

DISEÑO DE UNA INSTALACION INTERNA DE GAS NATURAL PARA UN
USUARIO INDUSTRIAL PRODUCTOR DE BANANO EN EL DEPARTAMENTO DEL
CESAR.

GUSTAVO ENRIQUE BULA ORCASITA

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Ingeniería del Gas

Director

Luis Fernando Cervantes Silva

Magister en Ingeniería de Petróleos y Gas.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE GAS
BUCARAMANGA

2022

Dedicatoria.

Dedico este logro personal a mi familia que me brindó la confianza, perseverancia y sabiduría a lo largo de todo este proceso.

A mi esposa Selene Mojica y mi hijo Alejandro Bula quienes me impulsaron a lograr esta meta y es por ellos que motivo a crecer profesionalmente.

A mi madre Josefina Orcasita que con sus consejos y amor de madre me ayudó a no desfallecer hasta lograr este objetivo.

Agradecimientos.

El autor expresa sus agradecimientos a:

La empresa Gases del Caribe S.A., E.S.P, por su apoyo incondicional y por su disposición ante el crecimiento profesional de sus empleados, ya que fue esta quien me brindo gran parte de los recursos necesarios, para el desarrollo de este posgrado.

A mi director Luis Fernando Cervantes Silva que con sus consejos y su asesoría hizo posible la realización de este documento.

Tabla de contenido

Introducción	14
1. Objetivos.....	16
1.1. Objetivo General.....	16
1.2. Objetivos específicos	16
2. Planteamiento del problema.	16
3. Marco referencial.....	17
3.1. Antecedentes investigativos.	17
3.2. Marco Legal.....	19
4. Generalidades del proyecto.	20
4.1. Antecedentes.....	21
4.2. Información general de campo Arjona	22
4.2.1. Composición y propiedades del gas.....	22
4.3. Ubicación Geográfica del Usuario.	23
4.4. Localización de los puntos de consumo	25
5. Dimensionamiento de las variables operativas de los equipos.....	27
5.1.1. Casinos.....	28
5.1.2. Casetas	28
5.2. Consumo de los equipos.....	29
5.2.1. Estufas de los casinos.	30

5.2.2. Motores de riego.	31
6. Consideraciones de diseño.....	31
6.1. Trazado de la instalación.	31
6.2. Tubería de Polietileno PE80.....	33
6.2.1. Presión de diseño.	34
7. Diseño de la instalación.....	35
7.1. Modelado de la instalación interna.....	36
8. Selección de medidor y regulador para el centro de medición.....	40
8.1. Regulación.....	41
8.1.1. Regulación en el centro de medición.....	41
8.1.2. Segunda etapa de regulación de los casinos.	42
8.2. Medición.....	43
9. Especificaciones técnicas y métodos constructivos de Gases del Caribe.....	45
9.1. Ventilación de recintos.	45
9.1.1. Recinto de los motores (Casetas).....	45
9.1.2. Casinos.....	46
9.2. Profundidad de la tubería.....	47
9.3. Señalización.....	48
9.4. Limpieza interna de la tubería.	49
9.5. Pruebas de hermeticidad.....	49

10. Costos asociados a la construcción de la red interna de gas natural.....	49
Conclusiones.....	53
Recomendaciones.	55
ANEXOS	56
Bibliografía.....	61

Lista de tablas

Tabla 1. Cromatografía general campo Arjona.	22
Tabla 2. Propiedades del gas Arjona.	23
Tabla 3. Datos técnicos de los motores.....	29
Tabla 4. Equivalencias para tener en cuenta.....	30
Tabla 5 Características de la tubería IPS-CTS PE80.....	33
Tabla 6. Propiedades Típicas de la tubería PE80 y PE100.....	34
Tabla 7. Datos generales de la simulación.....	37
Tabla 8. Velocidades permisibles en una red de gas natural.	40
Tabla 9. Cotización con el costo total de la instalación interna del usuario.	51

Lista de figuras.

Figura 1. Ubicación del usuario, el área verde delimita los predios de operación del usuario.	24
Figura 2. Redes de distribución de gases del caribe en el Cesar (líneas rojas y vinotinto).	25
Figura 3. Ubicación de las casetas de motores dentro de los predios del usuario. ..	26
Figura 4. Casinos dentro de los predios del usuario.	27
Figura 5. Trazado de instalación interna del usuario.	32
Figura 6. Vista general de la simulación.	38
Figura 7. Resumen de cantidades de tubería.	39
Figura 8. Válvula de flujo axial AFV.(EAM-TB9509-5.pdf, s. f.)	42
Figura 9. Datos técnicos de regulador de segunda etapa para casinos.(Humcar - Productos, s. f.).....	43
Figura 10. Calculadora de medidores (Fuente: Obtenido del área de ingeniería de Gases del Caribe).....	44
Figura 11. Medidor Rotatorio de lóbulos G160 con emisor de pulso.	44
Figura 12. Casetas donde se ubicarán los motores.	46
Figura 13. Casino 2. Ambos casinos son similares.	47
Figura 14. Ubicación típica de una red de polietileno.	48

Lista de Anexos

Anexo A. Reporte de Nodos de la simulación de la instalación.....	56
Anexo B. Reporte de tubería de la simulación de la instalación.	57
Anexo C. Capacidad de flujo de una AFV300 con presión de salida a 10 Psi	58
Anexo D. Lista de costos de servicios nuevos 2022.....	58

Glosario

Accesorios: elementos utilizados para hacer empalmes o derivaciones en una tubería, utilizados para hacer cambios de dirección, de nivel, reducciones de diámetro o acoples de tubería.

Acometida: es el tramo de tubería comprendido desde la Te de derivación de la red de distribución hasta el elevador en la entrada del Centro de medición del usuario.

Artefactos a gas: equipos que requieren gas combustible para su operación.

Capacidad Instalada: máxima potencia que se puede suministrar a una instalación, la cual depende de las especificaciones de los artefactos a gas.

Centro de Medición: conjunto de equipos y accesorios utilizados para el control, en algunos casos filtración, regulación y medición del suministro de gas.

Densidad: relación entre masa y volumen de una sustancia.

Distribuidor de gas: es la empresa que presta el servicio de distribución de gas combustible, generalmente por redes enterradas.

Elevador: elemento mecánico, utilizado generalmente como accesorio para la transición de tubería plástica a metálica y viceversa.

Gasificación: proceso en el que se desplaza cualquier gas o aire que se encuentre en una tubería para ser reemplazado por gas combustible.

Gravedad específica: conocida también como densidad aparente, es la relación entre la densidad de una sustancia y la de un fluido patrón, en el caso de los gases el fluido patrón es el aire y para los líquidos el agua.

Instalación Interna: conjunto de tubería y accesorios que se requieren para el suministro de gas combustible a los artefactos a gas y comprende desde la salida del centro de medición hasta los puntos de consumo.

Máxima presión de operación (MPOP): es la máxima presión a la que puede ser operada una red de suministro de gas en conformidad a lo establecido en la NTC 3838.

Medidor: elemento que hace parte del centro de medición encargado de registrar el volumen de gas que es suministrado a un usuario.

Poder calorífico: relación entre la cantidad de energía presente en una unidad de volumen de una sustancia.

Presión de Servicio: es la presión que requieren los artefactos a gas para su funcionamiento.

Regulador: elemento que hace parte del centro de medición, si es de primera etapa, que permite reducir y controlar la presión de las redes de distribución para llevarlas o ajustarlas a la presión de servicio.

Señalización: elementos necesarios para indicar la presencia de tuberías de gas en la zona.

Termofusión: es una técnica que consiste en la soldadura de tuberías plásticas y sus accesorios mediante el calentamiento a temperaturas adecuadas de las caras de los elementos a unir para la correcta fusión de estos.

Trazado: recorrido de la tubería de suministro de gas dentro o fuera de los predios.

Tubería enterrada: tubería que se encuentra instalada debajo del nivel del suelo.

Usuario: persona natural o jurídica que se beneficia del servicio de distribución y comercialización del gas natural.

Válvula de control: elemento que puede ser operado en las líneas de gas con el propósito de interrumpir el suministro de gas. Es un mecanismo de seguridad de las instalaciones.

Resumen

Título: Diseño de una instalación interna de gas natural para un usuario industrial productor de banano en el departamento del Cesar.

Autor: Gustavo Enrique Bula Orcasita.

Palabras claves: Instalación interna, usuario industrial, gas natural, norma técnica colombiana, redes, suministro.

Descripción: El objetivo general de este documento es realizar el diseño de una instalación interna de un usuario industrial, siguiendo los estándares y normas vigentes en la República de Colombia, para el uso del gas natural como combustible en aplicaciones a nivel industrial, teniendo en cuenta los parámetros de operación de los equipos. Para este fin se recopiló información de las normas técnicas colombianas 3838, 3728, 4282 y 3631, además de la resolución 90902 del ministerio de Minas y Energía, entre otras que detallan las consideraciones mínimas de los elementos a utilizar en el diseño de redes que serán utilizadas para el transporte o suministro de gas natural combustible.

Además, se busca que este documento sirva como guía en la elaboración de diseños de instalaciones industriales similares.

Abstract

Title: Design of an internal facility of natural gas for an industrial producer of bananas in the department of Cesar.

Author: Gustavo Enrique Bula Orcasita.

Key words: Internal facility, industrial user, natural gas, Colombian Technical Standard, networks, supply

Description: The general objective of this document is to develop the design of the internal facility of an industrial user, following the standards and regulations in force in the Republic of Colombia for the use of natural gas as fuel for industrial applications, taking into account the parameters of operation of the equipment, for this purpose information was collected from Colombian technical standards 3838, 3728, 4282 and 3631, in addition to resolution 90902 of the ministry of mines, among others that detail the minimum considerations of the elements to be used for the transportation or supply of fuel natural gas.

In addition, it is intended that this document serve as a guide in the preparation of documents related to the design of similar industrial facilities.

Introducción

Actualmente a nivel mundial, se ha generado una mayor conciencia, regulación y legislación, en cuanto a temas de emisión de gases contaminantes a la atmosfera, principalmente producidos en equipos que trabajan con combustibles fósiles, esto ha llevado a la implementación de nuevas fuentes de energía que sean más amigables con el ambiente.

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos conformados por carbono e hidrógeno y son la fuente energética más utilizada en el mundo por su accesibilidad.

El gas natural hace parte de la familia de los hidrocarburos y es uno de los combustibles más limpios en cuanto a emisión de gases resultantes de su combustión, sin embargo, debido a su falta de disponibilidad en ciertas zonas, las empresas han optado por la implementación de otro tipo de combustible para la operación de sus procesos. En Colombia, concretamente en el departamento del Cesar existe una gran cantidad de industrias, que utilizan combustibles fósiles como el diésel para el funcionamiento de los equipos, que garantizan la permanencia de estas en el negocio. En varios casos esto se debe a que es el único combustible disponible para utilizar. Uno de los principales factores para que no haya diversidad de fuentes energéticas en esta zona, es por la lejanía a la que se encuentran, ya que en el departamento la mayor parte de las grandes industrias se encuentran en fincas retiradas de las zonas urbanas.

Este es el caso de una empresa productora de banano para exportación, que opera en la zona del Cesar medio y como su aporte al cuidado del medio ambiente decidió cambiar sus equipos de riego, que actualmente funcionan con diésel por unos equipos que trabajen con gas natural como combustible, para esto contactó a la empresa Gases del Caribe S.A.

E.S.P., para que suministre el servicio de gas natural, para lo cual la empresa distribuidora y comercializadora de gas natural, deberá construir un gasoducto de distribución desde la localidad de Cuatro Vientos hasta las inmediaciones de la finca, donde se encuentran los cultivos de banano (El diseño de esta red de distribución no está contemplado en el alcance de esta monografía).

Con base en lo anterior, una vez que sea construida la red de distribución, será necesario distribuir el gas natural dentro de la finca, hasta llegar a cada uno de los equipos que requieren el gas para su funcionamiento y es por esto que se plantea la necesidad de realizar el diseño de una instalación interna, mediante el software de simulación GasWok con el fin de satisfacer la necesidad presentada por el usuario.

La instalación deberá cumplir con todos los lineamientos normativos establecidos en las normas técnicas colombianas (NTC), cabe resaltar que Gases del Caribe S.A. E.S.P., desarrolló un manual de diseño y un manual de especificaciones técnicas y métodos constructivos, en los cuales se contemplan todas las NTCs relacionadas con la distribución y comercialización de gas natural y les dio una tolerancia que van más allá de las permitidas, para garantizar el cumplimiento de las normas.

Con el desarrollo de este trabajo, se espera que pueda ser utilizado como guía para el diseño de instalaciones industriales similares.

1. Objetivos

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos que se trabajarán durante el desarrollo de este documento.

1.1. Objetivo General

Diseñar una instalación interna de gas natural, para un usuario industrial productor de banano en el departamento del Cesar.

1.2. Objetivos específicos

- Georreferenciar los puntos de consumo del usuario.
- Determinar el consumo de gas natural y la presión de operación requerida para cada equipo.
- Diseñar una instalación interna de gas natural y seleccionar equipos de medición y regulación del centro de medición del usuario.
- Elaborar un presupuesto para la construcción de la instalación interna de gas natural.

