

DISEÑO DE UN GASODUCTO ENTRE AGUAZUL Y MANÍ, DEPARTAMENTO DE CASANARE

YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARACIN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA
2022**

YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN

monografía presentada para optar al título de:

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL GAS

Director

ARISTÓBULO BEJARANO WALLENS

Ingeniero de petróleos

Magister en gestión tecnológica aplicada a la industria del petróleo

BUCARAMANGA

2022

Dedico este trabajo a Dios quien me brinda sabiduría y resiliencia en cada una de las etapas de mi vida, a mis padres quienes siempre han sido mi apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la universidad industrial de Santander por la disponibilidad de la información necesaria para la realización de la presente monografía, a mi director el ingeniero Aristóbulo Bejarano Wallens y al ingeniero Helí Padilla quienes me orientaron y guiaron durante este proceso. A la empresa de energía de Casanare ENERCA S.A.E.S.P. por suministrarme la información necesaria para los procesos de análisis y de ingeniería.

RESUMEN

El presente documento contiene el estudio de un sistema de transporte de gas natural realizado para la localidad del municipio de Maní, Casanare como alternativa a una problemática presentada en la actualidad la cual impide el transporte de gas natural por red. Mediante esta investigación se busca desarrollar los cálculos hidráulicos dando cumplimiento a los procedimientos normativos en el territorio nacional de Colombia y haciendo uso de datos estadísticos se busca optimizar el gasoducto con la finalidad de que trabaje con un alto porcentaje de eficiencia.

Este análisis se hará mediante datos estadísticos de fuentes nacionales las cuales serán importantes para la estimación de demandas futuras y que mediante modelos matemáticos y estadísticos se establecerán las condiciones del sistema el cual tendrá como aplicación el uso del software especializado para análisis de sistemas de tuberías de Gas Natural (GASWORKS). Esto con el fin de generar una alternativa de un sistema de transporte el cual sería la solución a una problemática local.

Los análisis de resultados de la presente investigación serán mostrados durante el transcurso de la misma donde se podrán evidenciar los procedimientos realizados que tienen como efecto un diseño optimizado de un sistema de transporte que se ajusta a una ingeniería básica y conceptual.

ABSTRACT

This document contains that of a natural gas transportation system carried out for the town of the municipality of Maní, Casanare as an alternative study to a problem currently presented which prevents the transportation of natural gas by network. This research seeks to develop hydraulic procedures in compliance with regulatory procedures in the national territory of Colombia and using statistical data to optimize the gas pipeline in order to work with a high percentage of efficiency.

This analysis will be done through statistical data from national sources which will be important for the estimation of future demands and that through mathematical and statistical models the conditions of the system will be established, which will have as an application the use of specialized software for analysis of Natural Gas piping systems (GAS WORKS). This in order to generate an alternative transport system which would be the solution to a local problem.

The analysis of the results of the present investigation will be shown during the course of the same where it will be possible to demonstrate the procedures carried out that have the effect of an optimized design of a transport system that adjusts to a basic and conceptual engineering.

TABLA DE CONTENIDO

1	OBJETIVOS	4
1.1	Objetivo general	4
1.2	Objetivos específicos.....	4
2	MARCO DE REFERENCIA	5
2.1	Marco legal.....	5
2.2	Marco teórico	6
2.2.1	Empresa	6
2.2.2	Usos del gas natural.....	6
2.2.3	Sector residencial	7
2.2.4	Sector comercial	7
2.2.5	Sector industrial.....	7
2.2.6	Sector Transporte vehicular (GNVC).....	7
2.2.7	Sector Termoeléctrico	7
2.2.8	Red de acometida	7
2.2.9	City Gate	8
2.2.10	Cruce especial	8
2.2.11	Red troncal	8
2.2.12	Anillos de distribución.....	8
2.2.13	Gas Natural.....	8
2.2.14	Gasoducto	8
2.2.15	Línea base ambiental	8
2.2.16	Matriz de selección	8
2.2.17	Accesorios	8
2.2.18	Gas o gases combustibles.....	9
2.2.19	Gasodoméstico.....	9
2.2.20	Instalación para suministro de gas.....	9
2.2.21	Líneas matrices.....	9
2.2.22	Medidor de volumen.....	9
2.2.23	Regulador de presión	9
2.2.24	Poder calorífico	9
2.2.25	Polietileno	10
2.2.26	Presión (unidad de medida)	10
2.2.27	Presión nominal de suministro	10
2.2.28	Red interna.....	10
2.2.29	Válvula.....	10
2.2.30	Válvula de acometida.....	10
2.2.31	Válvula de acometida.....	11
2.2.32	Válvula principal	11
2.2.33	Termofusión a Tope	11
2.2.34	Termofusión a Socket.....	11
2.2.35	Fusión con silleta.....	11

3	PARAMETROS DE DISEÑO, CRITERIOS DE DISEÑO, ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED	12
3.1.1	La tubería	12
3.1.2	Tuberías en polietileno	12
3.1.3	Accesorios	13
3.1.4	Accesorios en polietileno	13
3.1.5	Elevadores (transitomas)	14
3.1.6	Ecuaciones o fórmulas para el cálculo de redes de gasoducto	14
4	IDENTIFICACIÓN DE LA DEMANDA	15
4.1.1	Estimación de la demanda	15
4.1.2	Métodos de calculo	15
4.1.3	Método Aritmético	16
4.1.4	Método Geométrico	16
4.1.5	Método Exponencial	17
4.1.6	Población beneficiada	18
4.1.7	Proyección de población mediante el método Aritmético	18
4.1.8	Proyección de población mediante el método Geométrico	18
4.1.9	Resumen de las proyecciones	19
5	POTENCIAL DE USUARIOS Y PROYECCIONES	21
6	CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO	23
6.1.1	Cálculo del número de suscriptores a atender en el año 2041	23
6.1.2	Caudal de diseño	24
6.1.3	Conclusión metodológica del caudal de diseño.	28
7	ALTERNATIVAS DE TRAZADO	28
7.1.1	Alternativa 1.	28
7.1.2	Alternativa 2.	29
7.1.3	Alternativa 3.	30
8	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	32
8.1.1	Topografía, pendiente, criterios de evaluación	32
8.1.2	Aspectos ambientales	34
8.1.3	Aspectos socioeconómicos y arqueológicos	35
8.1.4	Aspectos constructivos	36
8.1.5	Matriz de selección	36
9	PARAMETROS DE LA INGENERÍA DE DISEÑO	37
9.1.1	Criterios de diseño	37
9.1.2	Clase de localidad	37
9.1.3	Calidad del gas	38
9.1.4	Presiones de operación permisibles	39
9.1.5	Gravedad específica del gas	40
9.1.6	Condiciones estándar para el gas natural	40
9.1.7	Ecuación a implementar	40
9.1.8	Velocidad del gas	41

9.1.9	Ecuación de pérdida de presión en la red	x 42
10	CALCULOS DE LA INGENIERÍA DE DISEÑO	42
10.1.1	Análisis operacional.....	42
10.1.2	Parámetros de diseño	42
10.1.3	Cromatografía del Gas.....	43
10.1.4	Cálculo mediante el software Gasworks	43
10.1.5	Reporte de cálculos.....	45
10.1.6	Análisis de válvulas de seccionamiento:	46
10.1.7	Cálculo del espesor mínimo por presión tubería de polietileno	47
10.1.8	Selección de la tubería	49
11	ANALISIS CONSTRUCTIVO	49
11.1.1	Ubicación de la tubería	49
11.1.2	Intersección con otras redes	50
12	ANALISIS FINANCIERO	50
12.1.1	Costos constructivos	50
13	CONCLUSIONES	52
14	RECOMENDACIONES	54
15	REFERENCIAS.....	55
16	ANEXOS.....	56
17	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	57
18	PLANOS DE DISEÑO	70

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Tubería en polietileno para gas. Fuente: (Extrucol industria colombiana, s/f).....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2. Accesorios en polietileno para gas. Fuente: (Extrucol industria colombiana, s/f).....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3. Transistomas y elevadores para gas. Fuente: (Extrucol industria colombiana, s/f).....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4. Gráfico de proyección de población del municipio de Maní.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5. Consumo total del año 2021 por estratos del municipio de Maní.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6. Personas por hogar año 2018 del municipio de Maní. Fuente (Departamento Nacional de Estadística, s/f).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Curva de consumo residencial y comercial del municipio de Maní.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8. Alternativa 1. Fuente Google Earth.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9. Perfil de elevación del terreno Alternativa 1. Fuente Google Earth.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Alternativa 2. Fuente Google Earth.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11. Perfil de elevación del terreno Alternativa 2. Fuente Google Earth.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12. Alternativa 3. Fuente Google Earth.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 13. Perfil de elevación del terreno Alternativa 3. Fuente Google Earth.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 14. Clase de localización.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 15. Entrada cromatografía. Fuente Software GASworks.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 16. Cálculo de las condiciones principales del gas. Fuente Software GASworks.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 17. Selección de la ecuación. Fuente Software GASworks.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 18. Ingreso de los datos de consumo, elevaciones y presiones de operación. Fuente Software GASworks.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 19. Node Model Data Report. Fuente Software GASworks.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 20. Pipe Model Data Report. Fuente Software GASworks.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 21. Selección de la tubería</i>	<i>49</i>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad legal aplicable.	5
Tabla 2. Métodos de cálculo permitidos según el Nivel de Complejidad del Sistema.....	15
Tabla 3. Asignación del nivel de complejidad.	16
Tabla 4. Población censada en el municipio de Maní.	18
Tabla 5. Cálculo de la población posteriores al año 2018.....	19
Tabla 6. Historial de consumos anuales y tipos de usuarios en el municipio de Maní, Casanare..	22
Tabla 7. Consumo medio por estratos año 2010.	23
Tabla 8. Descripción de los datos base para el cálculo del caudal de demanda.....	25
Tabla 9. Datos de la curva de consumo.	26
Tabla 10. Criterios de ponderación	32
Tabla 11. Geomorfología, Criterios de evaluación	33
Tabla 12. Criterios de evaluación Ambiental.....	34
Tabla 13. Criterios de evaluación socioeconómicos y arqueológicos.....	35
Tabla 14. Ponderación de acuerdo a cada kilómetro de red de gasoducto.	36
Tabla 15. Análisis del riesgo de cada ruta.....	36
Tabla 16. Tipo de localización	38
Tabla 17. Calidad del gas.	39
Tabla 18. MPOP según sistema de tubería y clase de usuario.....	39
Tabla 19. Velocidad permisible del gas.....	41
Tabla 20. Cromatografía del gas del City Gate Aguazul.	43
Tabla 21. Separación máxima de las válvulas de seccionamiento para líneas de transporte y líneas primarias.	46
Tabla 22. Localización de válvulas de seccionamiento del gasoducto Aguazul- Maní.....	47
Tabla 23. Espesor mínimo calculado para la tubería de PE.	48
Tabla 24. Espesor mínimo establecido por la norma NTC 1746 para la tubería de PE.	48
Tabla 25. Distanciamiento mínimo en cruces con otras redes de servicios públicos para la tubería de PE.	50
Tabla 26. Presupuesto de obra.....	51

INTRODUCCIÓN

El día 22 de noviembre del 2020, la empresa productora de gas natural en Monterrey, Casanare comunicó a ENERCA S.A. E.S.P. la declaración de fuerza mayor por riesgo relacionado con el gasoducto Monterrey-Campo Santiago. Dicho escenario se materializó por las fuertes precipitaciones generadas durante la época de invierno, aumentando el nivel de agua en el río, lo cual ha llevado al cambio en la dinámica de los cauces para el caso concreto en el río Tua. Por lo anterior, se tomó como medida de mitigación, la prestación del servicio mediante suministro virtual, proceso que conlleva tres actividades principales, que son compresión, transporte y descompresión.

La regulación aplicable al gas combustible GN por redes, permite que a través de gasoductos virtuales se preste el servicio de distribución de gas natural en un mercado atendido por un distribuidor con redes físicas convencionales; es un esquema que requiere el uso de vehículos por lo que se encuentra en mayor medida sujeto a intensos protocolos de seguridad y mayores costos de operación y mantenimiento. Por esta razón, ENERCA activó el plan de contingencia, que consistió en suministrar el servicio de gas natural mediante tráiler, para garantizar la continuidad del servicio de gas natural. De la misma manera, hasta el día de hoy se ha suministrado gas natural virtual de manera permanente y continua, bajo los estándares de calidad exigidos por la reglamentación técnica y operativa.

Ahora bien, respecto de las manifestaciones de la empresa productora, esta manifiesta que deberá realizar el cierre a las válvulas en Monterrey y proceder con la despresurización del gasoducto Monterrey – Campo Santiago, con el ánimo de mitigar eventuales fugas de gas, que valga decir, no están bajo un contrato de prestación de servicios públicos, dado que dicha empresa no presta este servicio. Así las cosas, aunque quisiera dar inicio a las reparaciones y mantenimiento de esta infraestructura, no tiene ninguna vinculación contractual, legal y regulatoria para atender la necesidad del servicio público de gas combustible por redes del municipio de Maní, en la medida que la propiedad del gasoducto y su uso histórico por parte de Enerca para atender la demanda del municipio, no los vincula formalmente para permitir la manipulación de la infraestructura ni mucho menos los obliga a mantenerla al no existir algún contrato con una empresa de servicios públicos.

Es por esto que el presente estudio expone el proceso de diseño de un gasoducto alternativo mediante el cual se tiene como objetivo transportar el máximo volumen para un sistema de distribución realizando un análisis de consumos promedios y consumos picos a partir de una curva de demanda, optimizando el caudal de diseño con el fin de que el gasoducto opere con una eficiencia promedio del 75% y el 90% de su capacidad y de esta forma evitar el sobredimensionamiento de la red de suministro que ocasionaría sobrecostos en la construcción y en el mantenimiento del sistema, abasteciendo de gas natural durante un periodo no menor a 20 años al municipio de Maní, departamento de Casanare con el fin de buscar una solución definitiva e independiente al problema que esta comunidad en estos momentos padece.

JUSTIFICACIÓN

La modelación de redes de gasoducto permite entre otros establecer la ingeniería y detalles constructivos de un sistema que garantice en forma segura y eficiente en el transporte y la distribución del gas natural. Mediante la modelación hidráulica se establece cuáles son los diámetros mínimos que garantizan satisfacer la demanda de los usuarios que requieren este servicio público. Teniendo en cuenta que los consumos en horas pico son elevados con respecto a las demás horas del día se pueden presentar problemas en la distribución como caídas de presión causados por altos consumos y que producen fallas en la prestación del servicio.

Este trabajo tiene como finalidad elaborar una alternativa de diseño de redes que respondan a una óptima prestación del servicio de gas natural teniendo en cuenta la normatividad legal vigente a nivel nacional. Es importante el mejoramiento de las condiciones de la infraestructura de distribución ya que de esta forma se logrará brindar mayor seguridad para las personas que interactúan en dicho proceso, la disminución de los costos de transporte, almacenamiento y distribución en el municipio de Maní. Para lo cual se hará uso de herramientas de simulación como Gas Works (*Software GASWorks / B3PE, s/f*) la cual es una herramienta de modelado de red de estado estable basada en Windows y que está diseñada para ayudar al profesional de la ingeniería a analizar y diseñar sistemas de distribución, recolección, transmisión y tuberías de plantas que contengan gas natural u otros fluidos comprimibles.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Diseñar la construcción de un gasoducto, entre Aguazul y Maní, departamento de Casanare, realizando análisis de optimización para un sistema de redes de gasoducto que suministren gas natural.

1.2 Objetivos específicos

- Establecer los parámetros que conduzcan a la correcta operación de la red de suministro de gas natural de conformidad con la normatividad colombiana.
- Describir los elementos necesarios del proyecto estimando las demandas de gas natural para los diferentes usos: Industrial, Comercial, residencial.
- Ilustrar mediante el uso de software la modelación de las redes de suministro.
- Aplicar la normatividad vigente en el transporte de gas combustible establecida en el territorio colombiano.
- Definir el tipo de material a utilizar para el diseño del gasoducto.
- Realizar la simulación del transporte de gas mediante el uso de herramientas especializadas.
- Realizar el análisis de resultados de la simulación para la evaluación del diseño del gasoducto entre Aguazul y Maní.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco legal

En el ámbito nacional el diseño de la red de gasoducto debe cumplir con los requerimientos de las entidades quienes se encargan de las actividades de regulación como: la comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), Superintendencia de Servicios Públicos y el Ministerio de Minas y Energía, este último quien viene a ser la máxima autoridad de regulación nacional.

Tabla 1. Normatividad legal aplicable.

NORMA	DESCRIPCION
Ley 142 de 1994	Ley de Servicios Públicos Domiciliarios.
Res CREG067-1995	Por la cual se establece el Código de Distribución de Gas Natural por red.
Res CREG011-2003	Por la cual se establecen los criterios generales para remunerar las actividades de distribución y comercialización de gas combustible y las fórmulas generales para la prestación del servicio público domiciliario de distribución de gas combustible por redes de tubería.
LEY 99 DE 1993	Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).
DECRETO 1753 DE 1994	Sobre Licencias Ambientales. Art. 35 sobre modificación de Licencias.
DECRETO 1728 de 2002	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la Licencia Ambiental.
DECRETO 1180 DE 2003	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la Licencia Ambiental.
NTC 2505	Instalaciones para suministro de gas destinadas a usos residenciales y comerciales.
NTC 3838	Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.
NTC 4282	Instalaciones para el suministro de gas destinadas a usos industriales.
NTC 3949	Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible.
NTC 3728	Gasoductos, líneas de transporte y redes de distribución de gas.
NTC 1746	Tubos y accesorios termoplásticos para la conducción de gas a presión.

NTC 2576	Válvulas y mecanismos termoplásticos de corte accionados manualmente para sistemas de distribución de gas.
ASME	American society of mechanical engineers
ANSI	American national standard institute
ASTM	American society for testing and materials
API	American petroleum institute
MSS	Manufacturer's Standarization Society of the valve and fittings industry
NFPA	National Fire Protection Association

Fuente: Elaboración Propia.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Empresa

La empresa de energía de Casanare Enerca S.A. E.S.P. brinda el servicio de Gas Natural Domiciliario a más de 33.200 usuarios, por redes de distribución en los cascos urbanos de todos los 19 municipios del departamento de Casanare y Pajarito Boyacá; y en algunas zonas rurales de los municipios de Sabanalarga, Aguazul, Monterrey, Villanueva, Yopal, Trinidad, San Luis de Palenque, Támara y Pore.

Gracias al apoyo mancomunado entre las administraciones locales, la Gobernación de Casanare, acuerdos comerciales con diferentes compañías petroleras y transportadoras de gas, se ha ido construyendo la infraestructura necesaria para ampliar la cobertura y comercialización del servicio; todo con el propósito de satisfacer las necesidades y mejorar la calidad de vida de los casanareños.

Organización que nació el 30 de octubre de 2003 conformada como sociedad de tipo de las anónimas comerciales y se constituye como una empresa de servicios públicos mixta con una participación de la Gobernación de Casanare con aproximadamente el 98,5% de las acciones; El restante accionario es de participación privada, la compañía está regida por la ley 142 de 1994, y se denominó según sus estatutos como EMPRESA DE ENERGIA DE CASANARE E.S.P y su sigla será ENERCA S.A E.S.P. (*Página Oficial De La Empresa De Energía De Casanare, s/f*)

2.2.2 Usos del gas natural

La composición natural más limpia que tiene el gas ha contribuido al aumento del consumo de este recurso, con el pasar del tiempo se ha venido diversificando el uso de ese combustible. Es de gran importancia conocer los diferentes usos de este mercado ya que de esta manera lograremos identificar cuáles serán los posibles mercados que demandara el gasoducto que tiene como mercado objetivo el municipio de Maní. Los usos del gas natural están divididos por sectores los cuales dependen de la actividad socioeconómica que opere. A continuación, mencionamos los más demandados a nivel global.

2.2.3 Sector residencial

Este sector corresponde a las instalaciones domiciliarias que se usan en las viviendas, como los equipos gasodomésticos los cuales remplazan a los electrodomésticos como calentadores, secadoras, hornos, estufas, etc. Debido a que usan menos energía y alcanzan un ahorro de hasta un 60% de su consumo, esto debido a que el gas natural es un recurso más económico que la electricidad y más amigable con el medio ambiente.

2.2.4 Sector comercial

El sector comercial incluye los establecimientos en el municipio de Maní que prestan los servicios de cocción de alimentos como actividad económica, otros negocios que usan el gas como energía también son los centros comerciales, hoteles, restaurantes, hospitales, lavanderías, etc. Este sector usa artefactos a gas tales como: estufas, calderas, hornos, calentadores, bbq, entre otros.

2.2.5 Sector industrial

Este sector usa en su mayoría el gas natural como combustible en equipos de combustión a gas tales como: calderas, hornos, plantas de secado, etc. A continuación, algunos ejemplos:

- Industria alimenticia
- Industria textil
- Industria de la cerámica
- Industrias del vidrio
- Industria metalúrgica

2.2.6 Sector Transporte vehicular (GNVC)

El uso de gas comprimido como combustible para vehículos es prácticamente nuevo en el sector del transporte, debido a que tiene características amigables con el medio ambiente, su bajo costo y seguridad trae una alta eficiencia en comparación con la gasolina.

2.2.7 Sector Termoeléctrico

Este sector incluye las plantas hídricas y térmicas que producen energía eléctrica de la energía calórica producida por la combustión del gas, estas plantas utilizan ese combustible como fuente energética para sus procesos.

2.2.8 Red de acometida

Es la tubería que va desde la conexión a las líneas primarias o secundarias de suministro que pertenecen a las empresas distribuidoras del servicio de gas, hasta la entrada de la estación o centro de regulación y medición. El recorrido de esta tubería puede ser enterrado, a la vista o por conducto y el tipo de tubería a emplear se establece de acuerdo con la presión de suministro del distribuidor.

Cuando la presión de suministro no excede los 100 Psig la tubería de la red puede ser construida en polietileno, a presiones mayores de 100 Psig la tubería debe construirse en acero.

2.2.9 City Gate

Planta de regulación encargada de suministrar gas a las ciudades bajo las condiciones de presión requerida por los usuarios, usualmente se encuentra en los límites de las ciudades.

2.2.10 Cruce especial

Procedimiento empleado para eludir interferencias físicas que se encuentren dentro del trazado del gasoducto.

2.2.11 Red troncal

Conjunto de tuberías y accesorios debidamente articulados que constituyen el sistema de distribución a través del cual circula el gas domiciliario por vías y zonas públicas de los municipios. La función de la red troncal es conducir el gas desde la estación receptora hasta los anillos de distribución. Se utiliza tubería de polietileno de media – alta densidad.

2.2.12 Anillos de distribución

Parte de las líneas secundarias conformadas por accesorios y tuberías y forman mallas o anillos.

