



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Físicas

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**Cálculo de una modificación de red interna de gas natural
para la Therma de la industria Autoespar S.A distrito de Ate,
Lima. Perú**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos
Modalidad M-3**

AUTOR

Jonathan Ronald BENDEZÚ ILIZARBE

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Bendezú, J. (2022). *Cálculo de una modificación de red interna de gas natural para la Therma de la industria Autoespar S.A Distrito de Ate, Lima. Perú*. [Monografía técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jonathan Ronald Bendezú Ilizarbe
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	44508200
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-1063-451X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Miguel Angel Ormeño Valeriano
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06532600
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Henry Manuel Pala Reyes
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	1586079
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Reuter Arturo Aliaga Díaz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07229778
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.2.5.1. Energética
Grupo de investigación	Ninguno
Agencia de financiamiento	Propia
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Ate Latitud: -12°03'52'' Longitud: -76°59'17'''

Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del PERÚ, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

XIII CAP DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE LA MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS, MODALIDAD DE TITULACIÓN M-3 – POR SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 8:00 a.m. del día sábado 17 de diciembre de 2022, en la Sala de Sesión Virtual de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la presidencia del Dr. Ing. MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO y con la asistencia de los miembros Mg. Ing. HENRY MANUEL PALA REYES y el Ing. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ, se dio inicio a la Sesión Pública Virtual de Sustentación de la Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, mediante la Modalidad de Titulación M-3 Por Suficiencia Profesional, del Bachiller:

JONATHAN RONALD BENDEZÚ ILIZARBE

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller JONATHAN RONALD BENDEZÚ ILIZARBE, a realizar la Exposición del trabajo de la Monografía Técnica titulada “CÁLCULO DE UNA MODIFICACIÓN DE RED INTERNA DE GAS NATURAL PARA LA THERMA DE LA INDUSTRIA AUTOESPAR S.A. DISTRITO DE ATE, LIMA, PERÚ”.

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado. Se procedió a promediar la nota final del curso de actualización y la nota de la sustentación para obtener la calificación final.

Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

DIECISEIS 16

El Presidente del Jurado Dr. Ing. MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller JONATHAN RONALD BENDEZÚ ILIZARBE Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 08:45 a.m. del mismo día, se levantó la sesión.

Dr. Ing. MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO
PRESIDENTE DEL JURADO

Mg. Ing. HENRY MANUEL PALA REYES
MIEMBRO DEL JURADO

Ing. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ
MIEMBRO DEL JURADO



Firmado digitalmente por LOZANO
BARTRA Whualkuer Enrique FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.12.2022 19:30:10 -05:00

DR. WHUALKUER ENRIQUE LOZANO BARTRA
VICEDECANO ACADÉMICO FCF

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:

<https://us06web.zoom.us/j/84696992483?pwd=M3BFRjBIZlhlLa2dCSWpPbW1Fcm42UT09>

ID de reunión: 846 9699 2483

Código de acceso: 127890

Grabación archivada en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/1hvHA5O-uJ-ffjAQS3U4t4DMsX5Gn03kh/view?usp=share_link

Ciudad Universitaria, Pabellón de Ciencias Físicas, Ca. Germán Amézaga N° 375. Lima, 1
Teléfono: 619-7000 anexo 3806 E-mail: epimf.fcf@unmsm.edu.pe

Anexo 1

Informe de evaluación de Originalidad

1. Facultad de Ciencias Físicas
2. Escuela/Unidad de Posgrado
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos
3. Autoridad Académica que emite el informe de originalidad
El Director de la EPIMF
4. Apellidos y nombres de la autoridad académica
Sarango Julca Douglas Donal
5. Operador del programa Informático de similitudes
Dr. Ing. Douglas Sarango Julca
6. Documento evaluado (1)
7. "CÁLCULO DE UNA MODIFICACIÓN DE RED INTERNA DE GAS NATURAL PARA LA THERMA DE LA INDUSTRIA AUTOESPAR S.A. DISTRITO DE ATE,LIMA. PERÚ".
8. Autor del documento (2)
JONATHAN RONALD BENDEZÚ ILIZARBE
9. Fecha de recepción del documento 28/11/22
10. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes 28/11/22
11. Software utilizado
 - Turnitin (X)
 - Ithenticate
 - Otro (especificar)
12. Configuración del programa detector de similitudes
 - Excluye textos entrecomillados
 - Incluye Bibliografía
 - Excluye cadenas menores a 40 palabras
13. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes³
4%
14. Fuentes originales de las similitudes encontradas⁴
Ver Anexo
15. Observaciones
Ninguna
16. Calificación de originalidad
 - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones (X)
 - Documento cumple criterios de originalidad, con observaciones
 - Documento no cumple criterios de originalidad
17. Fecha del Informe 29 /12 /22



Firmado digitalmente por SARANGO
JULCA Douglas Donal FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.12.2022 19:58:40 -05:00

DR. ING. Douglas Sarango Julca
DIRECTOR (e) DE LA EPIMF

-
- 1 Otro (especificar) Informe Profesional Modalidad de Titulación M-3
 - 2 Apellidos y Nombres completos
 - 3 En letras y números
 - 4 Indicarlas en orden decreciente y su respectivo porcentaje

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mi madre Benigna Ilizarbe Limachi, que sin ella no hubiera podido logrado ser un profesional, un saludo hacia el cielo te Amo.

Agradecimiento

Agradezco a la universidad nacional mayor de San Marcos por darme la oportunidad de estudiar en una gran casa de estudios y estudiar mi carrera ing. Mecánica de fluidos, también agradezco a los diferentes profesores que brindaron su apoyo y su conocimiento

Para finalizar también agradezco a mis compañeros que durante los años de estudios siempre nos apoyamos para poder estudiar y hacer los trabajos de investigación, compartiendo conocimientos y de esa manera no se haga más difícil nuestra vida universitaria, no olvidar a mi familia que siempre me brindaron su apoyo moral y no perder las ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

Índice general

Índice general	4
Índice de tablas	8
Índice de figuras	9
CAPÍTULO I - GENERALIDADES.....	11
1.1 Introducción	11
1.2 Importancia del tema.....	13
1.3 Identificación del problema	13
1.4 Propuesta de solución	13
1.5 Objetivos.....	13
1.5.1 Objetivo General	13
1.5.2 Objetivos específicos	14
CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO	15
2.1 Principios fundamentales	15
2.1.1 Origen y antecedentes del gas natural.....	15
2.1.2 Gas Natural	15
2.1.3 Composición del gas natural.....	16
2.1.4 Uso del Gas Natural.....	16
2.2 Mecánica de fluidos	17
2.2.1 Clasificación de los flujos de fluidos.....	17
2.3 Elementos de las redes de distribución	22
2.3.1 Tubería de conexión.....	23

2.3.2 Acometida	23
2.3.3 Instalación interna	22
2.3.4 Estación de regularización y/o medición de presión para el punto de consumo	24
2.3.5 Válvula de bloqueo para corte de suministro a la planta	25
2.3.6 Válvula de bloqueo para equipo	25
2.3.7 Filtro de Gas	26
2.3.8 Válvula de seguridad de alta presión	27
2.3.9 Válvula de seguridad de baja presión	27
2.3.10 Regulador de presión	27
2.3.11 Regulador de alivio de presión	28
2.3.12 Tuberías de acero rígido.....	28
2.3.13 Tuberías de acero al carbono	29
2.3.14 Accesorios para tubería de acero	29
2.3.15 Línea montante.....	29
2.3.16 Poder calorífico Superior (PCS)	29
2.3.17 Soldadura por capilaridad	30
2.3.18 Soldadura por capilaridad o soldadura blanda	30
2.3.19 Soldadura por capilaridad o Soldadura fuerte.....	30
2.3.20 Válvula de corte de cierre general	30
2.3.21 Accesibilidad.....	31
2.3.22 Prueba de hermeticidad y de resistencia a la presión.....	33
2.3.23 Pruebas comisionado de equipos	34
2.4 Ecuaciones para el dimensionamiento de tuberías de gas natural	34

2.4.1 Formula utilizada en la selección del filtro.....	34
2.4.2 Formula utilizada en la selección del medidor	34
2.4.3 Selección de los reguladores de presión	30
2.4.4 Ecuación de Renouard cuadrática o relación de pérdidas de carga	37
2.4.5 Ecuación del caudal	38
2.4.6 Calculo de la presión absoluta	38
2.4.7 Calculo de la variación de presión	39
2.4.8 Ecuación de la velocidad de circulación del gas natural en la red.....	39
2.4.9 Perdidas de carga en tubería de acero	39
2.4.10 Calculo de la longitud efectiva	40
CAPITULO 3 – CÁLCULO DE LA RED INTERNA PARA GAS NATURAL.....	41
3.1 Condiciones iniciales	41
3.1.1 Ubicación del proyecto	42
3.2 Diseños de sistemas de tuberia de instalaciones industriales de gas naturales seco	43
3.2.1 Parámetro de diseño.....	43
3.2.2 Metodología del cálculo	44
3.3 Cálculos de ingeniería.....	45
3.3.1 Diseño de las Estaciones de las Regulaciones de Presiones y mediciones Primarias.(ERPMP)	45
3.3.2 Selecciones de filtros	47
3.3.3 Selecciones de medidores	48
3.3.4 Selección del regulador de la ERPMP	50
3.4 Diseños y dimencionamientos de la Redes Internas de gas natural.....	52
3.4.1 Tramo de tuberia de acero de ERPM - A	52

3.4.2 Tramos de tuberías de aceros de A - B.....	60
3.4.3 Tramo de tubería de acero de B - C	63
3.4.4 Tramo de tubería de acero de C - Horno.....	65
3.4.5 Tramo de tubería de acero de C – Futura Ampliación.....	68
3.4.6 Tramo de tubería de acero de B – Grupo electrogeno	71
3.4.7 Tramos de tuberías de aceros de A - F	74
3.4.8 Tramo de tubería de acero de F - Cocina.....	77
3.4.9 Tramo de tubería de acero de F - G	80
3.4.10 Tramo de tubería de acero de G - Therma	83
3.5 Planillas de calculos de velocidad y caidas de presiones de la Redes Internas	85
CAPITULO IV – RESULTADOS Y DISCUSIONES	88
CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACION.....	89
5.1 Conclusiones.....	89
5.2 Recomendaciones	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	92

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Composición de Gas natural según yacimiento</i>	16
Tabla 2 <i>Características técnicas de red de tuberías mecánicas</i>	41
Tabla 3 <i>Plantilla de consumo de los equipos</i>	46
Tabla 4 Simbología de la ERPMP	46
Tabla 5 Parametros de diseño de la red	46
Tabla 6 Dimensiones del cartucho filtrante	47
Tabla 7 Clasificaciones de medidores rotativos de clasificaciones G y series 150.....	49
Tabla 8 Especificacion de regulador modelos divales 600 bridados marca prieto florentini	51
Tabla 9 Diametro comercial de tuberias de aceros negros schedules 40 de normas API 5L/ ASTM	54
Tabla 10 Resistencias de codo y accesorio, valvula para gas natural expresadas en longitudes equivalentes de tuberia recta en metro	55
Tabla 11 Planillas de calculos de las redes internas de gas natural de las empresas. Autoespar S.A.....	87

Índice de figuras

Figura 1 <i>Origen del gas natura</i>	15
Figura 2 <i>Flujo laminar</i>	20
Figura 3 <i>Flujo transición</i>	21
Figura 4 <i>Flujo turbulento</i>	22
Figura 5 <i>Red de tuberías</i>	22
Figura 6 <i>Acometida</i>	23
Figura 7 <i>Estación de regulación y medición</i>	24
Figura 8 <i>Válvula de bloqueo para reguladores</i>	26
Figura 9 <i>Regulador de presión</i>	28
Figura 10 <i>Valvula de cierre prinicipal</i>	31
Figura 11 <i>Red de modificación</i>	42
Figura 12 <i>Plano de Ubicación</i>	42
Figura13 <i>Esquemas de las estaciones de regulaciones de presiones y mediciones primaria</i>	45
Figura 14 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna ERMP - A</i>	52
Figura 15 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna A - B</i>	60
Figura 16 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna B - C</i>	63
Figura 17 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna C – Horno industrial</i>	65
Figura 18 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna C - Futura Ampliacion</i>	68
Figura 19 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna B – Grupo electrogeno</i>	71
Figura 20 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna A - F</i>	74
Figura 21 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna F - Cocina</i>	77
Figura 22 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna F - G</i>	80
Figura 23 <i>Distancia del tramo inicial de la Red interna G - Therma</i>	83

Índice de anexos

Anexo 1 . Cálculo de velocidades y caída de presión	85
Anexo 2 Espesores de tubería Schedule 40 sin costura.....	86

CAPÍTULO I - GENERALIDADES

1.1 Introducción

En la actualidad en nuestro país gracias a la masificación de (Gas de Camisea), se encuentra dándose instalaciones de gas natural para dar confort y una mejor calidad de vida en muchos hogares, comercios e industrias. Y en algunos proyectos tanto para cambiar de combustibles a las industrias.

En la ciudad de Lima en el distrito de ATE, la empresa Autoesoar S.A ya cuenta con instalaciones de redes internas.

- Horno industrial
- Cocina semi industrial
- Therma
- Grupo electrogeno
- Futura ampliación

Debido a las mejoras en la infraestructura de la empresa Autoespar S.A necesita la reubicación de un equipo existente una therma de $1.00 \text{ Sm}^3/\text{h}$

La modificación consistió en extender la red existente de Gas Natural que llega hasta la therma, que actualmente está ubicada en el segundo piso. Esta extensión consistió en cortar la tubería de AC. SCH40 $\varnothing 1''$ aguas arriba de la therma, para poder colocar una reducción roscada de AC. $\varnothing 1 \times \frac{3}{4}''$.

La nueva ubicación de la therma es en el piso superior de donde estaba anteriormente (tercer piso). Esta reubicación comprende a la estación de regularización secundaria (ERS) y al propio equipo therma. Adicional a eso los demás equipos no sufren ninguna modificación.

1.2 Importancia del tema

La monografía técnica tiene como propósito realizar el diseño y cálculo de la modificación de la instalación de la therma de gas natural en la empresa Autoespar S.A, por ende, este proyecto quiere incentivar a los empresarios que ya tienen una instalación interna en su empresa, que puedan modificar su red ya instalada.

1.3 Identificación del problema

Para el año 2020 la empresa Autoespar S.A, empezó a construir y mejorar sus instalaciones, de esa manera crecer como empresa y dar un mejor servicio tanto a sus clientes como sus empleadores. Antes de iniciar la construcción la empresa ya contaba con instalaciones de redes internas de gas natural, debido a eso el problema solo sería la modificación de uno de ellos la Therma.

1.4 Propuesta de solución

La red existente de la Therma seria cortado, para luego realizar los diseños y cálculos de la nueva red modificada de gas natural en su nueva ubicación, bajo parámetros establecido en normativa vigente del Perú.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

El objetivo de este proyecto es evaluar y determinar que la modificación de instalación interna industrial para consumo de gas natural, cumpla con los requerimientos establecidos en la Norma técnica peruana NTP 111.010 – Revisión 2019

1.5.2 Objetivos específicos

Entre los objetivos específicos se pueden mencionar:

- Establecer el diámetro de tubería a instalar para los diferentes equipos de consumo,

teniendo en cuenta las caídas de presión admisibles para el correcto funcionamiento de los equipos a gas.

