

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO – SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL GASODUCTO DE 16", PLANTA
COMPRESORA ZAPATOS A PLANTA COMPRESORA MATA R. CON GAS DE
60 PSIG ASOCIADO AL CAMPO ZAPATOS**

Realizado por:

Hernández R., Mayelis C.

**Trabajo Especial de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito
para optar al Título de:**

INGENIERO INDUSTRIAL

Anaco, julio de 2018

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO – SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL GASODUCTO DE 16", PLANTA
COMPRESORA ZAPATOS A PLANTA COMPRESORA MATA R. CON GAS DE
60 PSIG ASOCIADO AL CAMPO ZAPATOS**

Revisado por

Ing. Ledezma, Melchor
Asesor Académico

Ing. Moreno, Héctor
Asesor Industrial

Anaco, julio de 2018

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO – SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL GASODUCTO DE 16”, PLANTA
COMPRESORA ZAPATOS A PLANTA COMPRESORA MATA R. CON GAS DE
60 PSIG ASOCIADO AL CAMPO ZAPATOS**

Jurado Calificador:

El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

APROBADO

Ing. Ledezma, Melchor

Asesor Académico

MSc. Bousquet, Juan

Jurado Principal

Ing. Coa, Manuel

Jurado Principal

Anaco, julio de 2018

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009 según comunicación CU-034-209)

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta Tesis de Grado a Dios Todopoderoso, que todo lo puede y todo lo vence, por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida que siempre me ha acompañado en cada uno de mis pasos, decisiones y riesgos en mi vida, ante todo me has cuidado, guiándome por el camino más adecuado y enseñándome que la vida todo se puede lograr con esfuerzo, constancia y amor.

A mi madre Yajaira por todo el amor y la comprensión que me ha brindado, sus enseñanzas acerca de la vida, que para hacer grandes cosas hay que esforzarse, luchar, dedicarse y perseverar hasta lograr el objetivo, eres mi ejemplo de vida y siempre serás mi motivo de superación, te amo con todo mi ser. A mis hermanos Andersson y Juan Carlos que en todo momento estuvieron conmigo animando mi espíritu con sus ocurrencias, los quiero. A mi abuela Luisa, eres y siempre serás mi vida, que desde cielo te encuentras, sé que estas orgullosa de mí, te amo mamá.

A mi rayito de luz Gabriel, mi sobrino hermoso, un angelito que vino a darme alegrías a mi vida, eres mi consentido.

Dedico este trabajo a una gran amiga, la quiero como parte de mi familia, Dexsy García por compartir tantos momentos gratos y un poco duros en mi vida siempre estuviste presente igual tu familia, te quiero como si fueses mi tía, a Javier Rojas a quien aprecio y quiero mucho, que también formas parte de mi entorno familiar.

A todas aquellas personas que confiaron en mí, que fueron testigos de mi esfuerzo y dedicación, y con quienes hoy comparto este preciado logro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios a la Virgen del Valle y de la Candelaria por darme la fuerza, sabiduría, constancia y perseverancia para alcanzar mi meta. A todos mis santos y eguns que me guiaron y cuidaron en mis caminos y periodo estudiantil.

Con mucho amor a mi familia, mi madre y mis hermanos por su incondicional apoyo sin ustedes no hubiese sido posible esto, ni estaría aquí ni sería quien soy ahora. También les agradezco por apoyarme desde mis inicios en la carrera universitaria hasta el final y aunque siempre me dicen que esto es algo para mí, también es parte de ustedes y me complace compartirlo con ustedes.

A la Casa más alta la Universidad de Oriente, sin duda alguna por brindarme la oportunidad de formar parte de obtener un título universitario y crecer de manera personal y profesional en su seno.

A mi profesor y tutor académico Melchor Ledezma, por toda su dedicación, consejos, orientación y su gran contribución en mi crecimiento profesional.

A mi tutor industrial Héctor Moreno, orientación, aporte en mi formación profesional y ayuda en el desarrollo de esta tesis.

A la empresa PDVSA GAS ANACO, por permitirme realizar este trabajo de grado dentro de sus instalaciones, a todo el personal de Recolección y Transmisión AMO, el señor Luis Dum, Yusmar Blanco, Gilberto Rodríguez, Jorge Marmignon, Gino Sanguinetti, José Díaz, Hayder Cabrera, Nicolás Villalba (El Paisa), Luis Moreno por su ayuda y colaboración, a mis amigos aprendices Edgar Blanco, David Balza Luis García, Emerson,

Carlos Julio, por su apoyo en toda la estadía de la planta que me acompañaron siempre en mis actividades para la elaboración de mi trabajo.

Al personal de la Planta Compresora Santa Rosa en especial al Ingeniero Jesús Lanz por ayudarme, orientarme y brindarme sus conocimientos en la materia de la simulación, sin duda alguna aprendí bastante de él y agradezco el tiempo que me dedico y el interés que le puso a la realización de esta tesis, a mi amiga y compañera Gissel Milano, al señor Tulio Moya, José Martínez, Luis Gonzales, Francisco Marín, Yonny Bermúdez y José Pereda por su colaboración y apoyo.

De igual forma agradezco a la Casa de la Cultura Mercedes de Pérez de Freitas, Ateneo de Cantaura, en especial a la Lic. Martha Guilarte por su valiosa colaboración y comprensión en todos estos años, sus enseñanzas académicas y artísticas que forman parte de mi vida, tanto personal como profesional.

Sin duda alguna tengo que agradecer a mis compañeros de lucha universitaria, con quienes compartí gratos momentos y hoy en día puedo considerar mis amigos, con quienes pase largas horas de estudio, comí en los pasillos de la UDO, espere notas a las puertas de algún cubículo, reí sin parar por sus ocurrencias, además estuvieron en momentos difíciles de mi vida y brindaron su apoyo incondicional, María Teresa Rodríguez, Orlando Vargas, Yalitzá Guerra, Gabriela García (Tía Gaby), Eleazar Rojas, Rosmaira Moreno, José Camacho, a mi comadre Yamilet Moreno, y por ultimo pero no menos importante quiero agradecer de todo corazón a Miguel Pino que estuvo siempre apoyándome incondicionalmente desde mis inicios de la carrera, animándome para seguir adelante y esforzarme cada día más, excelente persona y profesional, aprendí mucho de ti, gracias por estar allí cuando más necesite, Dios te bendiga.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO – SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL GASODUCTO DE 16”, PLANTA
COMPRESORA ZAPATOS A PLANTA COMPRESORA MATA R. CON GAS DE
60 PSIG ASOCIADO AL CAMPO ZAPATOS**

Autor: Hernández R., Mayelis C.

Tutor: Ledezma, Melchor

Fecha: Julio, 2018

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar hidráulicamente el gasoducto de 16” pulgadas de diámetro de la Planta Compresora Zapatos a la Planta Compresora Mata R. con gas nivel de 60 PSIG asociados a al Campo Zapatos, pertenecientes al Área Mayor Zapatos (AMO). Su desarrollo se dividió en (4) etapas mencionadas a continuación: descripción del sistema actual, establecer el modelo de simulación PIPEPHASE (caso diseño), evaluar los escenarios de acuerdo a la disponibilidad de compresión y proponer los escenarios factibles para el manejo óptimo de gas nivel de 60 PSIG. En relación a la metodología empleada, se adoptó un diseño de campo y un nivel descriptivo, la información fue recolectada por medio de entrevistas no estructuradas, observación directa, revisión documental y visitas guiadas al campo. Así mismo, su análisis se apoyó en el paquete de simulación PIPEPHASE 9.2, por medio de los cuales se visualizó todo el sistema de red actual perteneciente al Campo Zapatos y el tramo que llega a la Planta Compresora Mata R. donde se evidenciaron caídas de presiones, tanto para el gasoducto de 16” pulgadas de diámetro como para la propuesta de 20” pulgadas de diámetro

Descriptor: Gas, gasoductos, motocompresores, caída de presión, simulación, Planta Compresora Mata R.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESOLUCIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPITULO I.....	20
EL PROBLEMA.....	20
1.1 Planteamiento del Problema.....	20
1.2 Objetivos de la Investigación.....	23
1.2.1 Objetivo General.....	23
1.2.2 Objetivos Específicos.....	23
1.3 Justificación.....	24
1.4 Alcance.....	25
1.5 La Empresa.....	26
1.5.1 Reseña Histórica de la Empresa.....	26
1.5.2 Misión.....	26
1.5.3 Visión.....	26
1.6 Ubicación Geográfica.....	27
1.7 Gerencia de Manejo de Gas.....	28
1.7.1 Misión.....	28
1.7.2 Visión.....	29
1.7.3 Política de Calidad.....	29
1.8 Recolección y Transmisión.....	30
1.8.1 Misión.....	30
1.8.2 Visión.....	30
CAPITULO II.....	31
MARCO TEÓRICO.....	31
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	31
2.2 Bases Teóricas.....	33
2.2.1 Gas Natural.....	33
2.2.2 Origen de los Hidrocarburos.....	34
2.2.3 Clasificación del Gas Natural.....	34
2.2.4 De acuerdo a su Localización en el Subsuelo.....	35
2.2.5 Composición Básica del Gas.....	35
2.2.6 Ecuación de Estado.....	36

2.2.6.1 Ecuación de Van der Waals.....	37
2.2.6.2 Ecuación de Redlich-Kwong:.....	39
2.2.6.3 Ecuación de Soave-Redlich-Kwong:.....	40
2.2.6.4 Ecuación de Peng Robinson.....	41
2.2.7 Caída de Presión.....	43
2.2.8 Velocidad Erosional.....	43
2.2.9 Simulador Pipephase.....	44
2.2.10 Información Requerida por el Simulador.....	44
CAPITULO III.....	47
MARCO METODOLÓGICO.....	47
3.1 Tipo de Investigación.....	47
3.2 Diseño de la Investigación.....	47
3.3 Población y Muestra.....	48
3.3.1 Población.....	48
3.3.2 Muestra.....	48
3.3.3 Unidad de Estudio.....	49
3.4 Técnicas de Recolección de Datos.....	50
3.4.1 Revisión Bibliográfica.....	50
3.4.2 Entrevista no Estructurada.....	51
3.4.3 Observación Directa.....	52
3.5 Instrumentos de Recolección de Datos.....	52
3.6 Técnicas de Análisis de Resultado.....	52
3.6.1 Pipephase.....	53
3.7 Planos de los Procesos (Esquemáticos e Isométricos).....	53
3.8 Tablas.....	53
3.9 Procedimiento Metodológico.....	54
3.9.1 Descripción la Situación Actual Asociada a las Estaciones de Producción para el Manejo de Gas a Través del Gasoducto de 16” Pertenecientes al Campo Zapatos.....	54
3.9.2 Establecimiento del Modelo de Simulación (Caso Diseño) para el Sistema Conformado Desde las Estaciones de Producción Desde Campo Zapato Hasta Mata R.....	55
3.9.2.1 Keyword files.....	56
3.9.2.2 General Data.....	56
3.9.2.3 Component Data.....	57
3.9.2.4 Network Data.....	59
3.9.2.5 PVT Data.....	59
3.9.2.6 Unit Operations Data.....	60
3.9.2.7 Structure Data.....	61
3.9.2.8 Elaboración de las Redes en el Simulador.....	63
3.9.2.9 Fuentes.....	64
3.9.2.10 Sumideros.....	67
3.9.2.11 Nodo.....	67

3.9.2.12 Líneas (Link)	68
3.9.2.13 Case Study Data	71
3.9.3 Evaluación de los Diferentes Escenarios de Acuerdo a su Disponibilidad de Compresión de Planta Compresora Zapato a Nivel de 60 psig	74
3.9.4 Propuesta de los Escenarios más Factibles que Permitan el Manejo Optima del Gas de 60psig Desde la Planta Compresora Zapatos Hacia la Planta Compresora Mata R.....	75
CAPITULO IV	76
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	76
4.1 Descripción de la Condición Actual Asociada a las Estaciones de Recolección para el Manejo de Gas a Través del Gasoducto de 16” Pertenecientes al Campo Zapatos.....	76
4.1.1 Unidades de Compresión de Gas.....	80
4.1.2 Esquemáticos de las Estaciones de Flujo que Conforman el Sistema Actual de Gas de 60 psig.....	82
4.1.2.1 Estación de Flujo Z-14	82
4.1.2.2 Estación de Flujo Z-11	83
4.1.2.3 Estación de Descarga Z-7	83
4.1.2.4 Estación de Recolección J003	84
4.1.2.5 Estación de Flujo Z-8	85
4.1.2.6 Estación de Interconexión el Salto del Ñinguito	85
4.1.2.7 Estación de Interconexión El Salto del Ñingo.....	86
4.1.2.8 Estación de Flujo Z-7	87
4.1.2.9 Estación de Flujo Z-10	87
4.1.2.10 Estación de Recolección J004	88
4.1.3 Planta Compresora Zapatos	89
4.1.4 Planta Compresora Mata R.....	89
4.2 Establecimiento del Modelo de Simulación (Caso Diseño) para el Sistema Conformado desde las Estaciones de Producción desde Campo Zapatos hasta Mata R	90
4.2.1 Análisis Cromatográficos	92
4.2.2 Elaboración de la Simulación del Sistema de Red Actual en Campo Zapatos	96
4.2.2.1 Premisas del Modelo de Simulación	96
4.2.3 Primer Escenario del Sistema de Gas del Campo Zapatos.....	98
4.2.4 Segundo Escenario del Sistema de Gas del Campo Zapatos.....	99
4.2.5 Tercer Escenario del Sistema de Gas del Campo Zapatos	100
4.3 Evaluación de los Diferentes Escenarios de Acuerdo a su Disponibilidad de Compresión de Planta Compresora Zapatos a Nivel de 60 psig.....	101
4.3.1 Resultados de las Variables Hidráulicas de la Simulación Pipephase en el Sistema Actual.....	103
4.3.2 Resultados de las Variables Hidráulicas de la Simulación Pipephase en el Primer Escenario	116

4.3.3 Resultados de las Variables Hidráulicas de la Simulación Pipephase en el Segundo Escenario	120
4.3.4 Resultados de las Variables Hidráulicas de la Simulación Pipephase en el Tercer Escenario	122
4.4 Propuesta de los Escenarios más Factibles que Permitan el Manejo Óptimo del Gas de 60 psig Desde la Planta Compresora Zapatos Hacia la Planta Compresora Mata R	126
4.4.1 Evaluación Hidráulica para el Primer Escenario con Gasoducto de 20” Pulgadas de Diámetro	127
4.4.2 Evaluación Hidráulica para el Segundo Escenario con Gasoducto de 20” Pulgadas de Diámetro	130
4.4.3 Evaluación Hidráulica para el Tercer Escenario con Gasoducto de 20” Pulgadas de Diámetro	133
4.4.4 Comparación de los Resultados de las Variables Hidráulicas Mediante el Uso del Simulador Pipephase	135
CAPITULO V	139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
5.1 Conclusión	139
5.2 Recomendaciones	141
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS	145
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO	161

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Características y componentes del gas natural.....	36
Tabla 2.2 Correlaciones recomendadas cálculo líneas de gas.....	45
Tabla 3.1 Personal de Área de Recolección y Transmisión de AMO.....	49
Tabla 3.2 Motocompresores presentes en las Plantas Compresoras Zapatos y Mata R.....	50
Tabla 4.1 Prueba de Producción por Estación.....	79
Tabla 4.2. Presión de Operación Campo Zapato.....	80
Tabla 4.3 Unidades de Compresión de gas.....	81
Tabla 4.4 Cromatografía de Gas Estación de Flujo Z-14.....	93
Tabla 4.5 Cromatografía de Gas Estación de Flujo Z-11.....	94
Tabla 4.6 Cromatografía de Gas Estación de Flujo EDZ-7.....	94
Tabla 4.7 Cromatografía de Gas Estación de Flujo EF-Z8.....	95
Tabla 4.8 Cromatografía de Gas Estación de Flujo EFZ-7.....	95
Tabla 4.9 Cromatografía de Gas Estación de Flujo EFZ-10.....	96
Tabla 4.10 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z141.....	104
Tabla 4.11 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z142.....	104
Tabla 4.12 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z111.....	105
Tabla 4.13 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z112.....	106
Tabla 4.14 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z113.....	106
Tabla 4.15 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZD71.....	106
Tabla 4.16 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z902.....	108
Tabla 4.17 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L035.....	108
Tabla 4.18 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L036.....	109
Tabla 4.19 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L018.....	109
Tabla 4.20 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z101.....	109
Tabla 4.21 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z102.....	110
Tabla 4.22 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZF71.....	111
Tabla 4.23 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZF72.....	111
Tabla 4.24 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z801.....	112
Tabla 4.25 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z802.....	113
Tabla 4.26 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L024.....	114
Tabla 4.27 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z803.....	114
Tabla 4.28 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L023.....	114
Tabla 4.29 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZP01.....	114
Tabla 4.30 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZP02.....	115
Tabla 4.31 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006.....	117
Tabla 4.32 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010.....	118
Tabla 4.33 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015.....	118
Tabla 4.34 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006.....	120

Tabla 4.35 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010.....	121
Tabla 4.36 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015.....	121
Tabla 4.37 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006.....	123
Tabla 4.38 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010.....	124
Tabla 4.39 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006.....	124
Tabla 4.40 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006.....	128
Tabla 4.41 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010.....	129
Tabla 4.42 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015.....	129
Tabla 4.43 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006.....	130
Tabla 4.44 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010.....	131
Tabla 4.45 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015.....	131
Tabla 4.46 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006.....	133
Tabla 4.47 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010.....	134
Tabla 4.48 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015.....	134
Tabla 4.54 Rango de las Variables Hidráulicas para los escenarios de los gasoductos de 16” y 20”	137

