concéntrica 4" x 3"	102x76	Acero	ANSI B16.9
11		Tubería SCH 40	102	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
12	20	Brida Slip-on	102	Acero	ANSI 150
13	7	Válvula Esférica, extremos a bridas	102	Acero	ANSI 150
14	3	Té Reducción 4" x 3"	102x76	Acero	ANSI B16.9
15	4	1/2 Cupla roscada 1/2"	13	Acero	S-2000
16		Tubería SCH 40	13	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
17	4	Codo 90° roscado 1/2"	13	Acero	S-2000
18	4	Válvula de Aguja roscada 1/2"	13	Acero	S-2000
19	5	Entrerosca 1/2"	13	Acero	S-2000
20	5	Niple roscado 1/2"	13	Acero	S-2000
21	5	Válvula Esférica roscada 1/2"	13	Acero	S-2000
22	4	Manómetro carátula Φ 100 mm	13	Bronce	0 - 5 Bar
23	1	Manómetro carátula Φ 100 mm ;	13	Bronce	0 - 30 Bar
24	3	Té Normal 4"	102	Acero	ANSI B16.9
25	1	Filtro cartucho FAG-A/150 tipo 2	102	Acero	ANSI 150
26	9	Codo 90° - 4"	102	Acero	ANSI B16.9
27		Tubería SCH 40	25	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
28	1	Válv. Seguridad por venteo, Fisher serie 289HH, angular, rosca H/ NPT	25x25	Acero	3.1-5.2 bar
28'	1	Válv. Seguridad por venteo, Fisher serie 289HH, angular, rosca H/ NPT	25x25	Acero	3.1-5.2 bar
29	1	Codo 90° - 21/2"	63	Acero	ANSI B16.9
30	1	Válv. Reguladora de Presión, extremo a bridas, con piloto, cabezal 495	76	Acero	ANSI B16.5
31	3	Junta Aislante Dieléctrica	102	Micarta	ANSI 150
32	3	Válvula Esférica roscada 2"	51	Acero	ANSI 150
33	19	Válvula Esférica roscada 1"	25	Acero	ANSI 150
34	13	Válvula Esférica roscada 1 1/2"	38	Acero	ANSI 150
35		Tubería SCH 40	38	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
36	3	Reducción concéntrica 3" x 2"	76x51	Acero	ANSI B16.9
37		Tubería SCH 40	63	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
38	12	Reducción Concéntrica 2 1/2" x 1 1/2"	63x38	Acero	ANSI B16.9
39	6	Reducción Concéntrica 2" x 1"	51x25	Acero	ANSI B16.9
40	1	Placa ciega	76	Acero	ANSI 150
41	4	Reducción Concéntrica 2 1/2" x 1"	63x25	Acero	ANSI B16.9
42	2	Reducción Concéntrica 4" x 2 1/2"	102x63	Acero	ANSI B16.9
43	1	Válvula Seguridad por venteo, Fisher serie 289H, angular, rosca H - NPT	25x25	Acero	0.069-0.3 bar
44	8	Reducción Concéntrica 3" x 1"	76x25	Acero	ANSI B16.9
45	12	Brida Slip-on	76	Acero	ANSI 150
46	2	Válvula Esférica, extremos a bridas	76	Acero	ANSI 150
47		Tubería SCH 40	51	Acero	ASTM A-53 / Gr. B
48	4	Unión doble	13	Acero	S-2000
49	2	Filtro cartucho FAG-A/150 tipo 1.5	76	Acero	ANSI 150
50	1	Placa Limitadora Caudal	102	Acero	ANSI 150
51	1	Medidor de Caudal American Meter Model 4GTS, tipo Turbina	102	-	-
52	1	Anodo de Magnesio, 4 kg, tipo AZ-63	-	-	-
53	1	C.M.P. de 3 puntos	-	-	-
54		Soportes Metálicos : UPN 140 PL. 3/8" < 2" x 3/16" < 3" x 1/4" PLAT. 2" x 1/4"	-	Acero	-

INGENIERIA DEL PROY.		TITULO: INSTALACION GAS NAT. ESTACION DE REGULAC. SECUNDARIA Nº 1	
		PLANO Nº: 4	DISEÑADO: Percy Meza C.
ESC: S/E		FECHA: 22/12/03	HOJA: 4 DE 5