- Establecer el diametro de la línea de tubería internas de la modificación (Therma) de la industria.

- Seleccionar los sistemas de control para la industria de la ERPM: tipo de medidor, filtro para el adecuado funcionamiento de los equipos de consumo.

- Presentar el diseño de un sistema de tuberías para las instalaciones internas industriales de gas natural.

CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO

2.1 Principios fundamentales

2.1.1 Origen y antecedentes del gas natural

El gas natural y el petróleo fue formado hace ya muchos millones de años, cuando animales, plantas que son principalmente microscópicas, son conocidas como fitoplancton y zooplancton se depositaron principalmente en el fondo del mar, fueron enterradas por los sedimentos, las capas de sedimentos llegaron a acumularse, originaron un aumento de presiones y temperaturas, lo cual convertía la materia orgánica en compuestos de hidrógenos y carbonos. (hidrocarburo) (Irrarázaval, 2020).

Figura 1

Origen del gas natural



Nota. Tomado de origen del Gas (Osinermin)

2.1.2 Gas Natural

Es el combustible más limpio producido en el país. este se denomina así porque en su

composición química no interviene ningún proceso, haciéndolo más respetuoso con el ambiente, más económico y seguro para su uso en vivienda, comercio, industria y vehículo. Actualmente se está entregando directamente a los hogares de miles de peruanos en distintas partes de su geografía.

2.1.3 Composición del gas natural

La composición del gas natural varía de un yacimiento a otro, pero el principal componente del gas natural es el metano, que constituye del 70 % al 90 %, y también contiene grandes cantidades de otro hidrocarburo más ligeros como etano, propano y butano. Su otro componente es sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono, nitrógeno, etc., los cuales son eliminados durante el proceso de extracción al no poder ser utilizados como combustible. (Osinermin, 2021).

Tabla 1

Composición de Gas natural según yacimiento

Componente	Nomenclatura	Composición (%)	Estado Natural
Metano	(CH ₄)	95,08	Gas
Etano	(C ₂ H ₆)	2,14	Gas
Propano	(C ₃ H ₈)	0,29	Gas licuable
Butano	(C ₄ H ₁₀)	0,11	Gas licuable
Pentano	(C ₅ H ₁₂)	0,04	Líquido
Hexano	(C ₆ H ₁₄)	0,01	Líquido
Nitrógeno	(N ₂)	1,94	Gas
Gas carbónico	(CO ₂)	0,39	Gas

Nota. Tomado de Gas Perú

2.2 Mecánica de fluidos

es la ciencia física que estudia un objeto en reposo y en movimiento bajo influencia de la fuerza. La rama de la mecánica que trata con objeto en reposo es la estática, y la que trata con

objeto en movimiento es la dinámica. La subcategoría de la mecánica de fluido se define como el estudio del comportamiento de fluido en reposo o en movimiento y su interacción con sólido u otro fluido límite.

La mecánica de fluido también se divide en varias categorías. El estudio del movimiento a baja velocidad de fluido incompresible, como líquido y especialmente agua y gas, a menudo se denomina dinámica de fluido. La aerodinámica es el estudio del flujo de fluido donde la densidad varía significativamente, como flujo de gas por la boquilla en alta velocidad (Cengel, 2006, p. 9).

2.2.1 Clasificación de los flujos de fluidos

Inicialmente, se definió como ciencia del comportamiento del fluido en reposo o movimiento y su interacción con el sólido u otro fluido en la frontera. Hay tipo de problema de fluids que se encuentra en la práctica y, a menudo, se clasifica de acuerdo con alguna propiedad común que es útil para estudio en grupo. Hay maneras de clasificar el problema de flujo de fluido. Aquí hay algunas clasificaciones comunes. (Cengel, 2006, p. 9).

Fluidos viscosos

La viscosidad de un fluido se define como su resistencia al corte. Se puede decir que es la equivalente a la fricción entre dos sólidos en movimiento relativo. El fluido real tiene comportamientos difíciles de establecer. Se clasifican:

- Fluidos Newtonianos: Para flujo laminar, obedece a la ley de viscosidad de newton en donde esta es independiente del esfuerzo cortante. Pertenece a esta clasificación todo fluido de bajos pesos moleculares.
- Fluidos NO Newtonianos: “Para este fluido, si la viscosidad disminuye al aumentar el gradiente de velocidad el comportamiento se denomina pseudoplástico y dilatante cuando aumenta

al aumentar dicho gradiente. Si la viscosidad es independiente del gradiente de velocidad, el fluido se comporta como newtoniano. Estos comportamientos son observados en líquido y gaseoso en la cercanía de su punto crítico”. (Hatschek, E. 1928)

Fluido No viscoso

Es aquel en el que los efectos de la viscosidad no afectan significativamente al caudal, por lo que se tienen en cuenta y se supone que el fluido tiene una viscosidad de 0. Por ejemplo, alrededor de objetos aerodinámicos fluir alrededor de edificios, etc. (García, 2012).

Flujo Incompresible

Si las densidades de las partículas de fluidos permanecen relativamente constantes a medida que se muevan a través del campo de flujo. Estas afirmaciones no implican que las densidades sean constantes en todo punto de las regiones de flujos. Por ejemplo, corrientes de aires atmosféricos cuya densidad varía con la altura y el flujo del estuario, corrientes de aire aceleradas, corrientes de aire alrededor de edificio, automóviles. Es flujo incompresible de densidades variables. El flujo de gas de baja velocidad ($Mach < 0,3$; $V < 100$ m/s) generalmente se considera incompresible debido a cambios de densidad inferiores al 3 %. (García, 2012).

Flujo Compresible

Cuando la densidad cambia significativamente entre dos puntos de una línea de corriente. Por ejemplo, en el flujo de aire alrededor de aviones, el flujo de aire a través de motores de reacción y el flujo de gases en compresores y turbinas. El fenómeno del Golpe de ariete y las ondas causadas por las explosiones bajo el agua son ejemplos de flujos líquidos compresibles. Un Flujo incompresible y no viscoso se considera flujo ideal (García, 2012).

Considerando el régimen de flujo

Para poder clasificar los tipos de flujos según el régimen se necesita tener conceptos básicos y valor de números de Reynolds (Re) para así poder clasificarlos en: Flujo laminar, Flujo de transición y Flujo Turbulento.

Numero de Reynolds (Re): “El número de Reynolds es un numero adimensional y es la relación que existe entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas. Con base en los experimentos realizados por Reynolds en 1874, se concluyó que el momento es una función de la densidad, el diámetro de la tubería y la velocidad promedio. Además, la fracción o fuerza viscosa depende de la viscosidad del líquido”.

$$Re = \frac{\rho DV}{\mu}$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería (m)

V: Velocidad media del fluido

μ : Viscosidad Dinámica

ρ : Densidad Del Fluido

De acuerdo al número de Reynolds podemos clasificar en tres flujos:

Si $Re < 2000$ el flujo se considera laminar.

Si $2000 < Re < 4000$ el flujo es Transición.

Si $Re > 4000$ el flujo es turbulento.

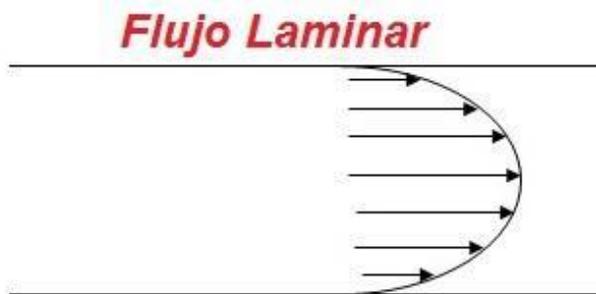
Flujo laminar

Se define como un flujo tranquilo sin alteraciones, la velocidad en la pared de la tubería es

cero por el principio de no deslizamientos y alcanza valor máximo en la parte central de la tubería. Cuando se acelera el flujo se incrementa el valor del factor de fricción. Se puede decir que el flujo es laminar si el valor de Re es menor a 2000

Figura 2

Flujo laminar



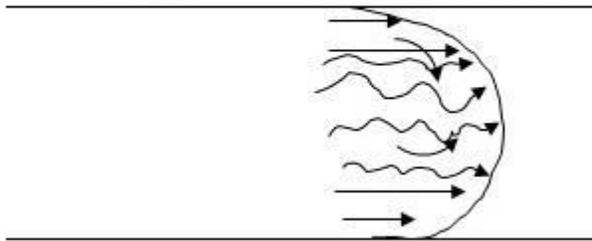
Flujo transición

El flujo de transición se encuentra entre el flujo laminar y turbulento, es difícil de modelar debido a que algunas veces se comporta Como flujo laminar y otras veces como flujo turbulento y se trata de evitar este tipo de flujos. La línea del fluido dentro de la tubería pierde estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, manteniéndose sin embargo delgada.

Figura 3

Flujo transición

Flujo de Transición



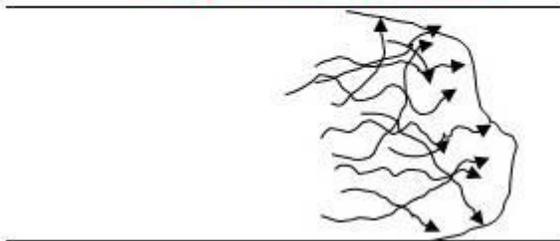
Flujo turbulento

Se define como un flujo intranquilo, es el movimiento de un fluido que se da en forma caótica.

Figura 4

Flujo turbulento

Flujo Turbulento



2.3 Elementos de las redes de distribución

Es tubería o ducto interconectado entre sí que conforma el sistema de distribuciones destinado a suministros de gas natural para dar servicios a industria, comercio y familia.

Figura 5

Red de tuberías



2.3.1 Tubería de conexión

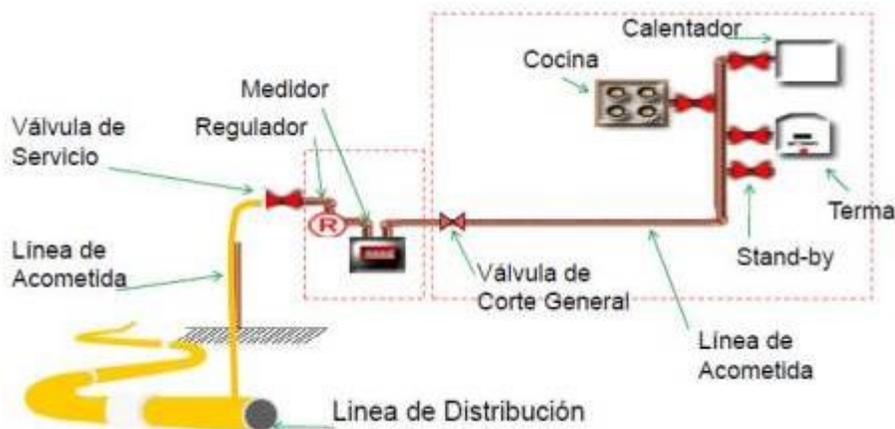
Interconectado a una red centralizada de gasoductos o distribución con el fin de suministrar gas natural a uno o más clientes.

2.3.2 Acometida

Es elemento conector de la tubería con la red interna del consumidor y permite control y medición del caudal de gas natural. Incluye regulador, contador, caja de protección, accesorios y válvula de protección.

Figura 6

Acometida



Nota. Tomado de Osinergmin

2.3.3 Instalación interna

Es un elemento de acometida domiciliaria, formado por tuberías, válvulas de protección, empalmes y elementos de control, conectando las conexiones de los diferentes aparatos de gas natural instalados en los hogares de los consumidores. Las instalaciones propias o redes propias se construyen e instalan de acuerdo con las necesidades y preferencias de los consumidores.

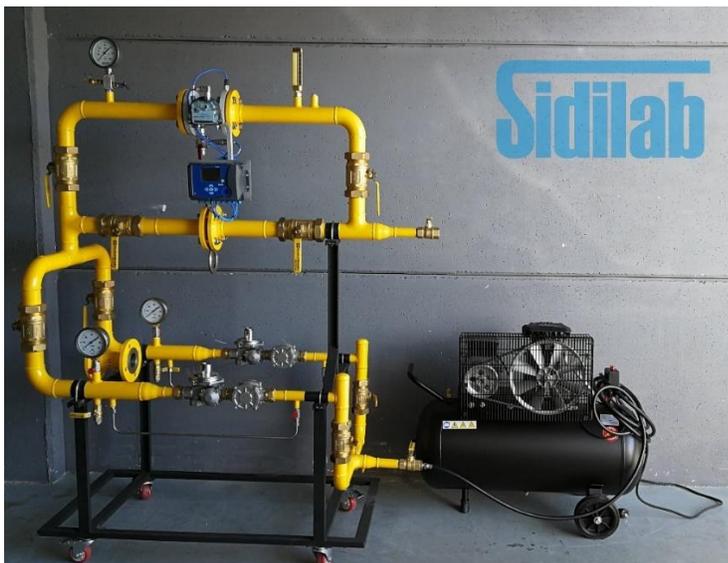
2.3.4 Estación de regularización y/o medición de presión para el punto de consumo

La misma que será ubicada en la llegada del equipo convertido a fin de reducir la presión para alimentar el tren de válvula aguas abajo, asegurando niveles de presión que no superen los valores de diseño de las líneas.

La modificación en la ERS del sistema de gas comprende solo la reubicación del tren de válvulas que conforman la ERS. No se ha variado ninguna válvula del sistema. Las especificaciones técnicas de la ERMS variarán según los niveles de presión de entrada, caudal a suministrar y básicamente de acuerdo a las características del equipo de combustión.

Figura 7

Estación de regulación y medición



Nota. Tomado de Sidilab

2.3.5 Válvula de bloqueo para corte de suministro a la planta

La instalación cuenta con una válvula manual de bloqueo de suministro, la cual aísla a la planta de la red de gas natural, esta válvula se encuentra ubicada en el exterior para que facilite su operación. La finalidad de esta válvula es la de cortar el suministro de gas a toda la instalación industrial. En caso de emergencia o en el momento que sea conveniente; estando totalmente responsable de los operadores de la planta mantener la disponibilidad de esta válvula mediante inspecciones rutinarias y mantenimiento programado. En general las inspecciones consisten en verificar en forma visual el estado del cuerpo de la válvula, así como el vástago y la volante también debe considerar el estado del lubricante en la caja de engranajes.

2.3.6 Válvula de bloqueo para equipo

La ERMS cuenta con válvula de bloqueo de suministro de gas, dicha válvula se encuentra ubicada de forma tal que se ha previsto la seguridad del operador al momento de accionarla, el accionamiento de esta válvula será solo en caso de emergencia o de paradas programadas, dependiendo del criterio del personal que ejecute la operación y mantenimiento de la planta industrial.