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Ubicación geográfica del Área Mayor de Oficina (A.M.O.) y de los Campo Zapato y Mata-R.	27
Figura 1.2 Ubicación de los Campos Zapatos y Mata R.	28
Figura 1.3 Organigrama de la Gerencia donde se realizaron las Prácticas Profesionales.....	30
Figura 3.1 Modelo de red.	57
Figura 3.2 Tipo de fluido.....	58
Figura 3.3 Designación de Fase Composicional	58
Figura 3.4 Unidades de trabajo.....	59
Figura 3.5 Unidades de medida de entrada.....	59
Figura 3.6 Métodos Termodinámicos empleados en la simulación.	60
Figura 3.7 Métodos de Cálculos de Red empleados en la simulación.	60
Figura 3.8 Valores predeterminados empleados en la simulación.	61
Figura 3.9 Ventana para entrar al listado de los componentes.	62
Figura 3.10 Ventana para seleccionar los compuestos que conforman al fluido estudiado.....	63
Figura 3.11 Listado de componente seleccionado.....	63
Figura 3.12 Representación de un tramo de tubería.	64
Figura 3.13 Ventana que muestra los datos a introducir en la fuente.....	66
Figura 3.14 Ventana que muestra la composición del gas según los análisis cromatográficos para la estación.	66
Figura 3.15 Ventana que muestra los datos que corresponden a la planta compresora Zapatos.	67
Figura 3.16 Sistema de Red que muestra las líneas y nodos.	68
Figura 3.17 Introducción de los datos característicos del gasoducto.	69
Figura 3.18 Vista de los resultados de la simulación.	69
Figura 3.19 Vista de la corrida de la simulación.	70
Figura 3.20 Vista de la corrida de la simulación.	70
Figura 3.21 Vista de la corrida de la simulación.	71
Figura 3.22 Ventana para seleccionar el archivo de la simulación donde se mostrará los resultados.	72
Figura 3.23 Ventana para mostrar las tablas en la forma que se quiera visualizar el sistema de red en la simulación.	72
Figura 3.24 Ventana para seleccionar las variables hidráulicas de la simulación.....	73
Figura 3.25 Ventana para visualizar las variables hidráulicas ya seleccionadas de la simulación.....	73
Figura 3.26 Hoja de Excel donde se visualizan los resultados de las variables hidráulicas ya seleccionadas.....	74

Figura 4.1 Esquemático del Campo Zapatos y Mata R.	78
Figura 4.2 Esquemático de la Estación de Flujo Z-14.....	82
Figura 4.3 Esquemático de la Estación de Flujo Z-11.....	83
Figura 4.4 Esquemático de la Estación de Descarga Z-7	84
Figura 4.5 Esquemático de la Estación de Recolección J003	84
Figura 4.6 Esquemático de la Estación de Flujo Z-8.....	85
Figura 4.7 Esquemático de la Estación de Interconexión el Salto del Ñinguito.	86
Figura 4.8 Esquemático de la Estación de Interconexión el Salto del Ñingo.....	86
Figura 4.9 Esquemático de la Estación de Flujo Z-7.....	87
Figura 4.10 Esquemático de la Estación de Flujo Z-10.....	88
Figura 4.11 Esquemático de la Estación de Recolección J004	88
Figura 4.12 Esquemático de la Planta Compresora Zapatos	89
Figura 4.13 Esquemático de la Planta Compresora Mata R.....	90
Figura 4.14 Representación de la red del sistema actual de 60 psig del Campo Zapatos.	98
Figura 4.15 Representación del primer escenario del sistema de 60 psig del Campo Zapatos.	99
Figura 4.16 Representación del segundo escenario del sistema de 60 psig del Campo Zapatos.	100
Figura 4.17 Representación del tercer escenario del sistema de 60 psig del Campo Zapatos.	101

INTRODUCCIÓN

Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), se encarga del desarrollo de la industria petrolera, petroquímica y carbonífera de Venezuela, planifica, coordina, supervisa y controla las actividades operativas de sus divisiones, tanto en Venezuela como en el exterior. También esta empresa busca garantizar la seguridad de sus instalaciones y su personal, en armonía con los venezolanos y el medio ambiente.

Con el fin de cumplir con las metas planteadas y de mantenerse como una empresa sólida, en 1.999 se crea PDVSA Gas con la disposición de lograr el desarrollo en las diferentes actividades para el comercio del gas natural. El Área Tradicional Anaco es transformada en el Distrito Gas Anaco (DGA) como consecuencia de la creación de PDVSA Gas y el mismo se ha transformado en el área operacional de mayor importancia en cuanto a actividades de exploración, perforación, producción y transporte de gas; que lo elevan al puesto de centro gasífero de Venezuela.

Venezuela cuenta con 26 millones de pies cúbicos en reservas totales de gas solo en el área oriental y al menos solo el 50% de esa riqueza se desarrolla, por ende se busca una solución ante esta situación que se ha venido prolongado con el pasar de los años, ya que no se cuenta con el equipo operativo correspondiente que en algunos casos la producción no es tan proporcionada para la capacidad de los mismos.

Con ello se busca proponer una alternativa de acuerdo a la situación presente, mediante la evaluación hidráulica en el Campo Zapatos hasta la Planta Compresora Mata R, pertenecientes al Área AMO y se busca estudiar esos factores que influyen en la producción para llegar a su destino. El gas natural es manejado, transportado y distribuido extensamente a lo largo del Campo Zapatos mediante tuberías conocidas como gasoductos

y para ello, se busca las condiciones que presentan estas líneas y visualizar una posible solución para evitar que este gas sea llevado al sistema de flare.

Para ello también es necesario cuantificar la inversión de la propuesta y su rentabilidad económica, si es viable o no, debido a que la situación en PDVSA no es la mejor en estos momentos, lo que se quiere es realizar una estimación de costo que permita visualizar con que se cuenta, apoyándose en la producción que se reflejó durante los estudios realizados y si es lo recomendable para aplicar una nueva alternativa en el campo evaluado.

A lo largo del presente trabajo de investigación se propone solución a la problemática presente siguiendo la siguiente estructura:

El capítulo I, El Problema, muestra el planteamiento del problema, el objetivo general y los objetivos específicos a cumplir para lograr la solución al problema planteado, justificación e importancia en que se fundamentó el desarrollo del mismo.

El capítulo II, Marco Teórico contiene los antecedentes de la investigación que sirvieron de base para la realización de este trabajo, además de los conceptos básicos y fundamentos teóricos necesarios para la comprensión y desarrollo de este proyecto.

El capítulo III, Marco Metodológico, hace mención al tipo y diseño de la investigación que abarca el estudio, las técnicas y métodos empleados, instrumentos, población y muestra, y las técnicas de procesamiento de datos. En este capítulo se muestra detalladamente cómo se llevaron a cabo cada una de las etapas en las que se estructura el presente trabajo.

El capítulo IV, Análisis de Resultados, se presentan y analizan los resultados obtenidos de cada una de las etapas del trabajo, a fin de comprender, justificar y verificar

que la información obtenida y que las soluciones diseñadas propicien las mejoras en la organización objeto de estudio y cumpla con los objetivos planteados.

El capítulo V, Conclusiones y Recomendaciones, se da respuesta a los objetivos planteados, generando información que fue determinante en el trabajo, además de generar las recomendaciones a seguir para continuar mejorando el sistema.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) es una de las empresas energéticas más importantes del mundo, la corporación está conformada por tres divisiones, entre las cuales se encuentra PDVSA Exploración, Producción y Mejoramiento, lo cual tiene sus áreas operativas en el Occidente, Centro Sur y Oriente del país. En la división de Oriente se encuentran las Gerencias Distritales de Anaco, Puerto la Cruz, San Tomé y Punta de Mata.

El Distrito Anaco ha sido durante años centro de operaciones petroleras, tiene un área asignada aproximadamente de 13.409 Km^2 , se encuentra ubicado en el centro del estado Anzoátegui y parte de los estados Monagas y Guárico, se divide en dos extensas áreas de explotación, conformados por:

1. El Área Mayor de Anaco (AMA), ubicada en la parte Norte de la zona central del estado Anzoátegui con un área de 3.160 Km^2 , comprende los campos El Toco, Santa Ana, Guarío, El Roble, San Joaquín y Santa Rosa. A su vez se divide en AMAE que cuenta con el campo Santa Rosa y AMAO que se encuentra con los campos San Joaquín, Guarío, Roble, El Toco y Santa Ana.
2. El Área Mayor de Oficina (AMO), ubicada en la parte Sur de la zona central del estado Anzoátegui con un área de 10.249 Km^2 , comprende los campos de Mata R, Zapatos y Aguasay.

Los campos a evaluar hidráulicamente pertenecen al Área Mayor Oficina que comprende desde el Campo Zapatos hacia la Planta Compresora Mata R. según reporte diario de las pruebas de producción suministrado por la Gerencia de Operaciones de Producción, el campo cuenta con seis estaciones de flujo ZEF-7, ZEF-8, ZEF-10, ZEF-11,

ZEF-14 y una estación de descarga ZED-7, donde se realizan operaciones de separación, tratamiento, almacenamiento y bombeo de los fluidos, para ello se tomaran en consideración los objetivos que se propondrán y que se apliquen para una mejor operatividad.

Un problema que ha estado presente en la Planta Compresora Zapatos es que no tiene la disponibilidad de motores para manejar gas adicional a nivel de 60 psig porque solo cuenta con dos motocompresoras con una capacidad de manejo de 27 Millón pies cúbicos estándar por día (MMPCED), distribuido de la siguiente manera: el motocompresor K-3 tiene una capacidad de 10 MMPCED y el motocompresor K-1 tiene una capacidad de 17 MMPCED, si llega a realizar un mantenimiento programado, no programado, falla mecánica o considerando el aumento de producción para algunos de estos motores, este gas se quema, este vendría siendo una de las razones, la idea no es llevarlo al sistema de flare y quemarlo, sino enviarlo a la Planta Compresora Mata R, ya que tiene motores disponibles que pueda comprimir y enviarlo a procesamiento. El excedente de gas vendría dependiendo del tipo de eventualidad que presente la planta compresora, a partir del diagnóstico del sistema actual se puede aportar la información del motocompresor que está operando y poder emitir una capacidad específica, para ser más concretos si el motocompresor K-3 está en funcionamiento solamente el excedente sería los 17 MMPCED que comprime el K-1 o viceversa, ahora si ambos me representasen una falla mecánica el excedente de gas para la Planta Compresora Zapatos serían 27 MMPCED y toda esta producción se desviaría hacia la Planta Compresora Mata R.

También tendría auge una contaminación ambiental por la quema que se ejecuta en esta planta y que lo recomendable sería aprovechar el gas rico (que contiene los diferentes componentes pesados, que es llevado a la planta de extracción, optimizándolos en sus valores más agregados) proveniente de los pozos que convergen a las diferentes estaciones de flujo pertenecientes a esta Planta Compresora. Cuyo propósito es no tener ningún tipo de pérdida en relación a estos fluidos, esto tiene un alto costo de valor agregado.

Este proyecto tiene como finalidad evaluar hidráulicamente el sistema de recolección y transmisión de gas natural de la Planta Compresora Zapatos dirigida a Planta Compresora Mata R, considerando el aumento de producción y determinar las posibles restricciones presentes en el sistema, para que faciliten las posibles mejoras en el manejo de gas, garantizando la efectiva transmisión de gas destinado a ventas.

Para el logro de este proyecto se evaluarán las condiciones actuales de flujo, siendo el propósito fundamental la elaboración de un diagnóstico en las tuberías de recolección nivel 60 psig y la determinación de las variables hidráulicas en cada tramo del sistema de tubería. Inicialmente se realizará un levantamiento de la red de gasoductos de recolección, por medio de esquemáticos de cada una de las estaciones de flujo, de interconexión y recolección de Planta Compresora Zapatos, realizando para ello reiteradas visitas a campo.

Posteriormente y una vez elaborados los esquemáticos se carga la información tomada del campo al software de simulación, llamado Pipephase, que haga posible la determinación de la capacidad de gas manejado dirigida a la Planta Compresora Mata R y comprobar que las condiciones operacionales son las correctas. Por último se evaluarán los escenarios en el software de simulación después que se haya dejado correr y se arrojen los resultados con el fin de emitir propuestas y recomendaciones que permitan mejorar el sistema de recolección actual, siempre con una orientación directa hacia el mejor aprovechamiento de este recurso.

Por ende en este caso se debe simular el comportamiento de cada estación proveniente de la Planta Compresora Zapatos, inicialmente elaborando la red de acuerdo a sus interconexiones, número de válvulas y demás accesorios, en cuanto a las presiones en cada estación que se mantenga en un rango o una diferencia, se podría presenciar bajas y altas velocidades, caídas de presión, entre otros; pero ya sería parte del resultado de la simulación, de ese mismo se tomaría una decisión, de acuerdo al tramo de la Planta Compresora Zapatos hacia la Planta Compresora Mata R, esta sería una forma de solución

en cuanto al problema de manejo de gas adicional, que se va a transportar a la planta compresora y enviarlo a transmisión.

En dado caso mediante la evaluación hidráulica se podrá estudiar el fluido por medio del uso del simulador que a permitirá conocer los diferentes escenarios que pueden variar según los cambios que se presenten en el modelo simulado de manera que se pueda optimizar y flexibilizar la operatividad asociado al campo Zapato hacia la Planta Compresora Mata R.

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Evaluar hidráulicamente el comportamiento del gas de nivel 60 psig desde la planta compresora Zapatos hasta Planta Compresora Mata R.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Describir la situación actual asociada a las estaciones de producción para el manejo de gas a través del gasoducto de 16” pertenecientes al campo Zapatos.
- Establecer un modelo de simulación (caso diseño) para el sistema conformado desde las estaciones de producción desde campo Zapatos hasta Mata R.
- Evaluar los diferentes escenarios de acuerdo a la disponibilidad de compresión de Planta Compresora Zapatos a nivel de 60 psig.
- Proponer los escenarios más factibles que permitan el manejo óptimo del gas de 60 psig desde la Planta Compresora Zapatos hacia Planta Compresora Mata R.

1.3 Justificación

Anteriormente el Distrito Gas Anaco (DGA) estaba orientado a la explotación y producción del crudo, mientras que el gas asociado era destinado al levantamiento artificial de pozos, a la inyección y un mínimo porcentaje a ventas, el resto del gas era desaprovechado en la quema. Actualmente con la búsqueda de opciones tecnológicas energéticas y con el inicio de la era petroquímica, el gas natural ha pasado a ser una de las materias primas más utilizadas en todos los procesos industriales de producción, gracias no sólo a que es considerado una de las fuentes energéticas con mayor potencial, sino además a su eficiencia, su precio competitivo y sus características que lo hacen ambientalmente más limpio. Es así como la demanda de gas natural se ha incrementado enormemente, y la corporación consciente de las reservas de gas asociado y no asociado disponibles en el país, ha venido tomando una serie de medidas que permitan el desarrollo del servicio a nivel nacional.

A medida de que se iba ejecutando esta investigación se logró describir todo el Campo Zapatos y parte de la filosofía operacional y se cuantifico la producción que se maneja ya que la Planta Compresora Zapatos no dispone de capacidad para comprimir toda la producción, teniendo que, solo están dos motocompresores y uno solo está operando, esto indicaba que excede la capacidad de compresión para el que está activo, o en dado caso que se presente algún tipo de mantenimiento a los motores, para algunos de estos casos esa producción era llevada al sistema de flare por lo que se quiere evitar, proponiendo una alternativa que mejore esta situación, ya que esta producción que se pierde posee un alto costo de valor agregado.

Por lo que se presentó diferentes escenarios, en la cual se fueron estudiando los cambios de las variables seleccionadas por lo que se vieron muy influenciadas por la producción, debido a que quizá el diámetro de la facilidad existente no era el adecuado para transportar el fluido del gas.

Por esta razón se hace necesaria la evaluación de los sistemas de transmisión de manejo de gas presentes en las plantas compresoras y estaciones de producción de la empresa, que llegan a la red de distribución; para garantizar que la infraestructura sea la adecuada, con el objeto de que se pueda manejar el volumen de gas actual sumado al adicional que se desea producir.

1.4 Alcance

El alcance del proyecto abarca todas las actividades y operaciones a ejecutar para manejar de manera segura y confiable el gas del sistema de recolección del campo Zapato manejando el nivel de 60 psig, hacia la Planta Compresora Mata R. A través del software se someterá en cada segmento los detalles de las líneas de los gasoductos, finalmente el proceso iterativo de resolución del sistema de ecuaciones se detendrá cuando el error entre las presiones estimadas y las calculadas sea menor a una tolerancia predeterminada. Se efectuarán sensibilidades en el software de simulación con el fin de emitir recomendaciones que permitan mejorar el sistema de transmisión actual, siempre con una orientación directa hacia el mejor aprovechamiento de este recurso.

Se podría considerar que en algún futuro la producción de nivel de 250 psig podría bajar al nivel del 60 psig, considerando que si se cambia un nivel mayor de presión inicial a menor presión el volumen aumenta, ocurre a lo que se denomina expansión, sin embargo, si esto llegara a ocurrir se tendría que determinar si el gasoducto reúne las condiciones hidráulicas para un incremento adicional de gas a parte de la producción existente con la situación planteada.

Se tiene previsto que se evaluara la posibilidad de implementar un análisis de costo, con el objeto de establecer un nuevo gasoducto con un diámetro que corresponda a la situación que presente la planta compresora, solo si el gasoducto actual no reúne las condiciones hidráulicas que permitan un mejor desempeño operacional, para este caso lo

primordial es recuperar todo el gas que proviene del Campo Zapatos sin tener perdida alguna.

1.5 La Empresa

1.5.1 Reseña Histórica de la Empresa

Petróleos de Venezuela S.A. (P.D.V.S.A.) se creó como empresa estatal el 30 de agosto de 1975, constituida como empresa del Estado para la explotación y comercialización del petróleo venezolano. El 1° de enero de 1976 en el pozo Zumaque n°1 en el campo Mene Grande estado Zulia, donde comenzó la explotación petrolera, se proclamó la nacionalización de los hidrocarburos y entró en vigencia la ley. A partir de esta fecha, las propiedades, plantas y equipos entre otros aspectos de las compañías concesionarias extranjeras pasaron a ser pertenencias del Estado. Fue la República de Venezuela la que desde ese momento y mediante un grupo de empresas de su propiedad, planifica, resuelve, financia, ejecuta y controla todas y cada una de las actividades de la industria petrolera.

1.5.2 Misión

Satisfacer a nuestros clientes mediante el manejo eficiente, seguro, apoyándonos en la excelencia del personal y tecnología de vanguardia creando el máximo valor para el distrito y la corporación.

1.5.3 Visión

Ser la organización de referencia mundial por excelencia del personal, tecnología de vanguardia, creando el máximo valor para el distrito y la corporación.

1.6 Ubicación Geográfica

El Distrito Gas Anaco está localizado en la parte central del estado Anzoátegui abarcando parte de los estados Guárico y Monagas con un espacio geográfico de aproximadamente 13.409 km², el cual está dividido en dos áreas operacionales de explotación llamadas unidades de producción: Área Mayor de Anaco (AMA) y Área Mayor de Oficina (AMO), en la figura 1.1 se observa la ubicación geográfica del Distrito Gas Anaco con sus dos Áreas Operacionales.