2.2.13 Gas Natural

Es una mezcla de hidrocarburos livianos que existe en la fase gaseosa en los yacimientos, usualmente consistente en componentes livianos de los hidrocarburos. Se presenta en forma asociada o no asociada al petróleo, principalmente compuesto por metano (CH₄).

2.2.14 Gasoducto

Sistema de transporte de gas natural compuesto por una serie de tuberías que sirven para transportar dicho recurso a gran escala.

2.2.15 Línea base ambiental

Estudios de impacto ambiental que tiene en cuenta variables como actividad humana, flora, fauna, clima, suelos y cuerpos hídricos únicamente en el momento que se ejecuta el estudio.

2.2.16 Matriz de selección

Técnica de clasificación que ayuda a evaluar proyectos, problemas, alternativas o soluciones basándose en una serie de criterios establecidos.

2.2.17 Accesorios

Elementos utilizados para empalmar las tuberías para conducción de gas. Forman parte de ellos los usados para hacer cambios de dirección, de nivel, ramificaciones, reducciones o acoples de tramos de tuberías.

2.2.18 Gas o gases combustibles

Gases de la segunda o tercera familia aptos para uso como combustible en aplicaciones de tipo doméstico, comercial o industrial, suministrado a los usuarios a través de uno o varios sistemas de tuberías.

2.2.19 Gasodoméstico

Artefacto para uso doméstico únicamente, que funciona con combustible gaseoso.

2.2.20 Instalación para suministro de gas

Conjunto de tuberías, equipos y accesorios requeridos para el suministro del gas a edificaciones; está comprendido entre la salida de la válvula de corte en la acometida y los puntos de salida para conexión de los artefactos a gas o equipos para uso residencial o comercial que funcionan con gas.

2.2.21 Líneas matrices

Sistema de tuberías exteriores o interiores a la edificación (en este último caso ubicadas en las áreas comunes de la edificación), que forman parte de la instalación para suministro de gas donde resulte imprescindible ingresar a las edificaciones multiusuario con el objeto de acercar los centros de medición.

Están comprendidas entre la salida de la válvula de corte en la acometida de la respectiva edificación y los correspondientes medidores individuales de consumo.

2.2.22 Medidor de volumen

Instrumento de medición que registra el volumen de gas suministrado a un usuario para su consumo interno.

2.2.23 Regulador de presión

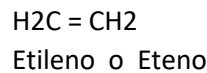
Dispositivo mecánico empleado para disminuir la presión de entrada y regular uniformemente la presión de salida de un sistema.

2.2.24 Poder calorífico

Cantidad de calor generada en la completa combustión del gas por unidad de masa o de volumen, a una presión constante de 1013 mbar (14,7psig) con los constituyentes de la mezcla combustible (gas combustible y aire de combustión secos y medidos previamente a las "condiciones estándar de referencia") y los productos de la combustión remitidos a las mismas "condiciones estándar referencia".

2.2.25 Polietileno

El "polietileno" es una familia de materiales conformados por moléculas de gran tamaño con la presencia de unidades químicas simples y pequeñas que son derivados del etileno:



Se caracterizan por la presencia repetida del radical Etilo a través de todas las estructuras de sus moléculas, que le dan diferentes propiedades físicas, lo que facilita su aplicación en diferentes procesos industriales. En las etapas de su fabricación o procesamiento puede ser moldeado o extruido.

2.2.26 Presión (unidad de medida)

Es la fuerza que se ejerce por unidad de área sobre una superficie. La unidad utilizada para medir la presión es el Pascal (Pa). En la industria del gas, aunque no es unidad del Sistema Internacional, se acepta como unidad de presión el bar. Los valores de presión que aparecen en la presente Guía, se refieren a presiones manométricas.

2.2.27 Presión nominal de suministro

Presión de entrega domiciliaria del gas que deben mantener las empresas suministradoras en las conexiones de entrada de las instalaciones individuales de sus respectivos usuarios.

2.2.28 Red interna

Es el conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro de servicio de gas al inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, es aquel sistema de suministro del servicio al inmueble a partir del registro de corte general cuando lo hubiere.

2.2.29 Válvula

Dispositivo que permite el bloqueo total o parcial del paso de gas o el flujo del mismo en el momento que se requiera.

2.2.30 Válvula de acometida

Ubicada en el centro de medición, fácilmente accesible, que permite la interrupción del flujo a un número igual de instalaciones al que sirve dicho centro. Cuando el suministro de gas se efectúa en una sola etapa de regulación, la válvula de acometida es la misma válvula principal.

2.2.31 Válvula de acometida

Es la válvula que se coloca antes del gasodoméstico para el control del paso del combustible gaseoso.

2.2.32 Válvula principal

Es la válvula que permite una rápida interrupción del servicio de gas a una edificación o a edificios; normalmente está ubicada en el centro de regulación.

2.2.33 Termofusión a Tope

Es la unión entre tubos o entre tubo y accesorio enfrentados con extremos de igual diámetro y RDE (Relación Diámetro Espesor). Se utiliza una plancha calentadora para producir la plastificación del material, luego se retira dicha herramienta y se unen los extremos aplicando una presión adecuada al tipo de unión que se esté realizando. Los parámetros básicos son: temperatura de la plancha calentadora, tiempo de calentamiento y presión (de calentamiento y de unión)

2.2.34 Termofusión a Socket

Realizada entre un accesorio con extremo hembra y un tubo. Las tuberías y accesorios de tamaños menores de 2", se unen rápido manualmente. Al unir tuberías y accesorios de 3", o más, es necesario tener herramientas para sostener y hacer adecuadamente la respectiva unión.

Involucra el calentar el socket interior del accesorio y la superficie exterior del extremo de la tubería de manera simultánea. Después de que el correspondiente fundimiento se ha generado, los dos componentes son unidos. Los materiales fundidos fluyen juntamente y se enfrían convirtiéndose en un lazo íntegro y fuerte.

2.2.35 Fusión con silleta

El procedimiento de fusión para silletas es un requerimiento especial para extender las líneas de redes principales y de servicios en los sistemas de distribución de gas. EL procedimiento involucra el derretimiento de una sección común en la superficie de la tubería y la silleta, y en la unión de estas partes fundidas. Se realiza entre el tubo y un accesorio sobreponiendo el accesorio al tubo.

Es recomendable utilizar una herramienta de aplicación para hacer la unión con silla. Todas las variables que se utilizan para dicha operación son controladas más fácilmente si se usa una herramienta, que cuando se hace manualmente.

3 PARAMETROS DE DISEÑO, CRITERIOS DE DISEÑO, ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED

3.1.1 La tubería

Las tuberías más comunes en la construcción de gasoductos son; Acero, cobre, aluminio, aleación de aluminio, multicapas y plásticas. En el sector industrial las practicas más comunes son: la tubería en acero y en polietileno. El tendido de redes debe dar cumplimiento a lo establecido en la NTC 3728. Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir las líneas de transporte y las redes de distribución de gases combustibles, en cuanto al diseño, materiales, construcción, verificación y pruebas, condiciones de operación y exigencias relativas al mantenimiento y control de la corrosión.

3.1.2 Tuberías en polietileno

El tipo de tubería debe cumplir lo establecido en la norma NTC 1746 y sus uniones deben realizarse mediante termofusión o mediante el uso de uniones mecánicas. Es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- No emplear conexiones roscadas en tuberías de polietileno
- Está prohibido el uso de pegantes o sellantes químicos
- La resistencia a la tracción de la junta debe ser como mínimo igual a la resistencia a la atracción de la tubería.
- Las uniones por fusión térmica deben hacerse cumpliendo con la recomendación del fabricante de la tubería y de acuerdo con la norma ASTM D 2657 para garantizar una resistencia igual a la de la tubería.
- No se deben unir por fusión térmica, tuberías fabricadas con materiales incompatibles.
- Al emplear conexiones mecánicas por compresión, debe emplearse un segmento tubular o anillo rígido interno en conjunción con el acople y sus dimensiones deben garantizar que la conexión sea a tope con la tubería.
- La unión a tope de tuberías con accesorios debe cumplir con los requisitos de la NTC 3409.
- La unión con accesorios tipo campana debe cumplir con lo establecido en la NTC 3410.
- Los Acoples mecánicos deben ensayarse cumplir con lo establecido en la NTC 1746.
- Para uniones con accesorios por el método de electro fusión debe cumplirse lo indicado en la norma ASTM F1055.



Figura 1. Tubería en polietileno para gas. Fuente: (Extrucol industria colombiana, s/f)

3.1.3 Accesorios

Son todos los elementos usados para empalmar, hacer cambios de dirección, cambios de diámetro, ramificaciones a la tubería o acoples. La unión de estos elementos puede ser soldada o roscada, en el caso de tuberías de acero y por termofusión o electro fusión, en el caso de las tuberías plásticas (polietileno) de acuerdo con la norma que aplique al material empleado en la construcción de la red.

3.1.4 Accesorios en polietileno

Al igual que la tubería, estos deben cumplir la norma NTC 1746, adicionalmente deben satisfacer los requisitos de la NTC 3410 para accesorios tipo campana; la NTC 3409 para accesorios de fusión a tope o la norma ASTM F 1055 para accesorios por electo fusión.



Figura 2. Accesorios en polietileno para gas. Fuente: (Extrucol industria colombiana, s/f)

3.1.5 Elevadores (transitomas)

Elevadores: es un elemento metálico o plástico diseñado con la finalidad de hacer la unión de la tubería plástica y tubería metálica al igual que la tubería, estos deben cumplir la norma NTC 1746 para elevadores en polietileno de conexión bridada y la norma NTC 4534 para transitomas metálicos de conexión roscada de hasta DN (NSP 2).



Figura 3. Transitomas y elevadores para gas. Fuente: (Extracol industria colombiana, s/f)

3.1.6 Ecuaciones o fórmulas para el cálculo de redes de gasoducto

La ecuación de flujo, que es una expresión algebraica, correlaciona las pérdidas de presión, con la tasa de flujo, la longitud, el diámetro y la rugosidad de la superficie de la tubería, las propiedades físicas del gas y la temperatura y presión promedio del gas que fluye. Estas expresiones se utilizan para predecir la capacidad de transporte de la red. La ingeniería del transporte y distribución de gas por tubería requiere del conocimiento de fórmulas de flujo para calcular la capacidad y la presión requerida. Hay diferentes ecuaciones en la industria del petróleo para el cálculo de flujo de gases en tuberías.

ECUACION	FORMULA	FACTORES DE TRANSMISION
FRITZSHE	$Q_b = \left(1.720 \frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{T * L} \right)^{0.536} \left(\frac{1}{G} \right)^{0.402}$	$5.145 (R * D)^{0.071} \quad (1)$
COMPLETAMENTE TURBULENTO	$Q_b = \left(0.4692 \frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{G T * Z_p * L} \right)^{0.500} \log \left(\frac{3.7 D}{K} \right)$	$4 \log \left(\frac{3.7 D}{K} \right) \quad (2)$
DISTRIBUCION DEL IGT	$Q_b = \left(0.6643 \frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{T * L} \right)^{\frac{5}{9}} \left(\frac{D^{\frac{8}{3}}}{G^{\frac{4}{9}} * \mu^{\frac{1}{9}}} \right)$	$4.169 (R)^{0.100} \quad (3)$
ECUACION DE MULLER	$Q_b = \left(0.4937 \frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{T * L} \right)^{0.575} \left(\frac{D^{\frac{8}{3}}}{G^{0.425} * \mu^{0.150}} \right)$	$3.35 (R)^{0.130} \quad (4)$
PANHDANLE A^b	$Q_b = \left(2.450 \frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{T * L} \right)^{0.539} \left(\frac{D^{2.618}}{G^{0.461}} \right)$	$6.872 (R)^{0.0730} \quad (5)$
SPITZGLASS (ALTA PRESION)	$Q_b = 3.415 \left(1 + \frac{(P_1^2 - P_2^2) D^5}{G * L \left(\frac{3.6}{D + 0.03D} \right)} \right)^{0.500}$	$\left(\frac{354}{1 + \frac{3.6}{D + 0.03D}} \right)^{0.500} \quad (6)$

SPITZGLASS
(BAJA PRESION)

$$Q_b = 3.550 \left(1 + \frac{h_w D}{G * L \left(\frac{3.6}{D + 0.03D} \right)} \right)^{0.500} \left(\frac{354}{1 + \frac{3.6}{D + 0.03D}} \right)^{0.500} \quad (7)$$

ECUACIÓN DE MULLER MEDIA PRESION

$$Q = \frac{0.13}{G^{0.425}} * \left[\frac{P1^2 - P2^2}{L} \right]^{0.575} * D^{2.725} \quad (8)$$

Fuente: Guía de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento Redes de distribución de Gas, Ing. Gustavo Delvasto Jaimes, Especialización en Ingeniería del Gas, 2005.

4 IDENTIFICACIÓN DE LA DEMANDA

4.1.1 Estimación de la demanda

Se establece el procedimiento que debe seguirse para la evaluación de la población, con el fin de determinar la capacidad real que un componente en particular o que todo el sistema debe tener a lo largo de un período de diseño determinado de acuerdo a los cuatro niveles de complejidad.

4.1.2 Métodos de calculo

El método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema según se muestra en la tabla 2.

Se calculará la población utilizando por lo menos los siguientes modelos matemáticos: Aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población. Los datos de población están ajustados con la población flotante. (Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS, 2011).

Tabla 2. Métodos de cálculo permitidos según el Nivel de Complejidad del Sistema.

Método por emplear	Nivel de Complejidad del Sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, Geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético + Geométrico + exponencial + otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X

Fuente: Colombia. MVCT. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico [recurso electrónico]: Título B.

El nivel de complejidad es función del número de habitantes en la zona urbana, de la capacidad económica y del grado de exigencia técnica del sistema, acorde con la siguiente tabla:

Tabla 3.Asignación del nivel de complejidad.

Nivel	Población (habitantes)	Capacidad económica
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 - 12500	Baja
Medio Alto	12501 - 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: Colombia. MVCT. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico [recurso electrónico]: Título B.

Lo anterior con el fin de determinar el nivel de complejidad del sistema y así definir el método de cálculo para realizar la proyección de la población desde el año 2021 hasta el año 2041, que es el horizonte del proyecto establecido como periodo de diseño.

4.1.3 Método Aritmético

Esta metodología supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$Pf = Puc + \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} \times (Tf - Tuc) \quad (8)$$

Dónde:

Pf = Población (habitantes) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.

Puc = Población (habitantes) correspondiente al último año censado con información.

Pci = Población (habitantes) correspondiente al censo inicial con información.

Tuc = Año correspondiente al último censo con información.

Tci = Año correspondiente al censo inicial con información.

Tf = Es el año al cual se requiere proyectar la información.

4.1.4 Método Geométrico

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$pf = Puc (1 + r)^{(Tf - Tuc)} \quad (9)$$

Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{(Tuc-Tci)}} - 1 \quad (10)$$

Dónde:

Pf = Población (habitantes) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.

Puc = Población (habitantes) correspondiente al último año censado con información.

Pci = Población (habitantes) correspondiente al censo inicial con información.

Tuc = Año correspondiente al último censo con información.

Tci = Año correspondiente al censo inicial con información.

Tf = Es el año al cual se requiere proyectar la información

4.1.5 Método Exponencial

El método exponencial requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$Pf = Pci \times e^{k(Tf-Tci)} \quad (11)$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{\ln Pcp - \ln Pca}{Tcp - Tca} \quad (12)$$

Dónde:

Pcp = Población del censo posterior

Pca = Población del censo anterior

Tcp = Es el año correspondiente al censo posterior

Tca = Es el año correspondiente al censo anterior

\ln = Logaritmo natural o neperiano.

4.1.6 Población beneficiada

Para efectos de este estudio, se tomaron los datos estadísticos existentes, de los últimos censos registrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE, donde a continuación se exponen los censos de población en el área objeto de estudio, tal como se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4. Población censada en el municipio de Maní.

Tipo de Población	Año del censo	Número de habitantes
Urbana y Rural	1993	8.608
Urbana y Rural	2005	10.493
Urbana y Rural	2018	13.291

Fuente: (Departamento Nacional de Estadística, s/f)

Teniendo en cuenta la tabla 3. nos encontramos con una población en un nivel de complejidad medio alto por lo que realizar el cálculo con los métodos Aritmético, Geométrico o exponencial es válido para el cálculo de la población futura. Teniendo en cuenta que el método exponencial tiene mayor aplicación en poblaciones con altos niveles de migración y que para el caso de Maní no presenta el caso en mención se realizaran las proyecciones por los métodos Aritmético y Geométrico.

4.1.7 Proyección de población mediante el método Aritmético

Aplicando la ecuación 8. Tenemos que la población futura para el año 2041 mediante el método aritmético será:

$$Pf = Puc + \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} \times (Tf - Tuc)$$

$$Pf = 13.291 \text{ hab} + \frac{13.291 \text{ hab} - 8.608 \text{ hab}}{2018 - 1993} \times (2041 - 2018)$$

$$Pf = 17.599 \text{ hab}$$

4.1.8 Proyección de población mediante el método Geométrico

Empleando la ecuación 10. Calculamos la rata de crecimiento anual

$$r = \left(\frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{(Tuc - Tci)}} - 1$$

$$r = \left(\frac{13.291 \text{ hab}}{8.608 \text{ hab}} \right)^{\frac{1}{(2018 - 1993)}} - 1$$

$$r = 0.0175$$

Enseguida aplicando la ecuación 9. Tenemos que la población futura para el año 2041 mediante el método geométrico será:

$$pf = 13291 \text{ hab} \times (1 + 0.0175)^{(2041-2018)}$$

$$pf = 19.808 \text{ hab}$$

4.1.9 Resumen de las proyecciones

Se realiza las proyecciones mediante los métodos anteriormente expuestos para los años futuros. Luego de realizar un comparativo se define como población de diseño el número de habitantes proyectados al año 2041 mediante el método geométrico el cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 5. Cálculo de la población posteriores al año 2018.

Año	Aritmético	Geométrico
2018	13.291	13.291
2023	14.228	14.495
2028	15.164	15.809
2033	16.101	17.241
2038	17.037	18.804
2041	17.599	19.808

Fuente: Elaboración propia.

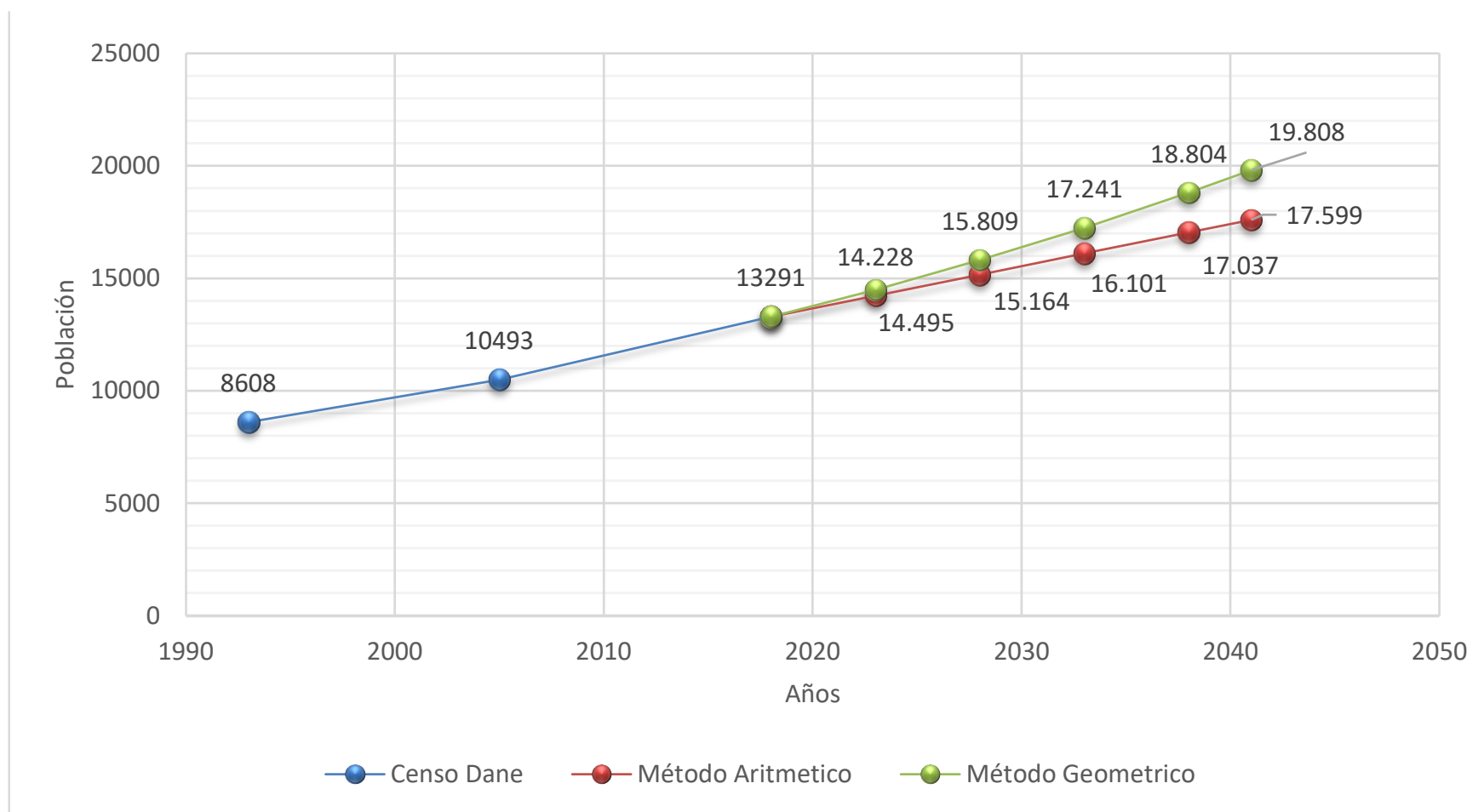


Figura 4. Gráfico de proyección de población del municipio de Maní.

5 POTENCIAL DE USUARIOS Y PROYECCIONES

Teniendo en cuenta de que Maní, Casanare es un municipio el cual ya contaba con servicio de gas natural por redes y que debido a la contingencia presentada por el mal estado del gasoducto existente se requiere implementar una nueva alternativa de suministro se hace necesario validar los promedios de consumos que ha tenido históricamente el municipio, el porcentaje de cubrimiento para la prestación del servicio y los tipos de usuarios de este mercado objetivo dato que puede ser validado en la página web del S.U.I. (Sistema Único de Información de servicios públicos domiciliarios, s/f).