Figura 8

Válvula de bloqueo para reguladores



Nota. Tomado de Sti- Gas

2.3.7 Filtro de gas

El objetivo del filtro es atrapar las impurezas que lleva el gas en su circulación, evitando así cualquier depósito de impurezas en los asientos de reguladores, manómetros y válvulas. El cartucho del filtro encaja dentro del cuerpo principal y consiste en un cilindro de malla metálica alrededor del cual se envuelve el material del filtro (generalmente fibras sintéticas) y también tiene un punto de purga para expulsar las impurezas acumuladas en el filtro hacia el exterior.

2.3.8 Válvula de seguridad de alta presión

Esta válvula tiene por misión interceptar automáticamente el paso de gas cuando la presión de salida del regulador alcance su valor máximo de presión.

2.3.9 Válvula de seguridad de baja presión

Esta válvula tiene por misión interceptar automáticamente el paso de gas cuando la presión de salida del regulador alcance su valor mínimo de presión.

2.3.10 Regulador de presión

El propósito de un regulador de presión es reducir la presión de entrada de gas desde la estación de regulación a una presión de salida predeterminada. Dicha presión es constante a pesar de las variaciones que la presión y el consumo puedan tener en la entrada dentro de unos límites definidos. El tipo de regulador utilizado será pilotado, con una válvula piloto de desplazamiento móvil que se ajusta a través de una serie de elementos mecánicos a los desequilibrios causados por la disminución o el aumento de la presión de entrada.

Figura 9

Regulador de presión



Nota. Tomado de Sti- Gas

2.3.11 Regulador de alivio de presión

Esta válvula evacua un porcentaje del caudal nominal de estación de regulación el cual por estanqueidad deficiente de la válvula de seguridad ocurre una sobrepresión a la salida del

regulador.

2.3.12 Tuberías de acero rígido

Para presión de suministros de 1-5 bar y de 5-19 bar, se utilizará tubería Schedule SCH-40. Estas especificaciones determinan los espesores de las paredes en las tuberías. Estos deben cumplirse con las últimas ediciones de las normas: API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106 o ANSI/ASME B 36.10 o equivalentes. Los diámetros de la tubería están determinados por el flujo y la velocidad.

2.3.13 Tuberías de acero al carbono

Esta área cumple con las normas ASTM A 53, ASTM A 106 o ANSI/ASME B 36.10 y deben ser Schedule 40. La tubería aérea debe usar dos capas de epoxica de 8 mil y una capa de acabado de 4 mil para evitar la corrosión. Pintura de poliuretano.

2.3.14 Accesorios para tubería de acero

“Un accesorio de tubería cumple con ANSI B16.9 y ANSI B16.28, según corresponda, y deben ser de Clase # 150. El roscado debe tener roscas cónicas que cumplan con ISO 7.1, ISO 228.1, ANSI/ASME B1.20.1 o equivalente”.

2.3.15 Línea montante

“Un sistema de tuberías generalmente horizontal o vertical que recorre las áreas públicas externas e internas de un edificio, lo que permite la entrega de gas natural a una presión máxima regulada de hasta 340 mbar. Debe terminar con un regulador o sistema de medición regulado”.

(NTP 111.011, 2014, p. 12).

2.3.16 Poder calorífico Superior (PCS)

“El calor liberado por la combustión completa de una cierta cantidad de gas y aire es de

288,15 K al comienzo de la combustión. Los productos de la combustión se enfrían a 288,15 K y se mide el calor liberado a este nivel de referencia. Es un tipo de método de cálculo utilizado en el diseño de tuberías”. (NTP 111.011, 2014, p. 12).

“Presión de funcionamiento del artefacto de gas: la presión del gas natural seco medida en la conexión de entrada cuando el artefacto de gas está funcionando”. Generalmente, la presión de funcionamiento de los aparatos domésticos está entre 18 mbar y 23 mbar NTP. 111.011, 2014, p. 13).

2.3.17 Soldadura por capilaridad

Los operadores que conectan las hojas de metal a través de la acción capilar del metal líquido formarán. (NTP 111.011, 2014, p. 13).

2.3.18 Soldadura por capilaridad o soldadura blanda

“Proceso de unión por acción capilar de un metal de aporte que tiene una temperatura de fusión”. Por debajo de 450 C. (NTP 111.011, 2014, p. 13).

2.3.19 Soldadura por capilaridad o Soldadura fuerte

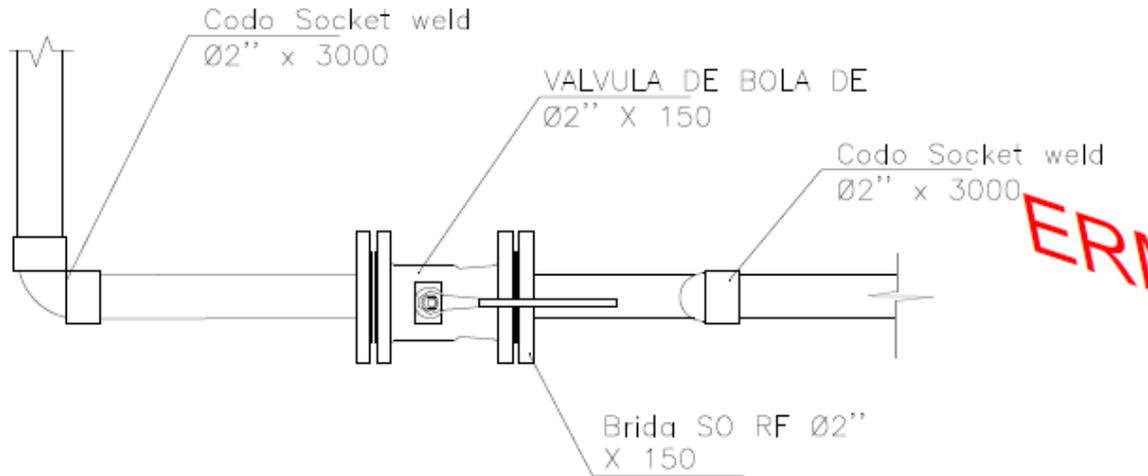
Procesos de uniones mediante las acciones capilares del metal de aportes con temperaturas de fusiones superior a 450 C NTP 111.011, 2014, p. 13).

2.3.20 Válvula de corte de cierre general

Las válvulas de cortes se instalan a las salidas de medidores de gas natural, correspondiente al dispositivo interno utilizado por usuario final o cuerpo de bombero. Las válvulas deben ser capaces de cortar los suministros de gas natural a la unidad interior. (NTP 111.011, 2014, p. 15).

Figura 10

Valvula de cierre principal



DETALLE N° 1
VALVULA DE CIERRE PRINCIPAL
DE REDES INTERNAS
SIN ESCALA

2.3.21 Accesibilidad

Grados de facilidades de manipulaciones que tienen o ha de tener dispositivos de las instalaciones. (llaves, aparatos, reguladores, medidores, entre otro) (NTP 111.011, 2014, p. 10) y se clasifica en:

- Accesibilidad grado 1: Se tienen que los dispositivos tienen accesibilidades grado uno cuando sus manipulaciones pueden realizarse sin abrir la cerradura, y el acceso o manipulaciones, sin disponer de escalera o medio mecánico especial. (NTP 111.011, 2014, p. 10).
- Accesibilidad grado 2: Se entiende que los dispositivos tienen accesibilidades de grado cuando están protegidos por un armario, registros practicables o puerta, provisto de cerradura con llaves normalizadas. Su manipulaciones debe poder realizar sin disponer de escalera o medio especial. (NTP 111.011, 2014, p. 10).

- Accesibilidad grado 3: Se entiende que un dispositivo tiene el nivel tres de accesibilidad cuando para su accionamiento se requieran escaleras o mecanismos especiales, o se tenga que pasar por un área privada para acceder a él, o aunque sea común, sea de uso privado. (NTP 111.011, 2014, p. 10).

- Aires Circulantes: Aire de enfriamientos, calefacciones o ventilaciones, distribuidos en espacios habitables de unas edificaciones. (NTP 111.022, 2008, p. 2).

- Aires de combustiones: Aire necesarios para llevar a cabo la combustiones completas del gas en el que el quemador de un artefacto. (NTP 111.022, 2008, p. 2).

- Artefacto de gas tipo A: Son artefactos diseñados para ser usados sin conexiones a un conducto de evacuación del producto de las combustiones, dejando que estos se mezclan con el aire de los recintos en que están ubicados el artefacto; el aire para las combustiones se obtienen desde los recintos interiores o espacios internos en que estan instalados el artefacto a gas. (NTP 111.022, 2008, p. 2).

- Artefacto de gas tipo B: Es un aparato diseñado para ser conectado a un sistema de tuberías para la descarga de los productos de la combustión al exterior del recinto en el que se encuentra el aparato; el aire utilizado para la combustión se toma del recinto interior o espacio interior en el que se encuentra el aparato a gas. esta instalado. Distinguir entre dos tipos de piezas de trabajo tipo B:

- Tipo B.1: Artefacto para conducto de evacuaciones por tiro natural.
- Tipo 11BS B: Artefacto para conducto de evacuaciones por tiro natural provisto de dispositivos de control de evacuación del producto de las combustiones.
- Tipo B.2: Artefacto para conducto de evacuaciones por tiro mecánicos.

2.3.22 Prueba de hermeticidad y de resistencia a la presión

Una vez finalizada la construcción del sistema de tuberías, se debe ensayar para verificar su estanqueidad utilizando aire o nitrógeno como fluido, con el fin de localizar y eliminar las posibles fugas en la instalación. La prueba de presión del sello debe ser de 1,5 veces la presión operativa máxima permitida (MAPO) durante un mínimo de 2 horas..

La prueba de hermeticidad deberá ser realizada según procedimiento constructivo correspondiente y ser avalada por una empresa Certificadora autorizada por INACAL.

2.3.23 Pruebas comisionado de equipos

El proveedor del equipo y/o profesionales competentes deben verificar los dispositivos de seguridad de los quemadores (presostatos, válvulas de cierre automático, detectores de llama, etc.) en condiciones de funcionamiento lo antes posible para determinar si funcionan correctamente. mejor manera.

El equipo de consumo debe apagarse inmediatamente si se descubre alguna condición inesperada durante el arranque o la operación inicial. Los defectos deben corregirse antes de volver a poner el equipo en funcionamiento.

Para apagar el equipo, se deben seguir las instrucciones del fabricante y los requisitos de seguridad aplicables.

2.4 Ecuacion para los dimensionamientos de tubería de gas natural

Para la determinación del tamaño de una instalación industrial se utilizarán fórmulas generalmente aceptadas, las cuales deberán tener en cuenta el rango de presión en el que operará la instalación.

2.4.1 Formulas utilizadas en la selecciones de filtros

El filtro de las estaciones de acondicionamiento consta de dos elementos, el alojamiento que contiene el elemento filtrante diseñado según la norma ASME VIII División 1, y los

encargados de separar la partícula de polvo, suciedades, metal, agua y aceites disueltos en las corrientes de aires. La selección de los filtros depende de los caudales de gas natural y de las caídas de presiones que generan en los filtros. Son necesarios determinar los tipos de elementos filtrantes en función de la partícula a eliminarse y el grado de filtraciones requeridos. Para los cálculos de las superficies filtrantes se utilizarán las siguientes ecuaciones.

$$A = \frac{Q}{P \times V \times 3600}$$

Donde:

A: área del filtro. (m²)

Q: Caudal del gas. (sm³/h)

P: Presión absoluta de entrada del gas. (bar)

V: velocidades en los cartuchos de filtros (m/s), 0.33m/s sugeridos por los fabricantes.

2.4.2 Fórmula utilizada en la selección del medidor

Los Medidores de caudal deberán cumplir con las siguientes normas: CEN EN 1359 o ANSI B109 (partes 1 y 2) para medidores a diafragma y CEN EN 12180 o ANSI B109 3 para medidores rotativos.

El gas natural es el hidrocarburo más liviano, por lo que tiene bajas densidades, y otra propiedad del gas que lo hacen más apto para la ley de gas ideal, o de Boyle-Gerussac.

De ahí que las selecciones de los medidores se basan en las fórmulas de Boyle-Gay Lussac o ley de Boyle y Charles, en las siguientes ecuaciones.

$$V_a = \frac{(Q_{st} \times P_{st}) \times (T + 273.15)}{(T_{st} + 273.15) \times (P_{e_{min}} + P_{atm})}$$

Donde:

P_{emin} = Mínimas presiones manométricas de entradas en los medidores o presiones reguladas por los medidores, en bar.

T = Temperaturas a la condición de operaciones, en °C.

P_{atm} = Presiones atmosféricas de sitios, en bar.

T_{st} = Temperaturas a la condición estándares, en °C.

P_{st} = Presiones a la condición estándares, en bar.

Q_{st} = Caudales estándares requeridos o autorizados para las instalaciones, en Sm³/h.

V_a = Caudales comprimidos a presiones de trabajos, en m³/h.

$$K_g = \frac{Q}{\sqrt{P_2 \times (P_1 - P_2)}}$$

$$C_g = \frac{Q}{0.526 \times P_1 \times \sin\left(k1 \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{P_1}}\right)}$$

En condiciones críticas: ($P_1 \geq 2 \times P_2$)

$$K_g = \frac{2 \times Q}{P_1}$$

$$C_g = \frac{Q}{0.526 \times P_1}$$

Donde:

Q = Caudal autorizado, en Sm³/h.

P_1 = Presión de entrada, en bar.

P_2 = Presión de salida, en bar.

“Las fórmulas anteriores son aplicables al gas natural que tiene una densidad relativa de 0,61 y unas temperaturas de entradas de los reguladores de 15 °C. Para gas que tiene unas densidades relativas S y temperaturas diferentes T_1 en °C, el valor del caudal, calculado

$$F_c = \sqrt{\frac{175.8}{Sx(273.15 + T_1)}}$$

Donde:

S = densidad relativa del gas

T_1 = Temperatura a la entrada del regulador, en °C.

2.4.4 Ecuación de Renouard cuadrática o relación de pérdidas de carga.

Según la NTP 111.010, es válida para presiones que se encuentren en el rango de 50mbar a 5 bar.

Valido para el parámetro $Q/D < 150$.

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times d \times L \times \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Donde:

P_1 y P_2 : Presiones absolutas en ambo extremo de los tramos, en kg/cm².

d : Densidades relativas del gas natural seco.

L : Longitud totales de los tramos, real y equivalente. (m)

Q : Caudal Sm³/h a condicion/estándar.

D: Diámetro. (mm)

* Las presiones atmosféricas para los cálculos de instalación interna a nivel del mar es de 1.033 kg/cm².

2.4.5 Fórmula del caudal

$$Q = \frac{P}{PCS}$$

Donde:

P: Potencia. (kcal/h)

Q: Caudal m³/h a condiciones estándar.

PCS: Poder calorífico superior. (pcs=9500 kcal/m³)

2.4.6 Cálculo de la presión absoluta

La presión absoluta es la presión atmosférica más la presión manométrica.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}$$

Donde:

P_{abs}: Presión absoluta. (bar)

P_{atm}: Presión Atmosférica. (1.01325 bar)

P_{man}: Presión Manométrica. (bar)

2.4.7 Cálculo de la variación de presión

La diferencia se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

Donde:

ΔP : Variación de presión debe ser menor al 30%.