Figura 1.1 Ubicación geográfica del Área Mayor de Oficina (A.M.O.) y de los Campo Zapato y Mata-R.

Fuente: El autor

El Área Mayor de Oficina está ubicada específicamente en la subcuenca de Maturín, llega en el norte hasta las áreas de Anaco y Jusepín, al sur a los sectores de Hamaca y Zuata de la Faja del Orinoco, al este los campos de temblador y al oeste los campos de Guárico.

La unidad de explotación del Área Mayor de Oficina (A.M.O.) operacionalmente está integrada por los campos: Soto, La Ceibita, Mata R, Carisito, Zapato, y Aguasay; el estudio se desarrollará específicamente en los campos Zapato – Mata R. En la figura 1.2, se puede observar la ubicación de ambos campos.



Figura 1.2 Ubicación de los Campos Zapatos y Mata R.
Fuente: El autor

El área que será objeto de estudio es el Área Mayor de Oficina, la cual posee formaciones productoras de hidrocarburos, siendo las principales y de mayor importancia económica, tomando en cuenta que solo será el Campo Zapatos y su planta compresora y como destino para el excedente de gas la Planta Compresora Mata R, valiéndose de su disponibilidad de compresión.

1.7 Gerencia de Manejo de Gas

Se encarga de forma segura y oportuna de los procesos de recolección y suministro de gas natural a las plantas de procesamiento, a fin de cumplir con los planes de producción y compromisos con los clientes, en total armonía con el entorno.

1.7.1 Misión

Agregar al máximo valor al negocio de producción de gas natural, con personal altamente calificado y motivado para manejar en forma segura y oportuna los procesos de

recolección, compresión y suministro del gas natural a fin de cumplir con los planes de producción y compromisos con nuestros clientes, en total armonía con el entorno.

1.7.2 Visión

Ser reconocido como una organización líder y competitiva en el manejo seguro de gas, que, con personal calificado y comprometido con las metas de la organización, agrega valor al negocio de producción de gas natural, a través del incremento de la eficiencia operacional, aplicación oportuna de las nuevas tecnologías, compromisos con nuestros clientes, optima relación con terceros y en total armonía con el entorno.

1.7.3 Política de Calidad

¿Qué hace? Operar y mantener de forma óptima, segura y rentable las instalaciones asociadas a los procesos de manejo de gas y asegurar el suministro, distribución y logística a través del sistema que conforma dichos procesos.

¿Cómo lo hace? Con una infraestructura de superficie y de monitoreo del sistema de manejo de gas, operada por personal altamente calificado, entrenado, motivado y comprometido, en armonía con el entorno, cumpliendo con las normas ISO 9000/ISO14000 y las normativas legales vigentes.

¿Por qué lo hace? Con el fin de garantizar los volúmenes de hidrocarburos gaseosos requeridos a satisfacción del cliente. Todo esto enmarcada dentro del proceso de mejora continua de los procesos de gestión de calidad y de seguridad.



Figura 1.3 Organigrama de la Gerencia donde se realizaron las Prácticas Profesionales
Fuente: El autor

1.8 Recolección y Transmisión

1.8.1 Misión

Recolectar y transmitir el gas natural producido y comprimido, de manera eficiente y oportuna a las Plantas de Procesos para el mercado interno con los recursos Humanos y Financieros disponibles para maximizar la creación de valor de Producción del Distrito Gas Anaco.

1.8.2 Visión

Ser reconocida como una unidad de Recolección y Transmisión de Gas, altamente calificada y confiable, con un personal comprometido con las metas de la Gerencia de Manejo de Gas y de la organización que promuevan la rentabilidad del negocio

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

A fin de tener una orientación y un soporte bibliográfico para la elaboración del proyecto, se hace necesario presentar investigaciones anteriores que guardan vinculación con el tema en cuestión.

Marín, J (2017). “Optimización del Sistema de Levantamiento Artificial por Gas de los Pozos de los Campos San Joaquín, Guarío y el Roble del Área Mayor Anaco Oeste (AMA-Oeste)” Tuvo como propósito la optimización del sistema de levantamiento artificial por gas (LAG) de los pozos de los campos San Joaquín, Guarío y El Roble del Área Mayor Anaco Oeste (AMA-Oeste). Se desarrolló mediante el diagnóstico correspondiente, el establecimiento de los escenarios a optimizar, propuesta de mejoras de acuerdo a los resultados de la simulación que en este caso se usó Pipephase 9.5 y Wellflo 3.8.4, donde se evidencian caídas de presiones y otros factores, también tomo en cuenta este trabajo de investigación las propuestas de los escenarios factibles operativos económicamente. Según los resultados de este estudio, se recomendó ejecutar la propuesta del tercer escenario, la cual implica la instalación de dos (2) nuevos gasoductos ambos con 4” pulgadas de diámetro como solución alternativa viable a la problemática existente y alcanzar incrementos considerables en la producción de hidrocarburos.

El principal aporte de esta investigación, resalta la aplicación metodológica para el estudio del sistema de gas en cuanto a su optimización ya que es implementado por medio de las deficiencias del sistema, donde se podrían poner en juego tres escenarios bastante contundentes y esto obliga a proponer alternativas que mejoren la productividad regidos

estrictamente por los manuales de ingeniería, ya que hubo presencia muy notable en caída de presiones.

Marín, L. (2013). “Evaluación técnica económica para la aplicación del sistema de recolección de líquidos condensados en A.M.A. Oeste”. Esta investigación estuvo dirigida a plantear una propuesta que permita la recolección y reincorporación óptima de los líquidos producidos, para normalizar el volumen de entrega de gas rico disminuyendo los tiempos de entrega. Para la ejecución del proyecto se contó con el paquete de simulación Pipephase 9.2, que permitió realizar el estudio técnico, evaluando el comportamiento de las variables hidráulicas y determinando la capacidad del sistema actual y los escenarios planteados, igualmente se estudió la factibilidad económica a través del análisis e interpretación de parámetros económicos según la norma LEEPIC 2013 de PDVSA.

En lo que respecta a los aportes tomados de esta investigación, resalta la aplicación del simulador “Pipephase Versión 9.2” que se usará como referencia para describir la situación actual del sistema de gas y la implementación de técnicas de estudio económico para la propuesta del gasoducto de 20” y poder visualizar su factibilidad.

Tirado, J (2013). “Evaluación de la Infraestructura para el manejo de la producción en cabezal de presión inferior a 60 psig en el Campo Santa Rosa, Área Mayor Anaco (AMA)”. En ese trabajo se presenta el diseño de la Infraestructura para el manejo de la producción en el cabezal de presión inferior a 60 psig, en el Campo Santa Rosa del Área Mayor Anaco (AMA). La metodología usada en el proyecto posee un diseño de campo y un tipo de investigación descriptiva además de usar las siguientes técnicas de recolección de datos, observación directa, entrevistas no estructuradas, revisión bibliográfica y análisis de datos. Para la realización de tal trabajo se seleccionaron los pozos candidatos a fluir por debajo de 60 psig, pozos en los cuales sus presiones han declinado debido a su continua explotación. De acuerdo a la ubicación de los pozos se realizó la selección de las estaciones a las cuales fluirán, siendo la más cercana a ellos. Luego se procedió a realizar el levantamiento de las

facilidades de superficie en las estaciones seleccionadas SREF-1, SREF-4 Y SREF-5. Luego se procedió a evaluar las líneas y la cantidad de producción capaces de manejar usando el simulador PIPEPHASE cuyos resultados en velocidad de mezcla, velocidad erosional y caída de presión están dentro de los estándares especificados en las normas PDVSA. También se evaluaron los separadores para determinar su capacidad de manejo de producción tanto por carcassas como por boquillas de entrada y salida. Estos resultados se usaron como base para plantear las adecuaciones al sistema de producción de las estaciones con el objetivo de optimizarlo para los fines del proyecto. Finalmente se estimó que desde el punto de vista económico el proyecto es rentable con un costo total de inversión para su realización de 15.660.000,00 Bs.F para ese entonces.

Esta investigación tuvo como contribución la secuencia en estudio al realizar una evaluación para la infraestructura de manejo de producción, lo que implica la igualdad estudio de variables hidráulicas implementadas para este proyecto mediante la utilización del simulador PIPEPHASE, y como resultados de los mismos se apoya en las normas de PDVSA. También aporta el manejo económico para la propuesta en cuanto a la rentabilidad e inversión.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Gas Natural

Palacio y Martínez (1994), establecen que: “el gas natural al formado por los miembros más volátiles de la serie parafínica de hidrocarburos, principalmente metano, cantidades menores de etano, propano y butano, y finalmente, puede contener porcentajes muy pequeños de compuestos más pesados” (p. 3).

En líneas generales, se puede decir que el gas natural es una mezcla de compuestos gaseosos en proporciones variables de naturaleza orgánica e inorgánica. Su componente

principal es el metano, también puede contener otros gases fuera de la serie parafínica de hidrocarburos.

2.2.2 Origen de los Hidrocarburos

Pino (1998-2002), explica de forma resumida el origen de los hidrocarburos de la siguiente manera:

El gas natural al igual que el petróleo se encuentra acumulado en el subsuelo en estructuras denominadas trampas. Son el resultado de una serie de procesos químicos y variaciones sufridas por la materia orgánica proveniente de animales y vegetales, la cual ha sufrido la acción de bacterias, elevadas temperaturas y presiones (p. 9).

Aun cuando hay algunas otras posibilidades, el petróleo y el gas tienen sus orígenes en la descomposición bacterial de residuos de plantas y materia orgánica depositada en lagos y mares, con otros sedimentos a través del tiempo desde hace millones de años. Estos sedimentos abarcan granos de material erosionado de las rocas, los cuales se degradaron y se petrificaron constituyéndose en rocas sedimentarias.

2.2.3 Clasificación del Gas Natural

Palacio y Martínez, M. (Op.cit) En general, el gas natural puede clasificarse como:

1. Gas rico: es aquel que contiene cantidades de sulfuro de hidrogeno H₂S, menores a 4 ppm, v. La GPSA define un gas apto para ser transportado por tuberías como aquel que contiene menos de 4 ppm de H₂S, menos del 3,0% de CO₂ y de 6 a 7 libras de agua por millón de pies cúbicos en condiciones normales (pcn).
2. Gas agrio o acido: es aquel que tiene cantidades considerables de sulfuro de hidrogeno, dióxido de carbono CO₂ y otros componentes ácidos (COS, CS₂, mercaptanos, etc.) razón por la cual se vuelve corrosivo en presencia de agua libre.
3. Gas rico (Húmedo): es aquel de la cual se puede obtener cantidades apreciables de hidrocarburos líquidos, C₃ de, aproximadamente, 3,0 GPM (galones por mil pies cúbicos en condiciones normales). No tiene

ninguna relación con el contenido de vapor de agua que pueda contener el gas.

4. Gas pobre (Seco): es un gas que prácticamente está formado por metano (C_1) y etano (C_2). Sin embargo en sistemas de compresión de gas, se habla de gas húmedo, en inglés “wet gas”, al que contiene vapor de agua y “gas seco” (dry gas), al que no contiene vapor de agua. El ingeniero debe tener presente los problemas de semántica que, por lo general, se observan en estos casos. (P.3)

2.2.4 De acuerdo a su Localización en el Subsuelo

En lo que respecta a su localización en el subsuelo Martínez, M (1994) lo explica de la siguiente forma:

1. Gas asociado: es aquel que se encuentra en contacto y/o disuelto en el crudo del yacimiento. Este a su vez, puede ser clasificado como gas de casquete (libre) o gas en solución (disuelto) y se encuentra como gas húmedo amargo.
2. Gas no asociado: es aquel que se encuentra en yacimientos que no contienen crudo, a las condiciones de presión y temperatura originales y puede hallarse como gas húmedo amargo, húmedo dulce o seco.
3. Gas condensado: es una mezcla (asociado) con hidrocarburos gaseosos y líquidos en yacimientos de gas condensado.

La clasificación se basa de acuerdo a su procedencia, contenido de hidrocarburos pesados o contenido de H_2S , sin embargo, de ello depende mucho su composición de cada uno y en dado caso poseen componentes ácidos que corroen la tubería, es importante saber direccionarlo de acuerdo a sus grosores del gasoducto, del igual forma se hace con la recuperación de líquidos en cuanto a su producción.

2.2.5 Composición Básica del Gas

Según Pino (Op.cit), indica que:

Es una mezcla de hidrocarburos constituido principalmente por metano (CH_4), que se encuentra en yacimientos en solución o en fase gaseosa con el petróleo

crudo, que en este caso se denomina gas asociado, o bien, en yacimientos que no contienen petróleo, que en este caso es gas no asociado (p. 12).

La composición del gas natural no solo aparecen los hidrocarburos, sino también las impurezas o contaminantes, como el agua (forma líquida o de vapor), el dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrogeno (H_2S), monóxido de carbono (CO), sulfuro de carbonilo (COS), mercaptanos (RSH), nitrógeno (N_2), y oxígeno (O_2).

En la tabla se puede apreciar sus componentes y la variación de porcentaje molar que presentan estos en una mezcla de gas natural.

Tabla 2.1. Características y componentes del gas natural.

Componente	Fórmula Química	Estado Físico	Composición %
Metano (C1)	CH_4	Gaseoso	55,00 - 98,00
Etano (C2)	C_2H_6	Gaseoso	0,10 - 20,00
Propano (C3)	C_3H_8	Gaseoso	0,05 - 12,00
n-Butano (nC4)	C_4H_{10}	Gaseoso	0,01 - 0,80
IsoButano (iC4)	C_4H_{10}	Gaseoso	0,01 - 0,80
n-Pentano (nC5)	C_5H_{12}	Líquido	0,01 - 0,80
i-Pentano (iC5)	C_5H_{12}	Líquido	0,01 - 0,80
n-Hexano (nC6)	C_6H_{14}	Líquido	0,01 - 0,50
n-Heptano (nC7)	C_7H_{14}	Líquido	0,01 - 0,40
Nitrógeno	N_2	Gaseoso	0,10 - 5,00
Dióxido de Carbono	CO_2	Gaseoso	0,20 - 30,00
Oxígeno	O_2	Gaseoso	0,09 - 30,00
Sulfuro de Hidrogeno	H_2S	Gaseoso	Trazas - 28,00
Helio	He	Gaseoso	Trazas - 4,00

Fuente: Curso de Gasotecnia I

2.2.6 Ecuación de Estado

Palacio y Martínez (Op.cit) describen que: “las ecuaciones de estado se usan para correlacionar datos PVT y calcular diferentes propiedades físicas y termodinámicas de

sistemas de hidrocarburos en un amplio intervalo de valores de presión y temperatura” (p. 23).

Las principales ecuaciones de estados son las siguientes:

2.2.6.1 Ecuación de Van der Waals

Es una ecuación que generaliza la ecuación de los gases ideales, haciendo entrar en consideración tanto el volumen finito de gas como otros efectos que afectan al término de presiones. Se puede describir de la siguiente manera:

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(V - b) = RT \quad (\text{Ec.2.1})$$

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2} \quad (\text{Ec.2.2})$$

Dónde:

P= Presión

V= Volumen

T= Temperatura

R= Constante

a y b= parámetros

Ya que por definición, $Z = PV/RT$. Además, puede formularse:

$$\frac{PV}{RT} = Z = 1 + \frac{b}{V-b} - \frac{a}{RTV} \quad (\text{Ec.2.3})$$

Dónde:

Z= Factor compresibilidad

El factor Z, por definición es la razón del volumen que realmente ocupa un gas a determinada presión y temperatura, con respecto al volumen que ocuparía ese gas

Dónde:

$$a = \frac{27 R^2 T_c^2}{64 P_c} \quad (\text{Ec.2.4})$$

$$b = \frac{RT_c}{8P_c} \quad (\text{Ec.2.5})$$

$$R = \frac{8P_c V_c}{3T_c} \quad (\text{Ec.2.6})$$

P_c =Presion crítica

T_c =Temperatura crítica

V_c =Presion crítica

Introduciendo estos valores en la ecuación anterior y expresándola en términos de cantidades reducidas, resulta:

$$\left(P_r + \frac{3}{V_r^2}\right)(3V_r - 1) = 8T_r \quad (\text{Ec.2.7})$$

T_r = Temperatura reducida

V_r =Volumen reducido

P_r =Presion reducida

La ecuación Van der Waals posee dos constantes y expresada en función de Z tenemos:

$$Z^3 - (1 + b)Z^2 + AZ - AB = 0 \quad (\text{Ec.2.8})$$

Dónde:

$$A = \frac{aP}{R^2T^2} \quad (\text{Ec.2.9})$$

$$B = \frac{bP}{RT} \quad (\text{Ec.2.10})$$

A y B= Constantes

La ecuación de Van der Waals es una ecuación que generaliza la ecuación de los gases ideales, haciendo entrar en consideración tanto el volumen finito de las moléculas de gas como otros efectos que afectan al término de presiones.

2.2.6.2 Ecuación de Redlich-Kwong:

Esta ecuación contiene dos constantes y pueden determinarse a partir de la presión y la temperatura crítica. Se escribe de la siguiente manera:

$$P + \frac{a}{\sqrt{T}V(V+b)} = RT \quad (\text{Ec.2.11})$$

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{\sqrt{T}V(V+b)} \quad (\text{Ec.2.12})$$

Dónde:

$$a = \frac{0.4278R^2T_c^{2.5}}{P_c} \quad (\text{Ec.2.13})$$

$$b = \frac{0.0867 R T_c}{P_c} \quad (\text{Ec.2.14})$$

La ecuación Redlich-Kwong es comúnmente escrita en la siguiente forma:

$$\frac{PV}{RT} = Z = \frac{1}{1-h} - \frac{D^2}{E} \frac{1}{1+h} \quad (\text{Ec.2.15})$$

Expresa:

$$D^2 = \frac{a}{R^2 T^{2.5}} \quad (\text{Ec.2.16})$$

$$E = \frac{b}{RT} = \frac{0,0867}{P_c T_r} \quad (\text{Ec.2.17})$$

$$h = \frac{EP}{Z} = \frac{bP}{ZRT} = \frac{b}{V} \quad (\text{Ec.2.18})$$

Dónde:

P_c = Presión crítica

T_c = Temperatura crítica

R = Constante

Ya que aparece en ambos lados en la Ec. 3.15 (h contiene el término Z), esta puede expresarse en función de Z, lo que la hace muy apropiada para programar en computadores

$$f(Z) = Z^3 - Z^3 + Z(D^2 P - EP - E^2 P^2) - D^2 EP^2 = 0 \quad (\text{Ec.2.19})$$

Atendiendo estas consideraciones esta ecuación es de gran utilidad por su adaptabilidad al computador y sus modificaciones aplicables a diferentes sistemas. En cuanto a las expresiones a y b se determinan incluyendo una serie de datos experimentales

2.2.6.3 Ecuación de Soave-Redlich-Kwong:

Esta ecuación presenta su modificación de esta forma:

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{\sqrt{T}(v+b)} \quad (\text{Ec.2.20})$$

Expresa:

$$a = \alpha \times a_c \quad (\text{Ec.2.21})$$

$$\alpha^{0.5} = 1 + m (1 - Tr^{0.5}) \quad (\text{Ec.2.22})$$

$$m = 0.480 + 1.574 \times w - 0.176 \times w^2 \quad (\text{Ec.2.23})$$

$$a_c = \frac{0.42747 \times R^2 \times T_c^2}{P_c} \quad (\text{Ec.2.24})$$

$$b = \frac{0.08664 \times R \times T_c}{P_c} \quad (\text{Ec.2.25})$$

Dónde:

P_c = Presión crítica

T_c = Temperatura crítica

R = Constante

w: Factor acéntrico del compuesto

m = Peso molar

α = constante

De las evidencias anteriores Soave planteo una importante modificación conocida como la ecuación Soave-Redlich-Kwong, la cual adapta bien a los sistemas de hidrocarburos comunes en el procesamiento de gas y refinerías, empleándose junto con sus modificaciones en los simuladores de procesos Pro, Pipephase y Aspen Plus.