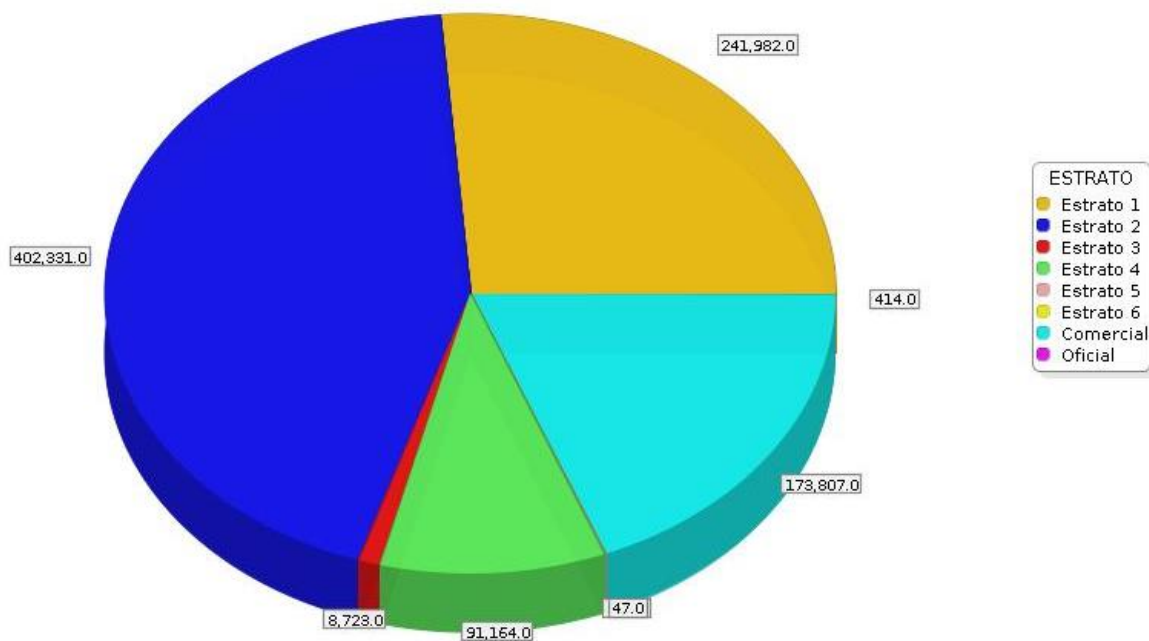


Figura 5. Consumo total del año 2021 por estratos del municipio de Maní.

Tabla 6. Historial de consumos anuales y tipos de usuarios en el municipio de Maní, Casanare.

Estrato	Año 2012			Año 2016			Año 2020			Año 2021		
	Número de suscriptores	Consumo anual (m3/año)	Consumo promedio por usuario (m3/mes)	Número de suscriptores	Consumo anual (m3/año)	Consumo promedio por usuario (m3/mes)	Número de suscriptores	Consumo anual (m3/año)	Consumo promedio por usuario (m3/mes)	Número de suscriptores	Consumo anual (m3/año)	Consumo promedio por usuario (m3/mes)
Estrato 1	647	144629	18,63	1016	194829	15,98	1267	242571	15,95	1301	241982	15,50
Estrato 2	1001	261025	21,73	1564	359496	19,15	1990	413553	17,32	2010	402331	16,68
Estrato 3	24	9332	32,40	35	9204	21,91	52	7636	12,24	60	8723	12,12
Estrato 4	1	227	18,92	2	330	13,75	292	74966	21,39	394	91164	19,28
Estrato 5							2	754	31,42	2	686	28,58
Estrato 6							1	40	3,33	1	47	3,92
Comercial	19	47467	208,19	30	51492	143,03	66	146700	185,23	80	173807	181,05
Oficial	2	103	4,29	2	666	27,75	4	551	11,48	4	414	8,63
Especial	2	56	13,50									
Especial Educativo												
Otra												
TOTAL	1696	462839		2649	616017		3674	886771		3852	919154	

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla podemos deducir que los estratos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y oficial se encuentran dentro del promedio de consumo a nivel nacional que es de 24 m3/mes el cual está establecido en por la Creg en su plataforma oficial de información. Así mismo se evidencia que los mayores consumos que se presentan en el municipio de Maní, Casanare son de uso domiciliario y comercial. Que no se evidencia la existencia o proyección de uso de gas industrial o estaciones de GNV debido a que Maní es municipio donde no hay servicio de transporte público como taxis los cuales serían quienes harían uso de este combustible y que la probabilidad de contar con una GNV en el municipio se extiende a largo plazo. Además, por medio de la información brindada por la empresa distribuidora, el porcentaje de cobertura de servicio del potencial es del 90%.

6 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

En el ámbito nacional se considera que en promedio la familia colombiana está compuesta por cinco personas. De esta forma y conociendo los promedios de consumo mensuales por usuario en los diferentes estratos publicados por la CREG (Comisión Reguladora de Energía y & Gas CREG, s/f) se puede afirmar que para los estratos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y oficial donde se encuentran la gran mayoría de usuarios del municipio de Maní, Casanare, el consumo promedio mensual por familia es de 24 m3, siendo este un dato confiable para ser usado como patrón en el cálculo de la demanda.

Tabla 7.Consumo medio por estratos año 2010.

ESTRATO	CONSUMO MENSUAL (m3)
1	23.49
2	24.02
3	20.84
4	16.36
5	16.35
6	20.56

Fuente: Creg

6.1.1 Cálculo del número de suscriptores a atender en el año 2041

Teniendo en cuenta que el número de habitantes en el año 2021 en el municipio de Maní es de 13.291 habitantes y que la empresa prestadora del servicio de gas especifica que hay un total de 3852 suscriptores para este mismo año y que el porcentaje de cobertura de servicio del potencial es del 90% podríamos asumir que el número de personas por hogar corresponde a:

$$\text{Número de personas por hogar} = \frac{\text{Censo poblacional año 2021} \times 90\% \text{ Cobertura}}{\text{número de suscriptores 2021}}$$

$$\text{Número de personas por hogar} = \frac{(13291 \text{ hab} \times 90\% \text{ Cobertura})}{3852 \text{ Suscriptores}}$$

$$\text{Número de personas por hogar} = 3.1 \text{ habitantes}$$

De acuerdo al cálculo anterior y realizando la validación en la página oficial del Dane especifica que el promedio de habitantes por vivienda es de 2.9 habitantes hasta el año 2018. Podríamos asumir el valor calculado como posibles habitantes futuros es un dato confiable ya que el porcentaje de desviación estándar es muy mínimo con respecto al dato oficial.

Municipios del departamento						
Municipio	CNPV 2018					Personas en Proyecciones de Población, 2018
	Viviendas ocupadas con personas presentes	hogares	Personas en hogares particulares	Personas por hogar	Total de personas censadas	
85001 - Yopal	51.758	53.102	154.478	2,9	156.942	149.426
85010 - Aguazul	11.786	12.119	33.408	2,8	33.440	41.994
85015 - Chámeza	646	734	1.957	2,7	2.009	2.603
85125 - Hato Corozal	3.160	3.263	10.985	3,4	11.431	12.794
85136 - La Salina	367	398	1.174	2,9	1.227	1.465
85139 - Maní	3.962	4.499	12.849	2,9	13.291	11.123
85162 - Monterrey	4.771	5.483	14.803	2,7	14.828	15.399
85225 - Nunchía	2.442	2.651	8.402	3,2	8.469	8.928
85230 - Orocué	2.140	2.409	7.938	3,3	8.142	8.424
85250 - Paz de Ariporo	9.833	10.925	33.956	3,1	34.446	26.357
85263 - Pore	3.275	3.739	10.675	2,9	10.675	7.909
85279 - Recetor	439	492	1.230	2,5	1.247	4.528
85300 - Sabanalarga	1.046	1.160	3.005	2,6	3.046	2.856
85315 - Sácama	531	612	1.675	2,7	1.675	2.085
85325 - San Luis de Palenque	2.181	2.266	7.436	3,3	7.537	7.905
85400 - Támara	2.026	2.065	6.095	3,0	6.317	7.029
85410 - Tauramena	6.512	6.838	21.288	3,1	21.709	24.066
85430 - Trinidad	3.194	3.618	11.583	3,2	11.734	15.840
85440 - Villanueva	10.110	11.757	31.691	2,7	31.727	24.518

Figura 6. Personas por hogar año 2018 del municipio de Maní. Fuente (Departamento Nacional de Estadística, s/f)

Entonces tenemos que el número de usuarios a hacer el uso del servicio de gas natural por red en el año 2041 es de:

$$\text{Número de suscriptores año 2041: } \frac{\text{Poblacion futura 2041}}{\text{Número de habitantes por vivienda}}$$

$$\text{Número de suscriptores año 2041: } \frac{19808 \text{ habitantes}}{3.1 \text{ habitantes}}$$

$$\text{Número de suscriptores año 2041: } 6.390 \text{ Suscriptores}$$

6.1.2 Caudal de diseño

Atendiendo a los datos estadísticos obtenidos en plataformas oficiales del gobierno nacional de Colombia y de conformidad con los cálculos realizados anteriormente se declara que para el municipio de Maní no se tendrán en cuenta volúmenes de gas natural para uso vehicular debido al bajo uso de vehículos que operan con GNV. Que se tomará el valor estipulado por la CREG de 24 m3/mes como promedio para los estratos que hacen uso de consumos residenciales ya que el histórico muestra los promedios dentro de los rangos medios de orden nacional. El uso comercial también se encuentra por debajo del promedio nacional es por esto que se asumirá que el 20% de la población hará uso de gas natural para zonas comerciales.

Tabla 8. Descripción de los datos base para el cálculo del caudal de demanda.

CAUDALES DE DISEÑO PARA CITY GATE Y TRONCALES													
Provincia	GNV DIARIO			RESIDENCIAL					COMERCIAL DIARIO		INDUSTRIAL DIARIO		TOTAL
	No GNV	CONSUMO POR EDS MC/MES	CONSUMO DIA MPCD	No. Clientes Futuros	CONSUMO POR USUARIO M3/MES	% COBERTURA DE SERVICIO DEL POTENCIAL	No. Clientes De Diseño	CONSUMO DIA MPCD	% DEL CONSUMO RESIDENCIAL	CONSUMO DIA MPCD	consumo horario pico mc	CONSUMO DIARIO MPCD	MPCD
Mani-Casanare	-	300.000	-	6.390	24	90%	5.751	0,16	20%	0,03			0,19
Total	-		-	6.390			5.751	0,16		0,03		-	0,19

Fuente: Elaboración propia

Se define el número de clientes de diseño, en este caso es un total de 5.751 correspondientes a un porcentaje de cobertura del 90%. Enseguida se calcula el caudal residencial el cual se calcula en MPCD y asumimos que el 20% del consumo residencial se destinara para consumo comercial por lo que final se realiza la sumatoria de estos dos caudales y obtenemos un caudal total de 0.19 MPCD. El paso a seguir es realizar la distribución del caudal diario y simular el comportamiento de cada uno de los sectores residencial y comercial en el transcurso de las 24 horas del día mediante una curva de demanda.

Para estimar la demanda se debe tener en cuenta los consumos pico y consumos promedio de cada uno de los mercados a abastecer como por ejemplo en el caso del consumo de gas natural residencial los picos de consumo se presentan entre 6 y 8 am, el siguiente pico se presenta entre 10:00 am y 2:00 pm y el ultimo pico se presenta entre 5:00 pm y 8:00 pm que son las horas donde se evidencian los mayores consumos. El mismo análisis deberá hacerse para los mercados comercial e industrial cuando este aplique ya que los picos de consumo pueden variar dependiendo los equipos industriales y su hora de operación. Este análisis se realiza con el fin de que el gasoducto tenga un buen porcentaje de eficiencia entre las horas punta y las horas valle dado a que si se diseña solo teniendo en cuenta los picos de consumo obtendríamos un gasoducto de diámetro sobredimensionado e incurría en sobrecostos de operación y mantenimiento. Es decir que un tubo en condiciones normales debe operar como mínimo en un 75% de eficiencia para garantizar que la inversión del gasoducto sea costo eficiente.

Tabla 9. Datos de la curva de consumo.

DATOS DE CURVA DE CONSUMO DEL SECTOR RESIDENCIAL, COMERCIAL Y GNV								
hora	RESIDENCIAL		COMERCIAL		GNV		total	
	%	CONSUMO PCH	%	CONSUMO PCH	%	CONSUMO PCH		
0:00	0,5%	812	1%	325	1%	-	1.137	1%
1:00	0,5%	812	1%	325	1%	-	1.137	1%
2:00	0,5%	812	2%	650	1%	-	1.462	1%
3:00	0,5%	812	2%	650	1%	-	1.462	1%
4:00	0,5%	812	2%	650	1%	-	1.462	1%
5:00	0,5%	812	2%	650	3%	-	1.462	1%
6:00	4,0%	6.499	6%	1.950	6%	-	8.449	4%
7:00	7,0%	11.373	6%	1.950	9%	-	13.323	7%
8:00	5,0%	8.124	6%	1.950	9%	-	10.074	5%
9:00	4,0%	6.499	6%	1.950	8%	-	8.449	4%
10:00	5,0%	8.124	6%	1.950	3%	-	10.074	5%
11:00	8,0%	12.998	6%	1.950	3%	-	14.948	8%
12:00	26,0%	42.244	6%	1.950	8%	-	44.193	23%
13:00	9,0%	14.623	6%	1.950	6%	-	16.573	9%
14:00	5,0%	8.124	6%	1.950	3%	-	10.074	5%
15:00	3,0%	4.874	6%	1.950	3%	-	6.824	4%
16:00	3,0%	4.874	6%	1.950	3%	-	6.824	4%
17:00	4,0%	6.499	6%	1.950	9%	-	8.449	4%
18:00	7,0%	11.373	6%	1.950	9%	-	13.323	7%
19:00	4,0%	6.499	6%	1.950	8%	-	8.449	4%
20:00	1,5%	2.437	2%	650	2%	-	3.087	2%
21:00	0,5%	812	2%	650	1%	-	1.462	1%
22:00	0,5%	812	1%	325	1%	-	1.137	1%
23:00	0,5%	812	1%	325	1%	-	1.137	1%
	100,00%	162.476	100,0%	32.495	100,0%	-	194.971	100%

Fuente: Elaboración Propia

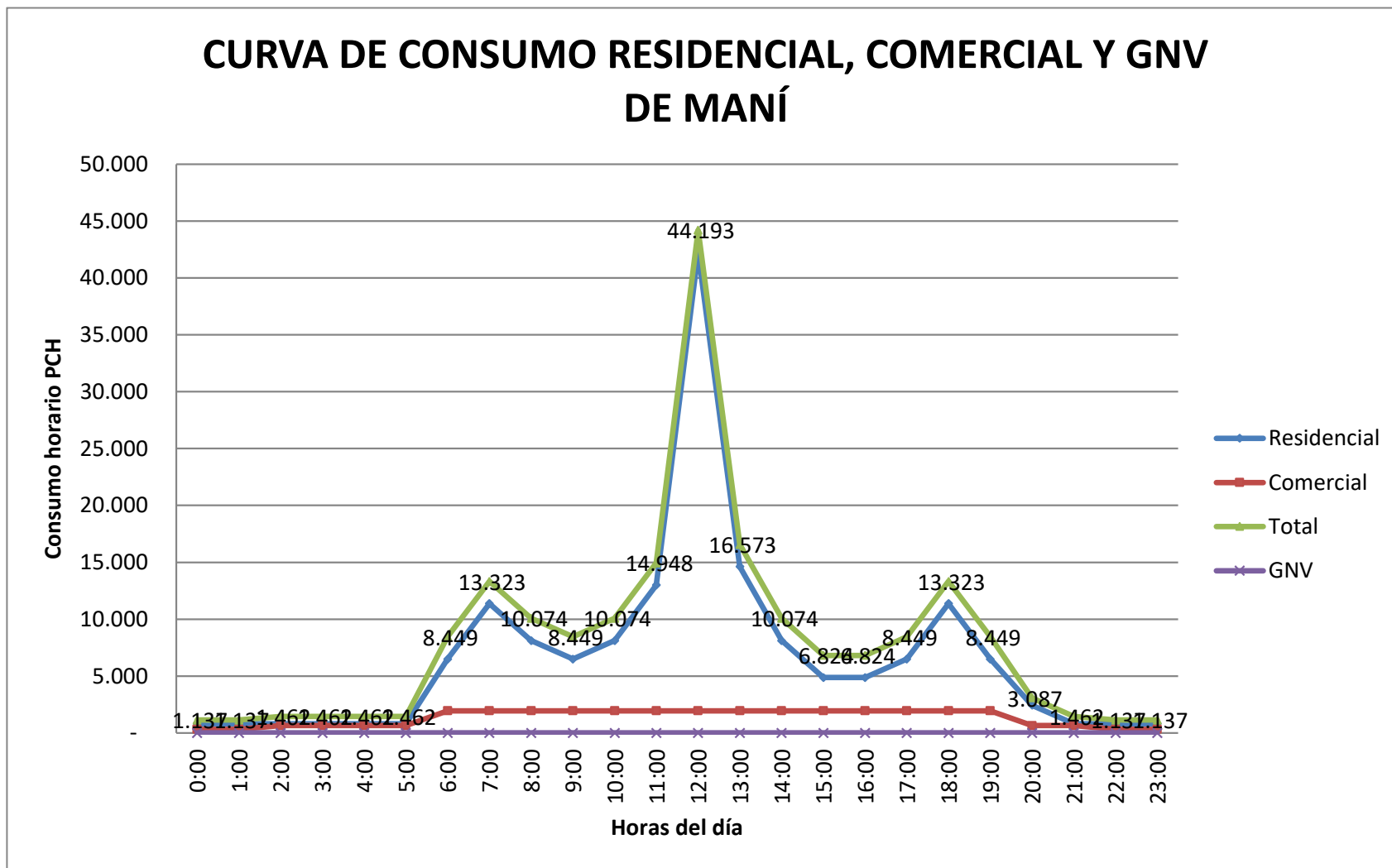


Figura 7. Curva de consumo residencial y comercial del municipio de Maní.

6.1.3 Conclusión metodológica del caudal de diseño.

Como se evidencia en la gráfica de la curva de consumo horario se realizó una distribución de consumos para las horas valle y para las horas pico de cada uno de los mercados tanto residencial como comercial. Arrojando como resultado que el caudal de diseño para el presente proyecto es de 44.193 PCH.

$$44.193 \text{ PCH} \times \frac{0,02832 \text{ m}^3/\text{h}}{1 \text{ PCH}}$$

$$Q = 1251 \text{ m}^3/\text{h}$$

7 ALTERNATIVAS DE TRAZADO

Para seleccionar el trazado definitivo de un gasoducto es importante tener en cuenta aspectos técnicos como: longitud, topografía, geomorfología, geología. Afectación a ecosistemas sensibles, uso del suelo, impacto social a las comunidades de influencia y economía del proyecto. Este análisis se realiza con el ánimo de mitigar en lo máximo posible los impactos que generen dicha obra y así mismo cumplir la normatividad técnica que lo regula.

7.1.1 Alternativa 1.

Esta alternativa tiene como característica que se realiza el trazado por el derecho de vía y se realiza la proyección lo más cerca posible del alambrado de los finqueros con el fin de evitar sobrecostos en pagos de servidumbres, A continuación, se enunciarán algunos aspectos técnicos de suma importancia los cuales serán vitales en el momento de realizar la evaluación de alternativas.

Descripción de la ruta 1:

- Punto de conexión: City Gate Aguazul 5°10'51.04"N. Longitud: 72°33'19.21"O. Altitud: 294 m.
- Punto de entrega: City Gate Maní.
- Longitud: 55.400 metros
- Topografía: Terreno plano, con pendientes muy bajas.
- Geomorfología: No presenta dunas, pendiente promedio 0.5% -0.6 %, algunas colinas bajas.
- Geología: Mayormente arcillas y limos.
- Facilidad constructiva: Área amplia para el desarrollo de actividades, aunque se deberá realizar un plan de manejo de tránsito ya que es una vía altamente concurrida.

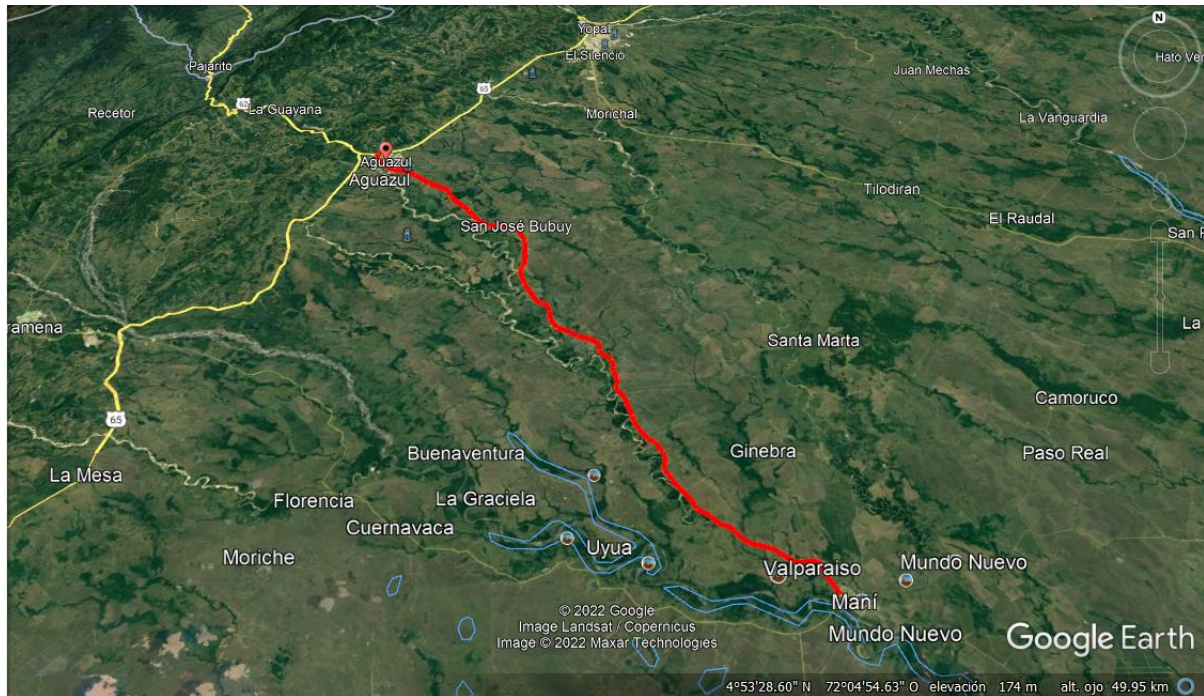


Figura 8. Alternativa 1. Fuente Google Earth.



Figura 9. Perfil de elevación del terreno Alternativa 1. Fuente Google Earth.