P_2 : Presión en el punto 2.

P_1 : Presión en el punto 1.

2.4.8 Cálculo de las velocidades de circulaciones del gas natural en la red

Se utilizará la siguiente fórmula, según la NTP 111.010 tenemos:

$$V = \frac{365.35xQ}{(P_{abs})D^2}$$

Donde:

P : Diámetro de la tubería (mm)

Q : Caudal (m³/h)

P_{abs} : Presión absoluta (kg/cm²)

V : Velocidad (m/s)

2.4.9 Pérdidas de carga en tubería de acero

Sirve para el cálculo de pérdidas de carga singulares causadas por los accesorios en una tubería de aceros en función de los diámetros internos de las tuberías.

Donde:

n : Ratio

$Leq.$: Longitud equivalente en m.

D : Diámetro interno de tubería en m.

2.4.10 Cálculo de la longitud efectiva

La longitud efectiva es:

$$L = L_r + L_{eq}$$

Donde:

L: Variación de presión debe ser menor al 30%.

L_r : Longitud real.

L_{eq} : Longitud equivalente, que depende del diámetro de la tubería y está dado por.

CAPITULO3–CÁLCULO DE LA RED INTERNA PARA GAS NATURAL

3.1 Condiciones iniciales

La tubería de acero tiene las siguientes características:

Tabla 2

Características técnicas de red de tuberías mecánicas.

USO	TRAMO DE INSTALACIÓN	REPRESENTACIÓN DE LINEA	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	DESIGNACIÓN COMERCIAL		DIÁMETRO EXTERNO		ESPESOR DE PARED		MATERIAL (ACERO)	EXTREMO BISELADO FIERRO NEGRO	
				DN	NPS	mm	Pulg	mm	Pulg		Kg/m	Lb/Pie
GN	ACOMETIDA CALIENDA BAJA PRESIÓN		ASTM A53 GB	64	2"1/2	73.0	2.5	5.16	0.203	SCH40	8.63	5.79
	ACOMETIDA CALIENDA BAJA PRESIÓN		ASTM A53 GB	50	2"	60.3	2.0	3.91	0.154	SCH40	5.44	3.65
	LINEAS INTERNAS		ASTM A53 GB	50	2"	60.3	2.0	3.91	0.154	SCH40	5.44	3.65
	LINEAS INTERNAS		ASTM A213	25	1"	33.4	1.0	3.38	0.133	SCH40	2.50	1.68
	LINEAS INTERNAS		ASTM A53 GB	20	1/2"	26.7	3/4	2.87	0.113	SCH40	1.69	1.20
A.C	SERVICIO DE AIRE COMPRIMIDO		ASTM A53 GB	15	1/2"	21.3	0.5	2.77	0.109	F*G*	1.27	0.85

NOTA: 1— CUALQUIER CRUCE CON LA RED SANITARIA SERÁ PRESENTADO EN LA LÁMINA IS-01

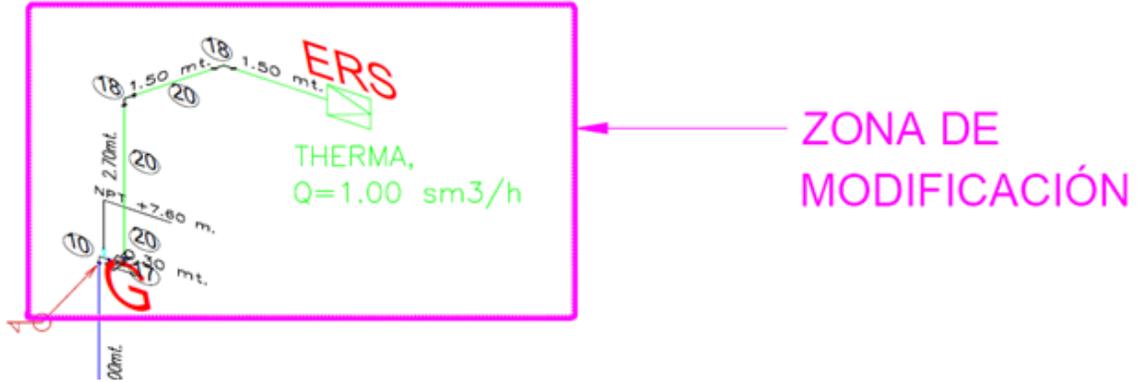
Nota. Fuente: La empresa.

La red de la therma se encontraba construida hasta el punto G, lo cual en la presenta monografía se hará una modificación de la therma a un nuevo punto, tal como se muestra en la figura 11.

Se hará los nuevos cálculos de la modificación de la therma tanto en diseños y dimensionamientos de la red interna de gas natural.

Figura 11

Red de modificación



Nota. Fuente: La empresa.

3.1.1 Ubicación del proyecto

El proyecto está ubicado en la Av. Las torres N^o 120-180, en el distrito de ATE, provincia de Lima, departamento de Lima.

Figura 12

Plano de Ubicación



3.2 Diseños de sistemas de tubería de una instalación industrial de gas natural seco

Se realiza diseños y dimensionamientos de todo los sistemas de tubería de instalación de gas natural para la therma de la industria AUTOESPAR S.A.

3.2.1 Parámetro de diseño

En el diseño a desarrollar se tiene los siguientes parámetros:

Datos de Presión y Caudal de la RSFS

- Presión de entrada mínima: 5 Barg.
- Presión regulada en salida ERM: 2.5 Barg.
- Caudal máximo Autorizado (S.F.S): 422 Sm³/h.

Capacidad Máxima

- Caudal Nominal: 87.4 Sm³/h.
- Factor de uso: 1.00.

Capacidad máxima = caudal nominal x factor de uso

- = 87.4 Sm³/h x 1.00
- = 87.4 Sm³/h

Capacidad máxima (m³/h) ≤ Q (R.S.F.S)

- 87.4 Sm³/h ≤ 422 Sm³/h (SICUMPLE)

Velocidades permisibles del gas: 30 m/s

Tabla 3

Plantilla de consumo de los equipos

PLANILLA DE CONSUMO					
ITEM	CANTIDAD	EQUIPO	CONSUMO Sm ³ /h		OBSERVACIONES
			Unitario	Total	
1	1	Horno Industrial	16.5	16.5	Instalarse
2	1	Cocina Semi Industrial	1.8	1.8	Instalarse
3	1	Terma	1.0	1.0	Instalarse
4	1	Grupo Electrogeno	27.3	27.3	Instalarse
5	1	Futra Ampliación	40.8	40.8	Futuro

Nota. Fuente: La empresa.

3.2.2 Metodología del cálculo

- Calculamos el tipo de regulador que se va a utilizar.
- Calculamos el dimensionamiento de la tubería de la red montante, el diámetro de la tubería por tramos, cálculo de la longitud equivalente.
- Cálculo de la presiones permisibles entre el punto de suministros y los equipo de consumos.
- Cálculo de las velocidades de las mismas que no conviene sobrepasar una velocidad máxima de 20 m/seg aunque la fórmula de Renourard tiene una validez hasta los 30 m/s.
- En el caso de la red montante usaremos tubería de acero (SCH40)
- Finalmente realizamos los cálculos del diámetro por cada equipo el cual tiene un proceso similar al cálculo del dimensionamiento de la red montante.

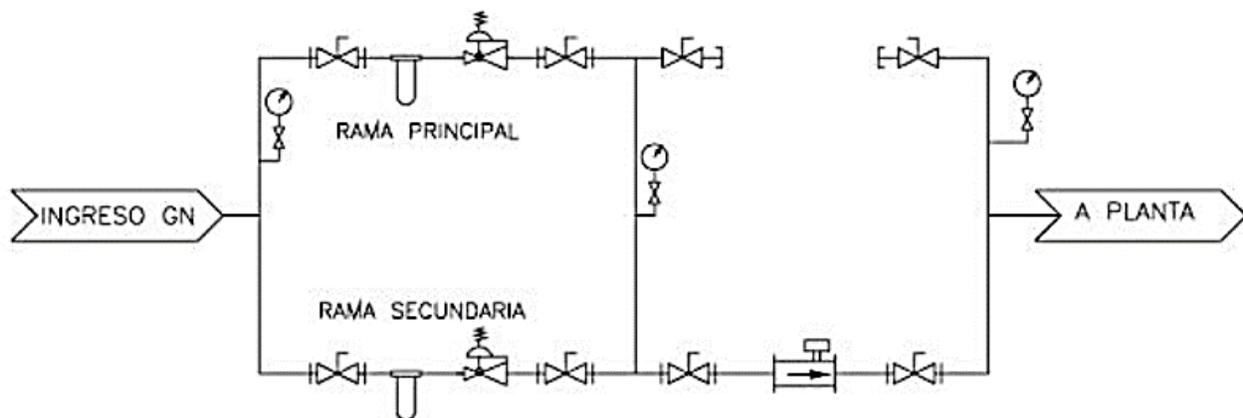
3.3 Cálculos de ingeniería

3.3.1 Diseño de la Estación de Regulación de Presión y Medición Primaria (ERPMP)

Esquemas de la ERPMP

Figura 13

Esquemas de la estación de regulación de presiones y mediciones primarias



Nota. Fuente: La empresa.

Tabla 3.*Simbología de la ERPMP*

Símbolo	Descripción
	Válvula de corte manual
	Filtro tipo cartucho
	Manómetro de presión
	Medidor de flujo
	Regulador de gas

Nota. Fuente: La empresa.

Datos de entrada de diseño

Tabla 5.*Parámetros de diseño de la red*

Parámetros de diseño de la red	
Presión de diseño	19.00 barg
Presión máxima de entrada	10.00 barg
Presión mínima de entrada	5.0 barg
Presión regulada	2.5 barg
Caudal autorizado	422 Sm ³ /h

Nota. Fuente: Dato proporcionado por las empresas instaladoras *INVERSIONES TRASCENDIS.C.R.L*

(Elaboración propia)

3.3.2 Selección de filtro

Para los cálculos de las superficies filtrantes se utilizarán las ecuaciones

$$A = \frac{Q}{P \times V \times 3600}$$

Datos:

A: área del filtro (m²)

Q=422 Sm³/h

P=5.0+1.01325=6.01325 bar

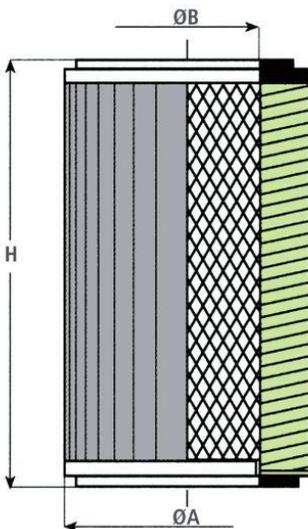
V=0.33 m/s, sugeridos por los fabricantes

Reemplazar valores:

$$A = \frac{422}{6.01325 \times 0.33 \times 3600} = 0.071 \text{ m}^2$$

Tabla 6

Dimension de cartuchos filtrantes.



Type	G 0,5	G 1	G 1,5	G 2	G 2,5	G 3	G 4	G 5	G 6
H (mm)	120	165	210	270	283	320	415	470	625
A (mm)	80	95	120	165	200	252	299	390	475
B (mm)	35	50	69	86	110	138	186	246	320
Filter Area (Sqm)	0,06	0,125	0,23	0,47	0,725	0,95	1,45	2,30	4,20

Nota. Fuente: *Catálogo de productos Pietro Fiorentini. 2014*

Revisando la ficha técnica de filtros de la marca Pietro Fiorentini vemos que el esta cerca a nuestros requerimientos es el tipo de G1 - 0.125 m² de área de filtrados y dimensiones como se indica en la tabla 7.

3.3.3 Selección del medidor.

La selecciones de los medidores se ban a la ecuación de Boyle–Gay Lussac.

Datos:

$$V_a = \frac{(Q_{st} \times P_{st}) \times (T + 273.15)}{(T_{st} + 273.15) \times (P_{e_{min}} + P_{atm})}$$

$$P_{e_{min}} = 2.5 \text{ bar}$$

$$T = 19^\circ \text{C}$$

$$P_{atm} = 1.003 \text{ bar}$$

$$T_{st} = 15.5^\circ \text{C}$$

$$P_{st} = 1.01325$$

$$Q_{st} = 422 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

$$V_a = \text{Caudales comprimidos a presiones de trabajos actuales en m}^3/\text{h.}$$

Reemplazar valores:

$$V_a = \frac{(422 \times 1.01325) \times (19 + 273.15)}{(15.5 + 273.15) \times (2.5 + 1.033)}$$

$$V_a = 124.92 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tabla 7

Clasificaciones de medidores rotativos de clasificación Gyserie 150

Q_{max} Actual m³/h	Clasificación G
40	G 25
65	G 40
100	G 65
160	G 100
250	G 160
400	G 250
650	G 400
1000	G 650

Nota. Fuente: Catalogos de HIDROMEC- INGENIEROS SAC

3.3.4 Selecciones de reguladores de la ERPMP.

Las selecciones de reguladores dependen fundamentalmente de calculos de coeficientes de regulaciones (Cg y Kg) que permiten determinar los diámetros que tendrán de entradas y salidas a este. A partir de la ecuación y el valor de las tablas se determinarán los tipos de reguladores a seleccionar.

En condiciones subcríticas: $P1 < 2 \times P2$.

Verificando: $5.0 < 2 \times 1$ es falso. No verifican para flujos subcríticos.