2.2.6.4 Ecuación de Peng Robinson

Tiene ecuaciones que emite unos resultados similares a la ecuación de Soave, aunque es bastante mejor para predecir las densidades de muchos compuestos de fase líquida, especialmente los apolares, pero la ecuación debía ser aplicable a todos los cálculos de todas las propiedades de los fluidos de los procesos naturales del gas. Se expresa de la siguiente forma:

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{(v+b)v+b(v-b)} \quad (\text{Ec.2.26})$$

$$a = \alpha \times a_c \quad (\text{Ec.2.27})$$

$$\alpha^{0.5} = 1 + m(1 - Tr^{0.5}) \quad (\text{Ec.2.28})$$

$$m = 0.37464 + 1.5422 \times w - 0.2699 \times w^2 \quad (\text{Ec.2.29})$$

$$a_c = \frac{0.4524 \times R^2 \times T_c^2}{P_c} \quad (\text{Ec.2.30})$$

$$b = \frac{0.07780 \times R \times T_c}{P_c} \quad (\text{Ec.2.31})$$

Dónde:

w: Factor acéntrico del compuesto

m= peso molar

El expresado criterio también adapta este estado de ecuación bien a las operaciones de la industria del gas y refinerías, y que se emplea en los paquetes Pro, Pipephase y Aspen Plus. Esta ecuación tenía por objeto ser aplicable a todos los cálculos de todas las propiedades de los fluidos en procesos naturales de gases pero los parámetros habían de poder ser expresados en función de las propiedades críticas y el factor acéntrico. Sin embargo, este sistema termodinámico fue seleccionado para implementarlo en la simulación porque se adapta mejor a la realidad del campo e incurre más hacia el manejo de gas y a la situación presente de la investigación.

2.2.7 Caída de Presión

Según la Norma de PDVSA L- TP 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías (1994), describe “El gradiente de presión, en un punto cualquiera en una tubería, puede ser definida como la suma de tres efectos: (1) La contribución de aceleración, (2) La contribución de elevación y (3) La contribución friccional” (p. 17).

(Ec.2.32)

Dependiendo del sistema de estudio, el ingeniero de proceso juzga la importancia de la contribución de estos efectos y puede despreciar los términos de menor peso. Esto puede ser causado por la fricción de las partículas del fluido entre si contra las paredes de la tubería que las conduce. Estas pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.

2.2.8 Velocidad Erosional

El Manual de Ingeniería de Diseño PDVSA N°90616.1.024 Dimensionamiento de Tuberías de Proceso (1993), expresa que:

Equivale a una velocidad por encima de la cual ocurriría una erosión excesiva, con el peligro de que la tubería falle en las tes, codos, etc. Cuando la limitación de ruido sea una consideración importante, se recomiendan velocidades comprendidas entre 50 y 60% de la velocidad de erosión (P.3).

Las recomendaciones para limitar las velocidades erosivas son pocas y carecen de fundamento experimental. La recomendación se basa en una fórmula presentada varias veces en la literatura, además de la experiencia general de que no se han producido

accidentes catastróficos causados por su aplicación. En este caso la evaluación es más conservadora porque se tomara en cuenta el 80% de la velocidad de erosión.

2.2.9 Simulador Pipephase

De acuerdo a lo establecido por Invensys Systems, Inc (1999) lo define como “un simulador de flujo en tuberías de fluidos multifásicos en estado estable, usado para el modelado de sistemas de recolección y transporte de petróleo y gas” (p.9).

La simulación permite predecir el comportamiento estacionario de plantas en operación, redes de tuberías cuando se producen cambios en variables del proceso como nuevas alimentaciones, también es posible predecir el comportamiento de plantas y redes de tuberías existentes que pueden ser sometidas a diversas condiciones de operación, a fin de analizar la respuesta del proceso ante estas modificaciones del proceso, proporcionando guías para optimizar un proceso. La estructura operacional del programa de simulación PIPEPHASE tiene una secuencia de botones o menús, que permiten la introducción y especificación de datos, selección de equipos y operaciones necesarias para llevar a cabo la simulación.

2.2.10 Información Requerida por el Simulador

Para mejor comprensión del paquete software Invensys Systems Inc (Op.cit) hace referencia a los siguientes términos pertenecientes:

1. Datos generales: en esta sección se identifica y describe el caso que se desea simular, y el sistema de unidades que se adoptará en la simulación.
2. Datos de componentes: se introducen los componentes las fracciones de hidrocarburos con sus respectivas composiciones molares, que se utilizarán en el simulador, obtenidas por los estudios cromatográficos que se realizan regularmente en cada planta compresora, y en los diferentes puntos de descarga.

3. Datos termodinámicos y de transporte: se definen los métodos, ecuaciones de estado a utilizarse para realizar los cálculos termodinámicos, como entalpías, entropías, y de las correlaciones para calcular propiedades físicas de los fluidos, como: densidad, viscosidad, conductividad térmica entre otras.
4. Datos de corrientes: en esta sección se identifican las corrientes de alimentación y/o algunas corrientes secundarias que requieren un estimado inicial para agilizar los cálculos de convergencia. También se indican las condiciones de temperatura, presión, flujo.
5. Datos de los dispositivos: se definen en detalle las líneas presentes con sus respectivos dispositivos, indicando longitud, diámetro, schedule e inclinación, además de los equipos principales e interetapas (separadores, enfriadores, etc.) (P.43)

Cuando se realizan evaluaciones de sistemas de tuberías de entrada a planta se debe considerar utilizar las correlaciones para determinación de caídas de presión correspondientes a una sola fase y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.2 Correlaciones recomendadas cálculo líneas de gas

Correlación	Recomendación
Panhandle B	Buena para tramos de tubería de gran longitud y diámetros grandes
Weymouth	Buena para tramos de tubería de corta longitud y diámetros pequeños
Moody (por defecto)	Aplicable para todos los diámetros y longitudes, especialmente es buena para líneas de alta velocidad de flujo, además que considera las pérdidas de aceleración.
AGA: American Gas Association	Recomendado por AGA

Fuente: Guía del uso del Simulador Pipephase

El programa de simulación pipephase está diseñado para sistemas analíticos, el cual sirve para gran variedad de sistemas de flujo, análisis gráfico y todos los componentes

necesarios para el modelaje de pozos y optimización de diseños complejos de sistemas de redes de tuberías. Constará con una serie de procedimientos que ayudaran a lo que es armar la red del sistema de gas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El siguiente capítulo tiene como finalidad exponer cada uno de los aspectos necesarios para la resolución del problema planteado y pueda ser desarrollada de una forma precisa, mediante la utilización de métodos y técnicas que faciliten el logro de los objetivos de la investigación.

3.1 Tipo de Investigación

Según Arias, F. (2006)

La investigación descriptiva consiste en la caracterización, de un hecho, fenómeno individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de la investigación (p. 24).

El proyecto que se llevó a cabo en esta investigación fue del tipo descriptiva, ya que comprende la descripción, registros, análisis e interpretación de la naturaleza o estado actual del problema presente en las Plantas Compresoras Zapatos y Mata R en lo que pertenece a la Gerencia de Manejo de Gas, de lo que se trata referente al área de Recolección y Transmisión AMO.

3.2 Diseño de la Investigación

Arias, F (2006).Describe el diseño de la investigación de la siguiente manera:

La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no la altera las condiciones existentes. De allí de su carácter de investigación no experimental (p.31).

De acuerdo al diseño de la investigación que presentara este proyecto es de campo ya que se exploró el área de estudio para interactuar con todos los elementos manejados por la Gerencia de Manejo de Gas, por parte del área de Recolección y Transmisión AMO. También se realizaron entrevistas con el personal presente en el área (aprendices, operadores y supervisores) a fin de recolectar datos de manera eficaz, es decir, sin manipulación o modificación alguna de la información suministrada.

3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

Arias. F. (Op.cit). La población, “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y los objetivos del estudio” (p. 81).

Para la realización de este trabajo se tomó como población a 17 personas que estuvieron involucradas para este estudio, ya que forman parte del Área de Recolección y Transmisión de Gas AMO, perteneciente a la Gerencia de Manejo de Gas, también se toma en consideración las Plantas Compresoras Zapatos y Mata R. y los motocompresores, en cuanto a su disponibilidad y condiciones.

3.3.2 Muestra

Arias, F. (Op.cit) “la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83).

En este trabajo el caso de la muestra estuvo vinculado con la población las 17 personas que forman parte del Área de Recolección y Transmisión de Gas AMO, debido a que es una cantidad reducida, permitió un estudio sin mayores inconvenientes. Dicha

muestra de fácil manejo ofreció facilidades para la recolección de datos con respecto a la disponibilidad de compresión de las Plantas Compresoras con un manejo de gas de 60 psig.

Tabla 3.1 Personal de Área de Recolección y Transmisión de AMO

Personas involucradas	Cargos
1	Supervisor Mayor
1	Supervisor
1	Ingeniero de Campo
1	Técnico Mayor
8	Técnicos Operadores
5	Aprendices
Total=17	

Fuente: El autor

3.3.3 Unidad de Estudio

Es la unidad de la cual se necesita información, es el individuo o conjunto de individuos de donde se obtiene el dato; la unidad de estudio corresponde a la entidad que va a ser objeto de medición y se refiere al qué o quién es sujeto de interés en una investigación. Es posible que para obtener la información tengamos que recurrir a pasos intermedios. La unidad de estudio es única en un trabajo de investigación y caracteriza a toda la línea de investigación.

Está representado a todo lo que se refiere a los equipos, objetos y maquinarias utilizados para el estudio, para este caso se tomó como unidad de estudio los motocompresores que dieron motivo a realizar la evaluación hidráulica con el objetivo de resolver el problema que se presentó en la Planta Compresora Zapatos en cuanto a la disponibilidad de compresión para el manejo del excedente de gas nivel de 60 psig. A

continuación, se muestra en la tabla 3.2 con cuantas unidades de compresión se dispone para ambas plantas.

Tabla 3.2 Motocompresores presentes en las Plantas Compresoras Zapatos y Mata R.

PLANTAS	UNIDAD	CLASE DE UNIDAD	MARCA DE MOTOR	MARCA DE COMPRESOR
Zapatos	K-1	Recíprocante	Caterpillar	White Superior
Zapatos	K-3	Recíprocante	Caterpillar	Ariel
Mata R F-1	K-1	Recíprocante	Waukesha	Dresser Rand
Mata R F-1	K-2	Recíprocante	Waukesha	Dresser Rand
Mata R F-1	K-3	Recíprocante	Waukesha	Ariel
Mata R F-1	K-4	Recíprocante	Waukesha	Dresser Rand
Mata R F-1	K-5	Recíprocante	Caterpillar	Ariel
Mata R F-1	K-6	Recíprocante	Caterpillar	Ariel
Mata R F-2	K-1	Recíprocante	Waukesha	White Superior
Mata R F-2	K-2	Recíprocante	Waukesha	White Superior
Mata R F-2	K-3	Recíprocante	Caterpillar	Ariel

Fuente: El autor

3.4 Técnicas de Recolección de Datos

3.4.1 Revisión Bibliográfica

Por lo general, a partir de observaciones de un contexto determinado, Hurtado J. (2010) explica que: “con base en la revisión bibliográfica, el investigador selecciona un tema de investigación de manera general; es decir, identifica una situación que le inquieta y sobre la cual desearía saber algo” (p.138)

Esta etapa del trabajo consistió en recolectar toda la información posible sobre la evaluación hidráulica en un sistema de 60 psig y los distintos escenarios que se pueden presentar tanto en la conceptualización como en la puesta en marcha de un proyecto similar, todo esto mediante la investigación vía internet, textos asociados al tema, así como informes y entrevistas realizadas a personal especialista en la materia. Además de eso se realizó la revisión de proyectos relacionados, visitas a campo, obtención de información de las diferentes estaciones de flujo, descarga y de interconexión. Todo eso fue necesario para la comprensión del tema y así visualizar que se podría hacer para solventar la problemática presentada.

3.4.2 Entrevista no Estructurada

De un modo general, una entrevista no estructurada o no formalizada, Arias, F (Op.cit), establece que:

En esta modalidad no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente. Sin embargo, se orienta por unos objetivos preestablecidos que permiten definir el tema de la entrevista, de allí que el investigador deba poseer una gran habilidad para formular las interrogantes sin perder la coherencia (p.74).

Consecución de este trabajo la entrevista se realizó de forma no estructurada debido a que se hicieron preguntas abiertas sin orden preestablecido, permitió obtener y soportar gran parte de la información necesaria para la elaboración de este trabajo, además se realizaron preguntas de acuerdo a las respuestas que vayan surgieron durante la entrevista, las cuales permitieron obtener información significativa para elaborar la documentación exigida para la evaluación hidráulica correspondiente que se realizó y se discutió todo asociado a los problemas presentes actualmente en los Campos Zapatos y Mata R. Para ellos el personal estará siendo interrogado de manera grata sin la interrupción de sus labores diarias.

3.4.3 Observación Directa

Arias, F (Op.cit), establece que: “

La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos (p.69).

Se colocó en ejecución esta técnica ya que se caracteriza por el contacto directo que el investigador posee con el fenómeno o hecho objeto de estudio, por lo tanto con su utilización se realizaron visitas guiadas a los Campos Zapatos y Mata R. a fines de adquirir información confiable para describir objetivamente la realidad acerca del problema a tratar.

3.5 Instrumentos de Recolección de Datos

De acuerdo al modelo de investigación, Sabino C. (Op.cit) indica que:

Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. Dentro de cada instrumento concreto pueden distinguirse dos aspectos diferentes: forma y contenido (p.114).

Para la recolección de datos se utilizó material de oficina tales como lápiz, carpetas, cámara, libretas, computadora, fotocopidora, teléfono celular, escáner, cronómetro, calculadora, hojas cartas, pendrive, resaltadores, sacapuntas y borrador. Se aplicaron los paquetes informáticos comerciales utilizados para este tipo de estudio el Microsoft Excel y Pipephase 9.2.

3.6 Técnicas de Análisis de Resultado

Después de aplicar las técnicas de recolección de datos, es necesario emplear otras herramientas con el fin de comprender la información obtenida, tales como:

3.6.1 Pipephase

Este simulador permitió conocer el comportamiento del sistema de gas de 60 psig de los Campos Zapatos y Mata R, es decir, reproducir en condición real en el simulador, mediante los datos del campo y evaluar las variables de velocidad de flujo, el caudal del gas, caída de presión, condición de eficiencia actual del sistema, su capacidad y los escenarios a plantear a lo largo de ese estudio.

3.7 Planos de los Procesos (Esquemáticos e Isométricos)

Los planos de los procesos permitirán presentar una descripción general de la estructura del sistema de red superficial del sistema de gas de 60 psig de los campos Zapatos y Mata R: características de cada una de las líneas que lo conforman, identificación de los accesorios, tipos y longitud de las tuberías, capacidad de la infraestructura, diámetro de los gasoductos, presión de trabajo y el recorrido del gas proveniente de los pozos.

Sirvieron de soporte para el conocimiento de la infraestructura perteneciente al campo Zapatos, lo que permitió conocer las condiciones en la que se encontraba cada una de las estaciones de flujo y así poder implementar toda la información (longitudes, accesorios, entre otros) en el simulador PIPEPHASE.

3.8 Tablas

Estas permiten organizar una buena cantidad de datos en un espacio reducido, lo que mejora su visualización; la información se presenta de una forma ordenada por medio de filas y columnas. Las tablas deben sustentar aquella información que se relaciona de forma sólida con el contenido del trabajo y que se deba ordenar de la manera más correcta para su fácil comprensión.

Las tablas ayudaran a la organización de la información obtenida de los resultados del simulador, también aplica para la visualización de los análisis cromatográficos, presiones de las estaciones de flujo y unidades de compresión mediante la visualización de reportes facilitados por la Gerencia de Manejo de Gas donde se ordenó la información recolectada.

3.9 Procedimiento Metodológico

3.9.1 Descripción la Situación Actual Asociada a las Estaciones de Producción para el Manejo de Gas a Través del Gasoducto de 16” Pertenecientes al Campo Zapatos

En esta etapa se realizaron visitas guiadas a la Planta Compresora Zapatos y Mata R. en especial a las estaciones pertenecientes de Zapatos proyectándose hacia la planta Mata R. con el objeto de recopilar datos que sean de ayuda para la investigación, haciendo uso de la observación directa, reportes diarios, situación a las entradas y salidas, filosofía operacional, de igual forma se aplicaron técnicas de recolección de datos tales como entrevistas no estructuradas que facilitaron la recopilación de información en cuanto a las diferentes estaciones de flujo, recolección y de interconexión visualizando los diferentes escenarios y posibles mejoras para el sistema de gas de 60 psig, también haciendo énfasis a la actualización de los esquemáticos e isométricos.

Todo este procedimiento se realizó con el propósito de conocer las características y el funcionamiento actual del sistema de gas de 60 psig colocando en vigencia la relación de la producción adicional de gas que se quiere recuperar de acuerdo al servicio de Recolección de gas que presta dichas plantas.