2. Planteamiento del problema.

La producción de cultivos de la industria bananera colombiana depende principalmente de equipos de bombeo de agua, que alimentan los sistemas de riego de las plantaciones. Estas bombas operan generalmente con motores de combustión interna, que a su vez están ligados a la disponibilidad de los combustibles en las zonas de influencia. El Diésel y el Gas Licuado de Petróleo (GLP) son los combustibles más comunes en el mercado por lo tanto son los más utilizados.

Recientemente y debido a los problemas que se han presentado en el país, se observó que el transporte de hidrocarburos, por medio de vehículos terrestres puede verse

comprometido e interrumpido cuando se presentan actividades que pueden interferir con el flujo normal del tráfico en las vías nacionales.

La persistencia del panorama descrito anteriormente conllevará a la interrupción inesperada en las actividades de producción de cualquier compañía productora de banano. Representando grandes pérdidas económicas. Este aspecto es precisamente la razón por la cual que se ha planteado la necesidad de buscar nuevas alternativas de combustibles que brinden disponibilidad constante en el tiempo.

3. Marco referencial.

En esta sección se realiza una breve descripción de conceptos, prácticas y normas básicas que se deben tener en cuenta para lograr el desarrollo del objetivo principal de este documento, se expondrán los descubrimientos realizados en las consultas de literaturas existentes sobre el tema.

En cuanto a la mejor implementación y uso de los recursos naturales no renovables, el gas natural es uno de los que han venido marcando tendencia en cuanto a aceptación debido a su confiabilidad, muchos expertos en el campo se han propuesto optimizar los métodos de suministro de este recurso, el más conocido y utilizado actualmente es el suministro por redes de tubería, ya sean en acero que operan a altas presiones o tuberías plásticas como el polietileno que opera a bajas presiones.

3.1. Antecedentes investigativos.

El suministro de gas combustible a los usuarios industriales se ha convertido en un tema de gran importancia actualmente, debido que de este depende su operación.

El desarrollo y optimización de los métodos de suministro de gas natural han logrado que la prestación del servicio sea más confiable. A continuación, se resumen varios de los aportes relacionados con el diseño de instalaciones de gas natural.

(Rugeles, 2016) consolidó la normativa existente en el país, para la puesta en servicio de un sistema de gas natural, con el fin de masificar el uso de gas natural en Colombia a través de redes de polietileno, y como el uso de este material reduce los costos en las instalaciones debido a su fácil manipulación y manejo en campo, además de la reducción en los costos de mantenimientos, ya que estas redes no requieren una protección ante la corrosión.

(García, 2018) elaboró una guía técnica para el diseño de redes de gas natural aplicando las normas técnicas colombianas (NTCs) en el cual relaciona las normas colombianas bajo las cuales se rige la construcción de redes que transportan gas, ya sea para uso comercial o industrial. En esta guía se recopiló la información existente y se proporciona de manera puntual el acceso a la misma.

(Yu et al., 2021) propusieron un método de diseño de redes de gas natural basado en el análisis de la demanda de gas del usuario, con el fin de evaluar la confiabilidad del suministro por gasoductos de gas natural a gran escala. Este análisis está centrado en la previsión de la demanda de gas, teniendo en cuenta las limitaciones hidráulicas y de presión para identificar los eslabones más débiles y los eslabones claves en los gasoductos de gas natural. Todo esto con el fin de proponer y brindar sugerencias para mejorar la confiabilidad del suministro de gas natural.

La vida útil de los elementos de la instalación son un tema importante para el usuario final, debido a que esto determina de cierta forma la seguridad y continuidad de su operación es por eso que (Wang et al., 2021), realizaron un estudio en el que analizaron los efectos que tienen las bajas presiones (0.1 a 0.4 MPa (15 a 60 Psi)) y temperaturas entre 45°C y 75°C sobre las redes de polietileno. Los resultados obtenidos en su estudio

demonstraron que la vida útil de las redes de polietileno disminuye a medida que la presión y la temperatura aumentan.

3.2. Marco Legal.

En Colombia el organismo encargado de normalizar los procedimientos a seguir para la construcción de redes de gas es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.

En este documento se tendrán en cuenta las normas técnicas colombianas, NTCs, que apliquen al diseño de redes de distribución con fines de uso industrial tales como:

NTC 3631 Ventilación de recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gases combustibles para uso doméstico, comercial e industrial, en la cual se definen los requisitos y se determinan los métodos para la óptima ventilación de recintos cerrados donde se instalen artefactos que funcionen con gas combustible. (Icontec, 2011)

NTC 3728 Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas (Segunda actualización), que tiene por objeto establecer los requisitos a cumplir en las líneas de transporte y de distribución de gases combustibles, en diseño, materiales, construcción, verificación, pruebas, condiciones de operación, mantenimientos y controles ante el deterioro. (*Gas natural Normas y Mas - NTC 3728*, s. f.)

NTC 3838 Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles (Quinta actualización), la cual establece las presiones permisibles en los sistemas de redes que transporten, distribuyan o suministren gases combustibles en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales bajo condiciones normales de servicio. (*Gas natural Normas y Mas - NTC 3838*, s. f.)

NTC 4282 Instalaciones para el suministro de gas destinadas a usos industriales (Primera actualización), la cual establece los requisitos que se deben cumplir en diseños y

construcciones de instalaciones para suministro de gas combustible en edificaciones de tipo industrial para garantizar que la operación sea confiable y segura. (*Ntc 4282 Instalaciones Industriales - PDF Free Download*, s. f.)

Además de las NTCs existen otros documentos a tener en cuenta para el desarrollo de los diseños de redes.

La resolución 90902 del 24 de octubre de 2013 del Ministerio de Minas y Energía. En la cual se expide el reglamento técnico de instalaciones internas de gas combustible destinadas a uso residencial, comercial e industrial con el fin de minimizar los riesgos y garantizar la protección de la vida y salud de los usuarios. (*RESOLUCION 90902 DE 2013*, s. f.)

La resolución CREG 067 de 1995 en la cual se establece la adopción del código de distribución de gas combustible por redes y que define las responsabilidades entre distribuidores, comercializadores y usuarios, además de los criterios de planeación de los sistemas de distribución de gas combustible por redes, en condiciones de eficiencia y seguridad y garantizar la prestación continua e ininterrumpida del servicio. (*Alejandro - Resolución 67 de 1995 CREG*, s. f.)

4. Generalidades del proyecto.

El gas natural es una fuente de energía que ha venido tomando una gran importancia en el uso industrial y para seguir motivando su uso es primordial brindar una excelente calidad en el servicio y es mediante la correcta adecuación de las instalaciones internas de los usuarios que se puede lograr este objetivo, es por esta razón que se desarrolla este documento.

4.1. Antecedentes.

Gases del Caribe es una empresa de servicios públicos dedicada a la distribución y comercialización de gas natural en los departamentos Atlántico, Cesar y Magdalena de la república de Colombia, comenzó a prestar el servicio de gas natural en el año de 1977 en la localidad de Barranquilla Atlántico a través de una red que se encontraba conectada al gasoducto Ballena – Barranquilla, posteriormente seguiría con su operación en el sector de El Rodadero Magdalena y Sabanalarga Atlántico, desde entonces siguió expandiendo sus redes hacia la mayoría de poblaciones en estos departamentos.

Para 1992 innovó en la distribución con los denominados gasoductos virtuales, los cuales consisten en distribuir gas natural licuado o comprimido transportado por cisternas hasta estaciones de medición y regulación en las poblaciones, cuya ubicación geográfica dificultaba que sean conectadas al sistema nacional de transporte, este fue el caso de la localidad de Valledupar donde se realizó la prueba piloto de estos gasoductos en Colombia, beneficiando a cinco barrios de esta ciudad y a más de 750 familias de estratos 1 y 2, este sistema funcionó exitosamente durante cinco años hasta que se culminó la construcción del gasoducto Ballenas – Barrancabermeja el cual permitió que se ampliara la zona de cobertura en la ciudad y su expansión hacia los corregimientos aledaños.

Para 2013, previendo la caída de la producción de gas natural de los campos de la Guajira y con el objetivo de continuar brindando un servicio continuo y seguro inicio nuevas búsquedas para diversificar las fuentes de abastecimiento consiguiendo acuerdos con productores de gas y campos menores entre los cuales se encuentra campo Arjona ubicado en el departamento del Cesar, el cual es el encargado de abastecer las localidades del Centro del Cesar Gases del Caribe tiene cobertura a través de un gasoducto de interconexión denominado por la empresa como Gasoducto Arjona – Cuatro Vientos del

cual se benefician diversas localidades como La Ye, Arjona, El Paso, Cuatro Vientos y El Carmen. (*Reseña Histórica - Gases del Caribe S. A*, 2019).

4.2. Información general de campo Arjona

Es uno de los conocidos campos menores de gas natural seco de Colombia y se encuentra ubicado aproximadamente en las coordenadas 9°33'30,81" N y 73°56'25,77" O en el departamento del Cesar, en cercanías a la localidad de Arjona entre las regiones de Tolosanto y El Brillante, caseríos de esta localidad, en jurisdicción del municipio de Astrea.

Inicialmente inicio su producción bajo la dirección de Vetra y en 2018 su operación pasó al cardo de la compañía Hocol S.A.

Actualmente el campo produce entre 3 MMBTUD y 3,5 MMBTUD los cuales son inyectados en el gasoducto de distribución Arjona – Cuatro Vientos para ser comercializado exclusivamente por Gases del Caribe S.A. E.S.P.

4.2.1. Composición y propiedades del gas

La cromatografía y propiedades del gas proveniente de campo Arjona y que son de gran relevancia en el desarrollo de este documento se relacionan en la Tabla 1 y la Tabla 2.

Tabla 1.

Cromatografía general campo Arjona.

COMPOSICION DEL GAS		
COMPONENTE	FORMULA	%MOLAR
Metano	CH4	98,048%
Nitrógeno	N2	1,086%
Dióxido de Carbono	CO2	0,115%
Etano	C2H6	0,530%
Propano	C3H8	0,047%
Agua	H2O	0,000%
Sulfuro de Hidrógeno	H2S	0,015%
Hidrógeno	H2	0,000%

Monóxido de Carbono	CO	0,000%
Oxígeno	O2	0,000%
n-Butano	C4H10	0,032%
i-Butano	C4H10	0,022%
n-Pentano	C5H12	0,052%
i-Pentano	C5H12	0,053%
Hexano	C6H14	0,000%
Heptano	C7H16	0,000%
Octano	C8H18	0,000%
Nonano	C9H20	0,000%
Decano	C10H20	0,000%
Helio	He	0,000%
Argón	Ar	0,000%
TOTAL		100%

Nota: Obtenido del área de operación y mantenimiento de Gases del Caribe S.A.,

E.S.P. (2022)

Tabla 2.

Propiedades del gas Arjona.

Propiedades del gas	
Densidad [kg/m ³]	0,692
Gravedad Específica	0,566
Poder Calorífico bruto real (@Pb=14,65 Psia y Tb=60°F) [Btu/ft ³]	1003,83

Nota: Obtenido del área de operación y mantenimiento de Gases del Caribe S.A.,

E.S.P. (2022)

4.3. Ubicación Geográfica del Usuario.

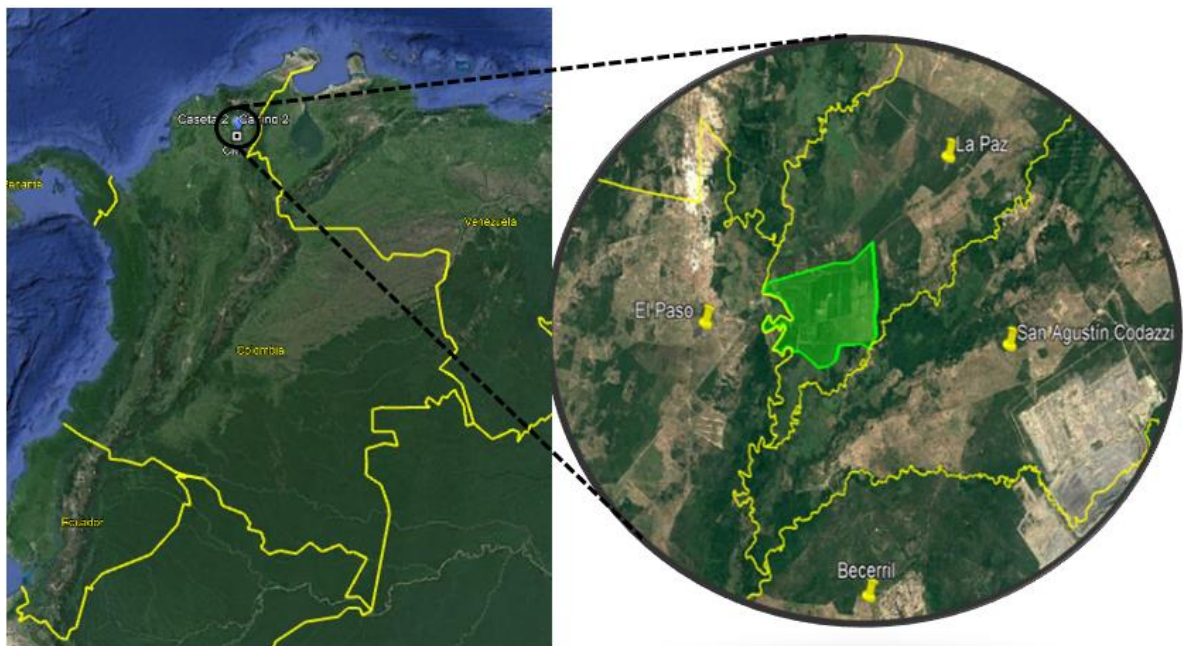
El usuario para el cual se va a diseñar la instalación interna es una empresa que se dedica a la producción de banano tipo exportación, cuya área de influencia principal es en la conocida zona bananera en el departamento del Magdalena y ha expandido su operación hacia el departamento del Cesar en un grupo de fincas ubicadas al sur del municipio de La Paz en cercanía a los límites con el municipio de El Paso y San Agustín Codazzi, aproximadamente a 13 kilómetros de la localidad de Cuatro Vientos, en la vía que conduce

de Cuatro Vientos hasta San Agustín Codazzi, actualmente contempla un área de 1250 hectáreas de terreno con aproximadamente 300 hectáreas cultivadas para 2021.