En condición crítica: $(P_1 \geq 2 \times P_2)$

Verificando: $5.0 \geq 2 \times 1$ es verdadero. Si verifican para flujos críticos..

$$Q = 422 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

$P_1 = 5.0$ barg, presiones de entrega del gas.

$$P_2 = 2.5 \text{ barg}$$

$$K_g = \frac{2 \times Q}{P_1} = \frac{2 \times 422}{5} = 168.8$$

$$C_g = \frac{Q}{0.526 \times P_1} = \frac{422}{0.526 \times 5} = 160.4$$

Calculo del factor de corrección según la siguiente ecuación:

Datos:

$$S = 0.62$$

$$T_1 = 19$$

$$F_c = \sqrt{\frac{175.8}{S \times (273.15 + T_1)}} = \sqrt{\frac{175.8}{0.62 \times (273.15 + 19)}} = 0.98$$

Multiplicando el factor de corrección obtenemos:

$$K'_g = F_c \times K_g = 165.42$$

$$C'_g = F_c \times C_g = 157.19$$

Tabla 8

Especificacion de regulador modelo Dival 600 bridado marca Prieto-Florentini

Coefficient	Dival 600					
	ø 280 BP/MP			ø280/TR		
Nominal diameter (mm)	25	40	50	25	40	50
Size (inches)	1"	1"1/2	2"	1"	1"1/2	2"
Cg flow coefficient	269	652	781	315	692	770
KG flow coefficient	283	685	821	331	727	809
K1 body shape factor	94	94	86	97	95	97

For sizing formula refer to www.fiorentini.com/sizing

Nota. Fuente: Empresa Prieto Florentini, Manual de selección de reguladores de presion

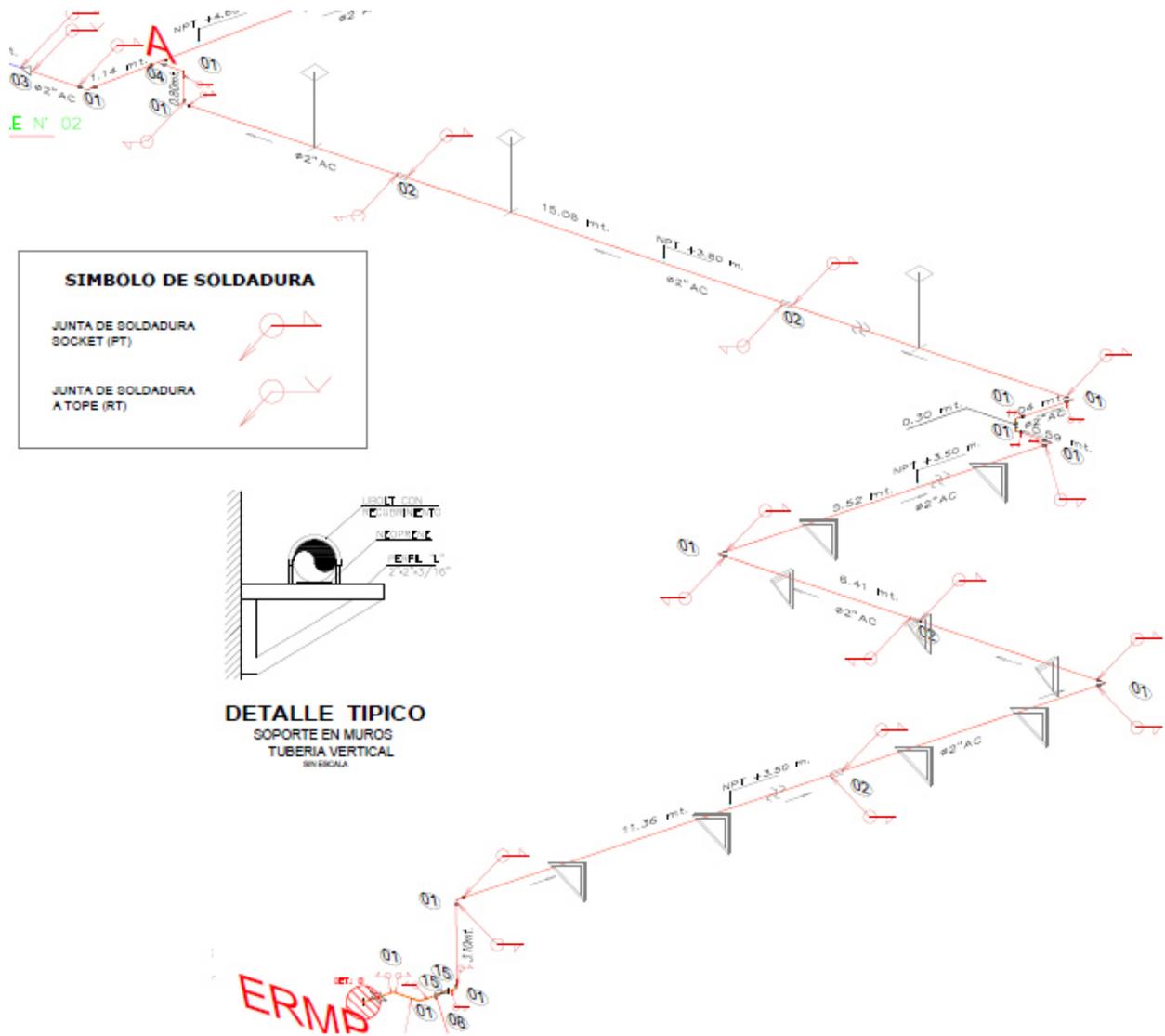
Los reguladores a seleccionar es de las marcas Prieto Florentini Modelo dival 600 brindados de 1" los cuales cumplen con el valor calculado y dato del diseño.

3.4 Diseño y dimensionamiento de la Red Interna de gas natural.

3.4.1 Tramo de tubería de acero de ERMP- A

Figura 14

Distancia de tramos iniciales de la Red Interna ERMP - A



Nota. Fuente: La empresa..

Se considera una presión máxima de 2.5 bar.

Pre dimensionamiento (cálculo del diámetro para empezar a iterar)

De la ecuación despejamos el diámetro:

$$v = \frac{365.35xQ}{D^2xP}$$

$$D = \sqrt{\frac{365.35xQ}{vxP}}$$

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$Q=422 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

$$P_{\text{man}}=P_{\text{max}}=2.5 \text{ bar}$$

$$P_{\text{atm}}=1.013 \text{ bar}$$

$$P=P_{\text{atm}}+P_{\text{man}}=1.013+2.5=3.513$$

$$v=V_{\text{max}}=30 \text{ m/s}$$

$$D_{\text{min}} = \sqrt{\frac{365.35x422}{30x3.513}} = 38.32 \text{ mm}$$

Tabla9

Diámetros comerciales de tubería de Acero negro Schedule 40 de norma API 5L/ASTM.

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD		SCH-40	
		Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso
Pulg.	mm	mm	kg/m	mm	kg/m
1/4	13.7	2.24	0.63	2.24	0.63
3/8	17.1	2.31	0.84	2.31	0.84
1/2	21.3	2.77	1.27	2.77	1.27
3/4	26.7	2.87	1.69	2.87	1.69
1	33.4	3.38	2.50	3.38	2.50
1 1/4	42.2	3.56	3.39	3.56	3.39
1 1/2	48.3	3.68	4.05	3.68	4.05
2	60.3	3.91	5.44	3.91	5.44
2 1/2	73.0	5.16	8.63	5.16	8.63
3	88.9	5.49	11.29	5.49	11.29
4	114.3	6.02	16.07	6.02	16.07
5	141.3	6.55	21.77	6.55	21.77
6	168.3	7.11	28.26	7.11	28.26
8	219.1	8.18	42.55	8.18	42.55
10	273.0	9.27	60.29	9.27	60.29
12	323.8	9.53	73.88	10.31	79.71
14	355.6	9.53	81.33	11.13	94.55
16	406.4	9.53	93.27	12.70	123.31
18	457	9.53	105.16	14.27	155.81
20	508	9.53	117.15	15.09	183.43
22	559	9.53	129.13	-	-
24	610	9.53	141.12	17.48	255.43

Nota. Fuente: Fiorella Representaciones S.A.C

Tabla 10

Resistencia de codos, accesorios, y válvulas para gas natural expresada en longitud equivalente de tubería recta en **metros**.

		Accesorios roscados †			Válvulas (roscado, bridado o soldado)				Soldadura codo de 90° y codo doblado ‡	Soldadura de T	
		Codo 45°	90°	Te	Tapón	Globo	Ángulo	Válvula Check	R/d §=1-1/2	Forjado	Soldado en Ángulo **
factor k		0,42	0,9	1,8	0,9	10	5	25	0,36	1,35	1,8
n=L/D ratio †† =		14	30	60	30	333	167	83	12	45	60
Tamaño de la tubería pulgada (cedula 40)	Diámetro interno (d) mm										
3/8	12,52	0,18	0,37	0,75	0,37	4,18	2,09	1,04	0,15	0,56	0,75
1/2	15,80	0,22	0,47	0,94	0,47	5,27	2,64	1,29	0,19	0,17	0,94
3/4	20,93	0,29	0,63	1,26	0,63	6,98	3,47	1,74	0,25	0,94	1,26
1	26,64	0,37	0,80	1,60	0,80	8,87	4,45	2,22	0,32	1,20	1,60
1-1/4	35,05	0,49	1,05	2,10	1,05	11,67	5,82	2,92	0,42	1,58	2,10
1-1/2	40,89	0,49	1,23	2,45	1,23	13,62	6,83	3,41	0,49	1,84	2,45
2	52,50	0,73	1,58	3,14	1,58	17,50	8,75	4,39	0,63	2,36	3,14
2-1/2	62,71	0,88	1,88	3,75	1,88	20,88	10,45	5,21	0,75	2,82	3,75
3	77,93	1,09	2,34	4,66	2,34	25,97	12,98	6,49	0,94	3,51	4,66
4	102,3	1,23	3,08	6,16	3,08	34,14	17,07	8,53	1,23	4,60	6,16
5	128,2	1,79	3,84	7,68	3,84	42,67	21,33	10,67	1,54	5,76	7,68

Nota. Fuente: NTP 111.010-2014

Del centro de medición ERMP al punto A hay 12 Codos LR 90D (radio largo) de longitudes equivalentes:

Calculos de la longitudes equivalentes del Codo LR 90D:

$$Ratio = n = \frac{L_{eq}}{D}$$

Reemplazando valores de la tabla 9:

$$L_{eq} = Ratio \times Diametro$$

$$L_{eq} = n \times D$$

$$L_{eq} = 30 \times 38.32 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 1.15 \text{ m}$$

De la figura 14 obtenemos los valores de la longitud real.

Longitud real del tramo ERMP-A = 3.1 + 11.36 + 6.41 + 5.52 + 0.59 + 0.3 + 1.04 + 15.06 + 0.8 = 44.18 m.

La longitud total es :

$$L_{Total} = L_{real} + (12)L_{equivalente}$$

$$L_{Total} = 44.18 + 12 \times 1.15 = 57.98 \text{ m}$$

Cálculo de la presión al punto final del tramo ERMP - A.

Reemplazo de valor de longitud total, diámetro teórico, caudal total y densidad.

$$\rho = 0.62$$

$$Q = 422 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 57.98 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 38.32 \text{ mm}$$

Para los parámetros de caída de Presión en las redes de instalación de Gas Natural, se usará la fórmula de Renouard simplificadas para presión media ($0.05 \text{ bar} < P < 5 \text{ bar}$)

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

P_2 y P_1 = Presión absoluta en ambos extremos del tramo Kg/cm^2

ρ = Densidad relativa del gas

L = Longitud total

Q = Caudal en m^3/h

D = Diámetro en mm

Usando el diámetro mínimo se tiene:

Si es válido para el diámetro $\frac{Q}{D} = \frac{422}{38.32} = 11.01 < 150$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 57.98 \times 422^{1.82} \times 38.32^{-4.82}$$

$$\Delta = 2.444 \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_A + P_{atm} = \sqrt{(P_{ERMP} + P_{atm})^2 - \Delta}$$

$$P_A = \sqrt{(P_{ERMP} + P_{atm})^2 - \Delta} - P_{atm}$$

$$P_A = \sqrt{(2.5 + 1.033)^2 - 2.444} - 1.033$$

$$P_A = 2.13 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Diferencia de presiones: $P_A - P_B = \text{mbar}$

Validamos el diámetro:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la formula según NTP 111.010:

Siendo P_{abs} en Kg/cm^2

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 422}{38.32^2 \times (2.13 + 1.033)}$$

$$V = 33.19 \text{ m/s}$$

Adoptamos el diámetro de 2”:

De la tabla 9 y 10 hallamos la longitud equivalente del accesorio.

Longitudes equivalentes del Codo LR 90D:

$$L_{eq} = 1.58 \text{ m (ver tabla 10)}$$

$$\text{Longitud real del tramo ERPM - A} = 44.18 \text{ m}$$

La longitud total es:

$$L_{Total} = 44.18 + 1.58 = 45.76 \text{ m}$$

Cálculo de la presión final para los diámetros adoptados de 2”:

Reemplazo valor en las ecuaciones de renouard cuadráticas.

$$D_{interno} = 52.50 \text{ m (ver tabla 10)}$$

$$\text{Si es válido para el diámetro } \frac{Q}{D} = \frac{422}{52.50} = 8.03 < 150$$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 45.76 \times 422^{1.82} \times 52.50^{-4.82}$$

$$\Delta = 0.423 \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_A + P_{atm} = \sqrt{(P_{ERMP} + P_{atm})^2 - \Delta}$$

$$P_A = \sqrt{(P_{ERMP} + P_{atm})^2 - \Delta} - P_{atm}$$

$$P_A = \sqrt{(2.5 + 1.033)^2 - 0.423} - 1.033$$

$$P_A = 2.43 \frac{kg}{cm^2}$$

Diferencia de presiones: $P_{ERMP} - P_A = 2.54 - 2.43 = 0.11 \text{ kg/cm}^2$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la formula según NTP 111.010:

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 422}{52.50^2 \times (2.43 + 1.033)}$$

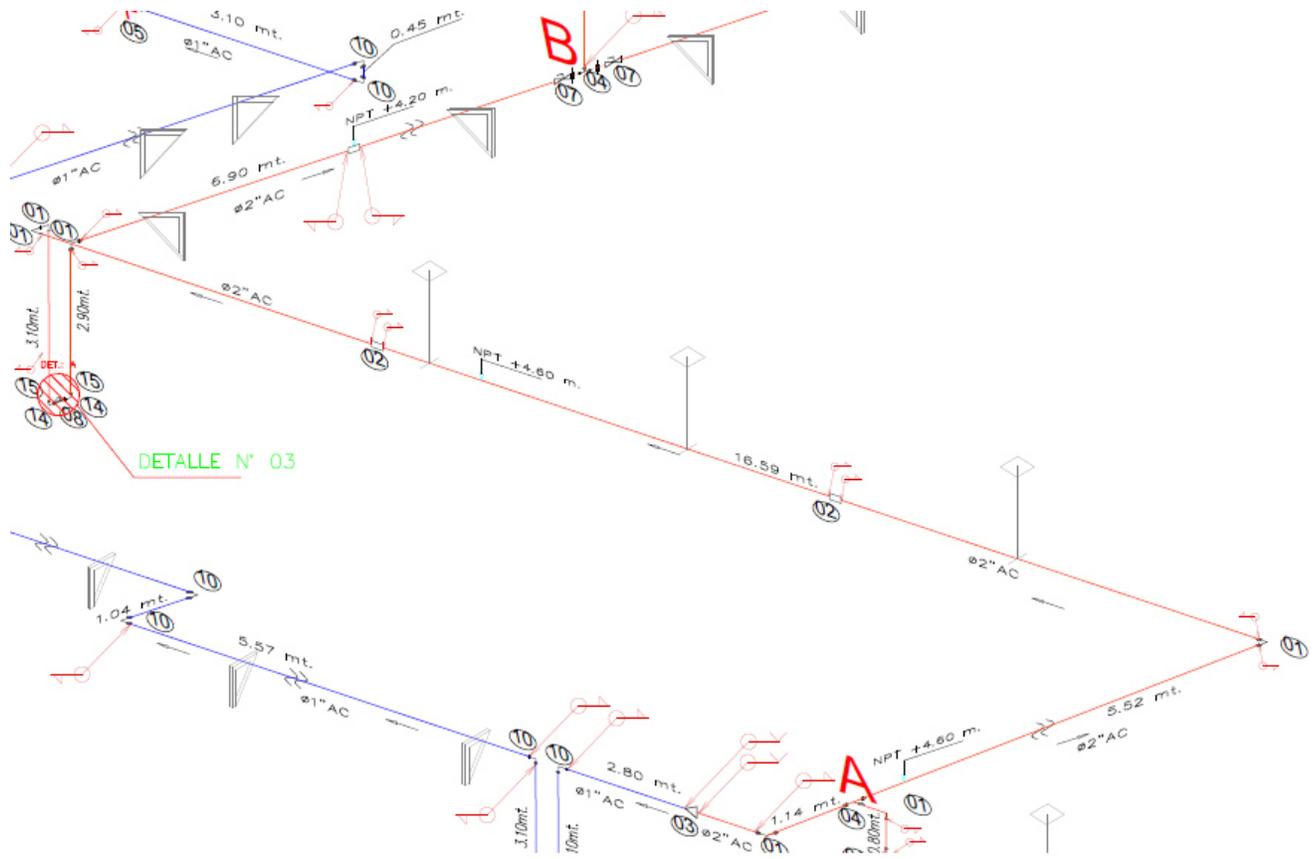
$$V = 16.15 \text{ m/s}$$

A nosotros nos interesa que las caída de presiones sean lo mas bajo posible para asegurarse que el quemador del equipo de consumos le llegue las presion establecida para su operaciones optimas .