3.9.2 Establecimiento del Modelo de Simulación (Caso Diseño) para el Sistema Conformado Desde las Estaciones de Producción Desde Campo Zapato Hasta Mata R

En esta etapa los esquemáticos ya están actualizados de acuerdo a las condiciones presentes se buscó optimizar la operatividad de las estaciones verificándose las características del sistema, provenientes de los datos de campo ya obtenidos y poder reproducir la condición real en el Simulador PIPEPHASE 9.2 una vez incluidos los diámetros de las líneas, separadores, accesorios, entre otros; se procedió a ejecutar la simulación lo cual, brinda la información para la evaluación hidráulica contara con una descripción detallada, en cuanto al comportamiento del fluido de la tubería, necesario para el estudio de la facilidad existente hacia la Planta Compresora Mata R y se incluyó una propuesta para el diseño de una nueva estructura de acuerdo a lo propuesto, esto dependió de lo que emitió el Simulador PIPEPHASE 9.2.

Elaboración de un modelo de simulación representativo a la red de recolección tradicional

El programa de simulación pipephase está diseñado para sistemas analíticos, el cual sirve para gran variedad de sistemas de flujo, análisis gráfico y todos los componentes necesarios para el modelaje de pozos y optimización de diseños complejos de sistemas de redes de tuberías.

Para elaborar la simulación se deben llevar a cabo los siguientes pasos, utilizándose la información recopilada en el campo:

1. Definición de la simulación.
2. Selección de los componentes presentes en el fluido de trabajo.
3. Elaboración de las redes en el simulador.
4. Y por último, validar la red.

3.9.2.1 Keyword files

Los archivos de esta extensión (*.INP) están en formato de texto ASCII, que definen la simulación en pipephase utilizando comandos conocidos como keywords. Los archivos Keyword, pueden ser importados y exportados. Los Keywords files, tiene varios motivos que le dan gran importancia en Pipephase como son:

1. Proveen de una interface alternativa con el módulo de cálculo
2. Permite mantener compatibilidad con versiones aún más modernas
3. Si no pueden resolver una simulación, se puede enviar el Keyword file a SIMSCI y ellos te ofrecerán soporte técnico

Los keywords son fáciles de leer si se tiene en cuenta el siguiente orden en el cual él se desarrolla:

1. General Data
2. Component Data
3. Network Data
4. PVT Data
5. Structure Data
6. Unit Operations Data
7. Case Study Data

3.9.2.2 General Data

Es la información general, donde se describe la simulación, se da el nombre del proyecto, se coloca el problema a tratar, se identifica el usuario o el nombre de quien lo realiza, se fija la fecha, el sitio y la descripción de lo que se plantea, esta información se incorpora al inicio de la simulación.

3.9.2.3 Component Data

Se refiere a la definición de la simulación, al iniciar el programa, éste exige una serie de datos a manera de establecer el tipo de simulación con el que se trabajará y que tipo de fluido manejará y de esta manera determinar las opciones con las cuales se podría trabajar.

Primero se definió el tipo de simulación, seleccionando el modelo de red (network model), debido a la complejidad e interconexiones que existen en las líneas, como se pudo observar, la red de tuberías que comprende a los Campos Zapato y Mata R, está conformada por tubos de diferentes diámetros de grandes distancias, además de que se debió integrar, estaciones, red de recolección y plantas compresoras en una misma simulación.



Figura 3.1 Modelo de red.

Fuente: El autor

Se definió como composicional (compositional) por ser el fluido de estudio una mezcla de varios compuestos orgánicos e inorgánicos (ejemplo: metano, etano, propano, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, etc.).



Figura 3.2 Tipo de fluido.

Fuente: El autor

La fase en la que se encuentra fue designada como multifásicos (rigorous multi-phase), ya que la red posee componentes condensables.

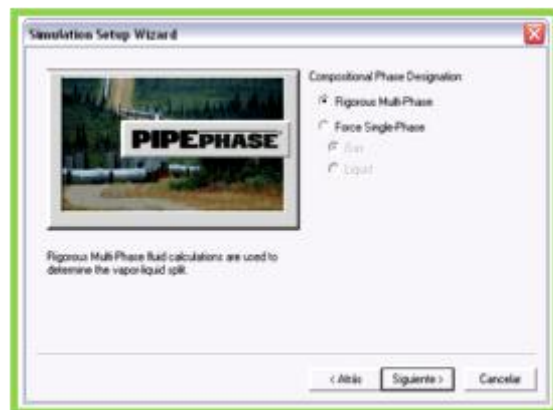


Figura 3.3 Designación de Fase Composicional

Fuente: El autor

Y por último se seleccionaron las unidades de medida por defecto. Se eligieron las unidades de petróleo (petroleum) para hacer uso de los datos suministrados por la empresa con mayor facilidad y que los resultados cumplan con las especificaciones exigidas por esta.



Figura 3.4 Unidades de trabajo
Fuente: El autor

3.9.2.4 Network Data

Es la opción donde se indican con qué medidas se va a emplear en la simulación, en esta parte se configura la sistema, temperatura, presión, velocidad entre otros.

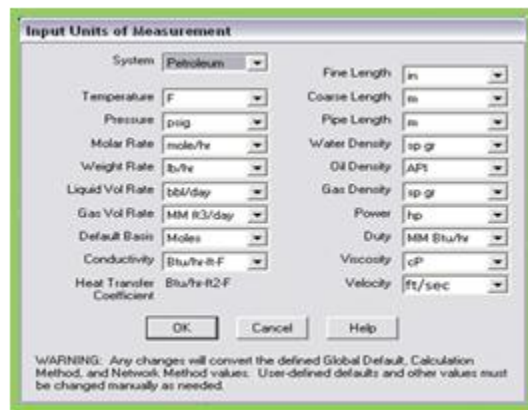


Figura 3.5 Unidades de medida de entrada.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

3.9.2.5 PVT Data

Se refiere a los datos de las propiedades de los fluidos, en esta ventana se programa los métodos termodinámicos, que se utilizaron en la simulación.

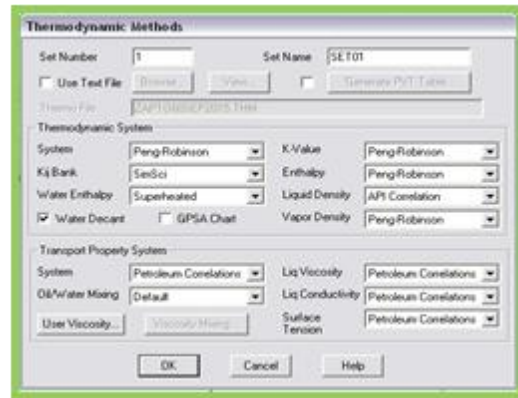


Figura 3.6 Métodos Termodinámicos empleados en la simulación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

3.9.2.6 Unit Operations Data

Se refiere a los datos de operaciones de la unidad, en esta parte se escogen los métodos de cálculos implementados para el sistema de red, cuenta con las opciones para configurar cómo será la segmentación en la red, cuantas iteraciones tendrá, red de algoritmos, tolerancia de presión, entre otros (fig. 4.9). Además está la opción de los valores predeterminados donde se programa la correlación de flujo, diámetros interiores como se muestra en la figura 4.10.

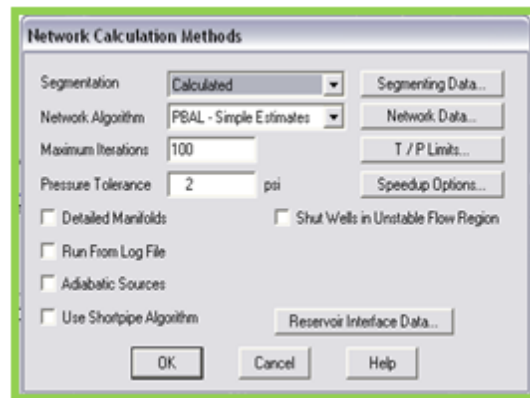


Figura 3.7 Métodos de Cálculos de Red empleados en la simulación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

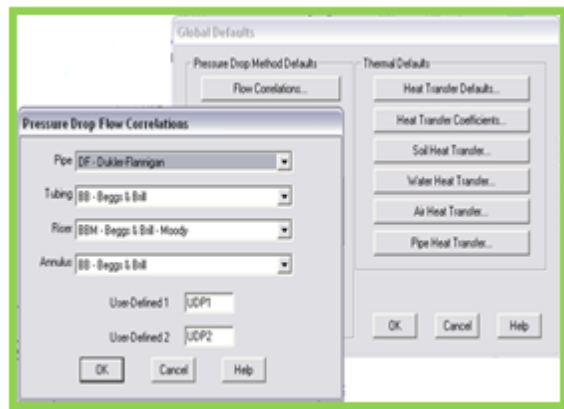


Figura 3.8 Valores predeterminados empleados en la simulación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

3.9.2.7 Structure Data

La selección de los componentes presentes en el fluido de trabajo, se definen como datos de estructura, luego de definir el tipo de simulación, el programa abre una ventana en la que se deben agregar los componentes que conforman el fluido con el cual se va a trabajar, para ello se utilizó los análisis cromatográficos emitidos por los laboratorios de Santa Rosa, realizados en cada estación de los Campos Zapatos y Mata R, dichos análisis se realizaron en noviembre del 2017, fecha en la cual se inició la elaboración de la simulación con la finalidad de contar con información lo más actualizada posible. Estos análisis se muestran en el capítulo 4.

El programa posee una amplia base de datos de compuestos, con sus respectivos pesos moleculares y demás características fisicoquímicas. Los componentes que se consiguen en el fluido de estos campos (Zapato y Mata R) según los análisis cromatográficos realizados bajo las normas GPA (Asociación de Procesadores De Gas o Gas Processors Association) No.2166, ASTM (Sociedad Americana de Ensayo de Materiales o American Society of Testing Materials) D-1945 y ASTM D-4810, son compuestos orgánicos de la cadena parafínica con sus respectivas fórmulas químicas y nomenclaturas comunes: metano (CH_4 - C1), etano (C_2H_6 - C2), propano (C_3H_8 - C3), iso

butano (C₄H₁₀ - C₄), normal butano (C₄H₁₀- C₄), iso pentano (C₅H₁₂ - C₅), normal pentano (C₅H₁₂ - C₅), hexanos (C₆H₁₄- C₆), Heptanos (C₇H₁₆ - C₇), Octanos (C₈H₁₈ - C₈), Nonanos (C₉H₂₀ - C₉), decanos y más pesados (C₁₀H₂₂ - C₁₀+). Dentro de los componentes inorgánicos de la mezcla se tienen dióxido de carbono (CO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y nitrógeno (N₂).

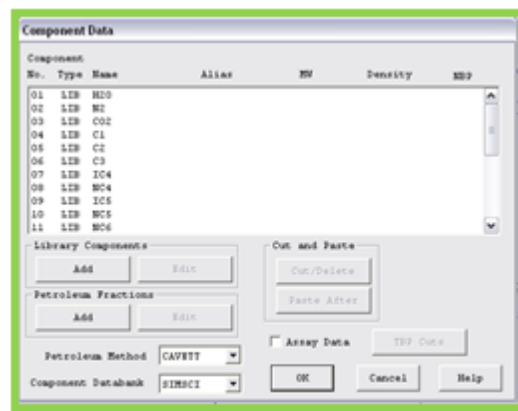


Figura 3.9 Ventana para entrar al listado de los componentes.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

Se debe seleccionar de la librería los compuestos con la que cuenta el fluido de estudio, para agregar a la lista se debe pulsar el compuesto deseado en la pestaña componentes específicos para la selección (specific components available for selection).

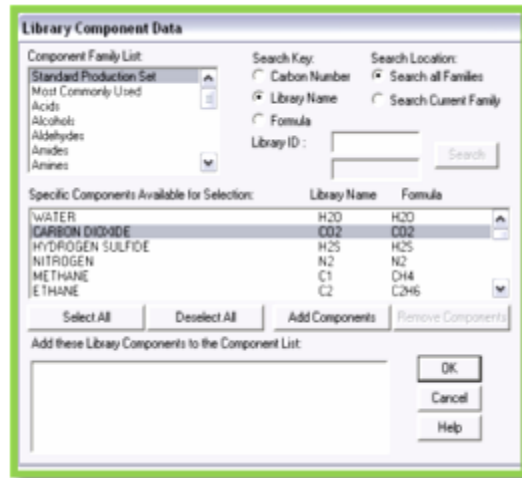


Figura 3.10 Ventana para seleccionar los compuestos que conforman al fluido estudiado
Fuente: Software de simulación Pipephase.

Y por último, se comprueban que estén los compuestos en la pestaña correspondiente (add these library components to the component list).

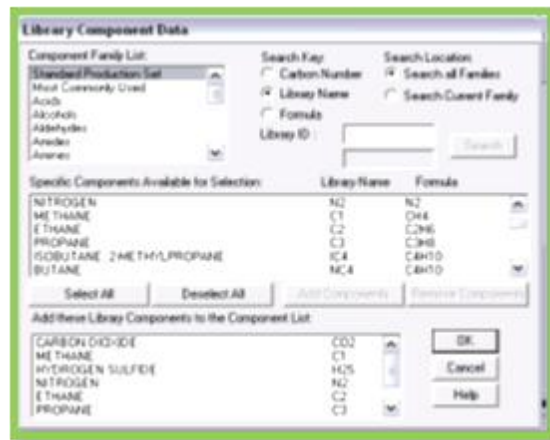


Figura 3.11 Listado de componente seleccionado.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

3.9.2.8 Elaboración de las Redes en el Simulador

Una vez seleccionada la composición del fluido se procedió al montaje del esquema de simulación con todos sus elementos, tomando en cuenta la información recabada a

manera de establecer un comportamiento de las variables de proceso, lo más similar a las condiciones reales de operación en los campos de estudio. Resulta importante resaltar el Pipephase 9.2 trabaja a través de un PDF (Process Fluid Diagram), donde se dibujan los componentes presentes en un sistema o red de tuberías, por lo que posee una simbología sencilla de cada elemento, equipo, tubería y accesorio que existe normalmente en la industria para ser utilizados en la hoja de trabajo. Los componentes básicos de una red son:

1. Fuente (source).
2. Sumideros (sink).
3. Nodos (junction).
4. Enlace (link), que incluye los equipos, tuberías y accesorios del sistema.



Figura 3.12 Representación de un tramo de tubería.

Fuente: Software de simulación Pipephase.

3.9.2.9 Fuentes

Requieren de las propiedades del fluido para calcular la caída de presión, transferencia de calor y separación de fases. También se deben definir el caudal total y la presión de la fuente. Si estos valores son parte de las condiciones de operación, entonces pueden indicarse como valores fijos si estos valores pueden variarse para conocer los valores producidos, entonces pueden introducirse como estimados. Si la presión es estimada ese valor será utilizado por Pipephase como el valor inicial del proceso iterativo, para hallar el valor real. Es de hacer notar que la selección de la variable como estimada o fija depende de las condiciones límites (boundary condition) de la simulación.

Las fuentes del sistema de recolección simulado (actual), estarán representados por los múltiples de producción o válvulas multipuertos de cada estación de flujo y descarga, de los campos en estudio; estas válvulas y múltiples envían la mezcla que reciben de los pozos productores, al sistema de separación ubicado dentro de las instalaciones de la estación, el gas es separado y continua su recorrido, a través de todo el sistema de recolección hasta llegar a la Planta Compresora Zapatos, considerando como el sumidero del sistema por ser, a razón de este proyecto, el punto final del fluido.

A cada fuente y sumidero se le agregó las presiones y volumetría del fluido con las que trabajan en la actualidad, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Los flujos usados fueron los reflejados en el informe de pruebas de producción del mes de noviembre del 2017. En el capítulo 4 se destaca la información más importante obtenida de dicho informe.
2. Las presiones asumidas y la temperatura asociada a cada estación son las reflejadas en los análisis cromatográficos de cada estación, que se muestran en las tablas 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 en el capítulo 4 (es importante destacar que la información se tomó de los análisis cromatográficos para tener un valor cercanos a los reales a la hora de realizar el montaje y de este modo reducir las iteraciones realizadas por el simulador). Flujos, presiones se pueden apreciar en la tabla y temperaturas consideradas para el montaje de la red actual.

Además, de las condiciones de flujo, presión y temperatura que debe cargarse a las fuentes, es importante incorporar la composición cromatográfica, representativa de gas y líquido de cada estación. A continuación se mostrara cómo se añadió la información a cada estación, perteneciente al Campo Zapatos, los pasos fueron los siguientes:

Paso 1: se seleccionó del menú del paquete de simulación las tres fuentes que representan la fuente de agua crudo y agua respectivamente y a cada una se cargó la información

solicitada por el simulador como se muestra en las figuras 4.11 y 4.12 la ventana para cargar los datos de las fuentes se abre al hacer doble click sobre la fuente.

Figura 3.13 Ventana que muestra los datos a introducir en la fuente.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

Paso 2: se incorpora toda composición molar de los componentes de cada fuente, entrando en el link que se muestra en la figura 4.12. Para el resto de las fuentes (en total fueron 18 fuentes) se realizaron los mismos pasos utilizando, tanto los análisis cromatográficos como el reporte de producción del mes de noviembre.

	Component Name	Composition Mole %
1	CO2	0.4500
2	H2S	0.0000
3	N2	0.0500
4	C1	2.1300
5	C2	1.4500
6	C3	2.9500
7	HC4	1.6700
8	HC4	2.7600
9	HC5	2.4700
10	NC5	2.2500
11	NC6	5.4000
12	NC7	5.8700
13	NC8	4.4600
14	NC9	1.2500
15	NC10	62.7000
16	H2O	0.0000

Figura 3.14 Ventana que muestra la composición del gas según los análisis cromatográficos para la estación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

3.9.2.10 Sumideros

Los sumideros son utilizados para remover los fluidos del flowsheet. El nodo sumidero requiere de dos datos para estar completamente caracterizado, y son la presión y el caudal, los cuales al igual que en la fuente pueden definirse como fijos o estimados dependiendo de las condiciones de operación y de las condiciones límites de la simulación. La temperatura es una variable calculada, y su introducción no está permitida a excepción de los análisis de gas lift.

Los pasos para definir los sumideros, los cuales representan las llegadas a los cabezales de succión en las plantas compresoras en la simulación actual, son los mismos que para definir las fuentes solo que éstas no requieren de la composición del fluido.