El predio limita al oeste con uno de los brazos del Rio Cesar, el cual es la fuente de agua para los canales de riego, que se encuentran distribuidos en toda la extensión de las plantaciones de banano.

Figura 1.

Ubicación del usuario, el área verde delimita los predios de operación del usuario.



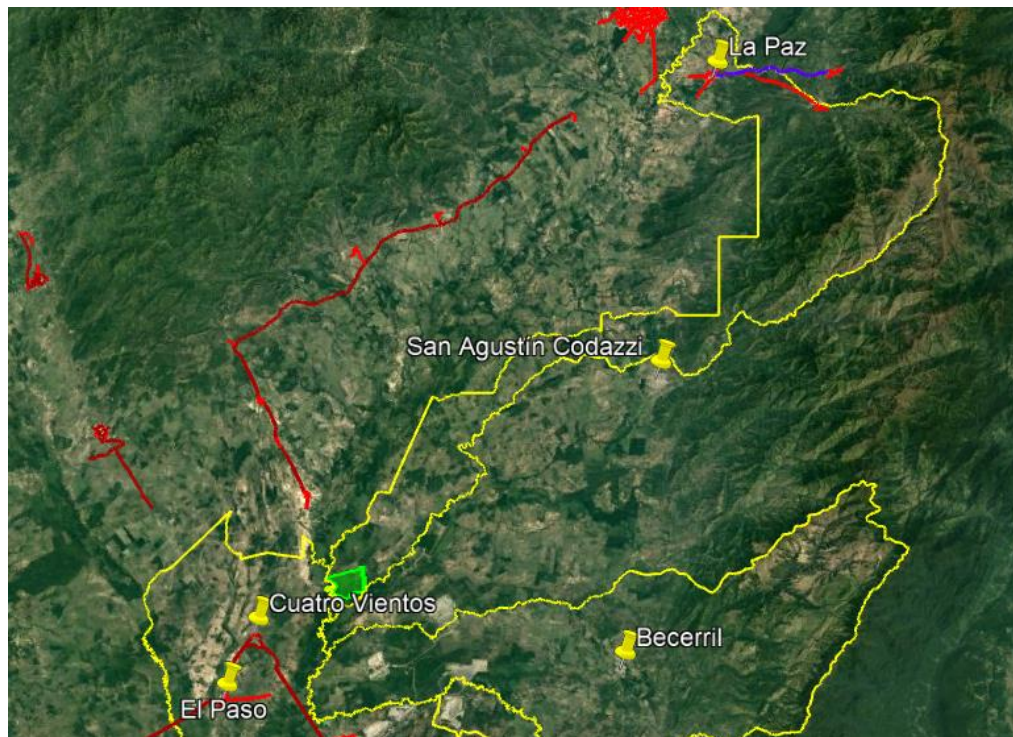
A pesar de que el usuario se encuentra dentro de los límites del municipio de La Paz, será atendido desde con gas proveniente de los campos menores (Campo Arjona) que fluye por el gasoducto Arjona – Cuatro Vientos de Gases del Caribe, esto debido a la cercanía de esta red con el usuario como se evidencia en la Figura 2 donde se muestran las redes disponibles en los departamentos cercanos a los predios de la empresa.

La red proveniente de Guaimaral, aunque se encuentra cerca del usuario no se considera como gasoducto para satisfacer al usuario debido a que esta se encuentra

operando con presiones de red de mediana densidad PE80 a máximo 60 Psi, la cual no es suficiente para suministrar el gas a las condiciones solicitadas por el usuario.

Figura 2.

Redes de distribución de gases del caribe en el Cesar (líneas rojas y vinotinto)



4.4. Localización de los puntos de consumo

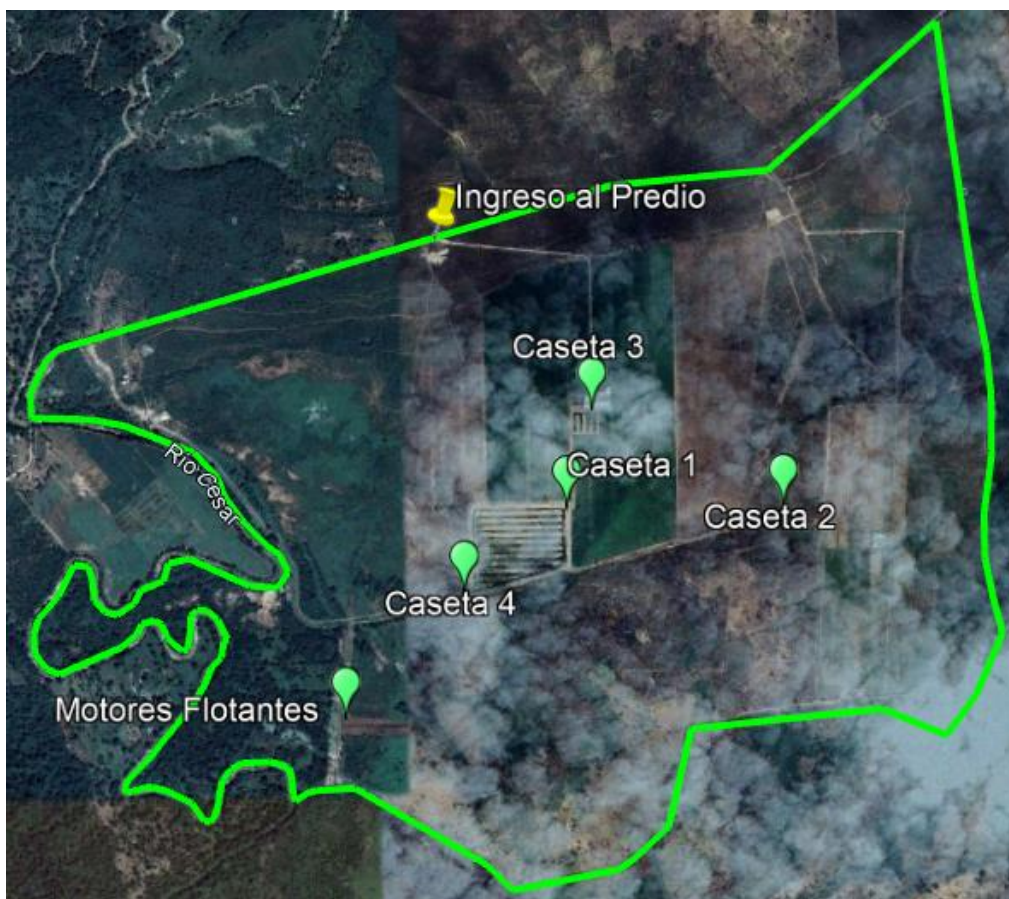
Las plantaciones del usuario cuentan un sistema de riego de aspersores, que se distribuyen a lo largo de todos los lotes, el agua proviene de canales artificiales que se extienden estratégicamente por toda la propiedad y cuenta con dos puntos de bombeo mediante los cuales se extrae el agua de los canales y es inyectado a los sistemas de riego a través de bombas centrífugas que son impulsadas por motores Diesel.

Actualmente existen dos motores en cada estación de bombeo y debido a que el cambio de estos motores Diesel por motores de gas natural va a ser gradual, inicialmente se cambiará un motor en cada caseta y a proyección se espera tener un total de 10 motores.

Mediante la ayuda de un equipo GPS submétrico y las indicaciones del personal administrativo de la finca, se pudo realizar la georreferenciación de los puntos donde se encuentran instalados los motores actuales y donde se instalarán los motores proyectados obteniéndose los resultados observados en la Figura 3

Figura 3.

Ubicación de las casetas de motores dentro de los predios del usuario.



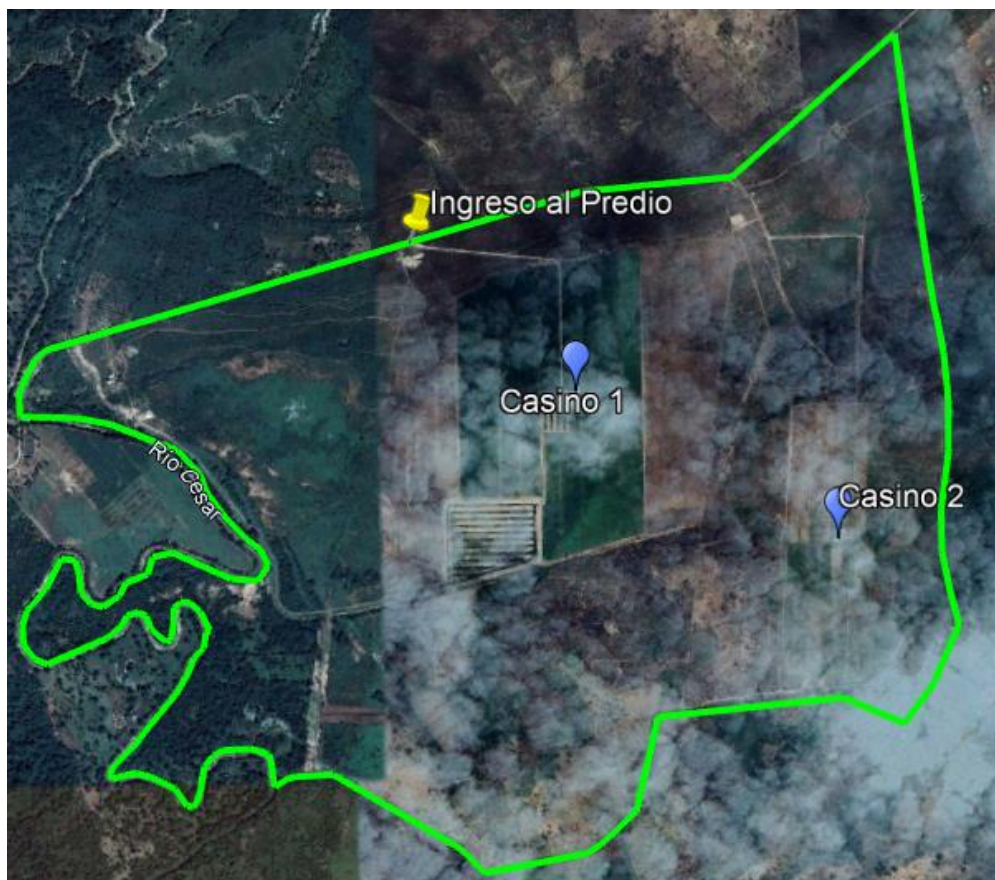
Actualmente las casetas 1 y 2 son las que albergan a los motores Diesel que serán reemplazados a corto plazo, mientras que las casetas 3 y 4 son proyecciones de crecimiento

del usuario y lo que se muestra como motores flotantes son utilizados para controlar los niveles de agua en los canales los cuales actualmente operan con Diesel y serán cambiados a mediano plazo.

El usuario cuenta además con dos casinos para empleados, en los cuales cuentan con dos estufas industriales cada uno, las cuales también tendrán suministro de gas natural con el desarrollo de este proyecto.

Figura 4.

Casinos dentro de los predios del usuario.



5. Dimensionamiento de las variables operativas de los equipos

Como se mencionó en la sección 4.4 de este documento son dos tipos de equipos los que se suplirán con gas natural los cuales son 10 motores distribuidos en 4 casetas de

bombeo y una bocatoma para el control de nivel de los canales y 4 estufas industriales distribuidas en dos casinos.

Para fines prácticos de esta monografía se hará mayor énfasis en el diseño de la interna para suplir las necesidades operativas de los motores de combustión que son los equipos de mayor demanda.

5.1. Potencia de los equipos

Para conocer las condiciones de operación de un equipo, se debe tener clara cuál es la potencia de estos, ya que esta es la clave, que determina cuales son las exigencias de consumo.