7.1.2 Alternativa 2.

Esta alternativa tiene como variante que se realiza el trazado por el derecho de vía desde el municipio de Yopal, se realiza la proyección lo más cerca posible del alambrado de los finqueros con el fin de evitar sobrecostos en pagos de servidumbres, A continuación, se enunciarán algunos aspectos técnicos de suma importancia los cuales serán vitales en el momento de realizar la evaluación de alternativas.

Descripción de la ruta 2:

- Punto de conexión: City Gate Diagonal 47 - Yopal, Latitud 5°18'30.41"N. Longitud: 72°24'13.50"O Altitud: 310 m.
- Punto de entrega: City Gate Maní.
- Longitud: 74.560 metros
- Topografía: Terreno plano, con pendientes muy bajas.

- Geomorfología: No presenta dunas, pendiente promedio 1.8% -2.9 %, algunas colinas bajas.
- Geología: Mayormente arcillas y limos.
- Facilidad constructiva: Área amplia para el desarrollo de actividades, aunque se deberá realizar un plan de manejo de tránsito ya que es una vía altamente concurrida.

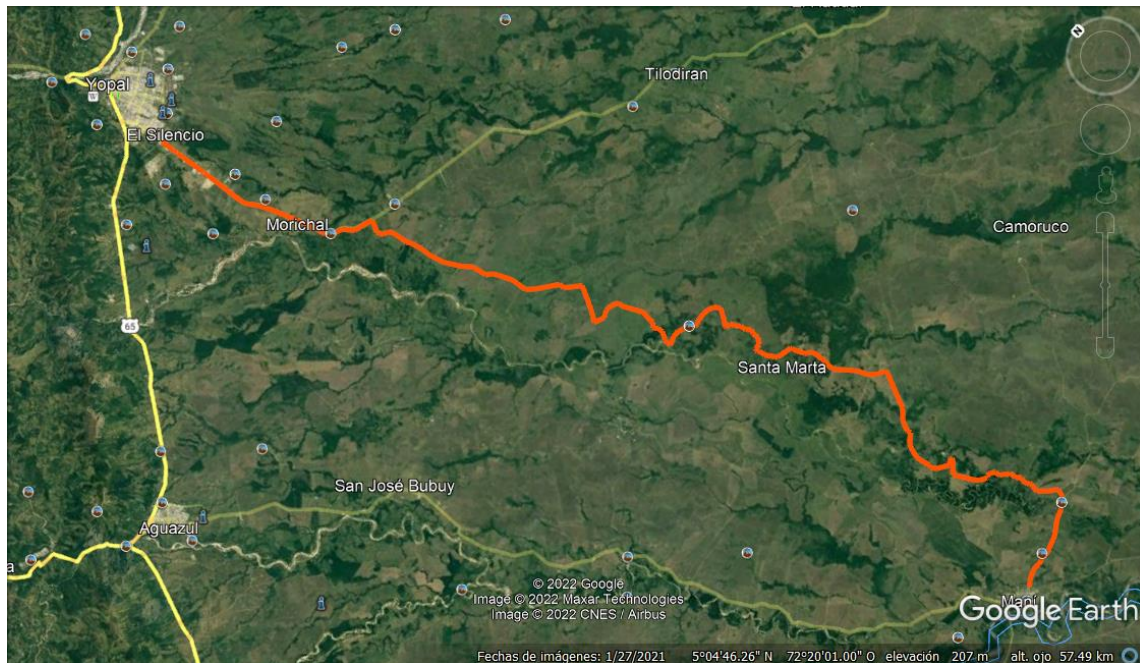


Figura 10. Alternativa 2. Fuente Google Earth.



Figura 11. Perfil de elevación del terreno Alternativa 2. Fuente Google Earth.

7.1.3 Alternativa 3.

Esta alternativa tiene como característica que se realiza el trazado por zonas privadas para disminuir la larga distancia que existe por el derecho de vía desde el Porvenir Monterrey hasta Maní Casanare por lo tanto esta alternativa nos genera sobrecostos por pagos de servidumbres, A continuación, se enunciarán algunos aspectos técnicos de suma importancia los cuales serán vitales en el momento de realizar la evaluación de alternativas.

Descripción de la ruta 3:

- Punto de conexión: City Gate Porvenir. Latitud 4°49'27.21"N. Longitud: 72°57'50.89"O
Altitud: 400 m.
- Punto de entrega: City Gate Maní.
- Longitud: 85.260 metros
- Topografía: Terreno ondulado, con pendientes bajas.
- Geomorfología: No presenta dunas, pendiente promedio 11.7% -21 %, algunas colinas altas.
- Geología: Mayormente arcillas y limos.
- Facilidad constructiva: Área amplia para el desarrollo de actividades.

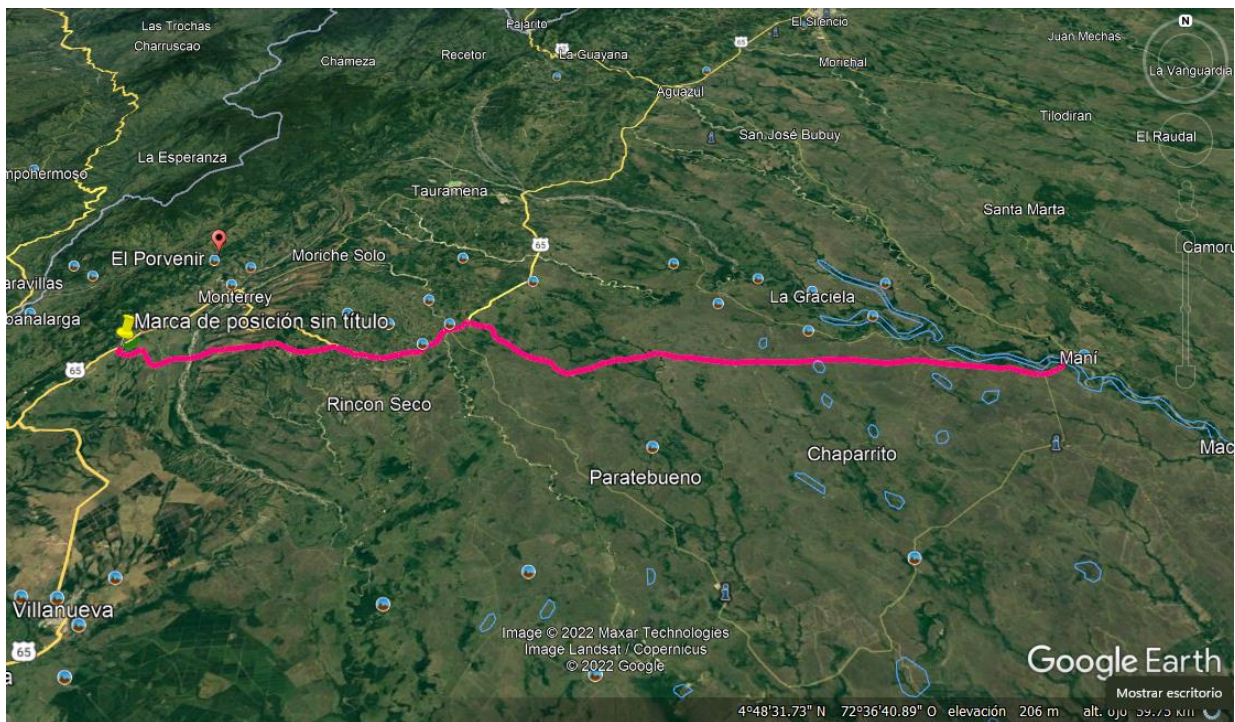


Figura 12. Alternativa 3. Fuente Google Earth.



Figura 13. Perfil de elevación del terreno Alternativa 3. Fuente Google Earth.

8 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Aspectos a tener en cuenta:

- Criterios técnicos (Longitud, topografía, geomorfología, geología).
- Afectación a ecosistemas sensibles.
- Uso del suelo.
- Impacto social a las comunidades de influencia.
- Economía del proyecto.

Dentro los criterios técnicos es importante tener en cuenta buscar la menor longitud posible del ducto, la ruta mas plana con el fin de tener menores movimientos de tierra que causen afectaciones a la tubería, además analizar las formaciones geológicas, fallas y facilidad constructiva.

8.1.1 Topografía, pendiente, criterios de evaluación

Tabla 10. Criterios de ponderación

RANGO DE PENDIENTE	PONDERACIÓN	JUSTIFICACIÓN
> 21	8	Se asocian las áreas que evidencian pendientes fuertes, las cuales podrían presentar erosión e inestabilidad de taludes, se busca que durante el proceso constructivo y operacional garantice la estabilidad del ducto.
11 – 21 %	4	Área de pendientes mesuradas, donde se implementa un adecuado manejo y puedan intervenir sin ocasionar cambios notables en el medio ambiente. En el ámbito constructivo y de operación del gasoducto requieren menos manejo detallado.
0 -10 %	1	Se seleccionan las áreas donde hay bajas pendientes, de fácil intervención, garantizando menores afectaciones al medio y generalmente son las más adecuadas para la construcción del gasoducto, su operación y mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Geomorfología, Criterios de evaluación

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ASPECTOS A EVALUAR
PENDIENTE	- Rangos de pendientes entre 0 – 10 %, 11 – 21 % y >21%
GEOMORFOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none"> - Dunas en llanura costeras planas - Dunas en llanura costera ondulada - Abanicos aluviales - Escarpes - Valles Inter montanos - Médanos - Pampas en llanura costera plana - Colinas bajas - Colinas altas - Pampas en llanuras costeras onduladas - Lomas - Glacis coluviales - Laderas estructurales en taludes - Valles aluviales - Terrazas bajas
RIESGOS	<ul style="list-style-type: none"> - Huaycos - Tsunamis - Tectonismo (Fallas geológicas) - Avenidas - Dunas - Áreas de menor riesgo

Fuente: Elaboración Propia

8.1.2 Aspectos ambientales

Tabla 12. Criterios de evaluación Ambiental.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN	JUSTIFICACIÓN	RIESGO
ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS ECOSISTEMAS SENSIBLES	- Reserva Nacional - Zonas reservadas - Ecosistemas endémicos	8	Áreas protegidas dentro de la legislación colombiana, en la cual se permite adelantar actividades no compatibles con usos de conservación, recreación y turismo ó que durante el proceso de análisis de compatibilidad puede tomar mayor tiempo del presupuestado por la realización de estudios detallados y retardar así las actividades consideradas dentro del proyecto.	ALTO
	- Áreas de amortiguamiento - Vegetación ribereña	4	Áreas que, con un adecuado y detallado manejo, pueden ser intervenidas.	MEDIO
	- Sin clasificación - Sin cobertura vegetal	1	Zonas que no se encuentran catalogadas dentro de ninguna clasificación de protección.	BAJO

Fuente: Elaboración Propia

8.1.3 Aspectos socioeconómicos y arqueológicos

Tabla 13. Criterios de evaluación socioeconómicos y arqueológicos.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN	JUSTIFICACIÓN	RIESGO
ACTIVIDADES ECONÓMICAS	Actividad agropecuaria Turismo	8	Áreas que requieren gran inversión y proceso de negociación con los propietarios.	ALTO
	Minería	4	Es posible el manejo del paso por estas áreas, ya que la mayoría de ellas se encuentran inactivas y otras están interesadas en adquirir el suministro de gas.	MEDIO
	Sin actividades económicas	1	No presentan restricciones, son las áreas sin uso actual aparente	BAJO
ARQUEOLOGÍA	Zona arqueológica Monumental Sitios arqueológicos con arquitectura Sitios arqueológicos sin arquitectura Sitios paleontológicos	8	Áreas donde no se pueden realizar actividades, ya sea por su categoría de intangibles, o porque de acuerdo con el MC no pueden ser intervenidas o porque para ser intervenidas requieren de trámites complejos.	ALTO
	Vestigios arqueológicos con elementos asociados	4	Pueden ser intervenidas con un manejo especial de cada una.	MEDIO
	Áreas libres de arqueología en superficie	1	No se evidencian restos arqueológicos superficialmente	BAJO

Fuente: Manual del transportador de Ocesa y elaboración Propia

8.1.4 Aspectos constructivos

Con el ánimo de evaluar el posible costo de la construcción del ducto se realiza un análisis financiero de conformidad con los precios establecidos por la gobernación de Casanare donde se tiene que por cada kilómetro de red de gasoducto construido en polietileno de 1 pulgada los valores pueden estar dentro de los siguientes presupuestos; de acuerdo a su dificultad (equipos, maquinarias, procesos, tiempo de ejecución).

Tabla 14. Ponderación de acuerdo a cada kilómetro de red de gasoducto.

TIPO DE TERRENO	UNIDAD	VALOR	PONDERACION
Montañoso	Km	\$ 48.500.000	8
Intermedio	Km	\$ 44.500.000	4
Plano	Km	\$ 40.000.000	1

Fuente: Elaboración Propia

8.1.5 Matriz de selección

Tabla 15. Análisis del riesgo de cada ruta.

CRITERIO		ALTERNATIVA 1 Longitud = 55,6 Km	ALTERNATIVA 2 Longitud = 74,5 Km	ALTERNATIVA 3 Longitud = 85,2 Km
AMBIENTALES	Pendiente	1	1	4
	Geomorfología (Estabilidad)	1	1	4
	Riesgos Naturales	4	4	8
	Áreas Naturales protegidas	1	4	4
	Actividades Económicas	4	4	8
	Aspectos Arqueológicos	1	1	1
CONSTRUCCION	Vías de Acceso	1	1	4
	Apertura y conformación	1	4	8
	Zanjado	1	4	8
	Bajado y tapado	1	4	8
	TOTAL	16	28	57
	PROMEDIO PONDERACIÓN	2	3	6

Fuente: Elaboración Propia

De conformidad con los análisis realizados se define la alternativa N°1 como la más viable por economía, facilidad constructiva y de menor impacto ambiental.

9 PARAMETROS DE LA INGENERÍA DE DISEÑO

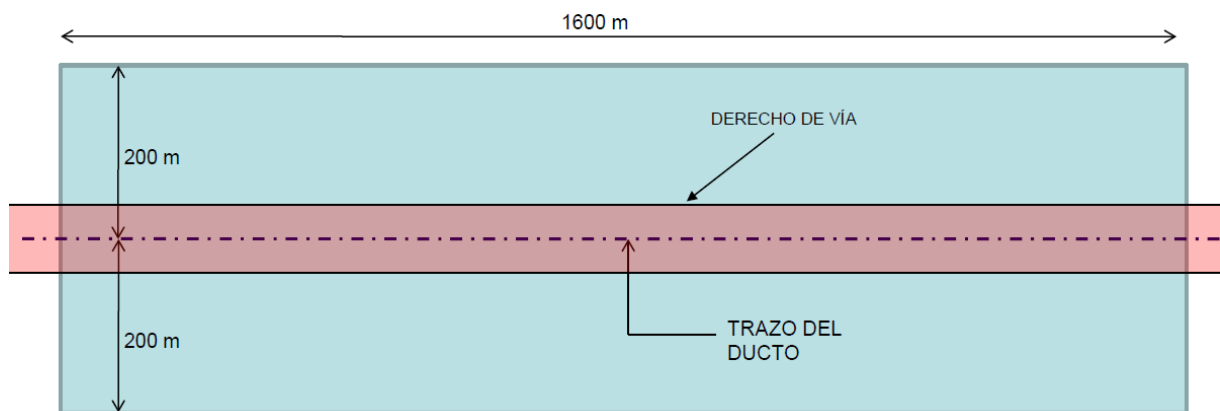
9.1.1 Criterios de diseño

Se deberán tener en cuenta los parámetros establecidos por normas Icontec y las resoluciones aplicables en La República de Colombia.

9.1.2 Clase de localidad

La determinación de los índices de densidad poblacional brinda un método para evaluar el grado de exposición al daño de un sistema de tuberías para gas. La clase de localización es un área geográfica imaginaria a lo largo del ducto, de 1,600m x 400m (200 m a cada lado del eje del trazado). Se clasifica según el número y proximidad de las edificaciones actuales y previstas. (NTC 3728 transporte y redes de distribución, s/f)

Figura 14. Clase de localización.



Fuente: (ESGEP | Escuela en Gestión de Energía y Petróleo, s/f)

Factores a considerar:

- Presión de operación.
- Métodos de pruebas de tuberías.
- Ubicación de tuberías y accesorios.

Tabla 16. Tipo de localización

Localización	Descripción	Áreas	Presión Min. de Prueba
(a) Clase 1:	Sección con 10 ó menos edificaciones previstas para ocupación humana.	Páramos, desiertos, montañas, tierras de pasturas, tierras de cultivo, y de escasa población.	
1) División 1:	Factor de diseño mayor que 0.72 pero igual a o menor que 0.80.		1.25 x MOP
2) División 2:	Factor de diseño igual o menor que 0.72		1.1 x MOP
(b) Clase 2:	Sección con más de 10 pero menos de 46 edificaciones previstas para ocupación humana.	Áreas en las afueras o alrededor de ciudades y pueblos, áreas industriales, granjas o ranchos, etc.	1.25 x MOP
(c) Clase 3:	Sección que tiene 46 ó más edificaciones previstas para la ocupación humana.	Áreas de desarrollo urbano, centros comerciales, áreas residenciales, áreas industriales, y otras, no consideradas en los requerimientos de Clase 4.	1.4 x MOP
(d) Clase 4:	Sección que tiene 46 ó más edificaciones previstas para la ocupación humana.	Áreas donde predominan los edificios multifamiliares de 4 ó más pisos, el tráfico vehicular es denso y se tiene instalaciones subterráneas.	1.4 x MOP

Fuente: (Asme_B31_8_En_espanol.pdf, s/f)

De conformidad con la ruta escogida se tiene que el trazado del gasoducto se encuentra sobre un área de tráfico vehicular denso ya que todo el trazado de la línea de transporte se encuentra paralela a la vía principal que comunica el municipio de Aguazul – Maní. Además, entre la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+500 se encuentran áreas multifamiliares superior a 46 edificaciones y se cruzan otras redes de servicios públicos en ese sector. Lo cual conlleva a caracterizar el presente proyecto como **Clase 4**.

9.1.3 Calidad del gas

Hace referencia a los componentes de hidrocarburos gaseosos. La composición del gas garantiza el comportamiento de este en las tuberías y que se encuentra establecido en la resolución CREG 054 del 21 de junio de 2007 en el numeral 6.3, en la siguiente tabla se exponen las especificaciones de gas natural en el sistema de transporte nacional

Tabla 17. Calidad del gas.

<i>Especificaciones</i>	<i>Sistema Internacional</i>	<i>Sistema Inglés</i>
Máximo poder calorífico bruto (GHV) <i>(Nota 1)</i>	42.8 MJ/m ³	1.150 BTU/ft ³
Mínimo poder calorífico bruto (GHV) <i>(Nota 1)</i>	35.4 MJ/m ³	950 BTU/ft ³
Contenido de Líquido <i>(Nota 2)</i>	Libre de líquidos	Libre de líquidos
Contenido total de H ₂ S máximo	6 mg/m ³	0.25 grano/100PCS
Contenido total de azufre máximo	23 mg/m ³	1.0 grano/100PCS
Contenido CO ₂ , máximo en % volumen	2%	2%
Contenido de N ₂ , máximo en % volumen	3	3
Contenido de inertes máximo en % volumen <i>(Nota 3)</i>	5%	5%
Contenido de oxígeno máximo en % volumen	0.1%	0.1%
Contenido máximo de vapor de agua	97 mg/m ³	6.0 Lb/MPCS
Temperatura de entrega máximo	49 °C	120°F
Temperatura de entrega mínimo	7.2 °C	45 °F
Contenido máximo de polvos y material en suspensión <i>(Nota 4)</i>	1.6 mg/m ³	0.7 grano/1000 pc

Fuente: (Creg054-2007.pdf, s/f)

9.1.4 Presiones de operación permisibles

Atendiendo los parámetros de la NTC 3838 quien establece las presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gas natural, tenemos:

Tabla 18. MPOP según sistema de tubería y clase de usuario.

Clase de sistema de tubería y clase de usuario.	Gas natural		GLP	
	bar	psig	bar	psig
Alta presión: P > 7 bar (P > 101,5 psig)				
Líneas de transporte.	Véase el numeral 4.1	Véase el numeral 4.1	N.A	N.A
Líneas primarias.	19 ¹⁾	275.6 ¹⁾	N.A	N.A
Instalaciones para suministro de gas destinadas a usos industriales, derivadas de líneas de transporte o líneas primarias.	2)	2)	N.A	N.A
Media presión: 140 mbar < P ≤ 7000 mbar (2,03 psig < P ≤ 101,5 psig).	mbar	psig	mbar	psig
Líneas secundarias, líneas de acometida y líneas matrices exteriores a la edificación.	7000 ³⁾	101,5 ³⁾	1 000 ⁴⁾	14,5 ⁴⁾
Instalaciones para suministro de gas destinadas a usos industriales, derivadas de líneas secundarias.			1 000 ⁴⁾	14,5 ⁴⁾
Líneas matrices interiores en instalaciones para suministro de gas destinadas a usos residenciales y comerciales.	350 ⁴⁾	5,07 ⁴⁾	350 ⁴⁾	5,07 ⁴⁾
Baja presión: P ≤ 140 mbar (P ≤ 2,03 psig)	mbar	psig	mbar	psig
Líneas individuales en instalaciones para suministro de gas destinadas a usos comerciales.			140	2,03
Líneas individuales destinadas a usos residenciales para suministro de gas a artefactos con regulador asociado.	140	2,03	140	2,03
Líneas individuales destinadas a usos residenciales para suministro de gas a artefactos sin regulador asociado.	23	0,33	35	0,5

Fuente: (ntc_3838_14.pdf, s/f)

9.1.5 Gravedad específica del gas

Este valor indica la relación que existe entre el peso por unidad de volumen del gas con respecto al peso de un volumen igual de aire. Para el presente estudio se determinará la gravedad del gas por cromatografía.

9.1.6 Condiciones estándar para el gas natural

Se tomará como condiciones base 14.22 Psia para la presión y 18°C para la temperatura las cuales serán como referencia para medir el volumen de un gas.

9.1.7 Ecuación a implementar

Esta ecuación se empleará donde el suministro y la distribución del gas posea una presión de diseño sea mayor a 70 mbar y menor a 7000 mbar. Cada tramo se diseña haciendo uso de la ecuación de Mueller, cuyos límites de aplicación se encuentran enmarcados para tuberías plásticas y flujos parcialmente turbulentos. No deberá superar la Máxima Presión de Operación Permisible según la NTC 3838.