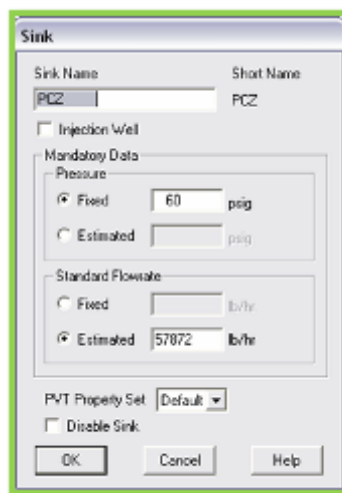


Figura 3.15 Ventana que muestra los datos que corresponden a la planta compresora Zapatos.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

3.9.2.11 Nodo

Un nodo es un punto al cual por lo menos tres links entran y salen. Si solamente un link va a entrar y salir del nodo, la misma no es necesaria y los accesorios pueden instalarse



Figura 3.17 Introducción de los datos característicos del gasoducto.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

Para correr la simulación (Run); el programa procederá a realizar una serie de cálculos hasta dar con los resultados. Cuando el programa ha terminado de correr arroja una información donde dice si se obtuvo alguna solución de acuerdo al número de iteraciones fijadas y al error mínimo permitido que en nuestro caso fue de 100 iteraciones y un error de 2 psi.

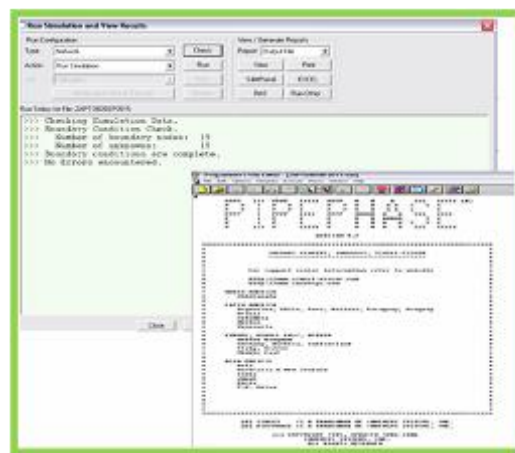


Figura 3.18 Vista de los resultados de la simulación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

Para ver los resultados arrojados por la simulación se va al recuadro que dice View/Generate Reports y se hace click en View. Allí se despliega otra ventana donde se ven los reportes emitidos por el simulador, donde se encontraran la cantidad de líquidos que salen y

que quedan retenidos Holdup en el gasoducto, además de otra serie de resultados. En la figura 4.17 se observa la ventana Run Simulation and View Results donde se verifican las variables, se corre el programa y se acceda a los resultados.



Figura 3.19 Vista de la corrida de la simulación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

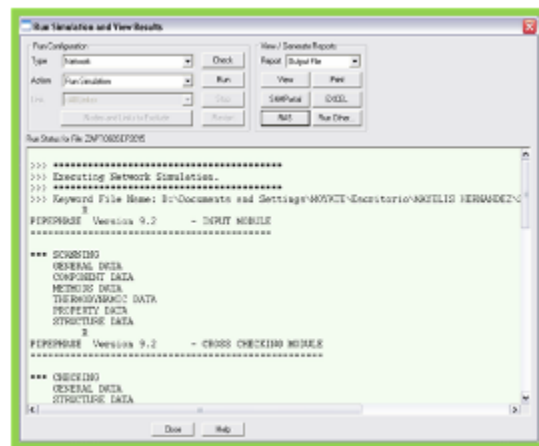


Figura 3.20 Vista de la corrida de la simulación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

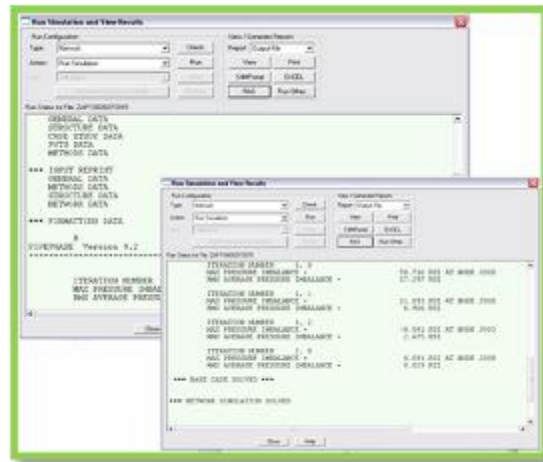


Figura 3.21 Vista de la corrida de la simulación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

3.9.2.13 Case Study Data

Los datos de caso de estudio, en esta sección la simulación ya estuvieron en marcha y se visualizó que se efectuara la convergencia de las corrientes, donde se da click a RAS para visualizar los reportes de las líneas, luego aparece una ventana Simsi Pipephase RAS, se da click en open donde se busca la carpeta de la simulación correspondiente y después se da click a View/Edit (fig. 4.20), donde se seleccionara como el evaluador quiere visualizar las tablas (fig.4.21), se da click en Add , la cual se despliega una ventana de las opciones de datos de las tablas (fig.4.22), en esta ventana se fueron seleccionando línea por línea conjunto con las tres variables hidráulicas en un mismo orden, se escogieron dos líneas para cada tabla, se verificaban (fig.4.23) y se dio click en View y se desplegaba la hoja en Excel con los resultados de las variables hidráulicas y las líneas seleccionadas como se muestra en la figura 4.24.

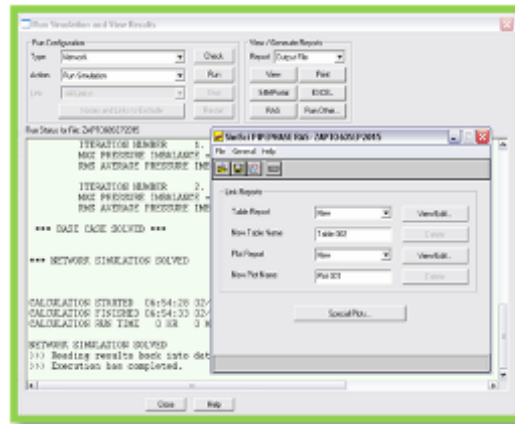


Figura 3.22 Ventana para seleccionar el archivo de la simulación donde se mostrará los resultados.

Fuente: Software de simulación Pipephase.

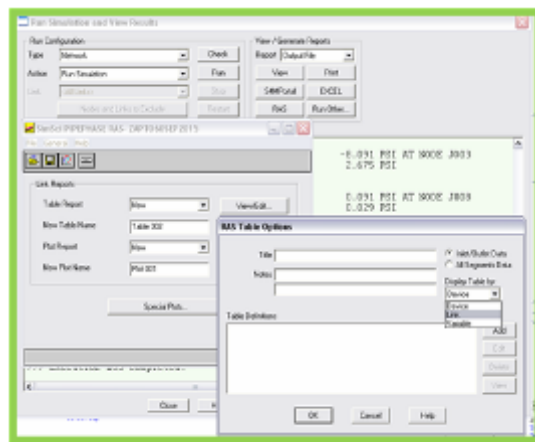


Figura 3.23 Ventana para mostrar las tablas en la forma que se quiera visualizar el sistema de red en la simulación.

Fuente: Software de simulación Pipephase.

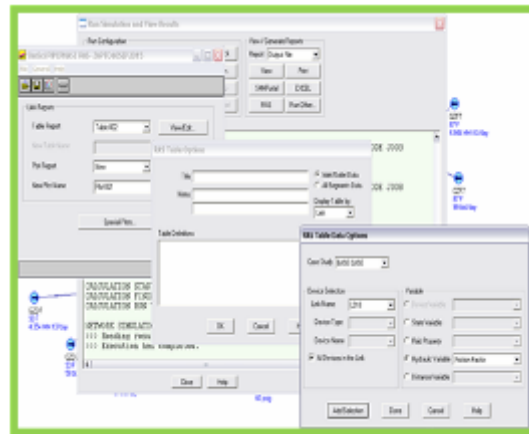


Figura 3.24 Ventana para seleccionar las variables hidráulicas de la simulación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

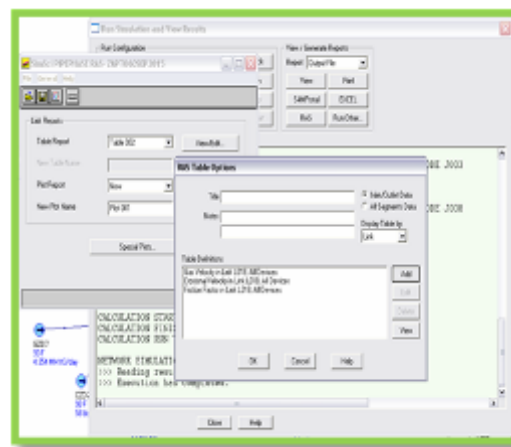


Figura 3.25 Ventana para visualizar las variables hidráulicas ya seleccionadas de la simulación.
Fuente: Software de simulación Pipephase.

	Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	Friction Factor
10	Pipe P005	Inlet	0	0	0	0
11	Pipe P005	Outlet	7,659	24,4207	164,3705	0,014
12	Pipe P005	Inlet	7,659	24,431	0	0
13	Pipe P005	Outlet	15,0445	24,4275	164,3551	0,014
14	Pipe P004	Inlet	15,0445	24,4290	0	0
15	Pipe P004	Outlet	20,3412	24,4516	164,4046	0,014
16	Check C001	Inlet	20,3412	0	0	0
17	Pipe P002	Outlet	20,3412	0	0	0
18	Pipe P002	Inlet	20,3412	24,5634	0	0
19	Pipe P002	Outlet	21,5255	24,5598	164,6086	0,014

Figura 3.26 Hoja de Excel donde se visualizan los resultados de las variables hidráulicas ya seleccionadas.

Fuente: Software de simulación Pipephase.

3.9.3 Evaluación de los Diferentes Escenarios de Acuerdo a su Disponibilidad de Compresión de Planta Compresora Zapato a Nivel de 60 psig

Esta etapa se enfocó en conocer la flexibilidad y factibilidad de aplicación de los distintos escenarios planteados con el paquete de simulación Pipephase 9.2 tomando en cuenta, los diámetros, accesorios, entre otros, de las líneas correspondientes y los parámetros atendiendo a la situación que estuvo presente en la planta, esto se llevó a cabo en el acto de involucrar los datos al inicio y parte de la construcción de la red y una vez finalizada se dejará correr la simulación y esperar los resultados correspondientes, basándose bajo la Norma de PDVSA L.TP 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías y la implementación de la Guía de Ingeniería Dimensionamiento de Tuberías de Proceso esta etapa tomaría en cuenta las recomendaciones de las normas y por medio de ello indico si las variables hidráulicas en estudio cumplieron con los rangos que indican las normas seleccionadas, entonces cabría preguntarse ¿Cuál sería el escenario que mejor se comportó en cuanto al manejo volumétrico de gas?, también aplicaría para tomar una decisión en caso de que ocurra una eventualidad.

3.9.4 Propuesta de los Escenarios más Factibles que Permitan el Manejo Optima del Gas de 60psig Desde la Planta Compresora Zapatos Hacia la Planta Compresora Mata R

En esta etapa se obtuvo el resultado de la simulación, llevándose a cabo por medio de lo contenido en la normal L-TP 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías y apoyándose en la Guía de Ingeniería de Dimensionamiento de Tuberías de Proceso, ya verificada y evaluada la información, de acuerdo a las condiciones antes mencionadas, levantamientos y demás requerimientos operacionales que se encuentran implicados dentro de la simulación, partiendo de esto se puede tomar en cuenta que puede implementarse la adquisición de un nuevo gasoducto que maneje el remanente de gas se podría manejar un estudio económico donde emitirá los costos y la rentabilidad que sea conveniente para la empresa PDVSA GAS o la posibilidad de utilizar la facilidad existente de acuerdo a lo emitió el Simulador PIPEPHASE tomando en cuenta las especificaciones que ofrecen las normas de PDVSA que permitan la optimización de las actividades operativas con el sistema de gas de 60 psig proveniente de la Planta Compresora Zapatos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Descripción de la Condición Actual Asociada a las Estaciones de Recolección para el Manejo de Gas a Través del Gasoducto de 16” Pertenecientes al Campo Zapatos

Con esta descripción se logró conocer la infraestructura de las tuberías que recolectan el gas y las distancias entre las mismas estaciones de recolección. En cuanto al manejo de la producción de gas nivel de 60 psig del Campo Zapatos, como punto de partida se realizaron levantamientos de información, elaboración de esquemáticos y posteriormente la digitalización de dichos esquemáticos actualizados de las líneas que conforman la infraestructura del sistema de gas nivel de 60 psig del área operacional perteneciente al campo Zapato, la actividad se comprende desde las estaciones de recolección hasta la Planta Compresora Zapatos.

En tal sentido la Superintendencia de Recolección y Transmisión, está encargada de custodiar los gasoductos de todas las estaciones de recolección hasta la Planta Compresora Zapatos, monitoreando las condiciones de operación en las diferentes estaciones, a lo que da inicio de que se realice la evaluación del sistema de recolección actual, con el propósito de ver hasta cuanto puede manejar una volumetría diferente a la que maneja actualmente, en el gasoducto que se dirige desde la Planta Compresora Zapatos hasta la Planta Compresora Mata R y así poder implementar la propuesta de mejora para el manejo de la producción asociada al Campo Zapatos en la que pueda tomarse en consideración las variables estudiadas.

Por medio de las visitas realizadas a las estaciones de flujo, recolección e interconexión, fueron entrevistados los operadores, técnicos y supervisores que están vinculados con las actividades operacionales, así pudiéndose conocer la filosofía del

sistema de gas del Campo Zapatos nivel 60 psig en estudio, visualizando las variables que influyen directamente en la condición de operación de cada estación, ya que cada una cuenta con una característica diferente en cuanto a presión, temperatura y volumen.

Por ende, toda esta información adquirida mediante las visitas al campo sirvió de ayuda para la comprensión de la filosofía operacional manejada, tomando en cuenta las variables que influyen en cada estación, esto permitiría identificar con rapidez las variaciones que se presenten a partir de la descripción del sistema actual en adelante con los escenarios planteados, para lograr el mismo fue necesario el levantamiento de campo y la realización de los esquemáticos para obtener información de las estaciones de la manera más actualizada, las presiones fueron tomadas con el manómetro y se tomaron en cuenta las presiones obtenidas con el simulador en la red de gas nivel de 60 psig para poder realizar estimaciones de acuerdo al campo y a la condición del gasoducto. Para lograr obtener los resultados fue necesario evaluar todo el comportamiento de la red como tal, de la misma manera, demostrar a través de una propuesta, el manejo de la producción de forma eficiente hacia la planta compresora, su compresión y posterior entrega al sistema de transmisión.

La Planta Compresora Zapatos cuenta con el funcionamiento de las siguientes estaciones como cabe mencionar la Estación de Flujo Z- 14 transmite su producción por un gasoducto de 10” y se encuentra ubicada a 3.2 km de EFZ-11, que se encarga de transportar su producción por el gasoducto de 12” se interconecta por la línea tradicional 20” y tiene como llegada a la Estación de Recolección J004, seguido esta la Estación de Descarga Z-7 que es la encargada de recibir toda la producción del campo que es fiscalizada antes de ser bombeada al patio tanques y fluye por un gasoducto de 12” que sale enterrado de la estación, con una distancia 1341 mts y se dirige hacia la ER-J003 nuevo, para interconectarse a la línea tradicional de 20” que pasa enterrada por esta estación, la ER-J003 que es la estación que recolecta la producción de EDZ-7 y EFZ-11, que mantiene un rumbo hacia ER-J004; asimismo tenemos a la Estación de interconexión El Ñinguito que es la estación donde converge la producción de EFZ-8 la cual descarga por el gasoducto de

10" cuenta con una distancia de 2km hasta EI-Ñinguito, tiene una distancia de 1 km con respecto a la EI-Ñingo, en esta convergen las corrientes de la EFZ-8 y EFZ-7 que llegan respectivamente con un gasoducto de 10" y el otro de 8" donde se interconectan al gasoducto de 16" que se dirige hacia la ER-J004, allí es donde todas las corrientes se segregan en una sola y posee un gasoducto de 16" que se dirige hacia la entrada de la Planta Compresora Zapatos, estas estaciones de interconexión permiten alinear las corrientes de flujo, para este caso del nivel de 60 psig provenientes de las diferentes estaciones cercanas, por ultimo esta la EFZ-10 que descarga su producción en el cabezal de 6".



Figura 4.1 Esquemático del Campo Zapatos y Mata R.
Fuente: El autor

El Campo Zapatos, perteneciente al Área Mayor de Oficina (AMO) del Distrito Producción Gas Anaco, maneja una producción de gas de 14,325 MMPCED proveniente del nivel de producción de 60 psig, según reporte mensual de las pruebas de producción suministrado por la Gerencia de Operaciones de Producción del mes de Noviembre 2017, el campo cuenta con seis estaciones de flujo ZEF-7, ZEF-8, ZEF-10, ZEF-11, ZEF-14 y una estación de descarga ZED-7, donde se realizan operaciones de separación, tratamiento, almacenamiento de gas, agua y crudo. Posteriormente es enviado a través de los diferentes

gasoductos de recolección que conforman el Campo Zapato para ser comprimido en la Planta Compresora Zapatos.

Cuando uno de los motocompresores presenta alguna falla, la producción en condición normal no presenta desvío, porque el motor que está operando puede manejar la volumetría existente. Asimismo, se puede mencionar que la Planta Compresora Zapatos a la Planta Compresora Mata R cuenta con una distancia de 5km, mediante este estudio se buscó verificar y comprobar si se puede mantener el curso de todo el recorrido del gas, evitando llevar este gas al sistema de flare y que cumpla con la actividad operacional para luego ser transmitida a las plantas de extracción y fraccionamiento.

Tomando en cuenta que la cantidad de crudo y agua fueron removidos en la simulación, para ello los flujos volumétricos utilizados para la evaluación del sistema de recolección correspondientes al mes de noviembre 2017 se muestra en la tabla 4.1 los cuales tiene los siguientes aportes de producción:

Tabla 4.1 Prueba de Producción por Estación

ESTACIÓN	TOTAL POZOS	GAS FORMACIÓN (MMPCGD)	BNPD	BAPD
ZEF-7	6	2,003	99	232
ZEF-8	9	5,216	386	57
ZED-7	8	2,150	58	55
ZEF-10	1	0,083	72	8
ZEF-11	6	3,817	236	659
ZEF-14	5	3,206	188	278

Fuente: Reporte de Operaciones Noviembre 2017

Se consideraron las presiones de operación de las estaciones de recolección pertenecientes al Campo Zapato en el nivel de 60 psig, según las mostradas en la tabla 4.2, suministradas por el personal de recolección y transmisión, en el reporte de actividades rutinarias se utilizaron como referencia para validar la simulación, también se puede

recalcar que la presión de llegada a la Planta Compresora Mata R es aproximadamente dentro de los 60 psig.