5.1.1. Casinos

Cada casino cuenta con 2 estufas industriales, una con 4 quemadores de 45000 BTU/hr y la otra con 2 Quemadores de 45000 BTU/hr y 1 quemador de 25000 BTU/hr para una carga total de 295000 BTU/hr en cada casino, las estufas son de fabricación por encargo.

5.1.2. Casetas

En cada caseta se instalarán 2 motores marca Caterpillar modelo G3306B de 203 HP de potencia cada uno, lo cual indica que por cada caseta habrá una potencia total de 406 HP, estos mismos motores serán instalados en el canal de control de nivel, como motores flotantes, es decir que la potencia en esta zona también será de 406 HP, las especificaciones de estos equipos se observan en la Tabla 3.

Tabla 3.*Datos técnicos de los motores.***G3306B TA GAS PETROLEUM ENGINE**

151 bkW (203 bhp)

TECHNICAL DATA**G3306B Gas Petroleum Engine — 1800 rpm**

		DM8967-00 0.5 g NOx NTE	DM8799-00 1.0 g NOx NTE
Engine Power @ 100% Load	bkW (bhp)	151 (203)	151 (203)
Engine Speed Max Altitude @ Rated Torque and 38°C (100°F)	rpm m (ft)	1800 0	1800 0
Speed Turndown @ Max Altitude, Rated Torque, and 38°C (100°F)	%	33	33
Aftercooler Temperature JW Temperature	°C (°F)	98.89 (210)	98.89 (210)
SCAC Temperature	°C (°F)	54.44 (130)	54.44 (130)
Compression Ratio		8.0:1	8.0:1
Emissions (NTE)* NOx	g/bkW-hr (g/bhp-hr)	0.67 (0.5)	1.34 (1.0)
CO	g/bkW-hr (g/bhp-hr)	2.68 (2.0)	2.68 (2.0)
CO ₂	g/bkW-hr (g/bhp-hr)	689.29 (514)	689.29 (514)
VOC**	g/bkW-hr (g/bhp-hr)	0.16 (0.12)	0.16 (0.12)
Fuel Consumption*** @ 100% Load	MJ/bkW-hr (Btu/bhp-hr)	11.41 (8066)	11.41 (8066)
@ 75% Load	MJ/bkW-hr (Btu/bhp-hr)	11.96 (8454)	11.96 (8454)
Heat Balance Heat Rejection to Jacket Water JW	bkW (Btu/min)	159.24 (9056)	159.24 (9056)
OC	bkW (Btu/min)	23.76 (1351)	23.76 (1351)
Heat Rejection to Aftercooler @ 100% Load	bkW (Btu/min)	8.35 (475)	8.35 (475)
Heat Rejection to Exhaust @ 100% Load	bkW (Btu/min)	121.51 (6910)	121.51 (6910)
Heat Rejection to Atmosphere @ 100% Load	bkW (Btu/min)	19.41 (1104)	19.41 (1104)
Exhaust System Exhaust Gas Flow Rate	m ³ /min (cfm)	28.01 (989)	28.01 (989)
Exhaust Temperature — Catalyst Outlet @ 100% Load	°C (°F)	590.00 (1094)	590.00 (1094)
Intake System Air Inlet Flow Rate @ 100% Load	m ³ /min (scfm)	8.64 (305)	8.64 (305)
Gas Pressure	psig (kPag)	12-24.9 (83-172)	12-24.9 (83-172)

Nota: (Cat, Caterpillar, 2012, p. 330)

5.2. Consumo de los equipos

Para determinar el consumo de un equipo se debe tener clara la potencia de los equipos que para este caso fue definida en la sección anterior y además el poder calorífico del combustible a utilizar, para este caso en particular el gas natural a utilizar es el

proveniente de los pozos de Campo Arjona y cuyas propiedades y cromatografía fueron definidas en la Tabla 1 y Tabla 2.

En la Tabla 4 se muestran las equivalencias necesarias para determinar las condiciones de flujo requeridas por los distintos equipos a instalar por el usuario.

Tabla 4.

Equivalencias para tener en cuenta.

Equivalencias			
Cantidad	Unidad	Igual a	Unidad
1	Hp	2.544,43	BTU/hr
1	m3	35,3147	ft3

A partir de los datos de la tabla 4 y de los datos suministrados en la tabla 2 de propiedades del gas que se utilizará, se puede determinar el flujo requerido en cada punto de consumo en m³/h

5.2.1. Estufas de los casinos.

Cómo se mencionó en la sección 5.1.1 de este documento, cada casino consta de 2 estufas que juntas suman una potencia de 295.000 BTU/hr y sabiendo que el gas de campo Arjona tiene un poder calorífico de 1.003,89 BTU/ft³ se puede determinar el caudal en cada casino aplicando la siguiente Formula:

$$Q = \frac{Pot}{PC} \quad (1)$$

Donde: Q: Caudal (ft³/hr).

Pot: Potencia del equipo (BTU/hr).

PC: Poder calorífico del gas (BTU/ft³).

Reemplazando valores se obtiene que el caudal requerido para cada casino es de 293,86 ft³/hr que equivalen a 8,32 m³/hr de acuerdo con la tabla de equivalencias.

5.2.2. Motores de riego.

Los motores que se utilizarán en las estaciones de bombeo del sistema de riego de las plantaciones, como se ha mencionado tienen una potencia de 203 Hp cada uno lo cual utilizando la información suministrada en la tabla de equivalencias corresponde a 516.519 BTU/hr y utilizando la ecuación (1) se determina que el flujo en el motor debe ser de 514,5 ft³/hr, para este flujo se debe tener en cuenta la eficiencia del equipo la cual para estos motores se asumirá un 35%, es decir que la potencia real del equipo es de 1.470 ft³/hr y utilizando la tabla de equivalencias esto representa un flujo de 41,6 m³/hr por cada motor y debido a que serán instalados 2 para cada caseta, el flujo requerido en cada caseta es de 83,2 m³/hr.

6. Consideraciones de diseño.

A partir del número de equipos a instalar a corto, mediano y largo plazo se debe dimensionar la red que más se ajuste a las necesidades de operación del usuario que se han ido estableciendo a lo largo del desarrollo de este documento.

6.1. Trazado de la instalación.

A partir del levantamiento realizado en los predios del usuario, se puede determinar cuál será el trazado que deberá recorrer la instalación desde el centro de medición, hasta cada uno de los puntos de consumo, este trazado se define utilizando la aplicación de Google Earth donde a partir de la georreferenciación de los equipos se definen los posibles recorridos de las redes para luego ser validadas en campo y determinar si es viable o no instalar las redes en las zonas definidas, todo esto con la aprobación del usuario.

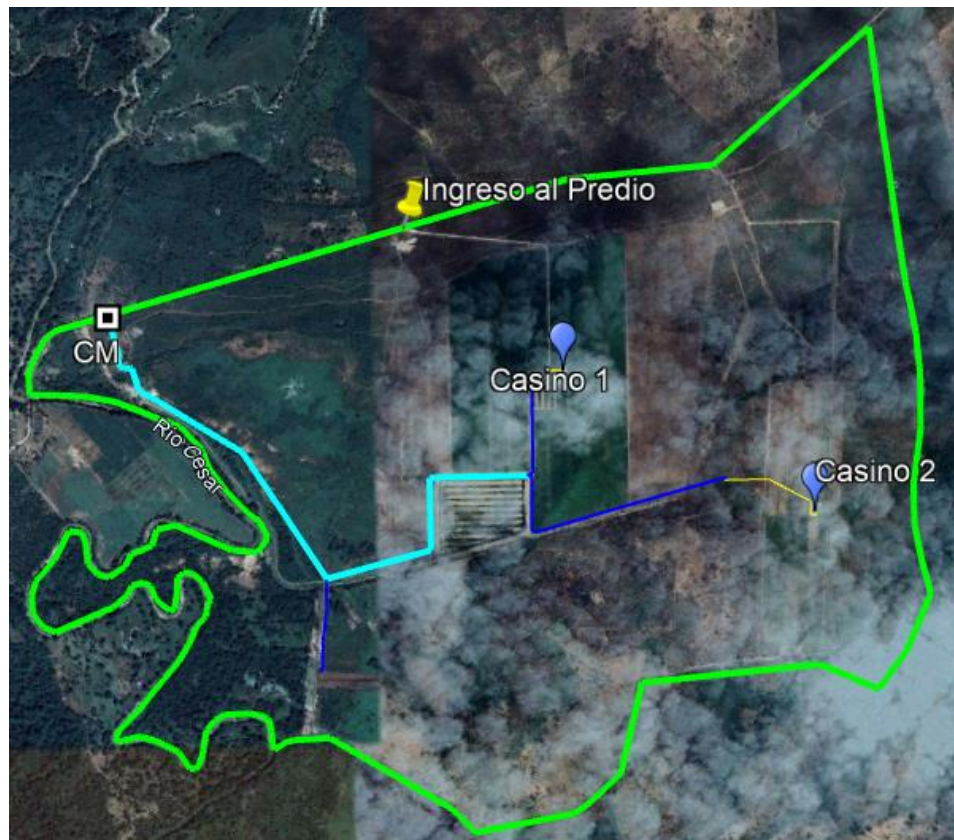
Para la definición del trazado se tuvo en cuenta que las zonas fueran de fácil acceso para el personal y la tubería además de que no tuviera gran impacto en las plantaciones y

evitando interferir con las demás redes como las de riego y eléctricas que se encuentran enterradas.

Una vez realizada toda la gestión correspondiente se definió el trazado que se muestra en la Figura 5.

Figura 5.

Trazado de instalación interna del usuario.



Se considera realizar una línea principal en un diámetro amplio que funcione como pulmón de la instalación y a partir de esta línea se derivarán ramificaciones que llevaran el gas hacia las casetas y de unas de estas ramificaciones se derivarán redes de menor diámetro con el propósito de suministrar gas a los equipos que se encuentran en los casinos 1 y 2. La línea principal, las ramificaciones y las derivaciones hacia los casinos se representan en la Figura 5 con líneas de color rojo, verde y azul oscuro y amarillo respectivamente.

En el trazado final de la instalación no se evidencia la existencia de condiciones que puedan afectar la integridad de la red o que puedan generar esfuerzos sobre la tubería como largos tramos de tubería auto soportada, vibraciones, terrenos inestables, entre otros.

6.2. Tubería de Polietileno PE80

La red será tendida en toda su extensión en terreno natural por lo cual la tubería a utilizar será tubería plástica de polietileno de mediana densidad (PEMD) PE2406 o PE80. Todas las tuberías utilizadas por Gases del Caribe S.A. E.S.P. y que serán utilizadas en este proyecto deben cumplir con los estándares exigidos por la NTC 3728, teniendo en cuenta esta información las características y propiedades de la red se encuentran detalladas en la Tabla 5 y Tabla 6

Tabla 5

Características de la tubería IPS-CTS PE80

TUBERIA SERIE IPS - CTS PE 80 (PEMD) NTC 1746												
DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED (mm)								LONGITUD	
	PROMEDIO	TOL.*	RDE 17		RDE 11		RDE 9		RDE 7		METROS	
	pulg.	mm	mm	MÍNIMO	TOL.*	MÍNIMO	TOL.*	MÍNIMO	TOL.*	MÍNIMO	TOL.*	ROLLS
½ CTS	15,9	± 0,10	----	----	----	-----	----	-----	2,27	+ 0,23	200	----
¾ IPS	21,3	± 0,102	----	----	----	-----	2,29	0,279	----	-----	150	----
1 IPS	26,7	± 0,102	----	----	2,41	+ 0,279	----	-----	----	-----	150	----
1 IPS	33,4	± 0,127	----	----	3,02	+ 0,356	----	-----	----	-----	150	----
2 IPS	60,3	± 0,152	----	----	5,49	+ 0,660	----	-----	----	-----	100	----
3 IPS	88,9	± 0,203	5,23	+ 0,635	8,08	+ 0,965	----	-----	----	-----	50 - 100	10 - 12
4 IPS	114,3	± 0,229	6,71	+ 0,813	10,39	+ 1,246	----	-----	----	-----	50	10 - 12
6 IPS	168,3	± 0,279	9,91	+ 1,194	15,29	+ 1,829	----	-----	----	-----	----	10 - 12
8 IPS	219,1	± 0,33	12,90	+ 1,549	19,94	+ 2,388	----	-----	----	-----	----	10 - 12
10 IPS	273,0	± 0,381	16,08	+ 1,930	24,84	+ 2,972	----	-----	----	-----	----	10 - 12
12 IPS	323,8	± 0,432	19,05	+ 2,286	29,46	+ 3,531	----	-----	----	-----	----	10 - 12
14 IPS	355,6	± 1,6	20,93	+ 2,510	32,33	+ 3,89	----	-----	----	-----	----	10 - 12
16 IPS	406,4	± 1,83	23,90	+ 2,870	36,96	+ 4,44	----	-----	----	-----	----	10 - 12

Nota: Catálogo de productos de gas Extrucol (Extrucol_Cat.pdf, s. f.)