**ECUACIÓN DE
MULLER MEDIA
PRESION**

$$Q = \frac{0.13}{G^{0.425}} * \left[\frac{P1^2 - P2^2}{L} \right]^{0.575} * D^{2.725} \quad (8)$$

Q = Caudal de gas (Sm³/h)

L = Longitud de la red (m)

G = Gravedad específica del gas = 0.67

D = Diámetro mínimo interior de la tubería (mm)

P1 y P2 = Presión absoluta al inicio y final de la red (Bar)

9.1.8 Velocidad del gas

La velocidad del gas es un factor importante el cual va ligado al diámetro de la tubería ya que a una baja velocidad indica un sobredimensionamiento de la red y a alta velocidad suele producir ruidos fuertes. En la NTC 4282 se definen las velocidades permisibles del gas que fluye por las tuberías.

Tabla 19. 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

Fuente: (Ntc 4282 Instalaciones Industriales | ILIDE.INFO Platform PDF Viewer, s/f)

La fórmula para el cálculo de la velocidad del fluido en el tramo es la siguiente:

**VELOCIDAD EN EL
TRAMO**

$$V = 354 * P^{-1} * Q * D^{-2}$$

(9)

Q= Caudal de diseño (m³/h)

V= Velocidad (m/s)

P= Presión absoluta del tramo (bar)

D= Diámetro interior del ducto (mm)

9.1.9 Ecuación de pérdida de presión en la red

Durante el proceso de cálculo se deberá tener en cuenta los porcentajes de caída de presión en cada tramo de tal manera que se encuentren dentro de los rangos aceptables.

La ecuación para el cálculo del porcentaje de caída de presión para presiones superiores a 70 mbar es la siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{PORCENTAJE DE} \\ \text{CAIDA DE} \\ \text{PRESIÓN} \end{array} \quad \Delta P = \frac{(P1 - P2)}{P1} * 100\% \quad (10)$$

P1 = Presión absoluta del gas al inicio de la red

P2 = Presión absoluta del gas al final de la red

ΔP = Caída de presión del tramo

10 CALCULOS DE LA INGENIERÍA DE DISEÑO

10.1.1 Análisis operacional

EL punto de conexión es el City Gate ubicado en la GNV de Aguazul, la presión de recibo en este punto es de 350 Psig. La presión de diseño de las redes de distribución de gas, construidas con materiales plásticos, no debe exceder 7 bar (101,3 psig). (NTC 3728 transporte y redes de distribución, s/f). Pg 22. (*ntc_3838_14.pdf, s/f*) Pg 9.

10.1.2 Parámetros de diseño

Para el diseño de la red de gasoducto se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- Fluido: Gas Natural en condiciones RUT- Odorizado,
- Densidad relativa: 0.676
- Presión de suministro por la empresa comercializadora: máxima (350 Psig); mínima 250 Psig.
- Temperatura típica del gas: 18°C
- Velocidad permisible del gas: 20 m/s
- Poder Calorífico del Gas: 1092 Btu/cf
- Presión de regulación ERM: 100 Psig

Condiciones ambientales:

- Lugar de instalación: Maní, Casanare
- Altitud: 187 Msnm
- Presión atmosférica promedio: 1.08 bar

- Temperatura máx. promedio: 34 °C
- Temperatura mín. promedio: 28° C

10.1.3 Cromatografía del Gas

Tabla 20. Cromatografía del gas del City Gate Aguazul.

REPORTE DE CROMATOGRAFÍAS ESPECÍFICAS	
N2	0,503
CO2	1,854
Metano	82,514
Etano	10,313
Propano	3,721
I-Butano	0,508
N-Butano	0,464
I-Pentano	0,077
N-Pentano	0,037
Hexano	0,009
Neopentano	0,000
Total	100

Fuente: Empresa de energía de Casanare

10.1.4 Cálculo mediante el software Gasworks

The screenshot displays the Gasworks software interface. The main window is titled "Graphic Data Interface...". A "Gas Properties Calculator..." dialog box is open in the center, showing the following data:

Enter Gas Composition (%)	
Methane (CH4):	82.514
Ethylene (C2H4):	
Ethane (C2H6):	10.313
Propane (C3H8):	3.721
I-Butane (iC4H10):	0.508
N-Butane (nC4H10):	0.464
I-Pentane (iC5H12):	0.077
N-Pentane (nC5H12):	0.037
Hexane (C6H14):	0.009
Heptane (C7H16):	0
Octane (C8H18):	
Nonane (C9H20):	
Decane (C10H22):	
Air (N2+O2):	
Water (H2O):	
Argon (Ar):	
Carbon Monoxide (CO):	
Carbon Dioxide (CO2):	1.854
Hydro Sulfide (H2S):	
Helium (He):	
Hydrogen (H2):	
Nitrogen (N2):	0.503
Oxygen (O2):	
Other:	
Heating Value Method:	GPSA

Calculated Values...
 Heating: 1091.9 Btu/cf Specific Gravity: 0.676
 Viscosity: 0.0000070 Lbm/Ft-sec Specific Heat Ratio: 1.29

The background software window shows a "Pipe Data & Results..." panel on the right with the following data:

Record Number	2
Internal ID Number	3592
From Node	REDUCCION
To Node	CITY GATE MANI
[-] Hydraulic Data Items...	
Hydraulic Type	Pipe
Size/Type Code	6P
Diameter Units	Inches
Roughness	0.00006
Hydraulic Length	14918.62
Length Units	Metres
Hydraulic Efficiency	1
Efficiency Units	Decimal
Status	On
Flow Equation	IGT-Improved

Figura 15. Entrada cromatografía. Fuente Software GASworks.

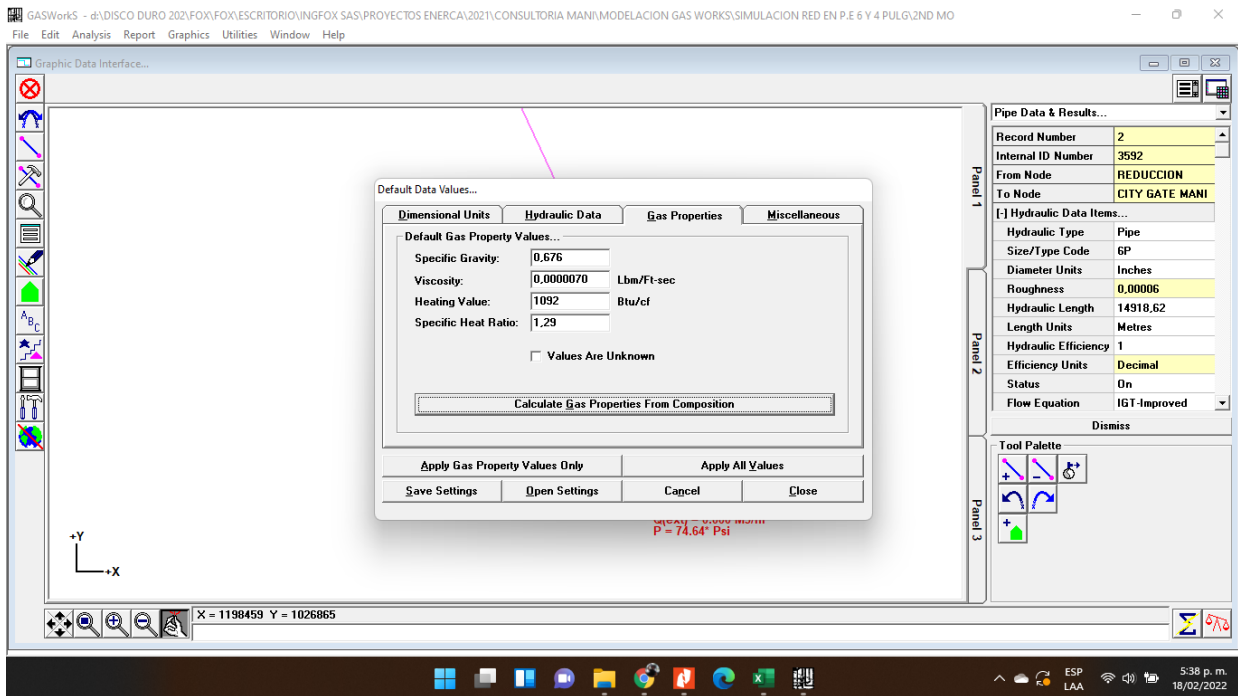


Figura 16. Cálculo de las condiciones principales del gas. Fuente Software GASworks.

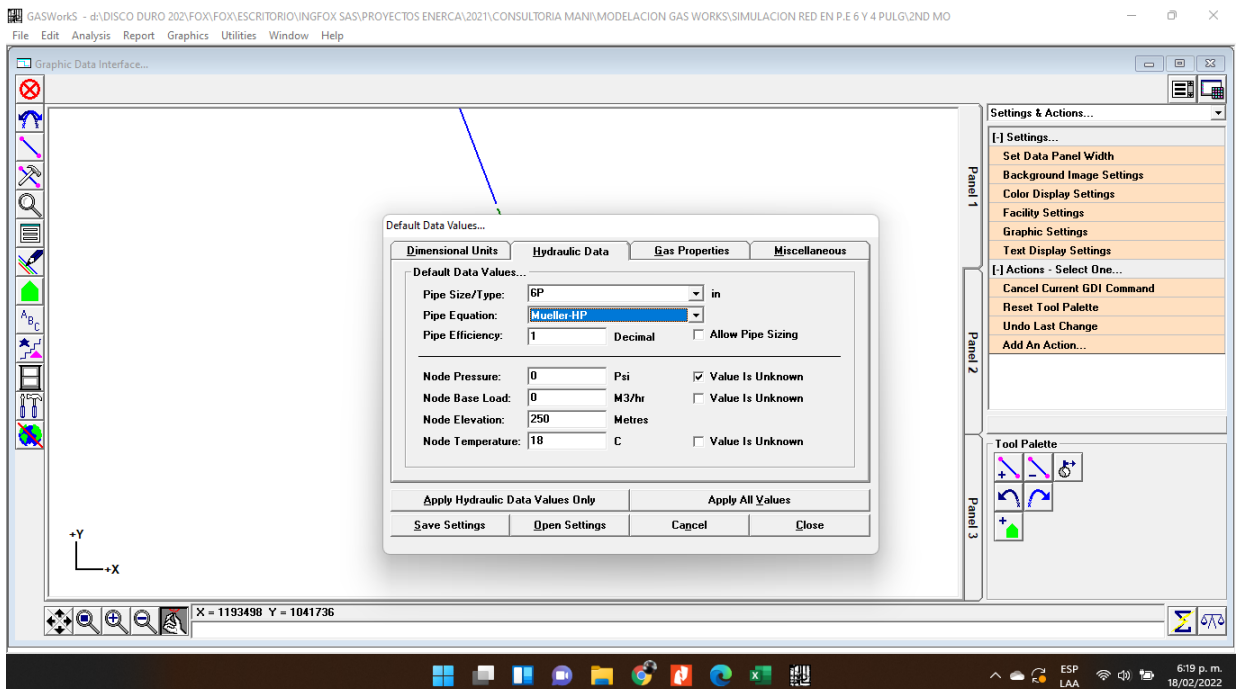


Figura 17. Selección de la ecuación. Fuente Software GASworks.

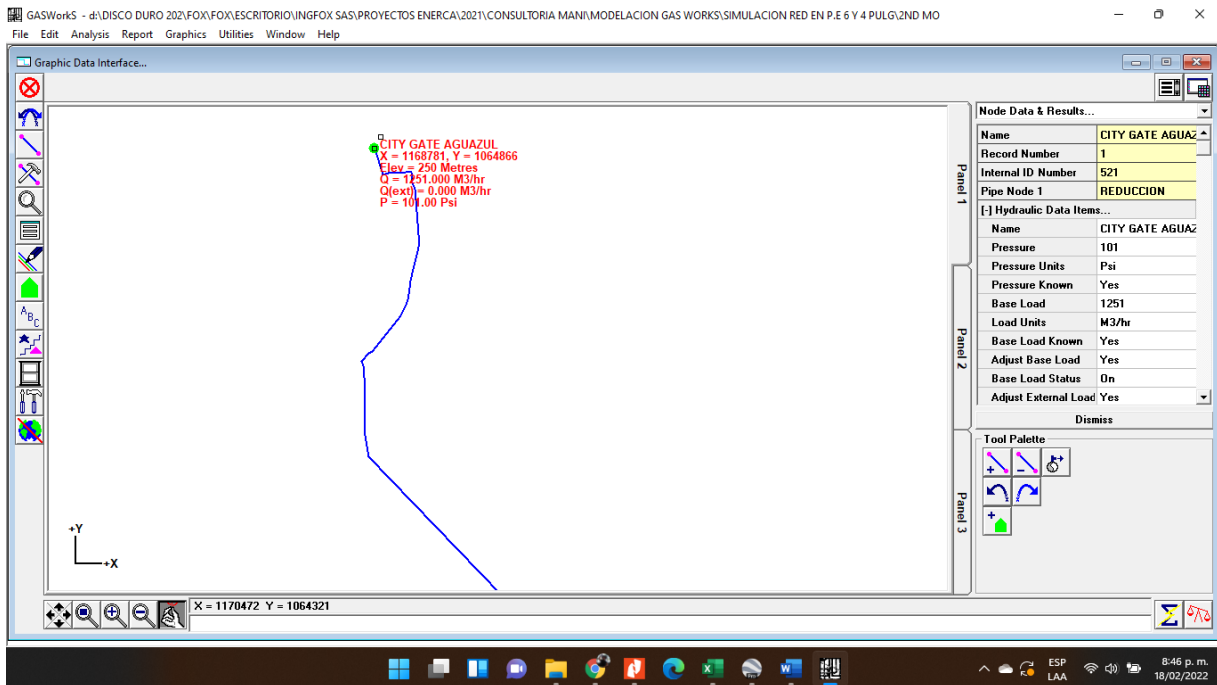


Figura 18. Ingreso de los datos de consumo, elevaciones y presiones de operación. Fuente Software GASworks.

10.1.5 Reporte de cálculos.

Record Number	Name	Internal ID Numb	Pressure	Pressure Units	Pressure Known	Base Load	External Load	External Load (Fixed)
1	CITY GATE AGUAZUL	521	101,18	Psi	Yes	1251,000	0,000	0,000
2	REDUCCION	549	85,32	Psi	No	0,000	0,000	0,000
3	CITY GATE MANI	569	78,33	Psi	No	-1251,000	0,000	0,000

Record Number	Total Load	Flow Error	Load Units	Base Load K	Adjust Base Load By DF	Base Load Status	Adjust Ext Load By DF	External Load Sta	Elevation, Metres	Atm Pressure, Psi
1	1251,000	0,000	M3/hr	No	Yes	On	Yes	On	294	14,22
2	0,000	0,000	M3/hr	Yes	Yes	On	Yes	On	187	14,41
3	-1251,000	0,000	M3/hr	Yes	Yes	On	Yes	On	177	14,42

Record Number	Temperature, C	Temp Known	Specific Gravity	Viscosity, Lbm/Ft-sec	Heating Value, Btu/cf	Specific Heat	Gas Prop Known	X-Coordinate, Metres	Y-Coordinate, Metres
1	18,00	Yes	0,676	0,0000070	1092	1,29	Yes	1168781	1064866
2	18,00	Yes	0,676	0,0000070	1092	1,29	Yes	1189162	1036059
3	18,00	Yes	0,676	0,0000070	1092	1,29	Yes	1198393	1026513

Record Number	Calibration Type	Calibration Value	Calibration Difference	Calibration Difference,	Edit Date
1	None				18/02/2022
2	None				18/02/2022
3	None				18/02/2022

Figura 19. Node Model Data Report. Fuente Software GASworks.

Record Number	From Node	To Node	Internal ID Number	Facility Type	Hydraulic Type	Status	Flow Equation			
1	CITY GATE AG	REDUCCION	3587	Service - Medium Pressure	Pipe	On	Mueller-HP			
2	REDUCCION	CITY GATE MA	3592	Service - Medium Pressure	Pipe	On	Mueller-HP			
Record Number	Size/Type Code	Inside Diameter	Roughness	D/R Units	Allow Sizing	Sizing Group	Length	Attached Fittings	Equivalent Length	
1	6P	5,404	0,00006	in	No		39286	0		
2	6P	5,404	0,00006	in	No		14919	0		
Record Number	Length Units	Efficiency, Decimal	Total Eff, Decimal	Flow Rate	Q Units	Velocity, Metres/sec	Reynolds Number	Volume, M^3	Inlet Pressure	Outlet Pressure
1	Metres	1,00	1,00	1251,000	M3/hr	3,4	244338	4404,816	101,00	84,31
2	Metres	1,00	1,00	1251,000	M3/hr	3,6	244338	1484,054	84,31	77,17
Record Number	Pressure Drop	Drop Per 100 Feet	Average Pressure	Hoop Stress	SMYS	MAOP	Pressure Units	% SMYS	Average Compressibility	
1	16,69	0,01	92,87	548,01	1250	0,00	Psi	43,84	1,000000	
2	7,13	0,01	80,78	457,43	1250	0,00	Psi	36,59	1,000000	
Record Number	Control Style	Set Pressure	Set Pressure Units	Valve Opening, %	Number Of Wells	Well Equation Coefficient	Well Equation Exponent	Customer Count	Edit Date	
1								0	18/02/2022	
2								0	18/02/2022	

Figura 20. Pipe Model Data Report. Fuente Software GASworks.

10.1.6 Análisis de válvulas de seccionamiento:

Todas las líneas de transporte y redes de distribución a alta y media presión deben tener válvulas espaciadas de tal forma, que en caso de emergencia se minimice el tiempo de cierre de un tramo o sección de la línea. La separación de las válvulas está determinada por la presión de operación, el tamaño de la red y las condiciones físicas locales. (NTC 3728 transporte y redes de distribución, s/f) .En ningún caso las distancias de separación de las válvulas de seccionamiento en líneas de transporte y líneas primarias de distribución deben exceder las distancias en kilómetros especificadas en la siguiente Tabla:

Tabla 21. Separación máxima de las válvulas de seccionamiento para líneas de transporte y líneas primarias.

Clase de localidad	Separación máxima ¹ en km
1	32
2	24
3	16
4	8

Fuente:(NTC 3728 transporte y redes de distribución, s/f)

Para el presente proyecto ubicaremos las válvulas de seccionamiento teniendo en cuenta características físicas y operativas. Donde se tendrán en cuenta aspectos como:

- Tamaño del área a aislar
- Clase de localidad
- Características topográficas
- Numero de válvulas necesarias para realizar el aislamiento
- Volumen de Gas almacenado en el tramo a aislar
- Número de usuarios y usuarios especiales, tales como hospitales, escuelas, usuarios comerciales o industriales que pueden verse afectados por el cierre de las válvulas.

Tomando como referencia la clase de localidad del gasoducto proyectado se encuentra en una clase de localidad 4 se deberán respetar las longitudes máximas de separación entre válvulas de seccionamiento y que también son condiciones que se adhieren a los tiempos requeridos por el personal de operación y manteniendo disponible para llevar a cabo los procedimientos de aislamiento en caso de alguna fuga y así mismo el tiempo requerido por el personal disponible para restaurar el servicio a los usuarios.

Tabla 22. Localización de válvulas de seccionamiento del gasoducto Aguazul- Maní.

ITEM	DESCRIPCION	ABSCISA
1	Polivalvula 6" PE-100 RDE11	0+000
2	Polivalvula 6" PE-100 RDE11	8+000
3	Polivalvula 6" PE-100 RDE11	16+000
4	Polivalvula 6" PE-100 RDE11	24+000
5	Polivalvula 6" PE-100 RDE11	32+000
6	Polivalvula 6" PE-100 RDE11	40+000
7	Polivalvula 6" PE-100 RDE11	48+000
8	Polivalvula 6" PE-100 RDE11	55+360

Fuente: Elaboración propia.

10.1.7 Cálculo del espesor mínimo por presión tubería de polietileno

**ECUACIÓN
CALCULO DE LA
PRESIÓN DE
DISEÑO**

$$P = \left(\frac{20 * S * t}{D * t} \right) * 0.32 \quad (11)$$

Fuente: (NTC 3728 transporte y redes de distribución, s/f)

Donde:

P: Presión de diseño (100 Psig)

S: Esfuerzo hidrostático prolongado (1450 Psig) (PAVCO, 2014)

t: Espesor mínimo de pared del tubo (in)

D: Diámetro exterior de la tubería 6 (in)

De la ecuación **N°11**, se despeja (t), que será el espesor mínimo por presión que tendrá la tubería en la red de gasoducto teniendo en cuenta la ecuación **N°12**.

**ECUACIÓN
CALCULO DEL
ESPESOR
NOMINAL
TUBERIAS EN
POLIETILENO**

$$t = \frac{P * D}{0.64 * S + P} \quad (12)$$

Remplazando:

Tabla 23. Espesor mínimo calculado para la tubería de PE.

Espesor mínimo calculado para la tubería de PE				
Red	P (Psig)	D (Pulg)	S (Pulg)	t (Pulg)
Tramo A-B	100 *	6	1450	0,584

Fuente: Elaboración propia

* El calculo se realiza a la maxima presion de operación de la red: (1250 Psig para PE 2406, 1160 Psig para PE 80 y 1450 Psig para PE 100. (PAVCO, 2014).

El espesor de pared debe ser como se especifica en la tabla 4 de la norma NTC 1746 cuando se mida de acuerdo con el numeral 6.5.1.2. El espesor de pared minimo en cualquier punto de medicion no debe ser menor que el espesor de pared minimo especificado en la tabla 4 de la NTC 1746.

Tabla 24. Espesor mínimo establecido por la norma NTC 1746 para la tubería de PE.

Tamaño nominal del tubo (IPS), pulgadas	RDE ^c	Mínimo	Tolerancia
6	32,5	5,18 (0,204)	+ 0,610 (+0,024)
	26	6,48 (0,255)	+ 0,787 (+0,031)
	23,7	7,11 (0,280)	+ 0,864 (+0,034)
	21	8,00 (0,315)	+ 0,965 (+0,038)
	17	9,91 (0,390)	+ 1,194 (+0,047)
	13,5	12,47 (0,491)	+ 1,499 (+0,059)
	11,5	14,63 (0,576)	+ 1,753 (+0,069)
	11,0	15,29 (0,602)	+ 1,829 (+0,072)

Fuente: NTC 1746.

- Los tamaños indicados en la tabla anterior son aquellos comercialmente utilizados por la industria del gas.
- El mínimo espesor de pared mas bajo encontrado en el tubo en cualquier seccion transversal. El espesor de pared máximo permitido en cualquier sección transversal, es el espesor de pared mínimo más la tolerancia indicada.
- Las RDE indicadas son designaciones comúnmente aceptadas por la industria del gas y su cálculo no es exacto.
- Todas las tolerancias estan del lado positivo del mínimo requerido. Estos espesores de pared son valores mínimos y no son función de las relaciones dimensionales.