Tabla 4.2. Presión de Operación Campo Zapato

ESTACIÓN	PRESIÓN OPERACIÓN (psig)
ZEF-7	69
ZEF-8	69
ZED-7	65
ZEF-10	66
ZEF-11	69
ZEF-14	71

Fuente: Reporte de Operaciones Noviembre 2017.

4.1.1 Unidades de Compresión de Gas

Para poder darle el funcionamiento al gas en sus diferentes utilidades, es necesario primero someterlo a un proceso de compresión, con lo cual se incrementa el nivel energético del gas. El aumento de energía se logra mediante el trabajo que se ejerce sobre el fluido en el compresor y se manifiesta por incrementos de presión y en la mayoría de los casos por aumentos de la temperatura. Como tal se muestra en el proceso de compresión del gas, es cuando se quiere transportar gas a través de los gasoductos, en este caso se requiere aplicar una presión necesaria para vencer la resistencia de frotamiento. Cuando el gas llega a los compresores la presión aumenta y el volumen se reduce.

En relación a las disponibilidades de compresión los motocompresores se garantiza que el gas sea sometido a una presión y temperatura determinada, para compresión del mismo, una vez que el gas recorre toda la red de tuberías hasta llegar a la Planta compresora pasa a los motores y comprime el gas, realizado todo este procedimiento se transmite el gas hacia la planta de extracción. Sin embargo, los motocompresores pueden presentar cualquier tipo de falla, que impida que el gas sea comprimido, a continuación se

muestra en la siguiente tabla las unidades de compresión que están disponibles en ambas plantas compresoras.

Tabla 4.3 Unidades de Compresión de gas

PLANTAS	UNIDAD	CAPACIDAD (MMPCED) 60 PSIG	CONDICIÓN
Zapatos	K-1	17	Operativo
Zapatos	K-3	10	Fuera de servicio
Mata R F-1	K-1	5	Operativo
Mata R F-1	K-2	5	Coopling Motor/Comp
Mata R F-1	K-3	5	Mtto Mayor
Mata R F-1	K-4	5	Operativo
Mata R F-1	K-5	6	Operativo
Mata R F-1	K-6	6	Operativo
Mata R F-2	K-1	5	Operativo
Mata R F-2	K-2	5	Operativo
Mata R F-2	K-3	6	Fuera de servicio

Fuente: El autor

Como se pudo observar en la tabla 4.3 la Planta Compresora Zapatos cuenta solo con un motocompresor operativo, el K-1 maneja un valor de compresión de gas de 17 MMPCED, lo cual me indica que los 10 MMPCED restantes no los puede comprimir porque excede la capacidad de compresión del mismo, por consecuencia de la inactividad del motocompresor K-3 asegura que se debe desviar la producción, pero si visualizamos los motocompresores de la Planta Compresora Mata R posee 6 operando normalmente, en la Fase I y en la Fase II, si contabilizamos estas capacidades de compresión pueda que exista la posibilidad de que los escenarios que se presentaron puedan manejar el excedente de gas de acuerdo a la disponibilidad de compresión en la Planta Compresora Mata R , específicamente maneja una capacidad de compresión de 32 MMPCED.

4.1.2 Esquemáticos de las Estaciones de Flujo que Conforman el Sistema Actual de Gas de 60 psig

Los esquemáticos fueron realizados mediante de los levantamientos de información bajo observación directa, con orientación de los supervisores y operadores, respecto a las diferentes estaciones de flujo y de recolección, de una manera más detallada para conocer mejor las condiciones de las líneas, esta fue una de las más amplias recopilaciones de datos que se obtuvo para el presente trabajo, fue de gran utilidad para cargar la información adquirida del campo en el simulador. A continuación se mencionan la descripción de las estaciones que conforman el Campo Zapatos:

4.1.2.1 Estación de Flujo Z-14

La estación de flujo Z-14 se encuentra actualmente manejando la producción por dos separadores verticales, la cual descarga la producción al cabezal de 6" y salen de la estación con el mismo diámetro, para conectarse con el gasoducto de 10" que pasa por EFZ-11, como se muestra en la figura 4.2 (Ver Anexo B.1)

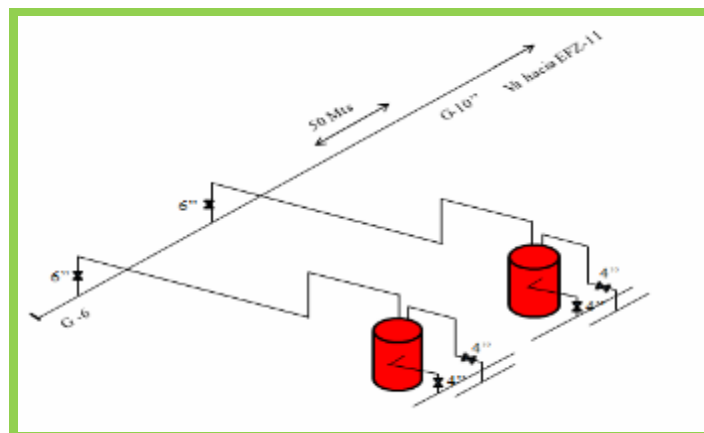


Figura 4.2 Esquemático de la Estación de Flujo Z-14

Fuente: El autor

4.1.2.2 Estación de Flujo Z-11

Esta estación de flujo Z-11 cuenta con el funcionamiento de un separador vertical, que descarga su producción al cabezal de 12'' para conectarse con el gasoducto de 20'' y llegar a la estación de recolección J004. (Ver Anexo B.2)

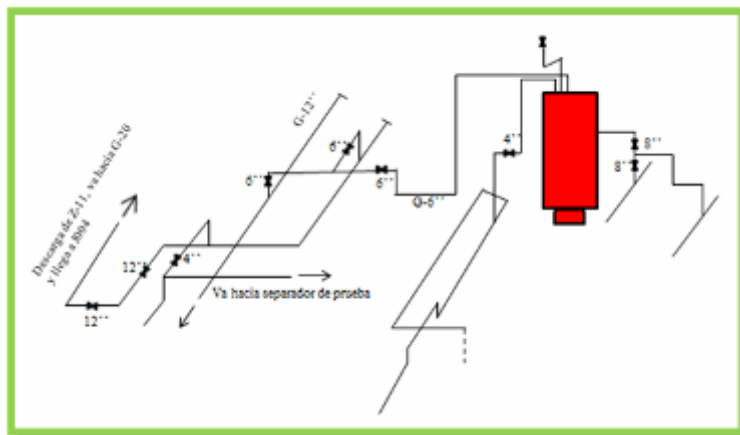


Figura 4.3 Esquemático de la Estación de Flujo Z-11
Fuente: El autor

4.1.2.3 Estación de Descarga Z-7

La estación de descarga Z-7 mantiene su actividad de producción por medio de dos separadores verticales, la cual descarga su producción de gas al cabezal de 6'', luego cambia a 12'' y sale de la estación enterrada con una distancia de 1341 mts para llegar a la estación de recolección J003, como se muestra en la figura 4.4 (Ver Anexo B.3)

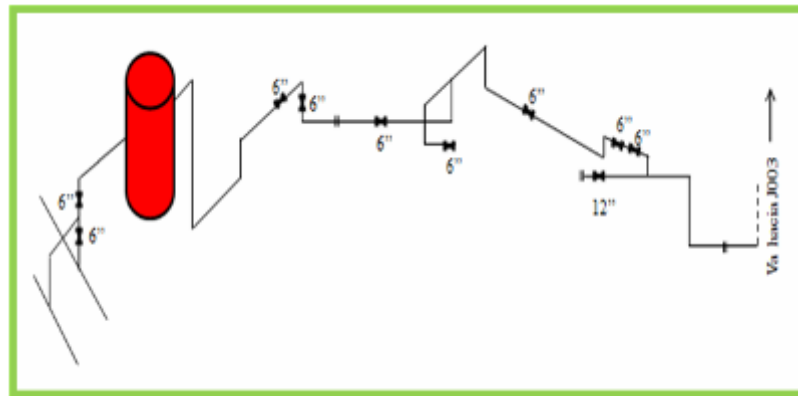


Figura 4.4 Esquemático de la Estación de Descarga Z-7
Fuente: El autor

4.1.2.4 Estación de Recolección J003

Esta estación está encargada de recolectar la producción proveniente de EFZ-11 que pasa enterrada por la estación de recolección y EDZ-7 sale enterrada por medio de un salto para interconectarse en la línea de 20" antes mencionada, dirigiéndola hacia la ER-J004, tal como se muestra en la figura 4.5

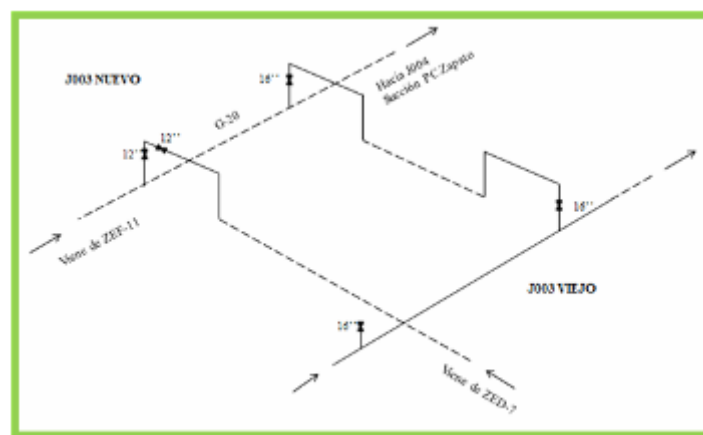


Figura 4.5 Esquemático de la Estación de Recolección J003
Fuente: El autor

4.1.2.5 Estación de Flujo Z-8

La siguiente estación de flujo cuenta con dos separadores, uno vertical y uno horizontal, la producción proveniente de estos separadores se descarga al cabezal de 10" para seguir su curso hacia la estación de interconexión el Salto del Ñinguito, que mantiene una distancia de llegada de 2 Km, de ahí fluyen hasta el Ñingo por una línea de 10". (Ver Anexo B.)

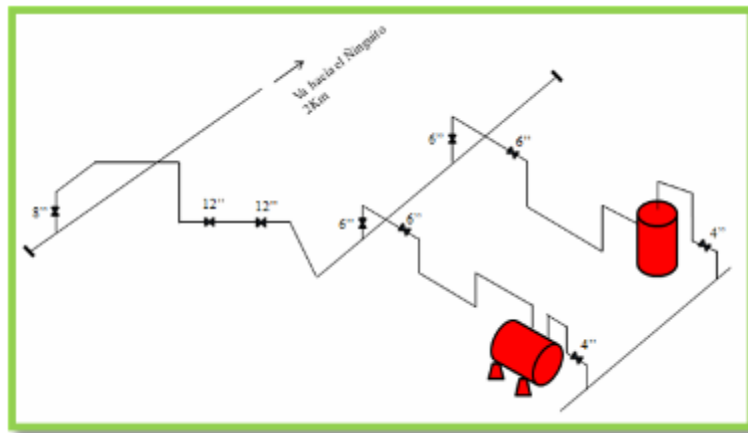


Figura 4.6 Esquemático de la Estación de Flujo Z-8
Fuente: El autor

4.1.2.6 Estación de Interconexión el Salto del Ñinguito

En esta estación es donde converge la corriente de fluido de la EFZ-8 que se encuentra a 2.5 Km de distancia y la estación de interconexión El Salto del Ñingo se encuentra ubicada a 1 Km de distancia de la estación mencionada como se muestra en la siguiente figura 4.7 (Ver Anexo B.7)

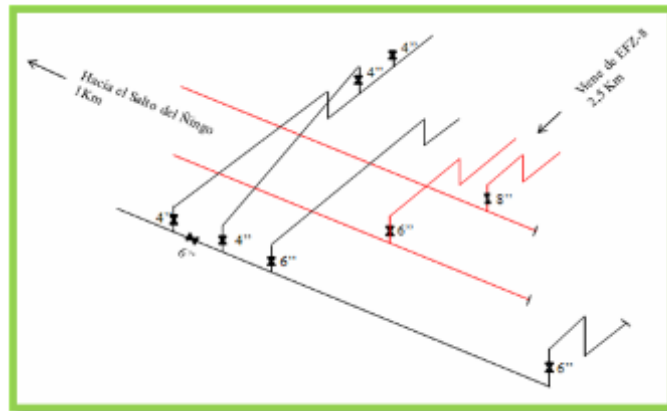


Figura 4.7 Esquemático de la Estación de Interconexión el Salto del Ñingo.
Fuente: El autor

4.1.2.7 Estación de Interconexión El Salto del Ñingo

La producción que maneja esta estación de interconexión son las que provienen de las EFZ-7 que llegan al lugar con un diámetro de 8" y EFZ-8 con un diámetro de 10", amabas corrientes convergen en el gasoducto de 16" que se dirige hacia la estación de recolección J004 y seguidamente pasa a la Planta Compresora Zapatos, como se muestra a continuación. (Ver Anexo B.6)

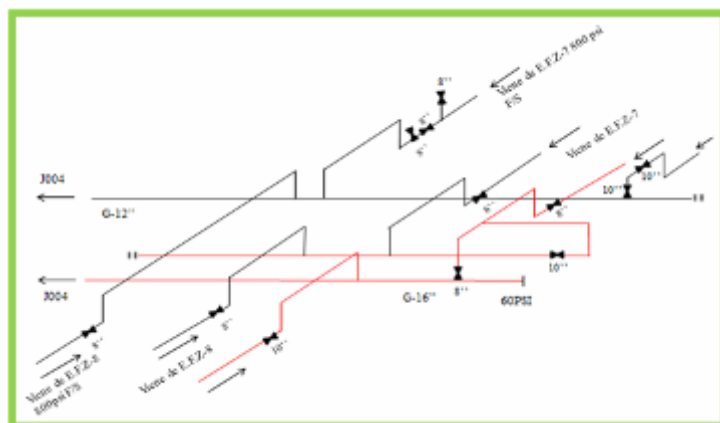


Figura 4.8 Esquemático de la Estación de Interconexión el Salto del Ñingo
Fuente: El autor

4.1.2.8 Estación de Flujo Z-7

La estación de flujo Z-7 permanece en actividad con un separador vertical, descarga su producción en el cabezal de 6" y sale de la estación con un diámetro de 8", este gasoducto se entierra hasta llegar a la estación de interconexión el Salto del Ñingo. (Ver Anexo B.5)

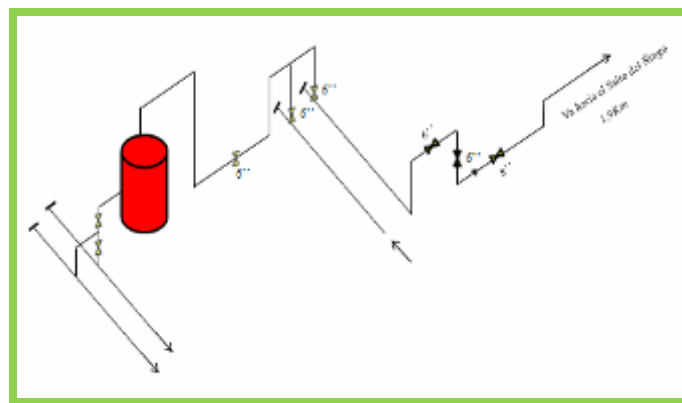


Figura 4.9 Esquemático de la Estación de Flujo Z-7.

Fuente: El autor

4.1.2.9 Estación de Flujo Z-10

Así mismo, la estación de flujo Z-10, permanece en actividad bajo el funcionamiento de un separador horizontal, que descarga su producción en el cabezal de 6", sale de la estación con un diámetro de 8" que va hacia la estación de recolección J005 que tiene una distancia de 486 mts y se interconecta al gasoducto de 16" que va directamente hacia la Planta Compresora Zapatos. (Ver Anexo B.4)

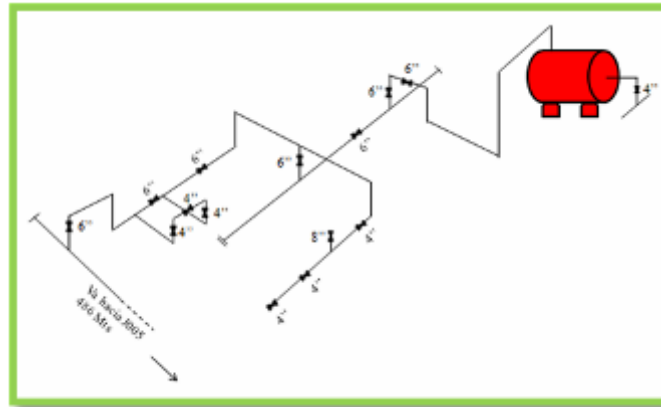


Figura 4.10 Esquemático de la Estación de Flujo Z-10
Fuente: El autor

4.1.2.10 Estación de Recolección J004

Y por último, la estación mencionada recibe toda la producción de la estación de interconexión el Salto del Ñingo, de allí convergen las corrientes de las estaciones de flujo EF-Z7 y EF-Z8, a parte recibe la producción de EF-Z10, también de la estación de recolección J003 donde convergen las corrientes de flujo de la estación de descarga de ED-Z7 y EF-Z11, y mediante la estación de flujo de Z-11 también pasa la producción de EF-14. Todas estas estaciones mencionadas llegan hasta ER-J004 y segregan en una sola línea para ingresar a la Planta Compresora Zapatos. (Ver Anexo B.8)

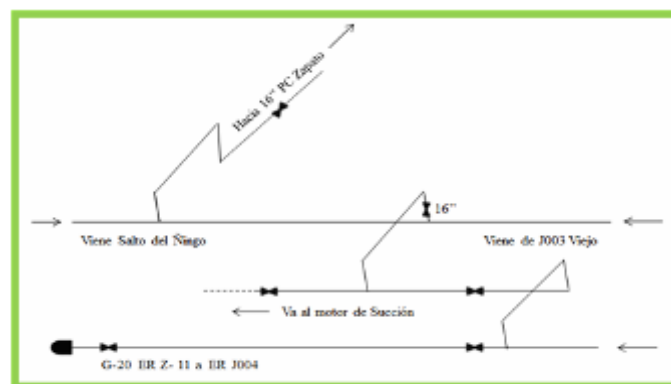


Figura 4.11 Esquemático de la Estación de Recolección J004
Fuente: El autor

4.1.3 Planta Compresora Zapatos

Esta planta es la encargada de recibir toda la producción que viene del campo Zapatos para ser comprimida y ser transmitida a la planta de extracción, en tal caso cuenta con dos motocompresores y uno solo está operativo, la producción que recibe es de la ER-J004, esta estación recibe todo el gas del campo Zapatos; y por medio de un gasoducto de 16" entra a la Planta Compresora y se dirige hacia los motores para su compresión, posee un gasoducto de 16" que sale de la planta y se dirige hacia Planta Compresora Mata R, mantiene una distancia de 5 Km hasta su llegada, se puede mostrar en la siguiente figura 4.11 (Ver Anexo B.9)

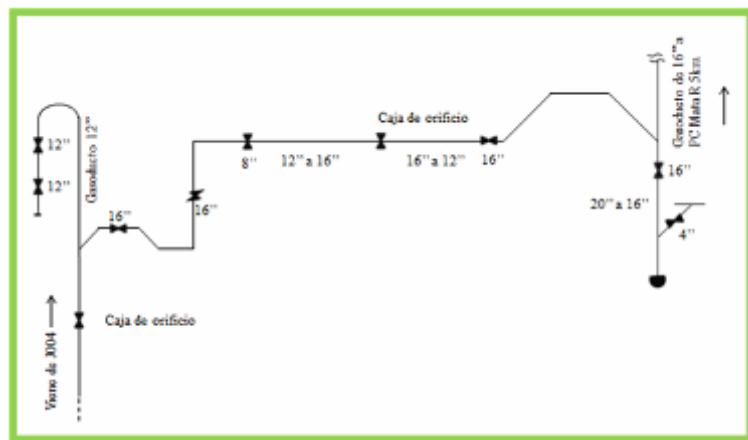


Figura 4.12 Esquemático de la Planta Compresora Zapatos
Fuente: El autor

4.1.4 Planta Compresora Mata R

La planta mencionada será el punto de llegada para el desvío del excedente de producción que presenta la Planta Compresora Zapatos, donde llega enterrada a la succión de la planta por medio de un gasoducto de 16", dirigiéndose a los depuradores y para luego hacer entrada al cabezal de 60 psig que descarga el gas hacia los motores de la fase I y fase II, como se muestra en la figura 4.10, también cuenta con una trampa de envío y recibo

vinculado con la Planta Compresora Zapatos (Ver anexo B.10), se encuentran operando cuatro motocompresores de la fase I (K-1, K-4, K-5, K-6) y en la fase II operan solo dos (K-1 y K-2), la producción al comprimirse es destinada a la planta de extracción y procesamiento.