3.4.2 Tramo de tubería de acero de A-B

Figura 15

Distancia de tramos iniciales de la Red Internas A-B



Nota. Fuente: La empresa.

Cálculo de pérdida de cargas singular o longitudes equivalentes

Adoptamos el diámetro de 2'' para este tramo con caudal $422 \text{ Sm}^3/\text{h}$

Longitud equivalente del Codo LR 90D: $L_{eq} = 1.58\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalente de la Tee: $L_{eq} = 3.14\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalente de la válvula: $L_{eq} = 4.39\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud real del tramo A-B = 35.01m

La longitud total es:

$$L_{Total} = 35.01 + 6(1.58) + 3.14 + 2(4.39) = 56.41\text{m}$$

Cálculo de la presión final para los diámetros adoptados de 2”:

Reemplazo valor en la ecuación de renouard cuadráticas.

$D_{interno} = 52.50\text{m}$ (ver tabla 10)

$$Q = 422\text{Sm}^3/\text{h}$$

Si es válido para el diámetro $\frac{Q}{D} = \frac{422}{52.50} = 8.03 < 150$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 56.41 \times 422^{1.82} \times 52.50^{-4.82}$$

$$\Delta = 0.521\text{Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 + P_{atm} = \sqrt{(P_A + P_{atm})^2 - \Delta}$$

$$P_B = \sqrt{(P_A + P_{atm})^2 - \Delta} - P_{atm}$$

$$P_B = \sqrt{(2.43 + 1.033)^2 - 0.521} - 1.033$$

$$P_B = 2.35 \frac{kg}{cm^2}$$

Diferencia de presiones: $P_A - P_B = 2.43 - 2.35 = 0.07 \text{ kg/cm}^2$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la formula según NTP 111.010:

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 422}{52.50^2 \times (2.35 + 1.033)}$$

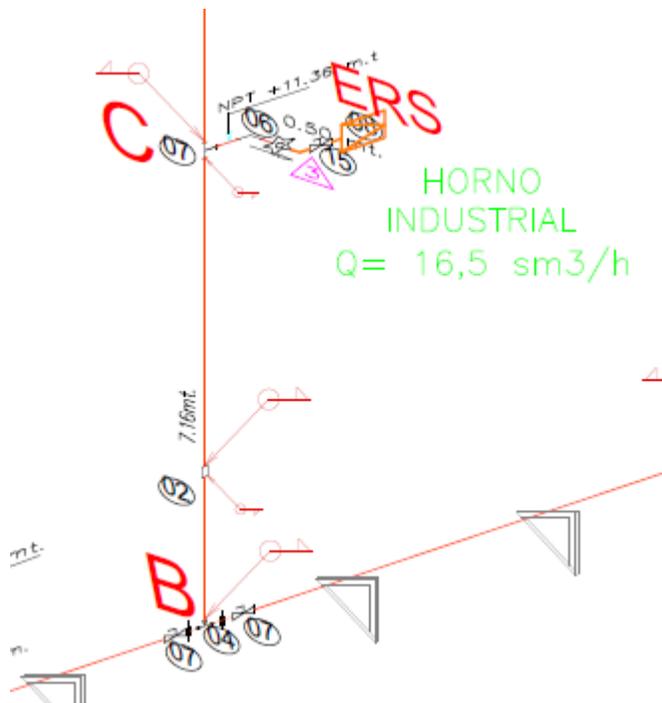
$$V = 16.53 \text{ m/s}$$

Estos resultados validados hacia el calculo del diámetro de las tuberías que fue adoptados para estos tramos de tuberías.

3.4.3 Tramo de tubería de acero de B-C

Figura 16

Distancia del tramo inicial de la Red Interna B-C



Nota. Fuente: La empresa.

Cálculo de pérdidas de carga singulares o longitud equivalente

Adoptar los diámetros de 2" para este tramo con caudal 422 Sm³/h

Longitud equivalente de la Tee: $L_{eq} = 3.14\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud real del tramo A-B = 7.16m

La longitud total es:

$$L_{\text{Total}} = 7.16 + 3.14 = 10.30\text{m}$$

Cálculo de la presión final para el diámetro adoptado de 2":

Reemplazando valores en la ecuación de renouard cuadrática.

$$D_{\text{interno}} = 52.50\text{m} \text{ (ver tabla 10)}$$

$$Q = 422 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

Si es válido para el diámetro $\frac{Q}{D} = \frac{422}{52.50} = 8.03 < 150$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 10.30 \times 422^{1.82} \times 52.50^{-4.82}$$

$$\Delta = 0.095 \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_C + P_{atm} = \sqrt{(P_B + P_{atm})^2 - \Delta}$$

$$P_C = \sqrt{(P_B + P_{atm})^2 - \Delta} - P_{atm}$$

$$P_C = \sqrt{(2.35 + 1.033)^2 - 0.095} - 1.033$$

$$P_C = 2.33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Diferencia de presiones: $P_B - P_C = 2.35 - 2.33 = 0.02 \text{ kg/cm}^2$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la fórmula según NTP 111.010:

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 422}{52.50^2 \times (2.33 + 1.033)}$$

$$V = 16.63 \text{ m/s}$$

Longitud equivalente de la válvula: $L_{eq}=4.39\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud real del tramo C- Horno = 1.80m

La longitud total es:

$$L_{\text{Total}} = 1.80 + 2(1.58) + 3.14 + 4.39 = 12.49 \text{ m}$$

Cálculo de la presión final para el diámetro adoptado de 2”:

Reemplazo valor en la ecuación de renouard cuadráticas.

$$D_{\text{interno}} = 52.50\text{m} \text{ (ver tabla 10)}$$

$$Q = 16.50 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

$$\text{Si es válido para el diámetro } \frac{Q}{D} = \frac{16.50}{52.50} = 0.31 < 150$$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 12.49 \times 16.50^{1.82} \times 52.50^{-4.82}$$

$$\Delta = 2.5 \times 10^{-5} \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_{\text{Horno}} + P_{\text{atm}} = \sqrt{(P_C + P_{\text{atm}})^2 - \Delta}$$

$$P_{\text{Horno}} = \sqrt{(P_C + P_{\text{atm}})^2 - \Delta} - P_{\text{atm}}$$

$$P_{\text{Horno}} = \sqrt{(2.33 + 1.033)^2 - 2.5 \times 10^{-5}} - 1.033$$

$$P_{Horno} = 2.33 \frac{kg}{cm^2}$$

Diferencia de presiones: $P_C - P_{Horno} = 2.332 - 2.331 = 0.001 \text{ kg/cm}^2$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la formula según NTP 111.010:

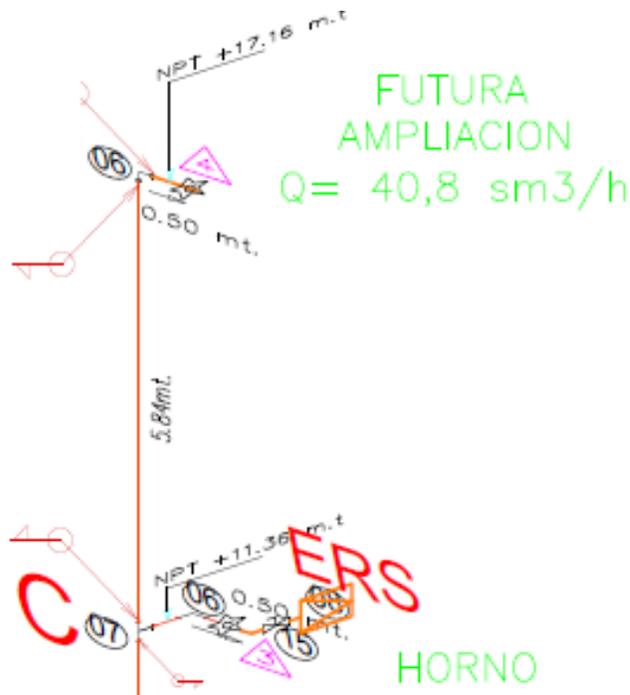
$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$
$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 16.50}{52.50^2 \times (2.33 + 1.033)}$$
$$V = 0.650 \text{ m/s}$$

Este resultado valida el valor del diámetro de la tubería que fue adoptado para este tramo de tubería.

3.4.5 Tramo de tubería de acero de C-Futura Ampliación

Figura 18

Distancia del tramo inicial de la Red Interna C-Futura Ampliación.



Nota. Fuente: La empresa.

Cálculo de pérdidas de carga singulares o longitud equivalente

Adoptamos el diámetro de 2" para este tramo con caudal $40.80 \text{ Sm}^3/\text{h}$

Longitud equivalente del Codo LR 90D: $L_{eq} = 1.58\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalente de la Tee: $L_{eq} = 3.14\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud real del tramo C- Futura Ampliación = 6.34m

La longitud total es:

$$L_{\text{Total}} = 6.34 + 1.58 + 3.14 = 11.06 \text{ m}$$

Cálculo de la presión final para el diámetro adoptado de 2":

Reemplazando valores en la ecuación de renouard cuadrática.

$$D_{\text{interno}} = 52.50\text{m} \text{ (ver tabla 10)}$$

$$Q = 40.80 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

Si es válido para el diámetro $\frac{Q}{D} = \frac{40.80}{52.50} = 0.77 < 150$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 11.06 \times 40.80^{1.82} \times 52.50^{-4.82}$$

$$\Delta = 0.0014 \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_{Horno} + P_{atm} = \sqrt{(P_C + P_{atm})^2 - \Delta}$$

$$P_{F.ampl.} = \sqrt{(P_C + P_{atm})^2 - \Delta} - P_{atm}$$

$$P_{F.ampl} = \sqrt{(2.331 + 1.033)^2 - 0.0014} - 1.033$$

$$P_{F.ampl} = 2.330 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Diferencia de presiones: $P_C - P_{F.ampl} = 2.331 - 2.330 = 0.001 \text{ kg/cm}^2$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la fórmula según NTP 111.010:

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 40.80}{52.50^2 \times (2.33 + 1.033)}$$

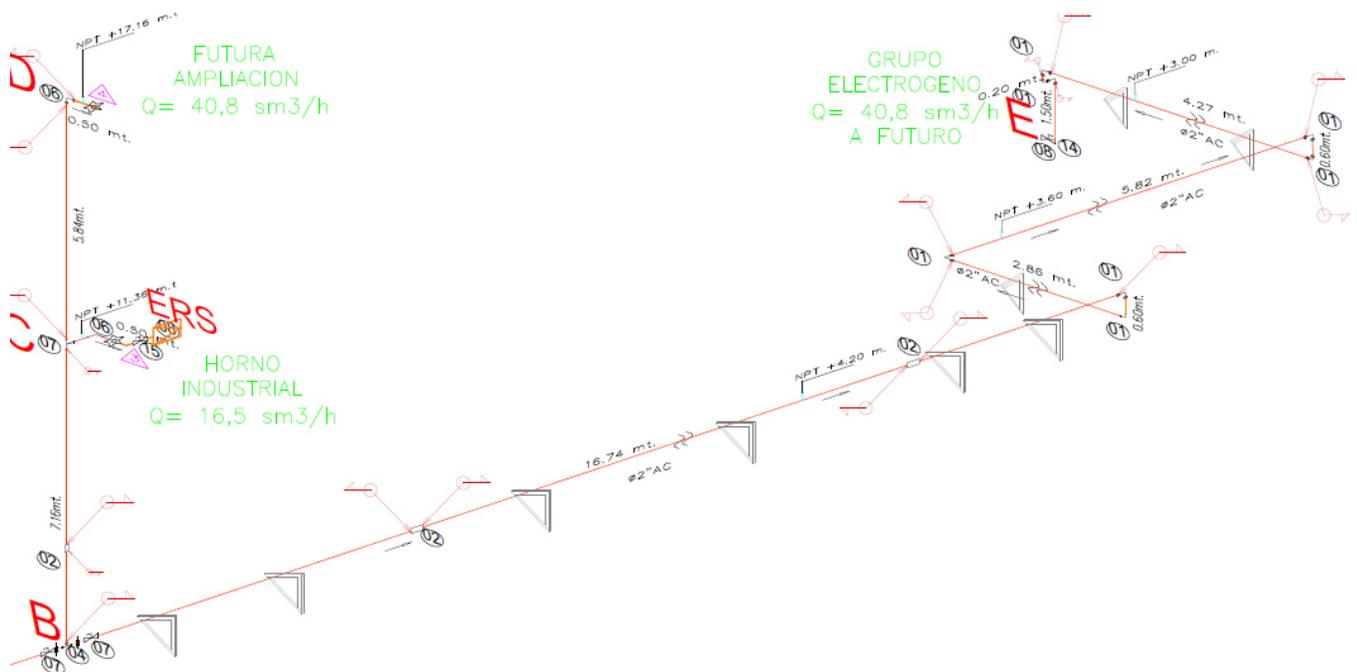
$$V = 1.60 \text{ m/s}$$

Este resultado valida el valor del diámetro de las tuberías que fue adoptados para este tramos de tuberías.

3.4.6 Tramo de tubería de acero de B – Grupo Electrógeno

Figura 19

Distancia del tramo inicial de la Red Interna B – Grupo Electrógeno



Nota. Fuente: La empresa.