10.1.8 Selección de la tubería

Se debe tener en cuenta la normativa utilizada para el diseño para el presente caso las normas aplicables dentro del diseño corresponden a las NTC 3728, NTC 1746, ya que están ligadas a especificaciones detalladas de presión, temperatura, tolerancias que son factores importantes a la hora de escoger la tubería adecuada para un proyecto. Atendiendo las observaciones expuestas en el espesor mínimo calculado y el espesor mínimo por norma mostrado en la tabla 24 se indica que para este gasoducto existe la clase de tubería RDE 11 que se encontraría por encima del valor mínimo calculado; es decir que cumpliría con las especificaciones de diseño contempladas en la NTC 1746 para el presente proyecto. De acuerdo con el manual del fabricante PAVCO se tiene que uno de los RDE mayormente utilizados en la industria del gas natural es el RDE 11 por lo que este se ajusta a las condiciones mínimas de operación.

Figura 21. Selección de la tubería

PE 100 Pulgadas Naranja							
Diámetro Nominal	Referencia	RDE	Diámetro Exterior Promedio		Espesor de Pared Mínimo		Presentación Tubos
pulg			mm	pulg	mm	pulg	mts
4"	2905043	11	114.30	4.50	10.39	0.409	12
6"	2904901	11	168.30	6.63	15.29	0.602	12
8"	2906140	11	219.03		19.94		10

Fuente: Manual técnico tubosistemas de conducción Gas (PAVCO, 2014)

11 ANALISIS CONSTRUCTIVO

11.1.1 Ubicación de la tubería

La profundidad de las líneas primarias en las redes de distribución de gas o líneas de transporte deben instalarse enterradas a una profundidad no inferior a 100 cm (39,4 pulgadas), medidos entre la superficie del terreno y el lomo o clave de la tubería. (NTC 3728 transporte y redes de distribución, s/f). Debido a que el gasoducto Aguazul – Maní es una línea de transporte primaria la norma exige que la excavación se realice a 1.0 metros medidos desde la cota rasante hasta la cota clave del tubo. El tubo proyectado tiene un diámetro exterior de 6.63" lo que equivale a 0.17 m de diámetro por lo que como criterio técnico una profundidad de 1.2 metros se ajusta a las condiciones de transporte y distribución de la norma NTC 3728.

11.1.2 Intersección con otras redes

Cuando las líneas de distribución o transporte se sitúen cerca a otras obras o conducciones subterráneas de otros servicios públicos, debe disponerse, entre las partes más cercanas de las dos instalaciones, de una distancia como mínimo igual a la que se establece a continuación:

El espacio entre tuberías depende del diámetro, material, fluido transportado, del revestimiento, pero sobre todo, de los requerimientos para ejecución de los mantenimientos rutinarios sobre la tubería o su sistema de protección contra la corrosión; sin embargo, se recomienda que los cruces de tuberías pasen por debajo de la ya existente y durante la ejecución de estos trabajos se deberá dar aviso oportuno al operador de esta última. De conformidad con el tipo de material polietileno de alta densidad P.E.100 proyectado en el presente diseño tenemos la siguiente tabla que aplica como distanciamientos mínimos entre otras redes de servicios públicos para tuberías plásticas ya que este último no requiere sistemas de protección catódica.

Tabla 25. Distanciamiento mínimo en cruces con otras redes de servicios públicos para la tubería de PE.

	Líneas primarias	Líneas secundarias
Puntos de cruce	0,30 m	0,10 m
Recorridos paralelos	0,30 m	0,20 m

Fuente: (NTC 3728 transporte y redes de distribución, s/f)

Siempre que sea posible se aumentarán estas distancias sobre todo en las proximidades de obras importantes, de manera que se reduzca en ambas obras el riesgo inherente a la ejecución de trabajos de reparación y mantenimiento de obra. Cuando por causa justificada no puedan mantenerse las distancias mínimas entre los distintos servicios que se fijan en el presente literal, deben imponerse entre ambos servicios pantallas de fibrocemento, material cerámico, goma, amianto, plástico u otro material de similares características mecánicas y dieléctricas.

12 ANALISIS FINANCIERO

12.1.1 Costos constructivos

Los costos para la construcción del presente proyecto serán calculados mediante los valores de precios unitarios referenciados en la base de datos de la Gobernación de Casanare del año 2022. A continuación, se enuncian las actividades que influyen en la construcción de una red de gasoducto con las características mencionadas en el diseño.

Tabla 26. Presupuesto de obra.

CUADRO DE PRESUPUESTO					
PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA LINEA PRINCIPAL PARA EL TRANSPORTE DE GAS NATURAL DEL MUNICIPIO DE MANI, DEPARTAMENTO DE CASANARE.					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
1	Replanteo y localizacion de tuberías de gas	m	54205	\$ 1.518	\$ 82.283.190
2	Excavacion a mano en material comun	m3	3903	\$ 27.336	\$ 106.685.847
3	Excavacion manual en conglomerado	m3	10407	\$ 52.553	\$ 546.937.990
4	Excavacion mecanica en zanja (0 - 15 m)	m3	13172	\$ 12.717	\$ 167.505.971
5	Relleno en arena lavada apisonada para atraque de la tuberia con transporte	m3	3930	\$ 59.960	\$ 235.634.556
6	Relleno en material seleccionado de la excavacion compactado	m3	27482	\$ 26.551	\$ 729.672.856
7	Tuberia de Polietileno PE-100 RDE 11 de 6" par gas. Suministro e Instalación	m	54205	\$ 179.550	\$ 9.732.486.068
8	Poliválvula 6" PE-100 RDE11. Suministro e instal.	Und	8	\$ 3.607.030	\$ 28.856.243
9	Prueba de hermeticidad red de gasoducto	m	54205	\$ 282,00	\$ 15.285.810
10	Cruce subfluvial lastrado	m	290	\$ 509.097,00	\$ 147.638.130
11	Mojon de señalizacion rural. Suministro e Instal.	Und	30	\$ 184.469,00	\$ 5.534.070
12	Rotura y reposicion de concreto 2500 psi e=0.07 m	m2	86	\$ 50.134,00	\$ 4.311.524
13	Cruce de via con misil neumatico percutor Ø 6"	m	36	\$ 361.278,00	\$ 13.006.008
A. COSTO DIRECTO					\$ 11.815.838.263
B. COSTO INDIRECTO					
B1. Administracion				24,0%	\$ 2.835.801.183
B2. Imprevistos				3,5%	\$ 413.554.339
B.3 Utilidad				5%	\$ 590.791.913
VALOR COSTO INDIRECTO (A.I.U.33%)					\$ 3.840.147.435
VALOR INTERVENTORIA					\$ 1.020.527.714
VALOR APOYO A LA SUPERVISION					\$ 25.438.728
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					\$ 16.701.952.141

Fuente: Elaboración propia y apus resolucio 0077 de 2022 Gobernacion de Casanare. Se anexan Apus.

13 CONCLUSIONES

- Se determinaron parámetros específicos como la proyección de población futura del área objeto de estudio a 20 años, haciendo uso de la mejor alternativa de trazado la cual se ajusta a las condiciones establecidas dentro de la normatividad colombiana la cual garantizara una correcta operación del gasoducto.
- La proyección de la población a un periodo de 20 años es fundamental debido a que se hace necesario satisfacer las demandas futuras. Es por esto que se optó por tomar el dato calculado mediante el método geométrico cuyo valor se ubicó muy próximo a los calculados por el departamento nacional de estadística DANE el cual se encuentra elaborado hasta el año 2035.
- La optimización de un gasoducto depende de las condiciones tanto de operación como de diseño por lo que se hizo necesario realizar el análisis detallado de los consumos de gas en el municipio de Maní, Casanare. Teniendo en cuenta datos históricos de demandas y posibles mercados futuros arrojando como resultado volúmenes de gas muy similares a los promedios nacionales los cuales permitieron estimar el consumo futuro de este proyecto.
- Un indicador que muestra la optimización del gasoducto es: el análisis de las demandas mediante una curva de consumo. El cual tuvo como fuente de información los reportes del sistema único de información SUI donde se logró apreciar el crecimiento histórico de consumos promedios por tipo de usuario y número de suscriptores durante los últimos años. En otras palabras, el factor clave fue estimar los consumos futuros en función del número de suscriptores y tipo de clientes a abastecer realizando un análisis de consumos históricos promedios.
- Atendiendo la normatividad colombiana para el diseño, la construcción y operación de gasoductos se citan las normas Icontec aplicables y establecidas dentro del territorio nacional con el fin de dar cumplimiento a las metodologías y parámetros que estas exigen y que así mismo se exponen en el desarrollo de la presente monografía.
- Mediante el uso del software especializado para el análisis de redes de Gasoductos GASWORKS 10.0 se ilustra el procedimiento realizado para el cálculo de los diámetros mínimos que transportaran el Gas desde la estación de Aguazul hasta la estación de puerta a la ciudad del municipio de Maní, Casanare. Arrojando como resultados presiones iniciales y finales las cuales se encuentran dentro de los parámetros establecidos en las normas Icontec.
- Las herramientas especializadas de diseño son indispensables para todo tipo de análisis desde baja hasta alta complejidad. En casos como redes de distribución que cuentan con muchos nodos e interconexiones con diferentes tipos de materiales, caudales de demanda y presiones de operación se hace más práctico al momento de evaluar los casos que se presenten durante la operación del sistema.
- Los diámetros calculados, consumos de diseño, presiones de operación y velocidades en el sistema de transporte dan cumplimiento a lo establecido en la normatividad colombiana.
- Se define como material de diseño para el gasoducto polietileno de Alta densidad, teniendo en cuenta que es el más viable por economía y facilidad constructiva con respecto al acero.

- En el punto de llegada donde la presión P_2 se encuentra sobre el valor de 77.17 Psig se hará necesario la ubicación de una unidad de regulación y medición la cual se encargará de reducir la $P_2=77.17$ Psig a una presión de operación en el sistema de distribución de 60 Psig.
- De conformidad con los precios de referencia de la resolución 0077 de 2022 de la Gobernación de Casanare se realiza el presupuesto de obra de lo que sería la construcción del gasoducto. Los análisis de factibilidad y viabilidad corresponden a estudios de la ingeniería de detalle los cuales podrán ser calculados a partir de la información presentada en esta monografía.
- El mínimo espesor de pared. Independientemente de los resultados obtenidos en la ecuación 12, el mínimo espesor de pared de las tuberías plásticas, rígidas o flexibles, para conformar redes de suministro de gas, no debe ser inferior al mínimo espesor de pared establecido en la NTC 1746.
- Como consideración especial constructiva se deberán respetar los distanciamientos mínimos requeridos entre otras redes de servicios públicos ya que el gasoducto proyectado se encuentra paralelo a una vía principal y existen comunidades que ya cuentan con otros servicios públicos.
- Las tuberías plásticas se deben instalar a una distancia de las líneas de vapor, líneas de agua caliente, líneas de transmisión eléctrica o cualquier otra fuente de calor, de tal manera que se evite que alcancen temperaturas superiores a los $37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($100\text{ }^{\circ}\text{F}$). Cuando no sea posible, se deben tomar las medidas necesarias para garantizar que la tubería no alcance la temperatura mencionada.

14 RECOMENDACIONES

- El presente proyecto fue ejecutado con la intención de atender un estudio académico, por ende, es necesario resaltar que el presente análisis se encuentra en etapa de ingeniería conceptual y básica. Por esa razón los análisis de ingeniería de detalle que involucra áreas importantes como los estudios de suelos, ambientales, de vulnerabilidad sísmica y financieros, deberán realizarse a partir de los datos obtenidos en la presente monografía.
- Se propone hacer un análisis detallado del mercado objetivo ya que unos de los mayores consumidores de gas natural son los usuarios industriales y Estaciones de gas natural vehicular, los cuales pueden presentar sus picos de consumo en horas de la madrugada entre 4 a 6 am y deberá ser un dato clave para garantizar una eficiencia del 75% del gasoducto ya que si no se efectúa un análisis a fondo del sistema proyectado existe una alta probabilidad de hayan caídas de presión en el los tramos más alejados y que puedan afectar la distribución de este hidrocarburo.
- Se sugiere que para los cruces subfluviales se lleven a una ingeniería de detalle con el fin de establecer la profundidad de las excavaciones en esos puntos críticos. Mediante esta ingeniería básica y conceptual podemos afirmar que los cruces se deberán realizar en tubería en acero al carbón y lastrados.
- En relación a la recomendación de la licencia ambiental; según el decreto 2041 de 2014 del MAVDT requiere licencia ambiental en el sector de hidrocarburos: ítem d) "el transporte y conducción de hidrocarburos líquidos y gaseosos que se desarrollaren por fuera de los campos de explotación que impliquen la construcción y montaje de infraestructura de líneas de conducción con diámetros iguales o superiores a 6 pulgadas, incluyendo estaciones de bombeo y/o reducción de presión y la correspondiente infraestructura de almacenamiento y control de flujo; salvo aquellas actividades relacionadas con la distribución de gas natural de uso domiciliario, comercial o industrial". En consecuencia, el proyecto en mención requiere de licencia ambiental y permisos ambientales.
- Este documento muestra un análisis nodal de 3 puntos con diferentes elevaciones, un caudal a transportar, unas presiones de operación y unas condiciones físico químicas necesarias para el cálculo de las tuberías. Teniendo en cuenta que los procedimientos para el ingreso de datos y ejecución de las simulaciones son los mismos, se deberá verificar las condiciones del gas y de los demás elementos necesarios para análisis de proyectos similares.
- Se aconseja el uso del polietileno como tubería constructiva en proyectos donde los consumos no son altos y las presiones de suministro no superen lo indicado en la NTC 3838. Además, por facilidad constructiva, rendimientos, durabilidad y sobre todo los bajos costos para su construcción, operación y mantenimiento.

15 REFERENCIAS

Asme_B31_8_En_espanol.pdf. (s/f). Recuperado el 12 de junio de 2022, de https://tic.uis.edu.co/ava/pluginfile.php/2075988/mod_resource/content/1/Asme_B31_8_En_espanol.pdf

Comisión Reguladora de Energía y Gas CREG. (s/f). *Estadísticas Creg*. CREG. Recuperado el 12 de febrero de 2022, de <https://www.creg.gov.co/sectores/gas-natural/estadisticas>

Creg054-2007.pdf. (s/f). Recuperado el 14 de abril de 2022, de [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/8cdd3bcfeb0a1adc0525785a007a6f37/\\$FILE/Creg054-2007.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/8cdd3bcfeb0a1adc0525785a007a6f37/$FILE/Creg054-2007.pdf)

Departamento Nacional de Estadística. (s/f). *Demografía y población*. Recuperado el 10 de febrero de 2022, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>

ESGEP | Escuela en Gestión de Energía y Petróleo. (s/f). *ESGEP | Escuela en Gestión de Energía y Petróleo*. Recuperado el 12 de junio de 2022, de <https://esgep.org/https://esgep.org>

Extracol industria colombiana. (s/f). Extracol. Recuperado el 6 de abril de 2022, de <https://extracol.com/gas-2/>

NTC 3728 transporte y redes de distribución.

Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS: TÍTULO B.(2), (2011).

Ntc 4282 Instalaciones Industriales | ILIDE.INFO Platform PDF Viewer. (s/f). Ilide.Info. Recuperado el 9 de febrero de 2022, de <https://ilide.info/doc-viewer>

Ntc_3838_14.pdf. (s/f). Recuperado el 26 de febrero de 2022, de http://www.nuevalegislacion.com/files/susc/cdj/conc/ntc_3838_14.pdf

Página Oficial De La Empresa De Energía De Casanare. (s/f). Gas. Recuperado el 8 de febrero de 2022, de <https://www.enerca.com.co/institucional/negocios/gas/>

PAVCO, S. (2014). *Manual Técnico Tubosistemas conducción Gas*. Bogota DC.

Sistema Único de Información de servicios públicos domiciliarios. (s/f). *O3 Web*. <http://www.sui.gov.co/web/>. Recuperado el 11 de febrero de 2022, de <http://bi.superservicios.gov.co/o3web/jdesktop.jsp>

Software GASWorks | B3PE. (s/f). Recuperado el 8 de febrero de 2022, de https://www.b3pe.com/gasworks_info.html

Delvasto Jaimes, Gustavo, Diseño Construcción Operación y Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2005.

16 ANEXOS

- Análisis de precios unitarios
- Planos de diseño

17 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	1				UNIDAD
DESCRIPCION	Replanteo y localización tubería de gas				ML
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL	
Estacas de madera h=0,50-0,6m*A=4-5 cm	Und	0,04000	\$ 773,00	31,00	
Esmalte sintetico tipo pintulux pintuco	Gal	0,0001	\$ 78.829,00	8,00	
Cinta de señalizacion	m	0,340	\$ 60,00	20,00	
				SUBTOTAL	59,00
2. EQUIPO					
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL	
Herramienta menor	10% M.O.	7238	0,0116	84,00	
Campero	Hr	\$ 33.022	0,0116	383,00	
Estacion total de alto rendimiento	Hr	\$ 13.140	0,0116	152,00	
				SUBTOTAL	619,00
3. TRANSPORTES					
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL
				SUBTOTAL	\$ -
4. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	JORNAL	% PRESTAC.	JOR. TOTAL	RENDIM.	VR. PARCIAL
Cuadrilla II (Topografia)			\$ 72.376,0	0,0116	840,00
				SUBTOTAL	840,00
TOTAL COSTO DIRECTO					1.518,00
YEISON HUMBERTO ZORRO INGENIERO CIVIL					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ITEM	2				UNIDAD	
DESCRIPCION	Excavacion a mano en material comun linea de gas				UNIDAD	m3
1. MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL		
				\$	-	
				\$	-	
				\$	-	
				SUBTOTAL	-	
2. EQUIPO						
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL		
Herramienta menor	10% M.O.	1101,000	1,1825	1.302,00		
				SUBTOTAL	1.302,00	
3. TRANSPORTES						
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL	
				SUBTOTAL	\$ -	
4. MANO DE OBRA						
TRABAJADOR	JORNAL	% PRESTAC.	JOR. TOTAL	RENDIM.	VR. PARCIAL	
Cuadrilla AA (Albañileria)	h		\$ 22.016,00	1,1825	26.034,00	
				SUBTOTAL	26.034,00	
				TOTAL COSTO DIRECTO	27.336,00	
YEISON HUMBERTO ZORRO INGENIERO CIVIL						