Tabla 6.*Propiedades Típicas de la tubería PE80 y PE100.*

PROPIEDADES TÍPICAS DEL PE 80 Y PE 100 (COMPUESTOS)				
PROPIEDADES	MÉTODOS DE ENSAYO	VALORES		UNIDADES
		PE80	PE100	
DENSIDAD (PIGMENTADO)	ISO 1183	0,928	0,959	g/m ³
TASA DE FLUJO (5Kg/190°C)	ISO 1133	0,85	0,29	g/10min
RESISTENCIA A LA TENSIÓN EN EL PUNTO DE CEDENCIA	ISO 6259	19	25	MPa
RESISTENCIA A LA TENSIÓN EN EL PUNTO DE ROTURA	ISO 6259	-----	38	MPa
ELONGACIÓN (ROTURA)	ISO 6259	>350	>600	%
MÓDULO DE ELASTICIDAD	ISO 527	750	1400	MPa
PUNTO DE ABLANDAMIENTO VICAT	ISO 306	121	128	°C
PUNTO DE ABLANDAMIENTO VICAT (5Kg)	ISO 306	-----	78	°C
ESTABILIDAD TÉRMICA (OIT, 210°C)	ISO 10837	>20	>20	min
COLOR	ISO 9080	AMARILLO	NARANJA	---
RESISTENCIA MÍNIMA REQUERIDA (MRS)	ISO 12162	8	10	MPa

La tabla da los valores típicos medidos en el producto. Estos valores no se deben considerar como especificaciones.

Nota: Catálogo de productos de gas Extrucol (Extrucol_Cat.pdf, s. f.)

6.2.1. Presión de diseño.

La máxima presión de operación (MPOP) de una tubería se puede estimar a través de la ecuación de Barlow de acuerdo con las normas ISO 4427 e ISO 4437 tal cómo se muestra a continuación:

$$MPOP = 20 * \frac{MRS}{(SDR - 1) * C} \quad (2)$$

Donde: MPOP: Es la máxima presión de operación. (bar)

MRS: Resistencia mínima requerida.

SDR: Es la relación diámetro espesor de pared.

C: Producto de los factores CA y CE (Depende del material).

La tubería que utiliza Gases del Caribe tiene SDR = 11 y para tuberías de mediana densidad MRS = 8 MPa, los factores CA y CM se obtienen de la norma ISO 4437 los cuales equivalen a 1,6 y 1,25 respectivamente, reemplazando estos valores en la ecuación

(2) se obtiene que la máxima presión de operación de las tuberías de mediana densidad PE80 es de 116,03 Psi y aplicando un factor de corrección por temperatura de 1.1 para 30°C, se obtiene que la presión máxima de operación para esta red es de 105 Psi.

Teniendo en cuenta lo anterior la empresa distribuidora estableció que todas sus redes PE80 operarán a máximo 60 Psi.

7. Diseño de la instalación.

En el diseño se determina el diámetro de la tubería que será utilizada para garantizar la operación de los diferentes equipos para lo cual Gases del Caribe s.a. E.S.P., utiliza un software de simulación de flujo de Bradley B Bean PE Engineering and Software for the Natural Gas Industry, conocido como GASWorks en su versión 9.0, esto con el fin de ejecutar simulaciones del comportamiento de la presión a lo largo de las redes.

El software requiere diversos parámetros de entrada, como presión de inyección en la red, temperatura, presión base, temperatura base, composición del gas, flujo en los puntos de consumo, factor de diseño entre otros y a partir de esto en los datos de salida se obtiene la presión en cada punto de consumo y el flujo requerido en la entrada del sistema.

La ecuación utilizada por la comercializadora para redes que operen a más de 2 Psi es la IGT-Improved la cual es la recomendada por The Gas Engineer Handbook y por AGA-GEOP para sistemas de distribución y esto se ha comprobado a través de la experiencia en la construcción de redes.

$$Q = 664,3 \frac{T_b}{P_b} \frac{1}{\mu^{0,1111}} \left(\frac{\Delta P}{G^{0,8} T_f L Z} \right)^{0,556} D^{2,667} E \quad (3)$$

$$\text{Donde: } \Delta P = P_1^2 - P_2^2$$

Q: Tasa de flujo volumétrico (cfh).
 Tb: Temperatura base (°R).
 Pb: Presión base (Psia).
 G: Gravedad específica.
 Tf: Temperatura promedio del fluido (°R).
 L: Longitud de la tubería (ft).
 Z: Factor de compresibilidad.
 D: Diámetro Interno de la tubería (in)
 E: Eficiencia de la tubería (%)
 u: Viscosidad dinámica del fluido (lb/ft-s)
 ΔP: Diferencial de Presión en un segmento de Tubería (Psia).

En Colombia para la comercialización de gas natural se establecieron las condiciones base para la temperatura en 60°F equivalente a 419,67 °R y 14,65 Psia para la presión.

En el software se debe realizar el trazado de la red mediante una línea con sus diferentes derivaciones y asumir diámetros hasta lograr las condiciones requeridas en cada punto evaluado.

Aunque no se instalaran todos los equipos, el diseño se realizará con base en toda la carga proyectada.

7.1. Modelado de la instalación interna.

En Gasworks se dibuja el trazado de la red con sus respectivas longitudes, además se ingresa toda la información conocida del gas y de los equipos a instalar los cuales se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7.*Datos generales de la simulación.*

Generalidades		
GAS	Densidad [kg/m ³]	0,692
	Gravedad Específica	0,566
	Poder Calorífico [Btu/ft ³]	1.003,83
MOTORES	Potencia [HP]	203
	Consumo [m ³ /h]	41,6
		12 -
	Presión de Operación [Psi]	24,9
CASINOS	Potencia [BTU/hr]	295.000
	Consumo [m ³ /h]	8,2
	Presión de Operación [inwc]	6 – 8

En el centro de medición es donde se regula la presión del gas que se encuentra en la red de distribución de acuerdo con las necesidades del usuario, esta presión regulada es la que se debe ir variando durante el modelado de la instalación y en cada uno de los puntos de consumo, se debe ingresar el flujo requerido por los equipos, se debe tener en cuenta que estos flujos deben ir acompañados de un signo menos, es decir que son cantidades negativas y esto se debe a que es flujo que sale del sistema.

De la Tabla 7. se infiere que la regulación en el centro de medición no puede ser mayor a 25 Psi ni menor a 12 Psi ya que este es el rango de operación de los equipos más críticos que son los motores de riego, por solicitud del proveedor de los equipos solicitan que la presión en la entrada de los equipos no sea menor a 15 Psi.

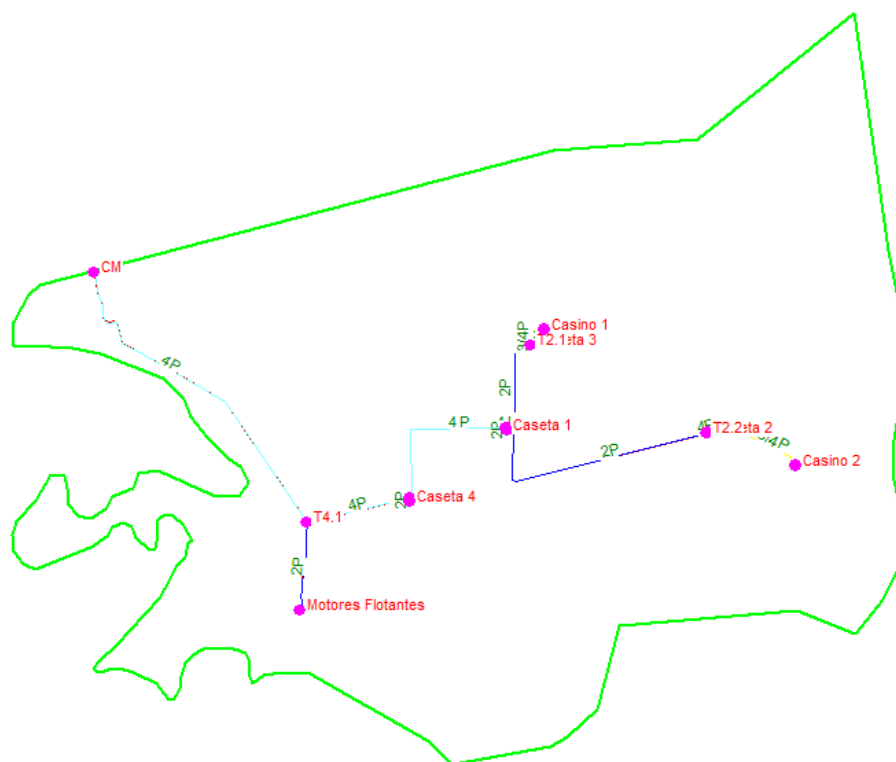
En resumen, cada caseta instalará una potencia total de 406 HP que equivalen a 83,2 m³/h y se debe garantizar una presión entre 15 y 25 Psi, mientras que los casinos cuentan con una potencia instalada de 295.000 BTU/hr que equivalen a 8,2 m³/hr y se debe garantizar una presión entre 6 y 8 inwc. La red debe ser capaz de suministrar 432,4 m³/hr de gas natural.

Finalmente ingresando los parámetros en la interfaz del software, se determina que para la instalación del usuario se debe utilizar tubería de 4 pulgadas para la línea principal, tubería de 2 pulgadas en las ramificaciones y tubería de $\frac{3}{4}$ pulgadas para las derivaciones hacia los casinos tal como se muestra en la

Figura 6.

Figura 6.

Vista general de la simulación.



De la simulación se obtuvieron los resultados que se evidencian en el Anexo A y Anexo B y se determina que, regulando la presión de entrada en la instalación a 25 Psi, la

presión mínima en la red es de 16,67 Psi en el punto más alejado que es el casino 2, cumpliendo así con los requerimientos del usuario.

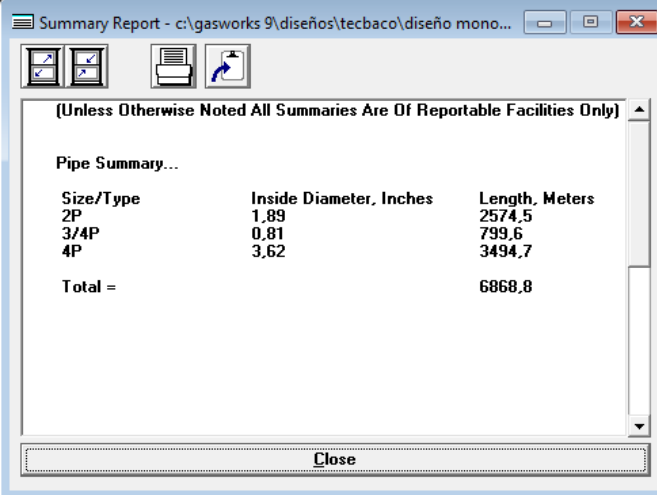
Por otra parte, como los artefactos de los casinos funcionan en baja presión, es necesario instalar en estos puntos reguladores de segunda etapa, para ajustar la presión a la exigida por las estufas.

Resumiendo, los datos obtenidos, la instalación deberá ser construida en red de polietileno de mediana densidad PE80 de 4, 2 y $\frac{3}{4}$ pulgadas y una presión en la entrada de 25 Psi.

Del software de simulación también se obtienen las cantidades de tubería a utilizar para la construcción de la interna, estas cantidades se muestran en la Figura 7.

Figura 7.

Resumen de cantidades de tubería.



(Unless Otherwise Noted All Summaries Are Of Reportable Facilities Only)

Size/Type	Inside Diameter, Inches	Length, Meters
2P	1,89	2574,5
3/4P	0,81	799,6
4P	3,62	3494,7
Total =		6868,8

Close

Uno de los criterios más importantes que se deben tener en cuenta a la hora de validar un diseño y garantizar la longevidad de la tubería, es la velocidad de los fluidos que transportan ya que de ser esta muy elevada puede ocasionar erosión en la parte interna del

tubo por el choque de partículas que pueda llevar consigo el gas natural contra las paredes internas de la tubería.

Tabla 8.

Velocidades permisibles en una red de gas natural.

Velocidad permisible del gas	
Tamaño del filtro (micras)	Máxima velocidad del gas (m/S)
Máximo 250	40
Entre 250 y filtración mínima	La que se determine como apropiada
Sin filtración	20

Nota: Velocidad permisibles tomadas de la NTC 4282.

Analizando los resultados obtenidos en el reporte de tuberías que se encuentra en el Anexo B la velocidad máxima en la instalación es de 24,5 ft/s lo que equivale a 0.72 m/s, esto indica que esta red puede fácilmente operar sin filtración y cumpliría con lo exigido por la norma, para que la tubería no se vea afectada en gran medida, el uso de un filtro para esta red ya sería entonces, definido por el proveedor de los equipos.

8. Selección de medidor y regulador para el centro de medición.

Es importante saber que el servicio de gas natural consta de tres partes que en conjunto hacen posible la prestación del servicio como lo son la acometida, el centro de medición y la instalación interna.

El centro de medición es una de las partes más importantes ya que es en esta sección donde se mide el gas consumido por los equipos y por tanto es decisivo en la facturación que se les realiza a los usuarios, los elementos de mayor cuidado que hacen parte del centro de medición son el regulador y el medidor.