Cálculo de pérdida de carga singular o longitud equivalentes

Adoptar el diámetro de 2" para estos tramos con caudal 27.30 Sm³/h

Longitud equivalente del Codo LR 90D: $L_{eq} = 1.58\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalente de la Tee: $L_{eq}=3.14\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalente de la válvula: $L_{eq}=4.39\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud real del tramo B- grupo electrógeno = 32.89m

La longitud total es:

$$L_{Total} = 32.89 + 8(1.58) + 3.14 + 4.39 = 48.67 \text{ m}$$

Cálculo de la presión final para el diámetro adoptado de 2”:

Reemplazando valores en la ecuación de renouard cuadrática.

$$D_{interno} = 52.50\text{m} \text{ (ver tabla 10)}$$

$$Q = 40.80 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

$$\text{Si es válido para el diámetro } \frac{Q}{D} = \frac{40.80}{52.50} = 0.77 < 150$$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 48.67 \times 40.80^{1.82} \times 52.50^{-4.82}$$

$$\Delta = 0.0064 \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_{Electro} + P_{atm} = \sqrt{(P_B + P_{atm})^2 - \Delta}$$

$$P_{Electro} = \sqrt{(P_B + P_{atm})^2 - \Delta} - P_{atm}$$

$$P_{Electro} = \sqrt{(2.35 + 1.033)^2 - 0.0064} - 1.033$$

$$P_{Electro} = 2.34 \frac{kg}{cm^2}$$

Diferencia de presiones: $P_B - P_{Electro} = 2.35 - 2.34 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la formula según NTP 111.010:

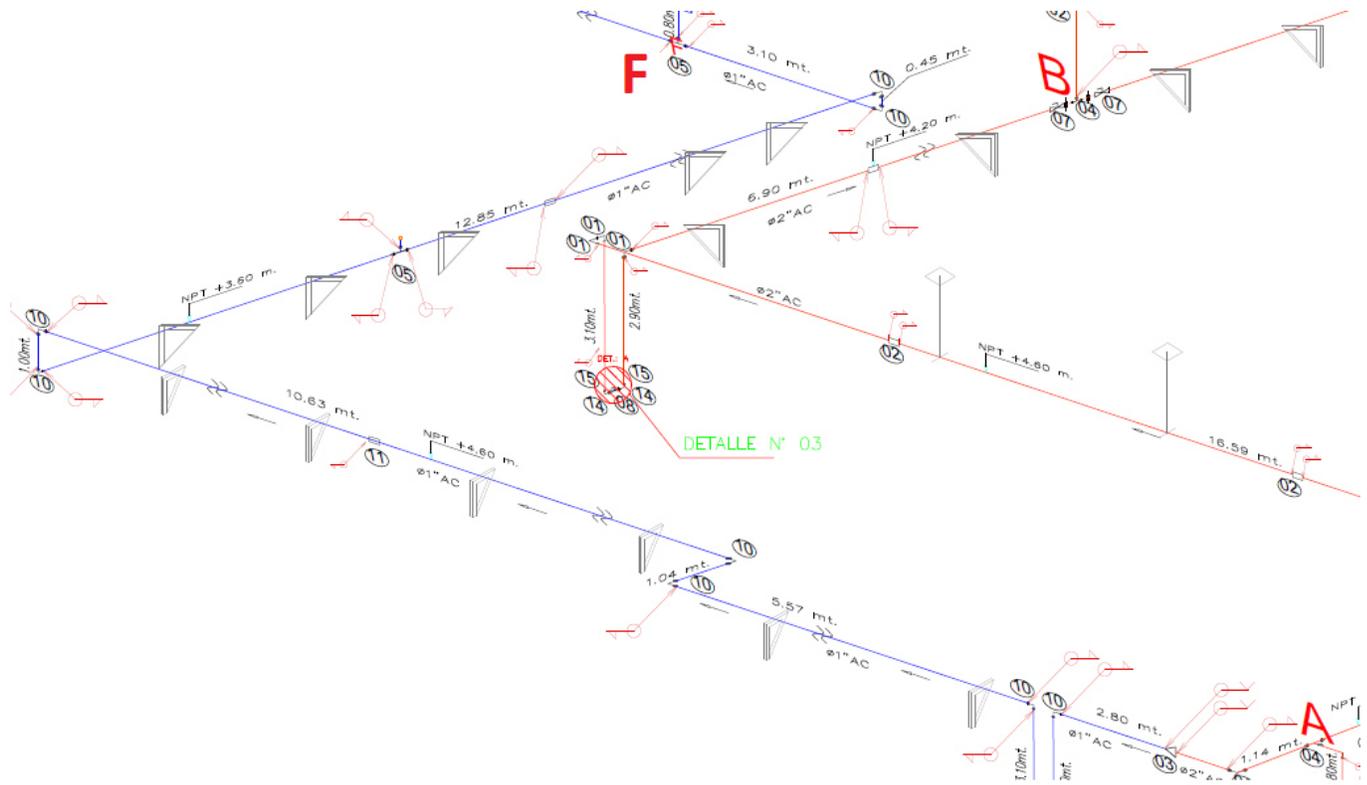
$$V = \frac{365.35xQ}{D^2xP}$$
$$V = \frac{365.35xQ}{D^2xP_{abs}} = \frac{365.35x40.8}{52.50^2x(2.34 + 1.033)}$$
$$V = 1.60 \text{ m/s}$$

Este resultado valida el valor del diámetro de las tuberías que fueron adoptados para estos tramos de tuberías.

3.4.7 Tramo de tubería de acero de A–F

Figura 20

Distancia de tramos inicial de la Red Interna A–F



Nota. Fuente: La empresa.

Cálculo de pérdida de carga singular o longitud equivalentes

Adaptar el diámetro de 1" para este tramo con caudal $2.80 \text{ Sm}^3/\text{h}$

Longitud equivalente del Codo LR 90D: $L_{eq}=0.80\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalente de la Tee: $L_{eq}=1.60\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalente de la válvula: $L_{eq}=2.22\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud real del tramo A-F= 44.78m

La longitud total es:

$$L_{\text{Total}}=44.78+11(0.80)+1.60+2.22=57.40 \text{ m}$$

Cálculo de la presión final para el diámetro adoptado de 2”:

Reemplazo valor en la ecuación de renouard cuadrática.

$$D_{\text{interno}} = 26.64 \text{ m (ver tabla 10)}$$

$$Q = 2.80 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

$$\text{Si es válido para el diámetro } \frac{Q}{D} = \frac{2.80}{26.64} = 0.105 < 150$$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 57.40 \times 2.8^{1.82} \times 26.64^{-4.82}$$

$$\Delta = 0.0015 \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_F + P_{\text{atm}} = \sqrt{(P_A + P_{\text{atm}})^2 - \Delta}$$

$$P_F = \sqrt{(P_A + P_{\text{atm}})^2 - \Delta} - P_{\text{atm}}$$

$$P_F = \sqrt{(2.431 + 1.033)^2 - 0.0015} - 1.033$$

$$P_F = 2.430 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Diferencia de presiones: } P_A - P_F = 2.431 - 2.430 = 0.001 \text{ kg/cm}^2$$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la formula según NTP 111.010:

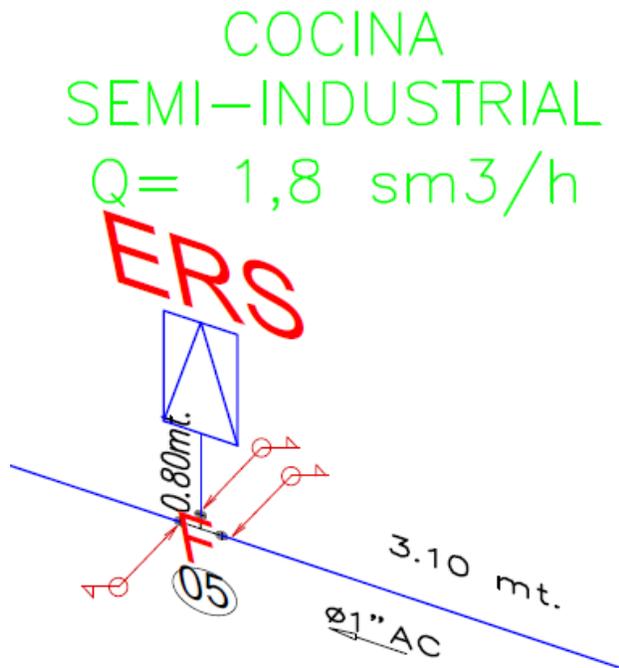
$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$
$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 16.50}{26.64^2 \times (2.33 + 1.033)}$$
$$V = 2.52 \text{ m/s}$$

Este resultado valida el valor del diámetro de las tuberías que fue adoptados para estos tramos de tuberías.

3.4.8 Tramo de tubería de acero de F-Cocina

Figura 21

Distancia de tramos iniciales de la Red Internas F-Cocina



Nota. Fuente: La empresa.

Cálculo de pérdidas de carga singulares o longitud equivalente

Adaptar los diámetros de 1" para este tramo con caudales 1.8 Sm³/h

Hallar la longitud equivalente de accesorio en el tramo ya mencionado tenemos 1 Tee.

Longitud equivalente de la Tee: $L_{eq} = 1.60\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalente de la válvula: $L_{eq} = 2.22\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud real del tramo F- Cocina = 1.80m

La longitud total es:

$$L_{\text{Total}} = 1.80 + 1.60 + 2.22 = 5.62\text{ m}$$

Cálculo de la presión final para el diámetro adoptado de 1":

Reemplazo valor en la ecuación de renouard cuadrática.

$$D_{\text{interno}} = 26.64\text{m} \text{ (ver tabla 10)}$$

$$Q = 1.8\text{ Sm}^3/\text{h}$$

$$\text{Si es válido para el diámetro } \frac{Q}{D} = \frac{1.8}{26.64} = 0.06 < 150$$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 5.62 \times 1.8^{1.82} \times 26.64^{-4.82}$$

$$\Delta = 6.6 \times 10^{-5} \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_{Cocina} + P_{atm} = \sqrt{(P_F + P_{atm})^2 - \Delta}$$

$$P_{Cocina} = \sqrt{(P_F + P_{atm})^2 - \Delta} - P_{atm}$$

$$P_{Cocina} = \sqrt{(2.43 + 1.033)^2 - 6.6 \times 10^{-5}} - 1.033$$

$$P_{Cocina} = 0.82 \frac{kg}{cm^2}$$

Diferencia de presiones: $P_F - P_{Cocina} = 2.43 - 0.82 = 1.61 \text{ kg/cm}^2$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la formula según NTP 111.010:

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 1.8}{26.64^2 \times (2.43 + 1.033)}$$

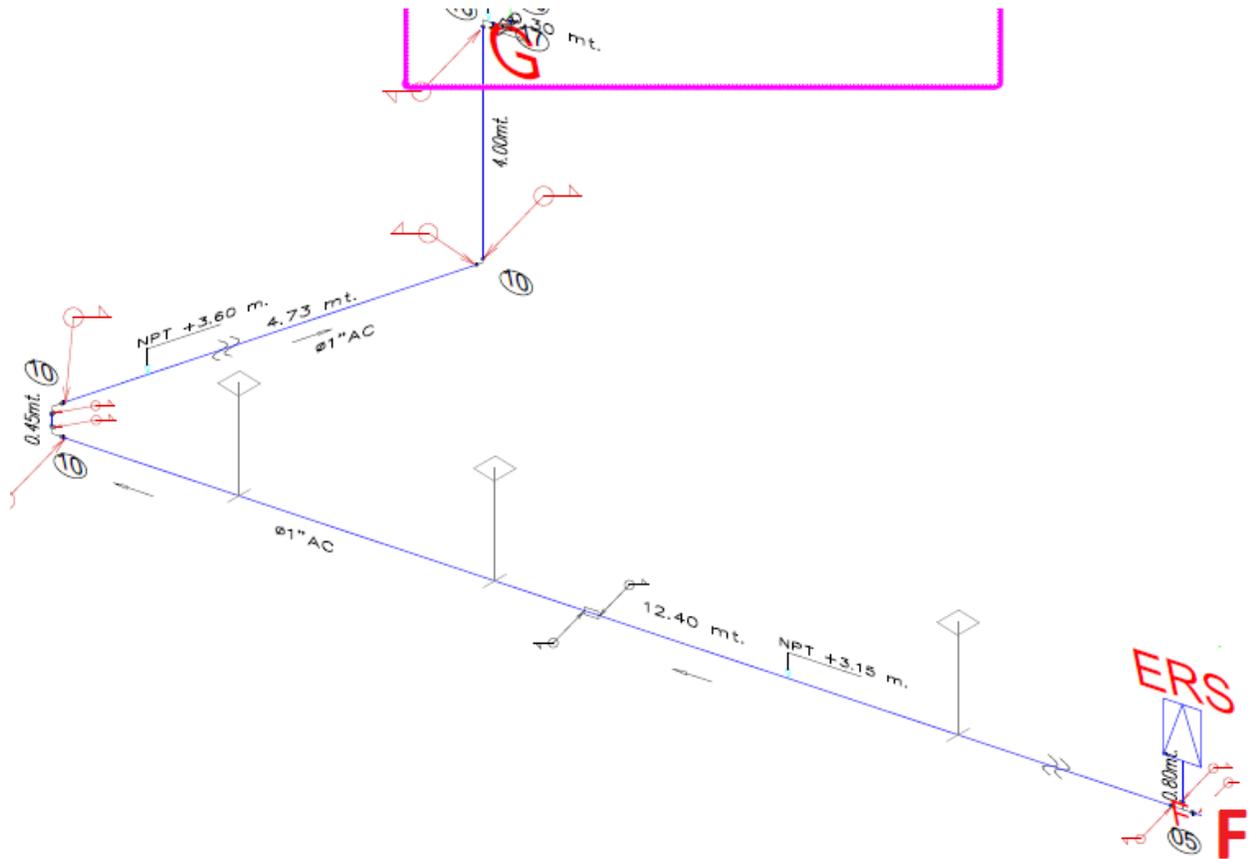
$$V = 0.26 \text{ m/s}$$

Este resultado valida el valor del diámetro de la tuberías que fue adoptados para estos tramos de tuberías.

3.4.9 Tramo de tubería de acero de F-G

Figura 22

Distancia de tramos iniciales de la Red Interna F–G



Nota. Fuente: La empresa.