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	3				UNIDAD
DESCRIPCION	Excavacion manual en conglomerado				m3
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
SUBTOTAL				-	
2. EQUIPO					
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL	
Herramienta menor	10% M.O.	2202	2,1700	4.778,00	
SUBTOTAL				4.778,00	
3. TRANSPORTES					
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL
SUBTOTAL					\$ -
4. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	JORNAL	% PRESTAC.	JOR. TOTAL	RENDIM.	VR. PARCIAL
Cuadrilla AA (Albañileria)	h		\$ 22.016,00	2,170	47.775,00
SUBTOTAL					47.775,00
TOTAL COSTO DIRECTO					52.553,00
YEISON HUMBERTO ZORRO INGENIERO CIVIL					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	5				UNIDAD
DESCRIPCION	Relleno en arena lavada apisonada para atraque de la tubería con transporte				m3
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL	
Arena lavada de rio	m3	1,10	\$ 27.340,00	30.074,00	
				-	
				-	
			SUBTOTAL	30.074,00	
2. EQUIPO					
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL	
Herramienta menor 10% M.O. AA-	10% M.O.	4915,000	0,381	1.873,00	
				-	
				-	
			SUBTOTAL	1.873,00	
3. TRANSPORTES					
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL
Transporte de materiales - t		1	t	9288	9.288,00
			SUBTOTAL	\$ 9.288,00	
4. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	JORNAL	% PRESTAC.	JOR. TOTAL	RENDIM.	VR. PARCIAL
Cuadrilla AA-4			\$ 49.147,00	0,381	18.725,00
			SUBTOTAL	18.725,00	
				TOTAL COSTO DIRECTO	59.960,00
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN INGENIERO CIVIL					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	6				UNIDAD
DESCRIPCION	Relleno en material seleccionado de la excavacion compactado				m3
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL	
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				SUBTOTAL	-
2. EQUIPO					
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL	
Herramienta menor	10% M.O.	4010,000	0,5333	2.139,00	
Vibrocompactador tipo rana	Hr	\$ 10.105,00	0,2994	3.025,00	
				SUBTOTAL	5.164,00
3. TRANSPORTES					
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL
				SUBTOTAL	\$ -
4. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	JORNAL	% PRESTAC.	JOR. TOTAL	RENDIM.	VR. PARCIAL
Cuadrilla AA-3	h		\$ 40.103,00	0,533	21.387,00
				SUBTOTAL	21.387,00
				TOTAL COSTO DIRECTO	26.551,00
<hr/> YEISON HUMBERTO ZORRO INGENIERO CIVIL					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	7				UNIDAD
DESCRIPCION	Suministro e instalacion de tubería de Polietileno PE-100 RDE 11 de 6" para gas.				ml
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL	
Tubería P.E 100 alta densidad 6" IPS RDE 11	m	1,010	\$ 169.459,33	\$ 171.154,00	
Cinta de señalizacion gas EPM 10 cm	m	1,020	\$ 327,00	\$ 334,00	
Limpiador liquido 1/4 gl o 760 gr	Und	0,010	\$ 59.423,00	\$ 594,00	
Union a Termofusion a Tope Diametro > 110 mm	Und	0,020	\$ 43.550,84	\$ 888,00	
				SUBTOTAL	\$ 172.970,00
2. EQUIPO					
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL	
Herramienta menor 10% M.O. BB	Eqp	\$ 2.594	0,25	\$ 648,60	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
				SUBTOTAL	\$ 648,60
3. TRANSPORTES					
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL
				SUBTOTAL	\$ -
4. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	JORNAL	% PRESTAC.	JOR. TOTAL	RENDIM.	VR. PARCIAL
Cuadrilla BB (Instalaciones)			\$ 25.944,00	0,229	\$ 5.931,00
				SUBTOTAL	\$ 5.931,00
				TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 179.549,60
YEISON HUMBERTO ZORRO INGENIERO CIVIL					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	8				UNIDAD
DESCRIPCION	Poliválvula 6" PE-100 RDE11. Suministro e instal.				Und
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL	
Union a Termofusion a Tope diametro <110 m	und	2,00	\$ 43.550,84	\$ 87.102,00	
Caja de inspeccion 100 x 100	und	1,00	\$ 651.624,00	\$ 651.624,00	
Polivalvula 6" PE-100 RDE 11	und	1,00	2.570.400,00	\$ 2.570.400,00	
Tapa Polivalvula	und	1,00	68.946,00	\$ 68.946,00	
			SUBTOTAL	3.378.072,00	
2. EQUIPO					
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL	
Herramienta menor 10% M.O. AA	Eqp			\$ 8.806,40	
Campero	Hr	\$ 33.022	4,0000	132.088,00	
			SUBTOTAL	140.894,40	
3. TRANSPORTES					
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL
					-
			SUBTOTAL	\$ -	
4. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	TIPO	UNIDAD	RENDIM.	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL
Cuadrilla AA (Albañileria)	ins	h	4,0000	\$ 22.016	88.064,00
			SUBTOTAL	88.064,00	
				TOTAL COSTO DIRECTO	3.607.030,40
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN INGENIERO CIVIL					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	9				UNIDAD
DESCRIPCION	Prueba de hermeticidad red de gasoducto				m
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL	
				-	
				-	
				-	
				-	
			SUBTOTAL	-	
2. EQUIPO					
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL	
Herramienta menor 10% M.O. AA	Eqp	\$ 2.594	0,0026	6,74	
Manografo y cabeza de prueba	Eqp	\$ 16.100	0,0026	\$ 42,00	
Compresor de capacidad 250 lb	Eqp	\$ 54.812	0,0026	\$ 143,00	
				-	
			SUBTOTAL	192,00	
3. TRANSPORTES					
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL
					-
					-
					-
				SUBTOTAL	\$ -
4. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	TIPO	UNIDAD	RENDIM.	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL
Cuadrilla BB (Instalacion)	ins	h	0,0026	\$ 25.944	\$ 67,00
Tecnico 1	ins	h	0,0026	8.712,00	22,65
					-
			SUBTOTAL	90,00	
			TOTAL COSTO DIRECTO	282,00	
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN INGENIERO CIVIL					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	11				UNIDAD
DESCRIPCION	Mojon de señalizacion rural. Suministro e Instal.				Und
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL	
Anticorrosivo gris/blanco/rojo	Gal	0,0106	\$ 59.292,00	628,00	
Esmalte Sintetico tipo pintulux Pintuco	Gal	0,0136	\$ 78.829,00	1.072,00	
Soldadura electrosoldada 6013 de 1/8"	Kg	0,0240	\$ 16.937,00	406,00	
Thinner	Gal	0,0030	\$ 48.130,00	144,00	
Tubo estructural redondo $\phi=2"$ e= 3.0 mm	m	2,5000	\$ 28.938,00	72.345,00	
Concreto 3000 Psi 210 Kg/cm ² (Basico, 5% despe	m ³	0,0400	\$ 421.227,44	16.849,00	
			SUBTOTAL	91.444,00	
2. EQUIPO					
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL	
Herramienta menor 10% M.O. HH	Eqp	\$ 4.190	2	8.380,00	
Equipo de pintura con compresor	Eqp	\$ 5.742	0,06	345,00	
Equipo de soldadura Marca Linconl 600 A	Eqp	\$ 6.024	0,084	506,00	
				-	
			SUBTOTAL	9.231,00	
3. TRANSPORTES					
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL
					-
					-
					-
				SUBTOTAL	\$ -
4. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	TIPO	UNIDAD	RENDIM.	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL
Cuadrilla HH (Metalicas)		h	\$ 2,00	41.897,0	\$ 83.794,00
					\$ -
					\$ -
				SUBTOTAL	83.794,00
				TOTAL COSTO DIRECTO	184.469,00
YEISON HUMBERTO ZORRO INGENIERO CIVIL					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	12				UNIDAD
DESCRIPCION	Rotura y reposicion de concreto 2500 psi e=0.07 m				m2
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL	
amantado 14" corte concreto, ladrillo o	Und	0,003	\$ 599.413,00	\$ 1.978,00	
Concreto 2500 Psi 175 kg/cm2 (Basico, 5	m3	0,0700	\$ 395.516,00	\$ 27.686,00	
Agua para obra	Lt	10,000	\$ 100,00	\$ 1.000,00	
				SUBTOTAL	30.664,00
2. EQUIPO					
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL	
Herramienta menor 10% M.O. AA	Eqp	\$ 2.202	0,7143	1.572,89	
Cortadora concreto sin disco	Eqp	\$ 10.853	0,2000	2.171,00	
				SUBTOTAL	3.743,89
3. TRANSPORTES					
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL
					-
				SUBTOTAL	\$ -
4. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	TIPO	UNIDAD	RENDIM.	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL
Cuadrilla AA (Albañileria)	h		0,7143	22.016,000	\$ 15.726,00
				SUBTOTAL	15.726,00
				TOTAL COSTO DIRECTO	50.134,00
<hr/> YEISON HUMBERTO ZORRO INGENIERO CIVIL					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ITEM	13				UNIDAD	
DESCRIPCION	Cruce de via con misil neumatico percutor Ø 6"				UNIDAD	m
1. MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	VR. PARCIAL		
				\$	-	
				\$	-	
				\$	-	
				SUBTOTAL	-	
2. EQUIPO						
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA / HORA	RENDIM. UND/HORA	VALOR PARCIAL		
Herramienta menor 10% M.O. PhAcA-2	10% M.O	\$ 6.430,00	2,0000	12.860,00		
Compresor de capacidad 250 lb	Eqp	\$ 54.812,00	2,0000	109.624,00		
Equipo de perforacion horizontal	Eqp	\$ 55.100,00	2,0000	110.200,00		
				SUBTOTAL	232.684	
3. TRANSPORTES						
MATERIAL	VOL/PES	DISTANCIA	(M3oT) KM	TARIFA	VR. PARCIAL	
				SUBTOTAL	\$ -	
4. MANO DE OBRA						
TRABAJADOR	JORNAL	% PRESTAC.	JOR. TOTAL	RENDIM.	VR. PARCIAL	
Cuadrilla PhAcA-2 (Perforacio	h		\$ 64.297,00	2,000	128.594,00	
				SUBTOTAL	128.594,00	
				TOTAL COSTO DIRECTO	361.278	
<p>YEISON HUMBERTO ZORRO INGENIERO CIVIL</p>						

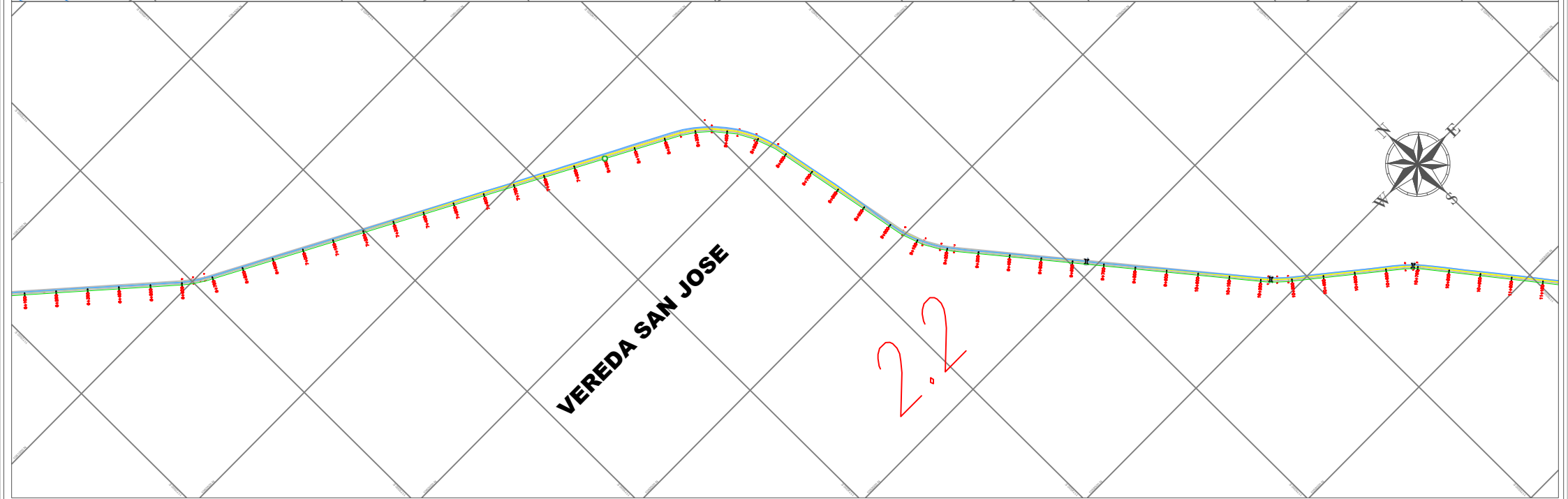
18 PLANOS DE DISEÑO





VEREDA GUADUALES

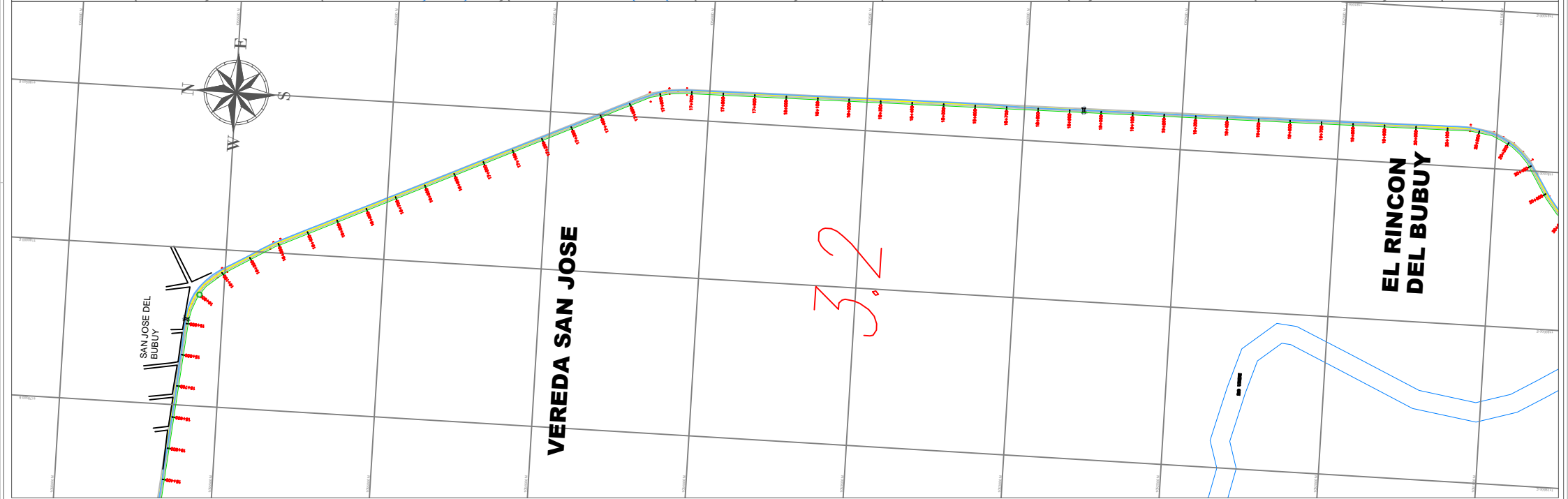
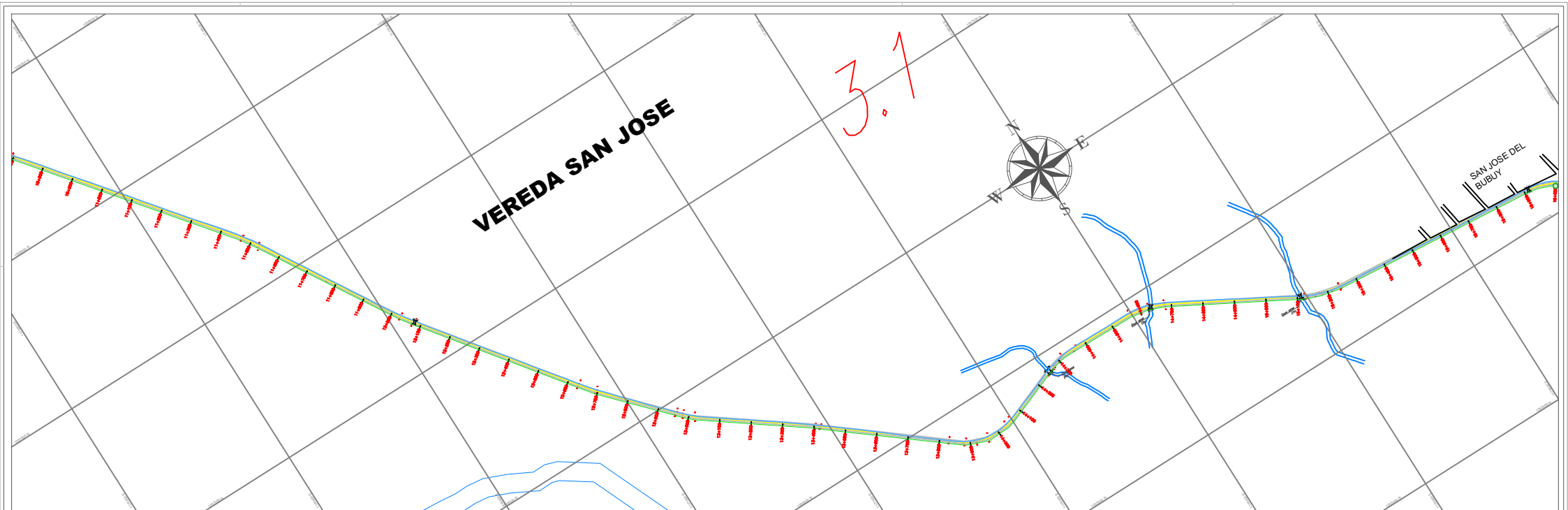
2.1



VEREDA SAN JOSE

2.2

<p>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</p>	<p>TÍTULO DE LA MONOGRAFÍA:</p> <p>DISEÑO DE UN GASODUCTO ENTRE AGUAZUL Y MANÍ, DEPARTAMENTO DE CASANARE</p>	<p>DIRECTOR DE MONOGRAFÍA:</p> <p>ING. ARISTOBILLO BEJARANO WALLENS</p> <p>EVALUADOR DE MONOGRAFÍA:</p> <p>ING. GABRIEL QUINTERO MORENO</p>	<p>ESTUDIANTE:</p> <p>YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN CÓDIGO: 221834</p>	<p>CONVENCIONES:</p> <table border="0"> <tr> <td>Poliálvula Ø 6"</td> <td></td> <td>Tub. P.E 100 Ø=3"</td> <td></td> <td>Cruce aereo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Limite Municipal</td> <td></td> <td>Tub. P.E 100 Ø=4"</td> <td></td> <td>Perforacion dirigida</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Via</td> <td></td> <td>Tub. P.E 100 Ø=6"</td> <td></td> <td>Alcantarilla</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rio o caño</td> <td></td> <td>Concreto</td> <td></td> <td>Box culvert</td> <td></td> </tr> </table>	Poliálvula Ø 6"		Tub. P.E 100 Ø=3"		Cruce aereo		Limite Municipal		Tub. P.E 100 Ø=4"		Perforacion dirigida		Via		Tub. P.E 100 Ø=6"		Alcantarilla		Rio o caño		Concreto		Box culvert		<p>MONOGRAFÍA PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL GAS</p> <p>ALBARRACIN</p>	<p>ESCALA:</p> <p>1 : 7500</p> <p>FECHA:</p> <p>MAYO DE 2021</p> <p>ARCHIVO:</p>	<p>CONTIENE:</p> <p>PLANO DE DISEÑO DE LA RED TRONCAL DE GASODUCTO PARA EL MUNICIPIO DE CASANARE</p>	<p>OBSERVACIONES:</p>	<p>PLANO: 2</p> <p>DE: 8</p> <p>REVISIÓN: 0</p>
Poliálvula Ø 6"		Tub. P.E 100 Ø=3"		Cruce aereo																													
Limite Municipal		Tub. P.E 100 Ø=4"		Perforacion dirigida																													
Via		Tub. P.E 100 Ø=6"		Alcantarilla																													
Rio o caño		Concreto		Box culvert																													



TITULO DE LA MONOGRAFIA:
DISEÑO DE UN GASODUCTO ENTRE AGUAZUL Y MANI, DEPARTAMENTO DE CASANARE

DIRECTOR DE MONOGRAFIA:
ING. ARISTOBELLO BEJARANO WALLENS

EVALUADOR DE MONOGRAFIA:
ING. GABRIEL QUINTERO MORENO

ESTUDIANTE:
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN
 CÓDIGO: 221834

CONVENCIONES:

Poliválvula Ø 6"		Tub. P.E 100 Ø-3"		Cruce aereo	
Limite Municipal		Tub. P.E 100 Ø-4"		Perforacion dirigida	
Via		Tub. P.E 100 Ø-6"		Alcantarilla	
Rio o caño		Concreto		Box culvert	

MONOGRAFIA PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TITULO DE
 ESPECIALISTA EN INGENIERIA DEL GAS

ASISTENTE:
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN

ESCALA:
 1 : 7500

FECHA:
 MAYO DE 2021

ARCHIVO:
 [Empty field]

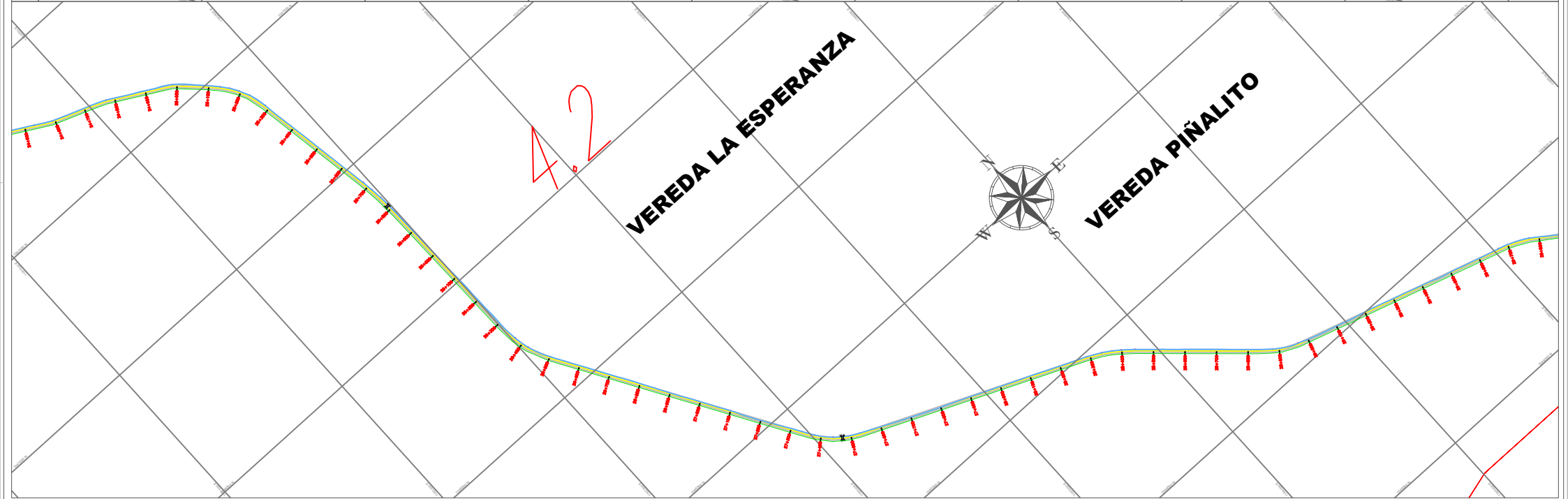
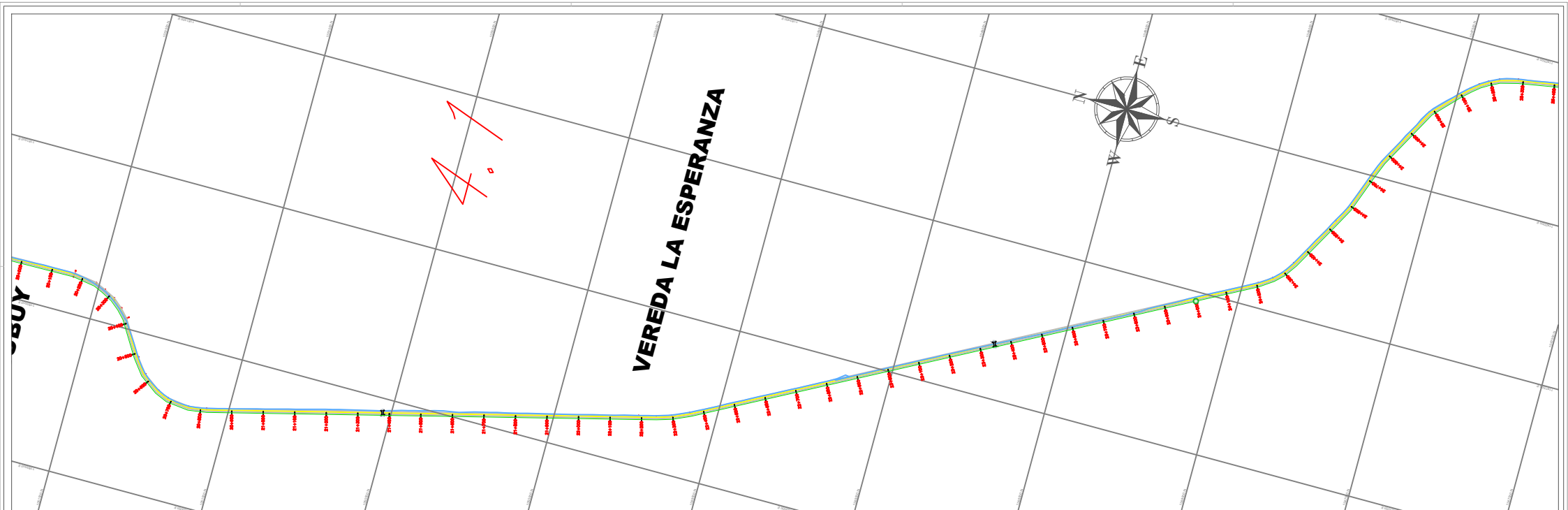
CONTIENE:
PLANO DE DISEÑO DE LA RED TRONCAL DE GASODUCTO PARA EL MUNICIPIO DE MANI EN EL DEPARTAMENTO DE CASANARE

OBSERVACIONES:

PLANO: **3**

DE: **8**

REVISOR: **0**



TÍTULO DE LA MONOGRAFÍA:
DISEÑO DE UN GASODUCTO ENTRE AGUAZUL Y MANÍ, DEPARTAMENTO DE CASANARE

DIRECTOR DE MONOGRAFÍA:
ING. ARISTOBILLO BEJARANO WALLENS

EVALUADOR DE MONOGRAFÍA:
ING. GABRIEL QUINTERO MORENO

ESTUDIANTE:
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN
CÓDIGO: 221834

CONVENCIONES:

Poliválvula Ø 6"		Tub. P.E 100 Ø=3"		Cruce aéreo	
Limite Municipal		Tub. P.E 100 Ø=4"		Perforación dirigida	
Vía		Tub. P.E 100 Ø=6"		Alcantarilla	
Río o caño		Concreto		Box culvert	