8.1. Regulación.

En esta sección se seleccionará la regulación en el centro de medición además de la segunda etapa de regulación que se necesita en los casinos.

8.1.1. Regulación en el centro de medición.

La regulación es la sección donde la presión recibida de la red es ajustada para satisfacer los parámetros de funcionamiento de los diferentes equipos, para la instalación tratada en este documento, se requiere de un regulador que sea capaz tomar la presión de la red y ajustarla a 25 Psi. Siendo 432,4 m³/h el flujo máximo de la instalación y teniendo en cuenta que Gases del Caribe S.A: E.S.P., en sus diseños siempre busca que el flujo máximo de la instalación represente el 80% de la capacidad máxima de los elementos del centro de medición, se debe tener en cuenta, entonces, que el regulador sea capaz de suministrar 541 m³/h. Otro factor que clave en la selección del regulador es conocer la presión de entrada al mismo, la cual es la misma presión de la red de distribución de donde se conectará el usuario que en este caso será de una red de alta densidad PE100 la cual opera a presiones entre 60 y 145 Psi.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, los parámetros para tener en cuenta para seleccionar el regulador para este usuario son:

- Presión de entrada: 60 Psi.
- Presión de salida: 25 Psi.
- Flujo: 541 m³/hr.

Se elige el límite inferior de la presión de la red de distribución ya que este sería el escenario más crítico que se podría presentar.

Uno de los reguladores más utilizados por la empresa debido a su disponibilidad, confiabilidad y versatilidad para estos usuarios son las válvulas de flujo Axial, AFV por sus siglas en inglés, en el Anexo C se muestra una tabla con los diferentes flujos que puede entregar una AFV300 que es seteada a 10 Psi en la salida con diferentes presiones de entrada y diámetros. De la tabla se puede observar que entre mayor sea la presión en la entrada y mayor sea el diámetro de la AFV su capacidad de flujo va a ir aumentando; Por ejemplo: para el caso de una AFV 2 con una presión de entrada de 50 Psi y 10 Psi en la salida es capaz de entregar 4644 m³/hr, para el caso de estudio de esta monografía los valores de presión son mayores tanto en la entrada como en la salida del ejemplo anterior, por lo tanto se puede asegurar que este regulador sería idóneo para este usuario.

Figura 8.

Válvula de flujo axial AFV.(EAM-TB9509-5.pdf, s. f.)



8.1.2. Segunda etapa de regulación de los casinos.

Debido a que las estufas de los casinos no pueden operar a las presiones registradas en la simulación se debe considerar una segunda etapa de regulación para estas.

Para el correcto funcionamiento de los equipos de los casinos se debe seleccionar un regulador que soporte la presión máxima de operación de esta red que es de 25 Psi, esto suponiendo que los motores no estén en operación y además sea capaz de trabajar a la mínima presión de operación arrojada por la simulación, es decir 16,67 Psi, además debe tener capacidad mínima de 8,2 m³/hr.

Las especificaciones anteriormente mencionadas pueden ser fácilmente proporcionadas por el regulador marca Humcar modelo R50/22 mbar que se muestra en la Figura 9.

Figura 9.

Datos técnicos de regulador de segunda etapa para casinos.(Humcar - Productos, s. f.)



SEGUNDA ETAPA

HASTA DESDE 20 M³/H DESDE 15 HASTA 50 M³



R50 / 22 MBAR

Pe Mín. [Min.Intel Pressure]	0.21bar (3psi)
Pe Máx. [Max.Intel Pressure]	2bar (30psi)
Ps [Outlet Pressure]	22 mbar
Seguridad [Safety]	Valvula de Alivio
Capacidad Nominal [Nominal Capacity]	40,0 m ³ (s)/h GN
Capacidad de Flujo [Flow Capacity]	28m ³ (s)/h GN

Código [Code]	Conexión de Entrada [Input Connector]	Conexión de Salida [Output Connector]
414016	1 NPT h	1 NPT h

8.2. Medición.

En la medición es donde se cuantifica la cantidad de gas que ha sido consumido por el usuario y este puede ser ubicado aguas arriba o aguas abajo de la regulación dependiendo de los requerimientos dependiendo del criterio del diseñador, en esta ocasión el medidor se

ubicará aguas abajo de la regulación, entonces los parámetros para la selección del medidor de este usuario son los siguientes:

- Presión de operación: 25 Psi.
- Flujo: 541 m3/h.

El departamento de ingeniería de Gases del Caribe S.A. E.S.P., ha desarrollado un software para la selección de medidores en el cual se introducen las condiciones de operación y se obtiene el medidor más adecuado, en este caso el medidor que mejor se ajusta para el usuario es un medidor rotatorio de lóbulos G160 como se muestra en la

Figura 10.

Calculadora de medidores (Fuente: Obtenido del área de ingeniería de Gases del Caribe).Figura 10.

Figura 10.

Calculadora de medidores (Fuente: Obtenido del área de ingeniería de Gases del Caribe).

CÁLCULO DE MEDIDOR		Medidor	Diámetro	Qmáx. (m³/hr)	Qmáx. 80% (Sm³/hr)	Qmáx. 100% (Sm³/hr)
Datos de Entrada		G-25	1-1/2"	40	82,48	103,10
Presión atmosférica del sitio (P _{sia}):	14,65	G-40	1-1/2" & 2"	65	134,03	167,54
Flujo en condiciones base (Sm³/hr):	431,5	G-65	2"	100	206,20	257,75
Presión de trabajo del medidor (P _{sig}):	25	G-100	3"	160	329,92	412,40
Temperatura del gas en el medidor (°C):	30	G-160	3"	250	515,51	644,38
Resultados		G-250	4"	400	824,81	1031,01
Factor de corrección:	2,58	G-400	4"	650	1340,31	1675,39
Flujo en condiciones de operación (m³/hr):	167,41	G-650	6"	1000	2062,02	2577,53
Flujo en condiciones de operación + 20% (m³/hr):	200,89					

MEDIDOR ESCOGIDO			
REFERENCIA MEDIDOR SELECCIONADO	DIÁMETRO DEL MEDIDOR	PRESIÓN DE OPERACIÓN DEL MEDIDOR (PSIG)	CAPACIDAD DE FLUJO DEL MEDIDOR AL 80% (Sm³/hr)
G-160	3"	25	515,51
			CUMPLE

En la Figura 11 se muestra el medidor seleccionado.

Figura 11.

Medidor Rotatorio de lóbulos G160 con emisor de pulso.



9. Especificaciones técnicas y métodos constructivos de Gases del Caribe.

Con el fin de dar cumplimiento a todas las normas exigidas por la prestación del servicio de gas natural, Gases del Caribe S.A. E.S.P., ha desarrollado un manual en el cual se describen las especificaciones exigidas por la empresa para la instalación de redes.

9.1. Ventilación de recintos.

De acuerdo con la NTC 3631 los equipos deben ser instalados en un espacio que disponga de 3,4 m³ de aire por cada kw de potencia instalada, en caso de que esto no se cumpla se considera que el recinto es un espacio confinado y se deben realizar aberturas que comuniquen directamente con el exterior.

Existen dos casos populares establecidos en la NTC en mención que consisten en:

- Dos aberturas permanentes una superior y otra inferior que comuniquen directamente al exterior y cada abertura debe tener 6 cm³ por cada kW de potencia instalada.
- Una abertura permanente en la parte superior que comuniquen directamente al exterior y disponga de 11 cm³ por cada kW de potencia instalada.

9.1.1. Recinto de los motores (Casetas).

Las casetas donde se ubicarán los motores tienen unas dimensiones de 12,3mx6,2mx2,8m para un volumen total en el recinto de 213,5 m³ y ambos motores

suman una potencia total de 865 kw de potencia esto quiere decir que necesita un volumen de 2.941 m³.

El recinto no contiene el aire necesario por lo que se requiere ventilación que de acuerdo con los métodos establecidos en la NTC 3631 serían dos aberturas permanentes, una en la parte superior y otra en la parte inferior de 5.190 cm² cada una y la otra opción sería una abertura permanente de 9.515 cm².

Como se observa en la Figura 12 el recinto está delimitado por rejas por lo que no es necesaria la elaboración de las aberturas.

Figura 12.

Casetas donde se ubicarán los motores.



9.1.2. Casinos.

Los recintos de los casinos tienen unas dimensiones de 8mx3,4mx4m para un volumen total de aire de 108,8 m³ y los equipos instalados suman una potencia total instalada de 86,5 kw para una demanda de aire total de 290,7 m³/h.

El recinto no contiene el aire necesario por lo que se requiere ventilación que de acuerdo con los métodos establecidos en la NTC 3631 serían dos aberturas permanentes, una en la parte superior y otra en la parte inferior de 519 cm² cada una y la otra opción sería una abertura permanente de 951,5 cm².

Como se observa en la Figura 13 el recinto es un espacio confinado y se deben realizar las aberturas de acuerdo con lo propuesto en el párrafo anterior, es de libre elección para el usuario.

Figura 13.

Casino 2. Ambos casinos son similares.



9.2. Profundidad de la tubería.

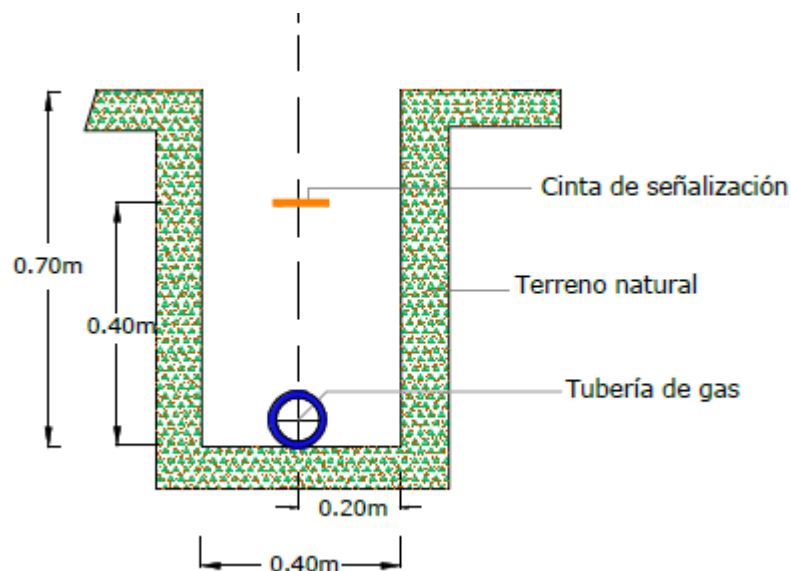
La NTC 2505 en su sección 5.1.1.1 especifica que las internas que se elaboren en tuberías plásticas deben ser instaladas a una profundidad no menor a 46 cm en zonas de tráfico o donde puedan sufrir esfuerzos adicionales, en caso contrario puede ir a 30 cm, por su parte Gases del Caribe tiende sus redes a en zanjas de profundidades mínimas de 70 cm

y en caso de que esta no se pueda cumplir, se debe proteger la red con una pantalla en concreto, la

Figura 14 muestra la ubicación típica de una tubería de polietileno.

Figura 14.

Ubicación típica de una red de polietileno.



9.3. Señalización.

Toda la red enterrada deberá ser señalizada colocando cinta preventiva a 40 cm del fondo de la zanja como se indica en la

Figura 14, la cual indica la presencia de la tubería en caso de que a futuro se realicen excavaciones por terceros sobre el trazado de la instalación.

De igual manera, se instalarán postes de señalización en la superficie a cada 100 metros que indicarán el trazado de la red y serán marcados con “Tubería de Gas” de un lado y “Gases del caribe” en el otro costado, además contarán con el número de contacto en caso de emergencias.

9.4. Limpieza interna de la tubería.

Las redes deben ser limpiadas mediante el uso de espumas antes de colocarlas en operación con el fin de retirar cualquier residuo o impureza producto de la instalación de esta y evitar que estos residuos lleguen a los equipos y puedan provocar un mal funcionamiento.

9.5. Pruebas de hermeticidad.

Las redes deben ser probadas de acuerdo con lo establecido en la NTC 3728 con el fin de garantizar la hermeticidad y la resistencia de la misma, las pruebas para tuberías plásticas consisten en presurizar la red a 1,5 veces la MPOP de la red, que para el caso de las redes de mediana densidad PE80 la MPOP es de 60 Psi, por lo tanto la instalación deberá presurizarse a 90 Psi y la duración establecida por Gases del Caribe para internas con MPOP superior a 20 Psi es de 24 horas, es decir que una vez la red se alcance los 90 Psi, esta deberá mantener la presión durante 24 horas, si se llegase a caer la presión esto indicaría que hay alguna falla en la red.

10. Costos asociados a la construcción de la red interna de gas natural.

En la sección 7.1 de este documento se relacionan las cantidades de tubería a instalar a las cuales se les realizará el análisis de los precios unitarios por unidad constructiva.