Cálculo de pérdida de carga singular o longitud equivalentes

Adoptar el diámetro de 1" para tramo con caudal $1 \text{ Sm}^3/\text{h}$

Longitud equivalente del Codo LR 90D: $L_{eq}=0.80\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalente de la Tee: $L_{eq}=1.60\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud real del tramo F- G= 24.10m

La longitud total es:

$$L_{\text{Total}} = 24.10 + 4(0.80) + 1.60 = 28.9 \text{ m}$$

Cálculo de la presión final para el diámetro adoptado de 1”:

Reemplazo valor en la ecuación de renouard cuadrática.

$$D_{\text{interno}} = 26.64 \text{ m (ver tabla 10)}$$

$$Q = 1 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

$$\text{Si es válido para el diámetro } \frac{Q}{D} = \frac{1}{26.64} = 0.03 < 150$$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 28.9 \times 1^{1.82} \times 26.64^{-4.82}$$

$$\Delta = 11.7 \times 10^{-5} \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_G + P_{\text{atm}} = \sqrt{(P_F + P_{\text{atm}})^2 - \Delta}$$

$$P_G = \sqrt{(P_F + P_{\text{atm}})^2 - \Delta} - P_{\text{atm}}$$

$$P_G = \sqrt{(2.43 + 1.033)^2 - 11.7 \times 10^{-5}} - 1.033$$

$$P_G = 2.42 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Diferencia de presiones: $P_F - P_G = 2.43 - 2.42 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la formula según NTP 111.010:

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 1}{26.64^2 \times (2.42 + 1.033)}$$

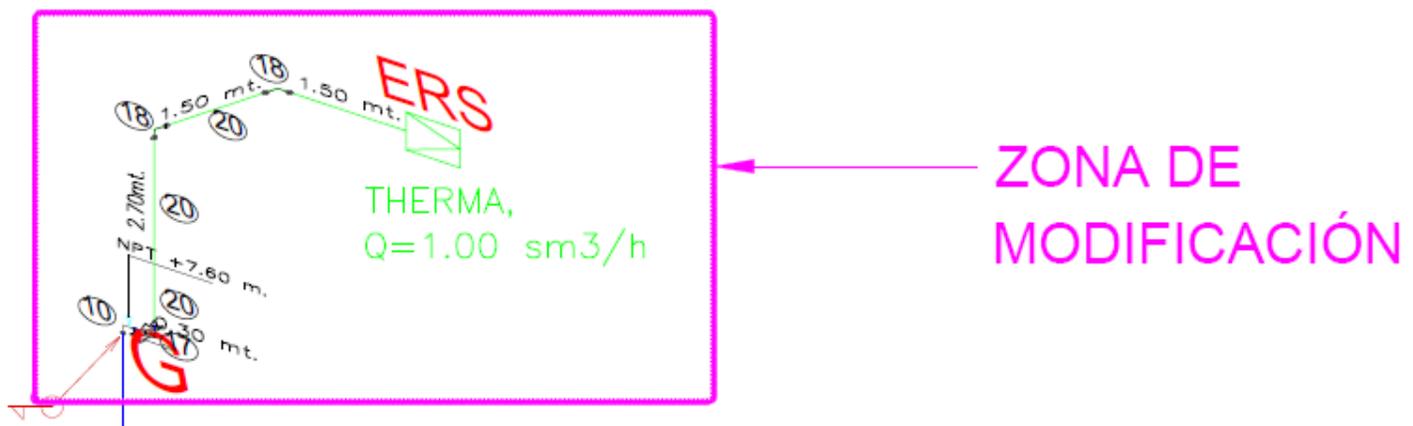
$$V = 0.15 \text{ m/s}$$

Estos resultados validan el valor de diámetros de la tuberías que fue adoptado para estos tramos de tuberías.

3.4.10 Tramo de tubería de acero de G - Therma

Figura 23

Distancia del tramos iniciales de la Red Internas G - Therma



Nota. Fuente: La empresa.

Cálculo de pérdidas de carga singulares o longitud equivalente

Adoptar el diámetro de 3/4" para estos tramos con caudal 1 Sm³/h

Hallar las longitud equivalente accesorio en el tramo ya mencionado tenemos, 3 codo, 1 válvula

Longitud equivalentes del Codo LR 90D: $L_{eq} = 0.63\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud equivalentes de la válvula: $L_{eq} = 1.74\text{m}$ (ver tabla 10)

Longitud real del tramo G - Therma = 5.70m

La longitud total es:

$$L_{\text{Total}} = 5.70 + 3(0.63) + 1.74 = 9.33\text{m}$$

Cálculo de la presión final para el diámetro adoptado de 3/4":

Reemplazo valor en la ecuación de renouard cuadrática.

$$D_{\text{interno}} = 20.93\text{m} \text{ (ver tabla 10)}$$

$$Q = 1 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

$$\text{Si es válido para el diámetro } \frac{Q}{D} = \frac{1}{20.93} = 0.04 < 150$$

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times \rho \times L \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

$$\Delta = 48.6 \times 0.62 \times 9.33 \times 1^{1.82} \times 20.93^{-4.82}$$

$$\Delta = 9.8 \times 10^{-5} \text{ Kg/cm}^2$$

Pero sabemos que:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

Despejamos P_2 y agregamos la presión atmosférica:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta}$$

$$P_2 = P_{Therma} + P_{atm} = \sqrt{(P_G + P_{atm})^2 - \Delta}$$

$$P_{Therma} = \sqrt{(P_G + P_{atm})^2 - \Delta} - P_{atm}$$

$$P_{Therma} = \sqrt{(2.42 + 1.033)^2 - 9.8 \times 10^{-5}} - 1.033$$

$$P_{Therma} = 2.41 \frac{kg}{cm^2}$$

Diferencia de presiones: $P_G - P_{Therma} = 2.42 - 2.41 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$

Validamos el diámetro adoptado:

Con el diámetro seleccionado se halla la velocidad con la formula según NTP 111.010:

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P}$$

$$V = \frac{365.35 \times Q}{D^2 \times P_{abs}} = \frac{365.35 \times 1}{20.93^2 \times (2.41 + 1.033)}$$

$$V = 0.24 \text{ m/s}$$

Este resultado de velocidad corrobora el valor del diámetro de la tubería que fue adoptado para este tramo de tubería.

3.5 Planilla de cálculo de velocidades y caída de presión de la Red Interna

En las planillas de cálculo de la tabla 11 se toman como bases la fórmulas de Renouard cuadráticas indicada en la NTP 111.010-2003 (Revisada el 2019) para el cálculo de las presiones al final de cada tramo.

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times d \times L \times \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Para el calculo de las velocidades de circulación se utilizo la siguientes formulas de las velocidades de circulación mencionadas anteriormente:

$$V = \frac{365.35xQ}{(P_{abs})D^2}$$

Estos resultados fueron comprobados en la secciones 3.4.1 y está acorde a dato real proporcionado por la empresas instalada Inversiones Transcendi S.C.R.L. Se puede apreciar que la caída de presiones está en lo establecido en la NTP 111.010-2003(Revisada el 2019) ($\% \Delta < 50\%$) y que la velocidad no supera los 30m/s.

Obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla 11, para todos los tramos evaluados es el siguiente:

Tabla 11

Planilla de cálculo de la red interna de gas natural de la empresa Autoespar S.A

TRAMO ALTA PRESION	CAUDAL M (m ³ /h)	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD EQUIVALENTE (m)	PRESIONES		CAIDA DE PRESION kg/cm ²	DIAMETRO SELECCIONADO (mm)	TUBERIA SELECCIONADA (pulg)	VELOCIDAD FINAL (m/s)	TIPO DE JUNTA
				PI kg/cm ²	P2 kg/cm ²					
ERMP - A	422	44.18	1.58	2.54	2.431	0.11	52.5	2" SCH40	16.15	ROSCADO
A-B	422	35.01	21.4	2.431	2.35	0.07	52.5	2" SCH40	16.53	ROSCADO
B-C	422	7.16	3.14	2.35	2.332	0.02	52.5	2" SCH40	16.63	ROSCADO
C - HORNO INDUSTRIAL	16.5	1.8	10.69	2.332	2.331	0.001	52.5	2" SCH40	0.65	ROSCADO
C - FUTURA AMPLIACION	40.8	6.34	4.72	2.331	2.33	0.001	52.5	2" SCH40	1.6	ROSCADO
B - GRUPO ELECTROGENO	27.3	32.89	15.78	2.35	2.34	0.01	52.5	2" SCH40	1.6	ROSCADO
A-F	2.8	44.78	12.62	2.431	2.43	0.001	26.64	1" SCH40	2.52	ROSCADO
F - COCINA	1.8	1.8	3.82	2.43	0.82	1.61	26.64	1" SCH40	0.26	ROSCADO
F - G	1	24.1	4.8	2.43	2.42	0.01	26.64	1" SCH40	0.15	ROSCADO
G - THERMA	1	5.7	3.63	2.42	2.41	0.01	20.93	3/4" SCH40	0.24	ROSCADO

Nota. Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV – RESULTADOS Y DISCUSIONES

En los análisis realizados se observará que la máxima caída de presión es menor al 20% de la presión inicial para todos los tramos.

En las tablas A1 del anexo podemos observar que las velocidades son menores a 30 m/s.

En el diseño de la red montante podemos observar que se disminuyó los diámetros para reducir los costos.

Para seleccionar los diámetros de la red montante tuvimos que adecuarnos a los diámetros establecidos en el mercado.

En el diseño de la red montante se tuvo en consideración la instalación de un punto a futuro para una ampliación.

En este diseño de ampliación notamos que se pudo hacer la ampliación para una terma con todas las condiciones necesarias.

En esta monografía se pudo utilizar un regulador de la marca Prieto Fiorentini Modelo Dival 600 Bridado de 1’’ ya que el caudal máximo autorizado es 422 m³/s.

CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Considerando las caídas de presión y lo establecido en la norma técnica peruana 111.010 (revisión – 2019), los diámetros requeridos desde el tramo ERMP – hasta los equipos horno industrial, futura ampliación, grupo electrógeno (a futuro), es de 2 pulgadas, mientras que los tramos: A – F, F – COCINA, F-G son de 1 pulgada y finalmente el tramo G – THERMA es de 3/4 pulgada.

- Como resultado del cálculo efectuado en el sistema, se seleccionó un filtro de tipo G1 de 0.125 m² de área de filtrado, se seleccionó un medidor tipo G 250 de serie 150 y un regulador de la marca Prieto Fiorentini Modelo Dival 600 Bridado de 1’’

- Con la Normativa obtenemos resultados que nos permite realizar un diseño y hacer una selección apropiada de tuberías y equipos, que nos asegura que los diseños serán confiables y seguros.

- Por las condiciones del local este diseño ya tiene una ventilación adecuada, en caso no tuviera las condiciones adecuadas se tendría que diseñar un sistema de ventilación conveniente.

5.2 Recomendaciones.

- En el caso de tener proyectos de instalación de gas con futuras ampliaciones, estas tienen que ser considerado previamente en los datos del diseño inicial, para su correcto dimensionamiento.
- Evaluar tecnologías de última generación que consuman un menor volumen de gas y efectuar una evaluación técnico-económica para determinar la factibilidad de sustitución del horno industrial, cocina semi-industrial, terma, en particular del grupo electrógeno, que es el equipo de mayor consumo.
- Utilizar software especializados para efectuar los análisis de red de tuberías, considerando sensibilidades adicionales, que incluya diferentes materiales de tuberías y variaciones en las longitudes de los sistemas.
- Se debe verificar que la presión de los equipos sea óptima según las recomendaciones efectuadas por el fabricante, y que todas las modificaciones y/o mantenimientos de las redes de gas natural sean realizadas por personal calificado y certificado por OSINERGMIN.

BIBLIOGRAFÍA

- Cengel, Y. (2006). *Termodinámica*. México: McGraw-Hill Companies, Inc. Retrieved from <http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodin%C3%A2mica/Material%20Did%C3%A1tico/Livro%20-%20Cengel/Termodinamica%20-%20Cengel%207th%20-%20espanhol.pdf>
- Garcia, M. (2012). *Mecánica de Fluidos*
- Hatschek, E. (1928) *The viscosity of liquids*. New York
- Irarrázaval, F. (2020). *Industria del gas natural, distribución de renta y desigualdades territoriales en Perú y Bolivia*. Santiago, Chile: Rimisp. Obtenido de <https://www.rimisp.org/wp-content/uploads/2020/06/DT-264-Irarrazaval-Felipe.pdf>
- Norma Técnica Peruana. 2014. *NTE 111.011. Gas natural seco (3ra. Ed.). Sistema de tuberías para instalaciones internas residenciales y comerciales*. <https://www.italcaseperu.com/download/NTP%20111.011%202006%20Instalaciones%20internas%20residenciales%20y%20comerciales.pdf>
- Osinergmin. (2021). *La industria del gas natural en el Perú*. Lima, Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Obtenido de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-Industria-Gas-Natural-Peru-bicentenario.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de velocidades y caída de presión

TRAMO ALTA PRESION	CAUDAL M (m ³ /h)	LONGITUD		PRESIONES	CAIDA DE PRESION		DIAMETRO SELECCIONADO (mm)	TUBERIA SELECCIONADA (pulg)	VELOCIDAD	
		REAL (m)	EQUIVALENTE (m)		P1 kg/cm ²	P2 kg/cm ²			FINAL (m/s)	TIPO DE JUNTA
ERMp - A	422	44.18	1.58	2.54	2.431	0.11	52.5	2" SCH40	16.15	ROSCADO
A-B	422	35.01	21.4	2.431	2.35	0.07	52.5	2" SCH40	16.53	ROSCADO
B-C	422	7.16	3.14	2.35	2.332	0.02	52.5	2" SCH40	16.63	ROSCADO
C-HORNO INDUSTRIAL	16.5	1.8	10.69	2.332	2.331	0.001	52.5	2" SCH40	0.65	ROSCADO
C - FUTURA AMPLIACION	40.8	6.34	4.72	2.331	2.33	0.001	52.5	2" SCH40	1.6	ROSCADO
B - GRUPO ELECTROGENO	27.3	32.89	15.78	2.35	2.34	0.01	52.5	2" SCH40	1.6	ROSCADO
A-F	2.8	44.78	12.62	2.431	2.43	0.001	26.64	1" SCH40	2.52	ROSCADO
F - COCINA	1.8	1.8	3.82	2.43	0.82	1.61	26.64	1" SCH40	0.26	ROSCADO
F - G	1	24.1	4.8	2.43	2.42	0.01	26.64	1" SCH40	0.15	ROSCADO
G - THERMA	1	5.7	3.63	2.42	2.41	0.01	20.93	3/4" SCH40	0.24	ROSCADO

Nota. Elaboración Propia

Anexo 2 Espesores de tubería schedule 40 sin costura

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD		SCH-40		XS		SCH-80		SCH-160	
		Espesor Nominal	Peso								
Pulg.	mm	mm	kg/m								
1/4	13.7	2.24	0.63	2.24	0.63	3.02	0.80	3.02	0.80	-	-
3/8	17.1	2.31	0.84	2.31	0.84	3.20	1.10	3.20	1.10	-	-
1/2	21.3	2.77	1.27	2.77	1.27	3.73	1.62	3.73	1.62	4.78	1.95
3/4	26.7	2.87	1.69	2.87	1.69	3.91	2.20	3.91	2.20	5.56	2.90
1	33.4	3.38	2.50	3.38	2.50	4.55	3.24	4.55	3.24	6.35	4.24
1 1/4	42.2	3.56	3.39	3.56	3.39	4.85	4.47	4.85	4.47	6.35	5.61
1 1/2	48.3	3.68	4.05	3.68	4.05	5.08	5.41	5.08	5.41	7.14	7.25
2	60.3	3.91	5.44	3.91	5.44	5.54	7.48	5.54	7.48	8.74	11.11
2 1/2	73.0	5.16	8.63	5.16	8.63	7.01	11.41	7.01	11.41	9.53	14.92
3	88.9	5.49	11.29	5.49	11.29	7.62	15.27	7.62	15.27	11.13	21.35
4	114.3	6.02	16.07	6.02	16.07	8.56	22.32	8.56	22.32	13.49	33.54
5	141.3	6.55	21.77	6.55	21.77	9.53	30.97	9.53	30.97	15.88	49.12
6	168.3	7.11	28.26	7.11	28.26	10.97	42.56	10.97	42.56	18.26	67.57
8	219.1	8.18	42.55	8.18	42.55	12.70	64.64	12.70	64.64	23.01	111.27
10	273.0	9.27	60.29	9.27	60.29	12.70	81.55	15.09	95.98	28.58	172.27

Nota. Ficha técnica de tubo de acero SCH-40 sin costura. Marca Fiorella representaciones SAC.

s SAC.