MONOGRAFÍA PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL GAS

OBJETO:
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN

ESCALA:
1 : 7500

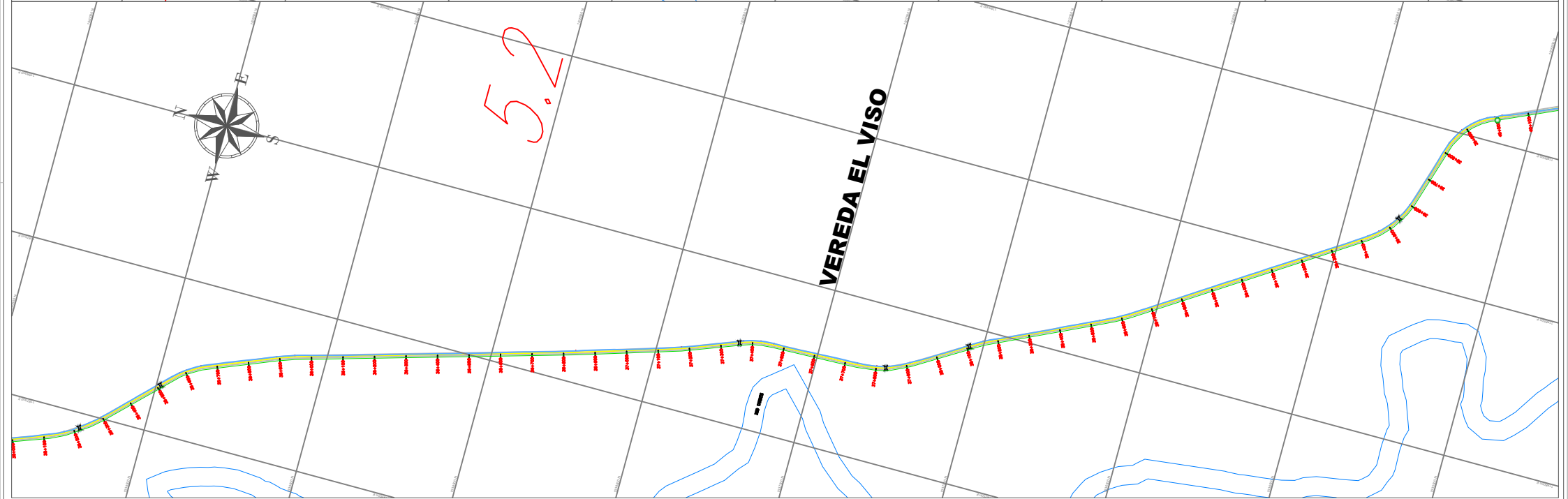
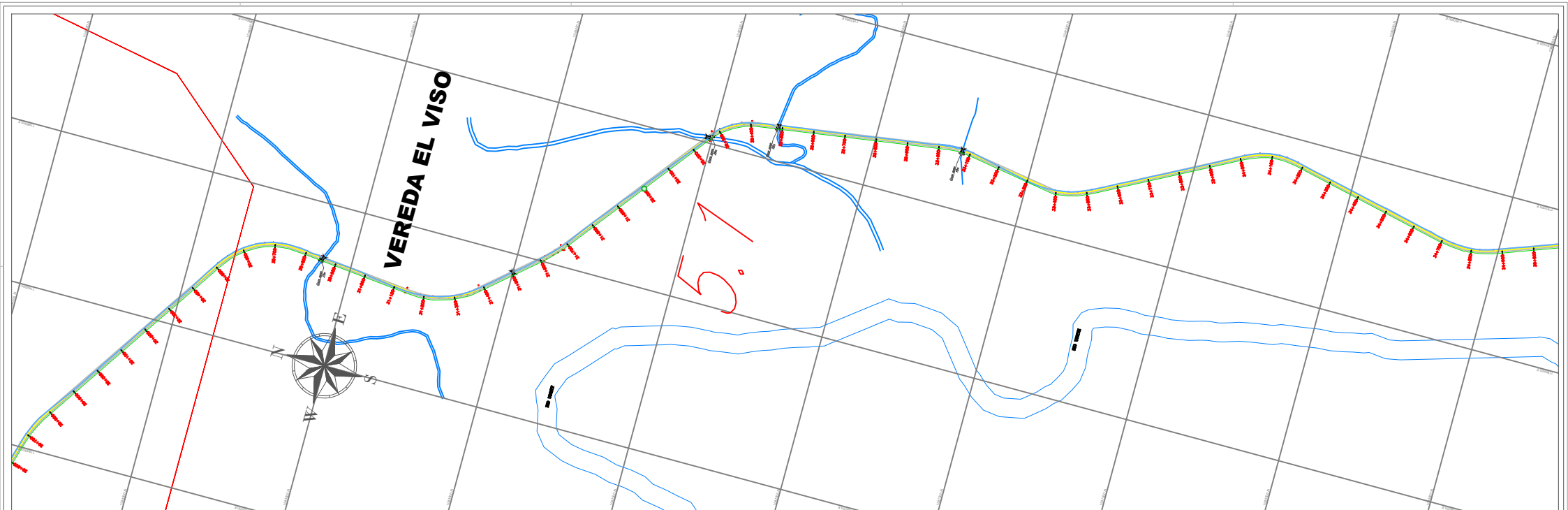
FECHA:
MAYO DE 2021

ARCHIVO:
[Empty field]

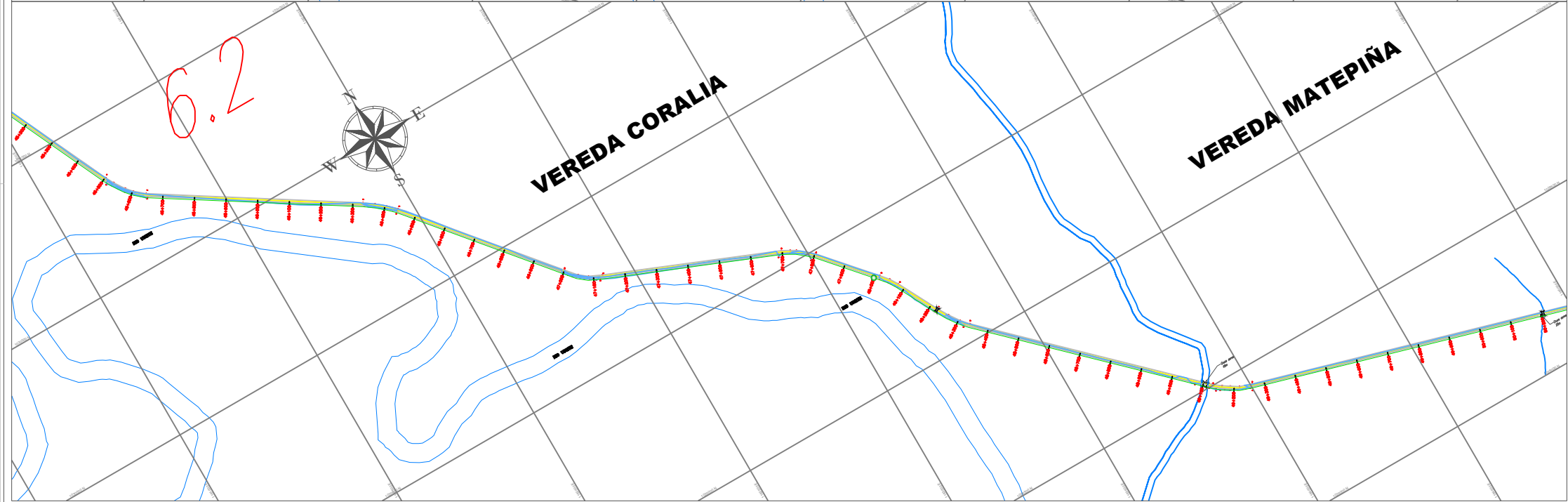
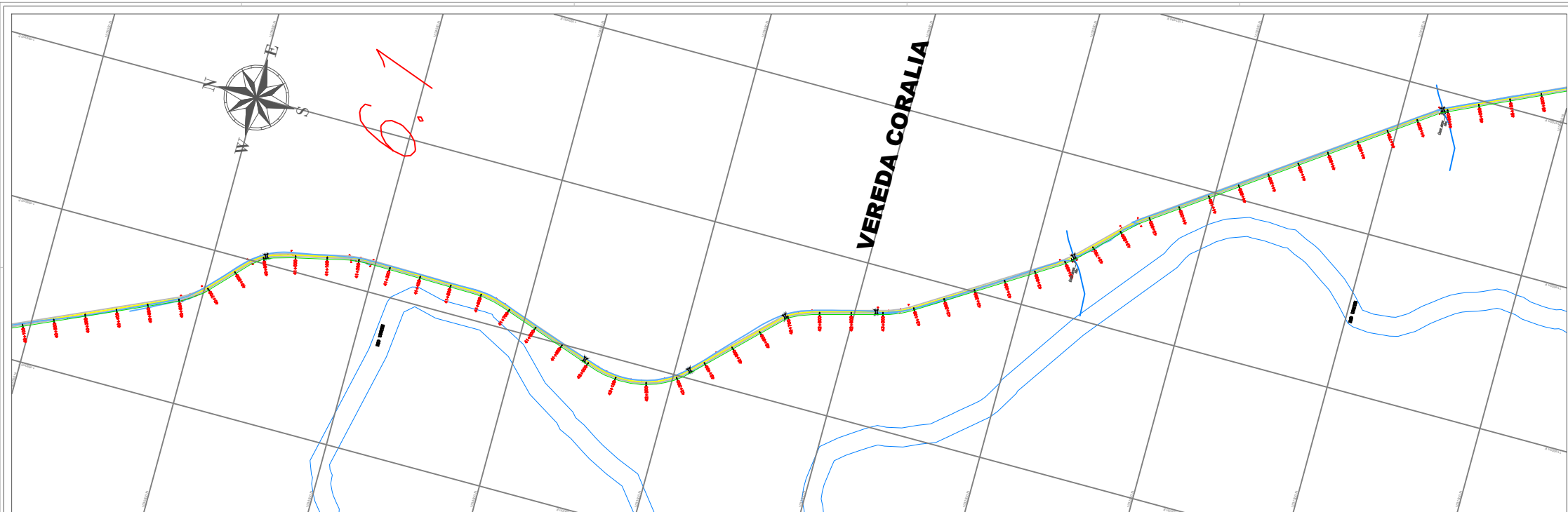
CONTIENE:
PLANO DE DISEÑO DE LA RED TRONCAL DE GASODUCTO PARA EL MUNICIPIO DE MANÍ EN EL DEPARTAMENTO DE CASANARE

OBSERVACIONES:

PLANO: 4
DE: 8
REVISIÓN: 0



	TÍTULO DE LA MONOGRAFÍA:	DIRECTOR DE MONOGRAFÍA:	ESTUDIANTE:	CONVENIENCIAS:	MONOGRAFÍA PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL GAS	ESCALA:	CONTIENE:	OBSERVACIONES:	PLANO: 5
	DISEÑO DE UN GASODUCTO ENTRE AGUAZUL Y MANÍ, DEPARTAMENTO DE CASANARE	ING. ARISTOBILLO BEJARANO WALLENS	YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN CÓDIGO: 2218384	Poliétileno Ø 6" Tub. P.E 100 Ø=3" Cruce aéreo Límite Municipal Tub. P.E 100 Ø=4" Perforación dirigida Vía Tub. P.E 100 Ø=6" Alcantarilla Río o caño Concreto Box culvert	CASANARE	1: 7500	PLAN DE DISEÑO DE LA RED TRONCAL DE GASODUCTO PARA EL MUNICIPIO DE MANÍ EN EL DEPARTAMENTO DE CASANARE	_____ _____ _____	DE: 8 REVISÓ: 0
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	EVALUADOR DE MONOGRAFÍA: ING. GABRIEL QUINTERO MORENO				DE: YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN	FECHA: MAYO DE 2021 ARCHIVO:			



TÍTULO DE LA MONOGRAFÍA:
DISEÑO DE UN GASODUCTO ENTRE AGUAZUL Y MANÍ, DEPARTAMENTO DE CASANARE

DIRECTOR DE MONOGRAFÍA:
ING. ARISTOBELLO BEJARANO WALLENS

EVALUADOR DE MONOGRAFÍA:
ING. GABRIEL QUINTERO MORENO

ESTUDIANTE:
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN
 CÓDIGO: 221834

CONVENCIONES:

Poliválvula Ø 6"		Tub. P.E 100 Ø-3"		Cruce aereo	
Limite Municipal		Tub. P.E 100 Ø-4"		Perforación dirigida	
Via		Tub. P.E 100 Ø-6"		Alcantarilla	
Río o caño		Concreto		Box culvert	

MONOGRAFÍA PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
 ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL GAS

GRUPO:
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN

ESCALA:
 1 : 7500

FECHA:
 MAYO DE 2021

ARCHIVO:

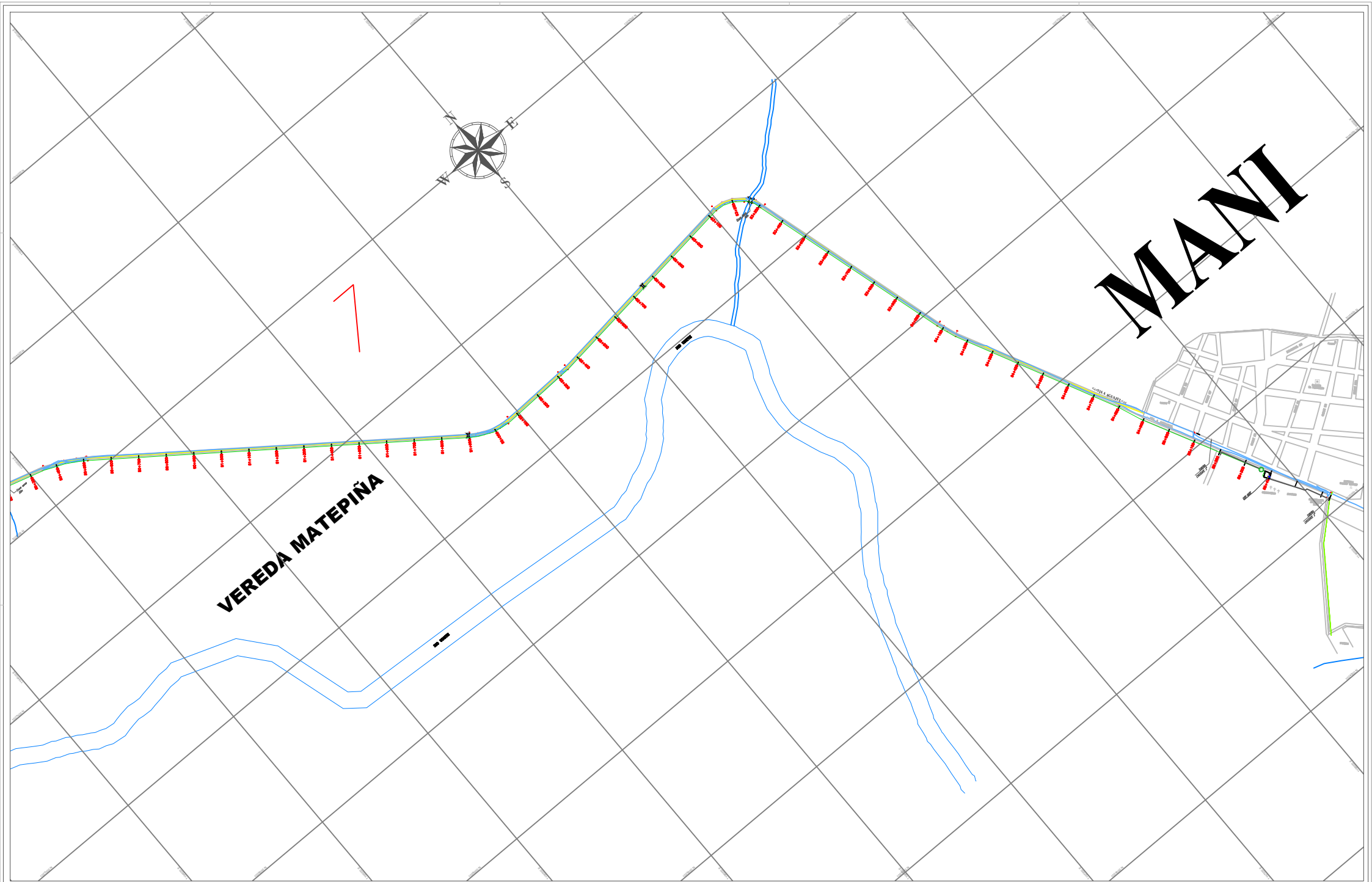
CONTIENE:
PLANO DE DISEÑO DE LA RED TRONCAL DE GASODUCTO PARA EL MUNICIPIO DE MANÍ EN EL DEPARTAMENTO DE CASANARE

OBSERVACIONES:

PLANO: **6**

DE: **8**

REVISIÓN: **0**



TÍTULO DE LA MONOGRAFÍA:
DISEÑO DE UN GASODUCTO ENTRE AGUAZUL Y MANÍ, DEPARTAMENTO DE CASANARE

DIRECTOR DE MONOGRAFÍA:
ING. ARISTOBLO BEJARANO WALLENS

EVALUADOR DE MONOGRAFÍA:
ING. GABRIEL QUINTERO MORENO

ESTUDIANTE:
YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN
 CÓDIGO: 221834

CONVENCIONES:

Poliválvula Ø 6"		Tub. P.E 100 Ø=3"		Cruce aéreo	
Limite Municipal		Tub. P.E 100 Ø=4"		Perforación dirigida	
Vía		Tub. P.E 100 Ø=6"		Alcantarilla	
Río o caño		Concreto		Box culvert	

MONOGRAFÍA PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
 ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL
 GAS

ALBARRACIN
YEISON HUMBERTO ZORRO

ESCALA:
 1 : 7500

FECHA:
 MAYO DE 2021

ARCHIVO:
 18-05-2021

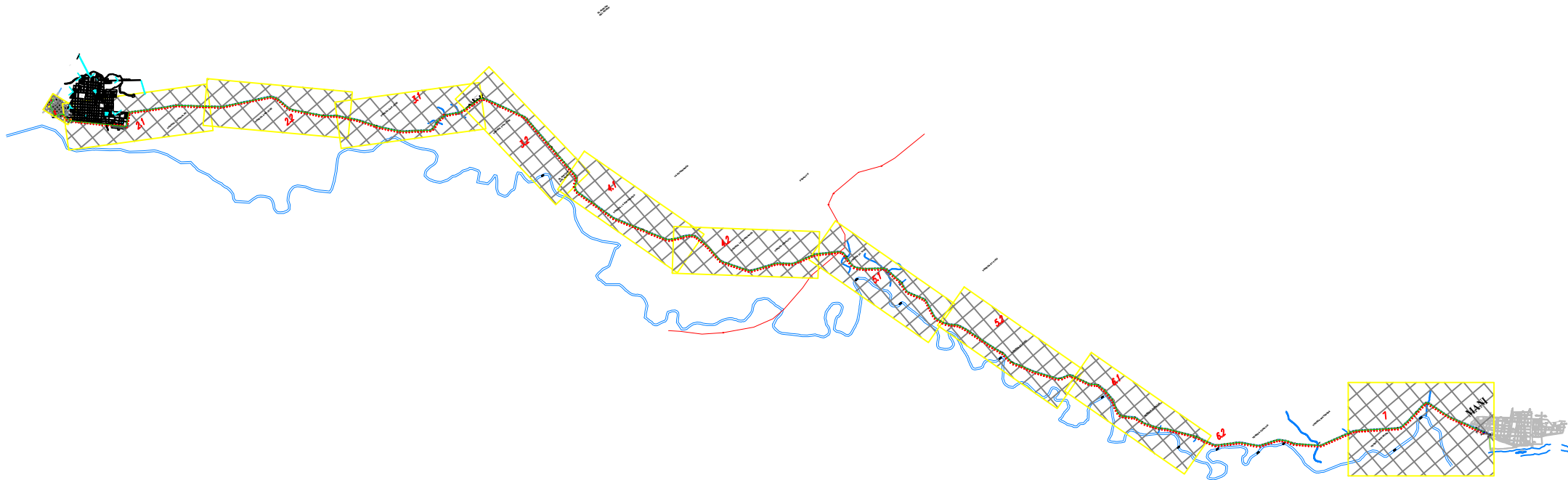
CONTIENE:
PLANO DE DISEÑO DE LA RED TRONCAL DE GASODUCTO PARA EL MUNICIPIO DE MANÍ EN EL DEPARTAMENTO DE CASANARE






OBSERVACIONES:

PLANO: **7**

DE: **8**

REVISOR: **0**



 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	TÍTULO DE LA MONOGRAFÍA: DISEÑO DE UN GASODUCTO ENTRE AGUAZUL Y MANI, DEPARTAMENTO DE CASANARE	DIRECTOR DE MONOGRAFÍA: ING. ARISTOBLO BEJARANO WALLENS EVALUADOR DE MONOGRAFÍA: ING. GABRIEL QUINTERO MORENO	ESTUDIANTE: YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN CÓDIGO: 221834	CONVENCIONES: <table style="font-size: 6px; border: none;"> <tr> <td>Polihéxvula Ø 6"</td><td></td> <td>Tub. P.E 100 Ø-3"</td><td></td> <td>Cruce aereo</td><td></td> </tr> <tr> <td>Limite Municipal</td><td></td> <td>Tub. P.E 100 Ø-4"</td><td></td> <td>Perforacion dirigida</td><td></td> </tr> <tr> <td>Via</td><td></td> <td>Tub. P.E 100 Ø-6"</td><td></td> <td>Alcantarilla</td><td></td> </tr> <tr> <td>Rio o caño</td><td></td> <td>Concreto</td><td></td> <td>Box culvert</td><td></td> </tr> </table>	Polihéxvula Ø 6"		Tub. P.E 100 Ø-3"		Cruce aereo		Limite Municipal		Tub. P.E 100 Ø-4"		Perforacion dirigida		Via		Tub. P.E 100 Ø-6"		Alcantarilla		Rio o caño		Concreto		Box culvert		MONOGRAFÍA PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL GAS ASESOR: YEISON HUMBERTO ZORRO ALBARRACIN	ESCALA: INDICADA FECHA: MAYO DE 2021 ARCHIVO: No. de archivo	CONTENIDO: PLANO DE DISEÑO DE LA RED TRONCAL DE GASODUCTO PARA EL MUNICIPIO DE MANI EN EL DEPARTAMENTO DE CASANARE	OBSERVACIONES: 	PLANO: 8 DE: 8 REVISIÓN: 0
Polihéxvula Ø 6"		Tub. P.E 100 Ø-3"		Cruce aereo																													
Limite Municipal		Tub. P.E 100 Ø-4"		Perforacion dirigida																													
Via		Tub. P.E 100 Ø-6"		Alcantarilla																													
Rio o caño		Concreto		Box culvert	