Estos precios unitarios incluyen diversas actividades, como el traslado de la tubería a la obra, limpieza de la zona o desmonte, excavaciones, termofusión y tendido de la tubería y accesorios, tape, compactación, señalización, limpiezas de la tubería, pruebas a la tubería, reparación de afectaciones, protecciones contra esfuerzos adicionales que se puedan presentar, empalmes de lingadas, gasificación y puesta en servicio, entre otras.

Una vez identificadas las actividades y materiales necesarios para la construcción de la red, se procede a realizar el cálculo aproximado de los costos para realizar la cotización, se debe saber que una cotización para prestar servicio de gas natural se divide en dos tipos de trabajo que son el cargo por conexión que comprende lo que es la acometida y el centro de medición del usuario y la instalación interna, que comprende toda la tubería que va desde la salida del centro de medición hasta los puntos finales de consumo. La cotización de esta monografía comprende el trabajo de la instalación interna y del cargo por conexión solo contempla medidor y regulación del centro de medición.

Tabla 9. Cotización con el costo total de la instalación interna del usuario.

Tipo de Trabajo	Código Item	Tipo Item	Descripción Item	Costo Venta	Cantidad	AIU	Precio Total	IVA	Valor total
CARGO POR CONEXIÓN INDUSTRIAL	10004146	EQUIPO	MEDID 200 M3H ROT 20 BAR ANSI150 G160 EP	\$ 6.403.786	1	\$ 1.600.947	\$ 8.004.733	\$ -	\$ 8.004.733
CARGO POR CONEXIÓN INDUSTRIAL	10000988	EQUIPO	REGULADOR AFV 14640 M3H D 2" ANSI 300	\$ 8.892.800	1	\$ 2.223.200	\$ 11.116.000	\$ -	\$ 11.116.000
CARGO POR CONEXIÓN INDUSTRIAL	100005933	ACTIVIDAD	INSTALACION DE REGULADOR PRIMERA ETAPA (USUARIO ESPECIAL)	\$ 32.640	1	\$ 8.160	\$ 40.800	\$ -	\$ 40.800
CARGO POR CONEXIÓN INDUSTRIAL	100005935	ACTIVIDAD	INSTALACION DE MEDIDOR	\$ 63.118	1	\$ 15.780	\$ 78.898	\$ -	\$ 78.898
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	100005923	ACTIVIDAD	INSTALACION DE TUBERIA POLIETILENO 2"	\$ 22.191	2575	\$ 14.285.456	\$ 71.427.281	\$ 1.357.118	\$ 72.784.400
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	100005920	ACTIVIDAD	INSTALACION DE TUBERIA POLIETILENO	\$ 20.531	800	\$ 4.106.200	\$ 20.531.000	\$ 390.089	\$ 20.921.089
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	100005926	ACTIVIDAD	INSTALACION DE TUBERIA POLIETILENO	\$ 23.850	3495	\$ 20.838.938	\$ 104.194.688	\$ 1.979.699	\$ 106.174.387
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	100005934	ACTIVIDAD	INSTALACION DE REGULADOR SEGUNDA ETAPA	\$ 57.933	1	\$ 14.483	\$ 72.416	\$ 1.376	\$ 73.792
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	100005936	ACTIVIDAD	INSTALACION MANOMETRO COMERCIAL	\$ 203.369	10	\$ 508.423	\$ 2.542.113	\$ 48.300	\$ 2.590.413
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	100000671	ACTIVIDAD	DISEÑO E INGENIERIA	\$ 5.000	57	\$ 71.250	\$ 356.250	\$ 6.769	\$ 363.019
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	100005948	ACTIVIDAD	INSTALACION ELEVADOR	\$ 30.676	10	\$ 76.690	\$ 383.450	\$ 7.286	\$ 390.736
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	100006613	ACTIVIDAD	REVISION INSTALACIONES INDUSTRIALES (ESPECIAL)	\$ 5.000	250	\$ 312.500	\$ 1.562.500	\$ 29.688	\$ 1.592.188
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10004330	MATERIAL	ELEVADOR HIERRO GALV D 2" IPS X2" NPTM	\$ 142.000	5	\$ 177.500	\$ 887.500	\$ 16.863	\$ 904.363
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10006848	MATERIAL	ELEVADOR HIERRO GALV D3/4" IPSX3/4" NPTM	\$ 18.000	2	\$ 9.000	\$ 45.000	\$ 855	\$ 45.855
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10001007	MATERIAL	VALVULA CR D 3/4" NPT-HX150 LB	\$ 13.501	2	\$ 6.751	\$ 33.753	\$ 641	\$ 34.394
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10005013	MATERIAL	VALVULA CR D 2" NPTH X 150 LB	\$ 90.411	5	\$ 113.014	\$ 565.069	\$ 10.736	\$ 575.805
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10005701	MATERIAL	SILLETA AUTOPER PE80 D 2"X3/4" IPS TERM	\$ 40.137	2	\$ 20.069	\$ 100.343	\$ 1.907	\$ 102.249
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10000876	MATERIAL	TEE PE80 D 4" IPS TOPE	\$ 102.126	3	\$ 76.595	\$ 382.973	\$ 7.276	\$ 390.249
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10000736	MATERIAL	REDUC PE80 D 4" IPS x 2" IPS RDE 11 TOPE	\$ 49.754	4	\$ 49.754	\$ 248.770	\$ 4.727	\$ 253.497
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10000931	MATERIAL	TUBERIA PE80 2" IPS RDE11 AMARILLA MD	\$ 10.721	2575	\$ 6.901.644	\$ 34.508.219	\$ 655.656	\$ 35.163.875
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10000933	MATERIAL	TUBERIA PE80 3/4" IPS RDE11 AMARILLA MD	\$ 2.059	800	\$ 411.800	\$ 2.059.000	\$ 39.121	\$ 2.098.121
CONSTRUCCION DE INSTALACION INTERNA	10000934	MATERIAL	TUBERIA PE80 4" IPS RDE11 AMARILLA MD	\$ 30.408	3495	\$ 26.568.990	\$ 132.844.950	\$ 2.524.054	\$ 135.369.004
TOTAL						\$ 78.397.141	\$ 391.985.703	\$ 7.082.160	\$ 399.067.863

Nota: Valores obtenidos de la lista de costos de servicios nuevos de Gases del Caribe.

Finalmente se obtiene que el diseño y construcción de la instalación tendría un costo total de \$399.067.863 COP.

Como comentarios adicionales la instalación se debe certificar por un organismo competente con el fin de garantizar la calidad y buen funcionamiento de la red.

En la cotización se mencionan 6 elevadores y 6 válvulas CR de 2 pulgadas y 2 elevadores y 2 válvulas CR de $\frac{3}{4}$ pulgadas, estas son necesarias para hacer la transición de la tubería plástica a la tubería de acero con la que se realizará la conexión a los equipos correspondientes.

Conclusiones

La continuidad en la prestación de un servicio mejora la confiabilidad y viabilidad de la operación de las empresas y este es el caso de uso del gas natural como combustible ya que al ser transportado por medio de tuberías directamente desde los pozos de producción se garantiza la continuidad en el negocio, bajo este criterio se le da más estabilidad en la producción empresa bananera.

Las industrias le están dando importancia a la competitividad medio ambiental y buscan reducir los residuos que pueden producir durante el desarrollo de su operación esto ha implicado el reemplazo de algunos de sus equipos por otros que emplean al gas natural como combustible y esto ha traído consigo una expansión de las redes de distribución para garantizar la competitividad industrial.

Comprender las normas y legislaciones para el diseño de redes internas para usuarios industriales, son claves para garantizar la adecuada ejecución de cada una de las fases de construcción de una instalación con propósito de suministrar gas natural y así ofrecer una red de calidad, segura y totalmente funcional.

Se georreferenciaron los puntos en donde serían ubicados los equipos que funcionarán con gas natural como combustible y mediante la potencia y especificaciones de los equipos se logró definir las condiciones de operación y los flujos de cada equipo que fueron esenciales para llegar a un diseño óptimo de la instalación interna de gas natural del usuario y de la misma manera definieron la selección de los elementos de medición y regulación del centro de medición del usuario.

Finalmente se elaboró un presupuesto de los costos de construcción de la instalación de gas natural del usuario teniendo en cuenta las actividades y materiales necesarios para la ejecución del proyecto.

Esto último puede servir al usuario para realizar un estudio de la inversión que debe hacer y de acuerdo con la tarifa ofertada evaluar el retorno de la inversión y la viabilidad del proyecto para el usuario.

Recomendaciones.

El diseño de una instalación de gas natural es de cuidado ya que es un fluido combustible y por lo tanto tiene un nivel de riesgo considerable, es por esta razón que el diseñador es el responsable y debe saber elegir los componentes que más se adapten al propósito de la red, debe tener claros los criterios de ingeniería teniendo en cuenta calidad y seguridad.

La elección de la ecuación de flujo para el diseño de una instalación tiene un papel importante en el desarrollo de un diseño ya que esta es la que determinará si es o no viable la utilización de ciertas tuberías.

Cuando se requieran instalaciones de gran longitud como fue el caso de este proyecto se recomienda el uso de tuberías plásticas con el fin de reducir costos para el usuario, esto siempre y cuando las excavaciones no sean un problema.

Las memorias de cálculo de los diseños deben ser en lo posible revisadas por un tercero, para dar más confiabilidad ya que el mismo diseñador no debería ser juez y parte del diseño.

Se debe realizar un estudio económico del gas natural con respecto al Diesel teniendo en cuenta la inversión inicial en redes y compra de equipos y los tiempos de recuperación de inversión.

ANEXOS

Anexo A. Reporte de Nodos de la simulación de la instalación.

Rec #	Node Name	Pressure	Pressure Units	Pressure Known	Base Load	Load Units	Elevation, Meters	Atm Pressure, Psi	Temperature, Fahrenheit	Temperature, Known	Specific Gravity	Viscosity, Lbm/Ft-sec	Heating Value, Btu/cf	Specific Heat	Properties Known	X Coordinate, Meters	Y Coordinate, Meters
1	CM	25.00	Psi	Yes	432.4	M ³ /hr	50	14.50	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1051205.8	1
2*	T4.3	21.02	Psi	No	0.0	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1052473.5	1
3*	T4.1	22.21	Psi	No	0.0	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1051371.4	1
4*	Motores Flotantes	21.30	Psi	No	-83.2	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1051335.1	1
5*	T4.2	21.03	Psi	No	0.0	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1052461.1	1
6*	Caseta 1	21.00	Psi	No	-83.2	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1052464.9	1
7*	Caseta 3	19.72	Psi	No	-83.2	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1052538.6	1
8*	Caseta 2	17.80	Psi	No	-83.2	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1053564.0	1
9*	T4.4	21.62	Psi	No	0.0	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1051933.6	1
10*	Caseta 4	21.59	Psi	No	-83.2	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1051933.6	1
11*	T2.1	19.72	Psi	No	0.0	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1052596.3	1
12*	Casino 1	19.44	Psi	No	-8.2	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1052674.4	1
13*	T2.2	17.80	Psi	No	0.0	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1053558.6	1
14*	Casino 2	16.67	Psi	No	-8.2	M ³ /hr	50	0.00	80.0	Yes	0.565	0.0000072	1003.80	1.310	Yes	1054047.4	1

Anexo B. Reporte de tubería de la simulación de la instalación.

Pipe Data Report...																			
Hydraulic											Attribute								
Rec #	From Node	To Node	ID Number	Element Type	Equation	Size/Type	Length Units	Length	Total Efficiency, Decimal	Flow Rate	Flow Units	Velocity, Feet/sec	Reynolds Number	Inlet Pressure	Outlet Pressure	Total Drop	Average Pressure	Pressure Units	Z Factor
1*	CM	T4.1	1	Pipe	IGT-Improved 4P	4P	Meters	1968.5	0.95	15268.0	M ³ /h	24.5	106953	25.00	22.21	2.8	23.6	Psi	0.995484
2*	T4.1	T4.4	2	Pipe	IGT-Improved 4P	4P	Meters	579.8	0.95	12330.3	M ³ /h	20.1	86374	22.21	21.62	0.6	21.9	Psi	0.995680
3*	T4.1	Motors	3	Pipe	IGT-Improved 2P	2P	Meters	511.4	0.95	2937.8	M ³ /hr	17.8	39532	22.21	21.30	0.9	21.8	Psi	0.995699
4*	T4.2	T4.3	4	Pipe	IGT-Improved 4P	4P	Meters	12.4	0.95	6454.7	M ³ /h	10.7	45215	21.03	21.02	0.0	21.0	Psi	0.995785
5*	T4.2	Caseta 1	5	Pipe	IGT-Improved 2P	2P	Meters	16.2	0.95	2937.8	M ³ /h	18.0	39532	21.03	21.00	0.0	21.0	Psi	0.995786
6*	T4.3	T2.1	6	Pipe	IGT-Improved 2P	2P	Meters	595.0	0.95	3227.3	M ³ /h	20.5	43428	21.02	19.72	1.3	20.4	Psi	0.995862
7*	T4.3	T2.2	7	Pipe	IGT-Improved 2P	2P	Meters	1431.0	0.95	3227.3	M ³ /h	21.7	43428	21.02	17.80	3.2	19.4	Psi	0.995972
8*	T4.4	T4.2	8	Pipe	IGT-Improved 4P	4P	Meters	926.1	0.95	9392.5	M ³ /h	15.5	65794	21.62	21.03	0.6	21.3	Psi	0.995750
9*	T4.4	Caseta 4	9	Pipe	IGT-Improved 2P	2P	Meters	20.8	0.95	2937.8	M ³ /h	17.7	39532	21.62	21.58	0.0	21.6	Psi	0.995717
10*	T2.1	Caseta 3	10	Pipe	IGT-Improved 4P	4P	Meters	2.4	0.95	2937.8	M ³ /h	5.0	20579	19.72	19.72	0.0	19.7	Psi	0.995939
11*	T2.1	Casino 1	11	Pipe	IGT-Improved 3/4P	3/4P	Meters	165.9	0.95	289.5	M ³ /h	9.9	9022	19.72	19.44	0.3	19.6	Psi	0.995955
12*	T2.2	Caseta 2	12	Pipe	IGT-Improved 4P	4P	Meters	5.5	0.95	2937.8	M ³ /h	5.3	20579	17.80	17.80	0.0	17.8	Psi	0.996166
13*	T2.2	Casino 2	13	Pipe	IGT-Improved 3/4P	3/4P	Meters	633.7	0.95	289.5	M ³ /h	10.8	9022	17.80	16.67	1.1	17.2	Psi	0.996231

Close This Report

Close All Reports

Anexo C. Capacidad de flujo de una AFV300 con presión de salida a 10 Psi

Axial Flow Valve Capacity Performance

300 Series
Set Point 10 PSIG (0.69 bar)

MSCFH (m³/h) 0.60 specific gravity
gas at 60°F and 14.7 PSIA (20°C and
1.02 bar)

Axial Flow Valve Capacity MSCFH (m³/h)

Inlet PSIG (bar)	2"R10	2"R25	2"R50	2"	3"	4"	6"	8"	12"
50 (3)	17.4 (493)	40.1 (1136)	78.9 (2234)	164 (4644)	303 (8580)	513 (14,527)	732 (20,728)	1203 (34,065)	2805 (79,429)
100 (7)	30.9 (875)	71.3 (2019)	140 (3964)	290 (8212)	537 (15,206)	909 (25,740)	1298 (36,755)	2133 (60,400)	4972 (140,791)
200 (14)	57.8 (1637)	133 (3766)	262 (7419)	543 (15,376)	1004 (28,430)	1701 (48,167)	2430 (68,810)	3992 (113,041)	9305 (263,488)
300 (21)	84.7 (2398)	195 (5522)	383 (10,845)	796 (22,540)	1472 (41,682)	2493 (70,594)	3561 (100,836)	5851 (165,682)	13,639 (386,214)
400 (28)	112 (3171)	258 (7306)	505 (14,300)	1048 (29,676)	1940 (54,935)	3285 (93,021)	4693 (132,891)	7710 (218,323)	17,973 (508,939)
500 (34)	139 (3936)	320 (9061)	627 (17,755)	1301 (36,840)	2407 (68,159)	4077 (115,448)	5825 (164,946)	9569 (270,964)	22,306 (631,636)
600 (41)	165 (4672)	382 (10,817)	749 (21,209)	1554 (44,004)	2875 (81,411)	4869 (137,875)	6956 (196,972)	11,428 (323,605)	26,640 (754,361)
740 (51)	203 (5748)	469 (13,281)	919 (26,023)	1908 (54,029)	3530 (99,958)	5978 (169,278)	8540 (241,826)	14,031 (397,314)	32,707 (926,159)

Anexo D. Lista de costos de servicios nuevos 2022.

Ítem	Costo
100008024 - KITS COVID-19 BASE ADMINISTRATIVA	192.780,00
100008023 - KITS COVID-19	2.678,00
100006681 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO MAYOR O IGUAL 3" ZONA VERDE SIN EXCAVACIÓN	15.399,00
100006680 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO 2" ZONA VERDE SIN EXCAVACIÓN	14.115,00
100006679 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO MENOR A 2" ZONA VERDE SIN EXCAVACIÓN	13.260,00
100006467 - DISPOSITIVO MÓVIL	124.632,00
100005951 - ROTURA ADICIONAL CONCRETO ESPECIAL (CON COMPRESOR)	73.021,00
100005950 - ROTURA ADICIONAL CONCRETO	28.316,00
100005949 - EXCAVACIÓN PARA CONEXIÓN A TRONCAL	25.317,00
100005948 - INSTALACIÓN DE ELEVADOR	30.676,00
100005947 - CONSTRUCCIÓN DE POLIVALVULA MAYOR O IGUAL 2" TAPA CONCRETO	482.540,00
100005946 - CONSTRUCCIÓN DE POLIVALVULA MAYOR O IGUAL 2" TAPA METALICA	606.285,00
100005945 - CONSTRUCCIÓN DE POLIVALVULA MENOR 2" TAPA CONCRETO	455.925,00
100005944 - CONSTRUCCIÓN DE POLIVALVULA MENOR 2" TAPA METÁLICA	532.835,00
100005943 - INSTALACIÓN DE REJILLA COMERCIAL - AL 1000	211.559,00
100005942 - INSTALACIÓN DE REJILLA COMERCIAL - AL 800	158.030,00
100005941 - INSTALACIÓN DE REJILLA COMERCIAL - AC 630	149.763,00

100005940 - INSTALACIÓN DE REJILLA COMERCIAL - AL 425	136.295,00
100005939 - INSTALACIÓN DE REJILLA COMERCIAL - AC 250	92.771,00
100005938 - INSTALACIÓN REJILLA RESIDENCIAL PARA USUARIO COMERCIAL	41.435,00
100005937 - INSTALACIÓN FILTRO	44.013,00
100005936 - INSTALACIÓN MANOMETRO COMERCIAL	46.677,00
100005935 - INSTALACIÓN DE MEDIDOR	51.093,00
100005934 - INSTALACIÓN DE REGULADOR SEGUNDA ETAPA	57.933,00
100005933 - INSTALACIÓN DE REGULADOR PRIMERA ETAPA (USUARIO ESPECIAL)	357.610,00
100005932 - INSTALACIÓN DE REGULADOR PRIMERA ETAPA	63.177,00
100005931 - INSTALACIÓN DE TUBERÍA PE-AL-PE MAYOR O IGUAL 1"	14.244,00
100005930 - INSTALACIÓN DE TUBERÍA PE-AL-PE MENOR 1"	7.198,00
100005929 - PUNTO DE TABLERO 3/4" - 2"	26.891,00
100005928 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO MAYOR O IGUAL 3" CONCRETO ESPECIAL	63.415,00
100005927 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO MAYOR O IGUAL 3" CONCRETO	56.429,00
100005926 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO MAYOR O IGUAL 3" ZONA VERDE	23.850,00
100005925 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO 2" CONCRETO ESPECIAL	58.529,00
100005924 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO 2" CONCRETO	50.983,00
100005923 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO 2" ZONA VERDE	22.191,00
100005922 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO MENOR 2" CONCRETO ESPECIAL	51.996,00
100005921 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO MENOR 2" CONCRETO	45.729,00
100005920 - INSTALACIÓN DE TUBERIA POLIETILENO MENOR 2" ZONA VERDE	20.531,00
100005919 - ELABORACIÓN DE PLANOS DE INTERNA INDUSTRIALES Y COMERCIALES	272.549,00
100005918 - ELABORACIÓN DE PLANOS DE ACOMETIDA INDUSTRIALES Y COMERCIALES	281.342,00
100005917 - ELABORACIÓN DE PLANOS MULTIFAMILIARES	492.348,00
100005916 - CONEXIÓN DE GASODOMESTICO	18.469,00
100005915 - PUNTO DE CONSUMO 1216	35.485,00
100005914 - PUNTOS DE CONSUMO 2025	56.759,00
100005913 - PUNTO DE CONSUMO 1620	43.033,00
100005912 - PUNTO DE CONSUMO GALVANIZADO 2 "	102.094,00
100005911 - PUNTO DE CONSUMO GALVANIZADO 1 1/2 "	80.064,00
100005910 - PUNTO DE CONSUMO GALVANIZADO 1"	43.527,00
100005909 - PUNTO DE CONSUMO GALVANIZADO 3/4"	34.259,00
100005908 - PUNTO DE CONSUMO GALVANIZADO 1/2"	29.432,00
100005907 - CENTRO DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN MULTIFAMILIARES (INTERNA CONSTRUIDA POR TERCERO)	88.032,00

100005906 - ACOMETIDA MULTIFAMILIARES	133.930,00
100005905 - CONSTRUCCIÓN DE TABLERO DE MEDIDORES MULTIFAMILIARES	48.859,00
100005904 - CENTRO DE MEDICIÓN MULTIFAMILIAR	52.710,00
100005903 - ACOMETIDA MULTIFAMILIAR	111.243,00
100005902 - INTERNA MULTIFAMILIAR, COMERCIAL E INDUSTRIAL GALVANIZADO MAYOR O IGUAL 1"	27.778,00
100005901 - INTERNA MULTIFAMILIAR, COMERCIAL E INDUSTRIAL GALVANIZADO MENOR 1"	14.066,00
100005900 - INTERNA MULTIFAMILIAR PE-AL-PE MAYOR O IGUAL 1"	6.059,00
100005899 - INTERNA MULTIFAMILIAR PE-AL-PE MENOR 1"	5.999,00
100005898 - INTERNA MULTIFAMILIAR VIPA/VIS	10.047,00
100005897 - CENTRO DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN UNIFAMILIAR - (INTERNA CONSTRUIDA POR TERCERO)	86.255,00
100005896 - ACOMETIDA UNIFAMILIAR - (INTERNA CONSTRUIDA POR TERCERO)	144.317,00
100005895 - CENTRO DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN UNIFAMILIAR	80.685,00
100005894 - ACOMETIDA UNIFAMILIAR	129.596,00
100005131 - REJILLA CENTRO DE MEDICIÓN MULTIFAMILIARES	5.000,00
100005130 - TRABAJOS ESPECIALES EN INTERNA	5.000,00
100004405 - INTERNA UNIFAMILIAR	180.714,00

Bibliografía

Alejandro—Resolución 67 de 1995 CREG. (s. f.). Recuperado 15 de mayo de 2022, de

https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0067_1995.htm

Cat, Caterpillar. (2012). *G3306B TA Gas Petroleum Engine.*

EAM-TB9509-5.pdf. (s. f.). Recuperado 1 de mayo de 2022, de

<https://www.honeywellgasdepot.com/media/catalog/category/specifications/EAM-TB9509-5.pdf>

Extracol_Cat.pdf. (s. f.). Recuperado 30 de abril de 2022, de

https://extracol.com/wp-content/uploads/2021/06/CAT_GAS.pdf

García, Y. E. C. (2018). *GUÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE GAS NATURAL PARA USO INDUSTRIAL, APLICANDO LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA.* 104.

Gas natural Normas y Mas—NTC 3728. (s. f.). Recuperado 14 de septiembre de 2021, de <https://sites.google.com/view/gasnaturalnormasymasnc/normas-tecnicas/ntc-3728>

Gas natural Normas y Mas—NTC 3838. (s. f.). Recuperado 14 de septiembre de 2021, de <https://sites.google.com/view/gasnaturalnormasymasnc/normas-tecnicas/ntc-3838>

Humcar—Productos. (s. f.). Recuperado 1 de mayo de 2022, de https://www.humcar.com/productos/es/index/descripcion_gas_natural/32

Icontec. (2011). *Ventilación de recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gases combustibles para uso doméstico, comercial e industrial.*

Ntc 4282 Instalaciones Industriales—PDF Free Download. (s. f.). Qdoc.Tips. Recuperado 25 de agosto de 2021, de <https://qdoc.tips/ntc-4282-instalaciones-industriales-pdf-free.html>

Reseña Histórica—Gases del Caribe S. A. (2019, enero 11).

<https://gascaribe.com/resena-historica/>

RESOLUCION 90902 DE 2013. (s. f.). Recuperado 14 de septiembre de 2021, de [http://www.suin-juriscal.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/4038027?fn=document-frame.htm\\$f=templates\\$3.0](http://www.suin-juriscal.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/4038027?fn=document-frame.htm$f=templates$3.0)

Rugeles, L. M. F. (2016). *ELABORACIÓN DE UNA GUÍA TÉCNICA PARA LA PUESTA EN SERVICIO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL EN TUBERÍA DE POLIETILENO, BASADO EN LAS BUENAS PRÁCTICAS Y NORMATIVIDAD TÉCNICA COLOMBIANA.* 66.

Wang, Y., Lan, H., Meng, T., Wang, B., Guo, D., & Zhuang, L. (2021). Pressure Effects on the Lifetime of Gas High Density Polyethylene Pipes. *Journal of Pressure Vessel Technology*, 144(2). <https://doi.org/10.1115/1.4051615>

Yu, W., Huang, W., Wen, Y., Li, Y., Liu, H., Wen, K., Gong, J., & Lu, Y. (2021). An integrated gas supply reliability evaluation method of the large-scale and complex natural gas pipeline network based on demand-side analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 212, 107651. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107651>