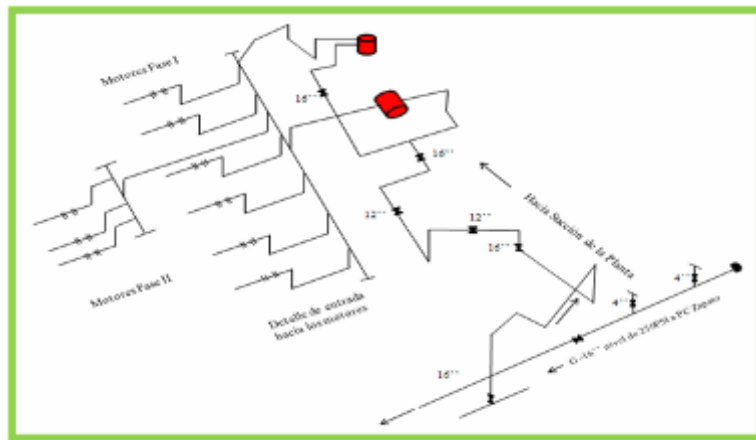


Figura 4.13 Esquemático de la Planta Compresora Mata R
Fuente: El autor

4.2 Establecimiento del Modelo de Simulación (Caso Diseño) para el Sistema Conformado desde las Estaciones de Producción desde Campo Zapatos hasta Mata R

La información referente a las condiciones de operación de los sistemas de recolección de gas del área de Campo Zapatos se consideró necesaria para los fines percibidos en esta investigación, por lo que fue necesario evaluar el sistema actual de gas a nivel de 60 psig, con la ayuda del software de simulación “Pipephase 9.2”.

En el sistema de gas nivel de 60 psig, perteneciente del Campo Zapatos se le realizó una evaluación paso a paso, desde las fuentes hasta al sumidero, el comportamiento del fluido depende básicamente del volumen y la presión manejado por cada estación de flujo, a través de los gasoductos de diferentes diámetros y longitud asociados a cada estación. Igualmente, en la simulación de la red actual se realizó sin alterar el suministro de gas, agua

y crudo proveniente de los pozos y la distribución del flujo correspondiente a los gasoductos que conforman la red de tubería del Campo Zapatos, con la finalidad de conocer las condiciones hidráulicas que se encuentra en la actualidad y las problemáticas planteadas.

Para tal efecto, luego de realizar las descripciones y la previa identificación de la simulación, las unidades de medida de entrada se verificaron para que cada una sea la correspondiente en el simulador y no cause errores, los métodos termodinámicos fueron seleccionados acorde a las ecuaciones de estado que evidencien el comportamiento del gas, haciendo énfasis para su utilidad ya que pueden correlacionar los datos PVT, para ello se utilizó la ecuación de estado de Pen Robinson, la cual se sustenta en la teoría de Van der Waals basándose en expresiones de fácil uso con cálculos de equilibrio de fase.

Se programó la utilización de 100 iteraciones máximas para la simulación, esta cantidad de iteraciones se debe a que en caso de que la simulación no converja o presente un error repita el proceso hasta que los valores coincidan o estén dentro de la tolerancia estipulada de antemano, que estén dentro de los datos de segmentación de red, se indicó que la red de presión/segmento es de 2 psig, es aconsejable trabajar por segmento ya que la variación de los parámetros que arrojaría la simulación sería en valores pequeños.

En el caso de los valores predeterminados globales para la correlación de flujo de caída de presión la que se utilizó en la simulación fue la de Dukler-Flannigan para el caso de las tuberías, esta correlación calcula el gradiente de fricción usando la técnica de Dukler y aplica el método de flujo inclinado de Flannigan, la técnica de Flannigan desarrollo una correlación de datos obtenidos de una tubería de 16 pulgadas de diámetro. El holdup de líquido en las secciones hacia arriba de la tubería fue correlacionado con la velocidad superficial de gas. El gradiente total de presión de Dukler Flannigan se encuentra sumando el gradiente de fricción de Dukler y el gradiente de elevación de Flannigan, y luego aplicando una corrección por aceleración. La correlación de Dukler Flannigan ha dado

buenos resultados en un amplio rango de condiciones, como cabe destacar está correlación implica dos variables hidráulicas y aplica para este caso. Por otra parte la simulación implementada maneja una eficiencia de tuberías en un 80% ya que la red de gasoductos tiene un tiempo promedio dentro de las actividades operacionales y si nos referimos a lo que es la tubería interna posiblemente tenga cierto desgaste debido a la fricción y depósitos de condensación lo que causa una corrosión interna en las tuberías, por lo tanto sería un factor influyente al momento de correr la simulación.

Posteriormente luego de incluir toda la información de la red de gas nivel 60 psig proveniente del Campo Zapatos, se procedió a correr el simulador, una vez realizado esto se procede a desplegar la opción RAS que está encargado de mostrar los resultados de las variables hidráulicas seleccionadas acorde al criterio del estudio, para sí, en dado caso evaluar los valores emitidos por el simulador y así compararlos y realizar las respectivas recomendaciones.

Es importante señalar que los resultados de los cálculos emitidos en el simulador se pueden visualizar por medio de los reportes donde se puede apreciar diferentes opciones de verificación, considerando las variables hidráulicas ya seleccionadas y que se desean estudiar, se trabajan en las hojas de Microsoft Excel con lo cual es posible apreciar de forma precisa y ordenada la información que comprende la situación de la red para el nivel de gas manejado en cuanto a las variables establecidas para este estudio.

4.2.1 Análisis Cromatográficos

En lo que se refiere al análisis cromatográficos cumple dos funciones tal como es separar a los componentes de las mezclas, para obtenerlos más puros y que puedan ser usados posteriormente (etapa final de la síntesis) y medir la proporción de los componentes de la mezcla (finalidad analítica). Los análisis cromatográficos son de gran utilidad en la determinación cualitativa y cuantitativa de los gases. Se debe tener en cuenta que cuando se

determina la composición del gas natural, no solo se cuantifican los hidrocarburos presentes, sino también las impurezas, como Agua, Dióxido de Carbono y Sulfuro de Hidrógeno, compuestos importantes al momento de integrarlos en los datos del componente del simulador.

Las Cromatografías utilizadas en la evaluación de las estaciones (ZEF-14, ZEF-11, ZEF-7, ZEFD-7, ZEF-8, ZEF-10) del Campo Zapatos utilizadas para la evaluación del sistema de recolección, corresponden a las suministradas por la Unidad de Control de Calidad Santa Rosa de fecha 10/03/2015. A continuación, se muestran dichos resultados:

Tabla 4.4 Cromatografía de Gas Estación de Flujo Z-14

Componente	Composición Molar %
Temperatura	93°F
Presión	62 PSIG
Dióxido de Carbono (CO ₂)	8,361
Nitrógeno	0,555
Agua (H ₂ O)	0
Metano	60,723
Etano	11,003
Propano	8,831
I-Butano	2,493
N-Butano	3,802
I-Pentano	1,343
N-Pentano	1,081
Hexano	0,949
Heptano	0,587
Octano	0,17
Nonano	0,05
Decano +	0,053

Fuente: Laboratorio de Campo Santa Rosa. PDVSA-INTEVEP

Tabla 4.5 Cromatografía de Gas Estación de Flujo Z-11

Componente	Composición Molar %
Temperatura	101°F
Presión	60 PSIG
Dióxido de Carbono (CO ₂)	7,992
Nitrógeno	0,519
Agua (H ₂ O)	0
Metano	65,082
Etano	10,819
Propano	7,908
I-Butano	1,899
N-Butano	2,716
I-Pentano	0,865
N-Pentano	0,679
Hexano	0,661
Heptano	0,566
Octano	0,182
Nonano	0,054
Decano +	0,058

Fuente: Laboratorio de Campo Santa Rosa. PDVSA-INTEVEP

Tabla 4.6 Cromatografía de Gas Estación de Flujo EDZ-7

Componente	Composición Molar %
Temperatura	93°F
Presión	71 PSIG
Dióxido de Carbono (CO ₂)	9,404
Nitrógeno	0,451
Agua (H ₂ O)	0
Metano	69,472
Etano	10,060
Propano	5,672
I-Butano	1,236
N-Butano	1,844
I-Pentano	0,555
N-Pentano	0,455
Hexano	0,408
Heptano	0,313
Octano	0,096
Nonano	0,014
Decano +	0,019

Fuente: Laboratorio de Campo Santa Rosa. PDVSA-INTEVEP

Tabla 4.7 Cromatografía de Gas Estación de Flujo EF-Z8

Componente	Composición Molar %
Temperatura	94°F
Presión	80 PSIG
Dióxido de Carbono (CO ₂)	9,008
Nitrógeno	0,652
Agua (H ₂ O)	0
Metano	66,214
Etano	10,936
Propano	7,37
I-Butano	1,599
N-Butano	2,525
I-Pentano	0,748
N-Pentano	0,626
Hexano	0,445
Heptano	0,259
Octano	0,087
Nonano	0,031
Decano +	0,042

Fuente: Laboratorio de Campo Santa Rosa. PDVSA-INTEVEP

Tabla 4.8 Cromatografía de Gas Estación de Flujo EFZ-7

Componente	Composición Molar %
Temperatura	87°F
Presión	70 PSIG
Dióxido de Carbono (CO ₂)	8,033
Nitrógeno	0,311
Agua (H ₂ O)	0
Metano	64,659
Etano	9,803
Propano	8,95
I-Butano	2,392
N-Butano	3,201
I-Pentano	1,042
N-Pentano	0,79
Hexano	0,525
Heptano	0,236
Octano	0,036
Nonano	0,006
Decano +	0,015

Fuente: Laboratorio de Campo Santa Rosa. PDVSA-INTEVEP

Tabla 4.9 Cromatografía de Gas Estación de Flujo EFZ-10

Componente	Composición Molar %
Temperatura	95°F
Presión	67 PSIG
Dióxido de Carbono (CO ₂)	8,725
Nitrógeno	0,592
Agua (H ₂ O)	0
Metano	68,089
Etano	10,578
Propano	7,134
I-Butano	1,496
N-Butano	2,087
I-Pentano	0,528
N-Pentano	0,383
Hexano	0,21
Heptano	0,101
Octano	0,047
Nonano	0,01
Decano +	0,02

Fuente: Laboratorio de Campo Santa Rosa. PDVSA-INTEVEP

4.2.2 Elaboración de la Simulación del Sistema de Red Actual en Campo Zapatos

4.2.2.1 Premisas del Modelo de Simulación

1. Se realizó una evaluación en toda la red del campo Zapatos en el sistema de gas de 60 psig, para determinar el funcionamiento de los mismos.
2. El tipo de fluido es composicional, porque se está trabajando con mezclas de gases de composición conocidas.
3. El sistema de unidades utilizado es petrolium por ser utilizado comúnmente en PDVSA para la simulación de redes de tuberías
4. El sistema termodinámico utilizado en la simulación fue el de Pen-Robinson, esta ecuación termodinámica se escogió por ser uno de los sistemas comúnmente utilizados en PDVSA para la simulación de redes de tuberías de gas y que obtuvo un mejor comportamiento en cuanto a las presiones, se acercó más a la realidad del campo.

5. La correlación para la caída de presión empleada es Dukler-Flannigan, por ser recomendado para sistemas de gas natural y que se ajusta mejor al gasoducto de media presión.
6. El máximo número de iteraciones es de 100, por defecto del Simulador Pipephase con una tolerancia de presión de 2 psig para su convergencia.

En la figura 4.13 se muestra la red del sistema actual de gas a nivel de 60 psig pertenecientes del campo Zapatos, a cada estación de flujo se le asignó una fuente las cuales poseen 3 fases (agua, petróleo y gas) resultado de la producción de los pozos, en cada una de ellas se le suministro información de la estación de flujo como el volumen de gas, presión, temperatura, análisis cromatográficos, la cual que para este sistema de red se le estimo la presión y se fijaron los volúmenes de la producción , a cada fuente se le designa una estación y poseen diferentes presiones y volúmenes; seguidamente esas fuentes se interconectan a un nodo, donde segregan una o más corrientes de fluido y pasan a una línea donde se posee la información de la estación (gasoductos, separadores, válvulas, diámetros, longitudes, entre otros parámetros) o líneas de gasoductos. Se configura la red hasta llegar al sumidero, que representa el intervalo de llegada del fluido donde se fija la presión y se estima el caudal del flujo del gas es este caso llamado PCZ, que representaría la Planta Compresora Zapatos. Para el sistema actual el motocompresor K-1 que maneja los 17 MMPCED se encuentra operando y el motocompresor K-3 que emplea los 10 MMPCED está fuera de servicio, esto es lo que representa la comprensión del sistema actual de gas de 60 psig, primeramente, ubicándose en el campo Zapatos y visualizar su comportamiento, apoyándose en la información recolectada del campo y validada en el simulador.

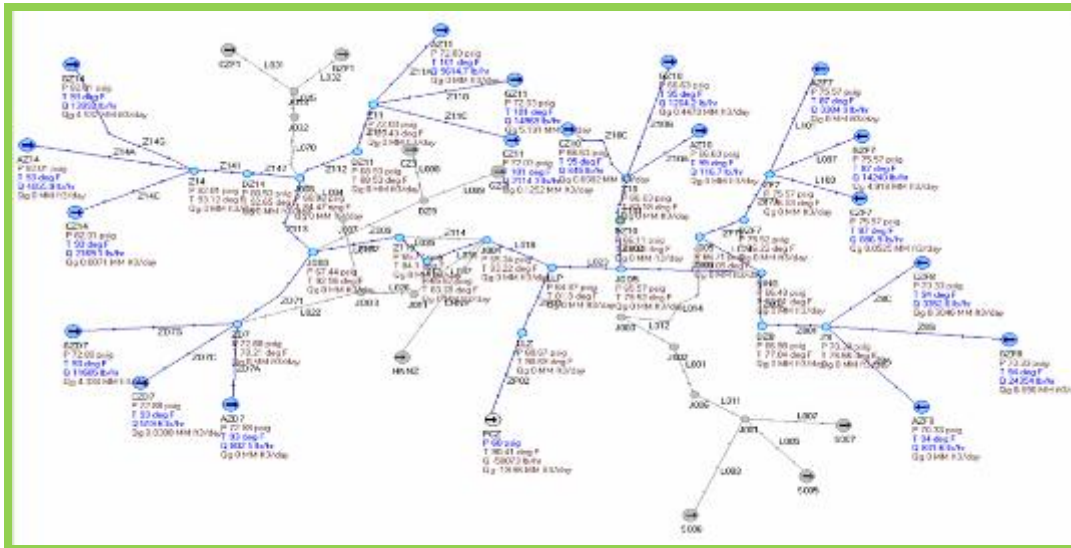


Figura 4.14 Representación de la red del sistema actual de 60 psig del Campo Zapatos.
Fuente: El autor

En efecto ya realizado la descripción del sistema actual se propuso varios escenarios de acuerdo a la problemática presente, donde las cifras del campo concordaron con los resultados de la simulación, para cada fuente se fijan volúmenes y se estima presión y en el sumidero se fija la presión y estima el volumen, además de ello se incluyeron sus respectivos análisis cromatográficos e información del mismo campo.

A continuación se muestran los escenarios propuestos de las redes de simulación del Campo Zapatos hasta la Planta Compresora Mata R para el campo en estudio:

4.2.3 Primer Escenario del Sistema de Gas del Campo Zapatos

En la figura 4.14 se muestra la red del primer escenario de gas a nivel de 60 psig pertenecientes del Campo Zapatos, que parte inicialmente del diagnóstico del sistema actual para cada estación de flujo como se programó en la simulación se mantuvieron sus respectivas fuentes y nodos, se configuro la red hasta llegar al sumidero, que representa el intervalo de llegada del fluido, respectivamente donde cuenta con dos sumideros el primero

donde se fija la presión y se estima el caudal del flujo del gas es este caso llamado PCZ, comprendería lo que es la Planta Compresora Zapatos, donde se comprimen los 17

MMPCED y el segundo donde se estimó la presión y se fijó el volumen del caudal de gas se da a conocer como D001, la cual se desvían los 10 MMPCED que se dirige hacia la Planta Compresora Mata R.

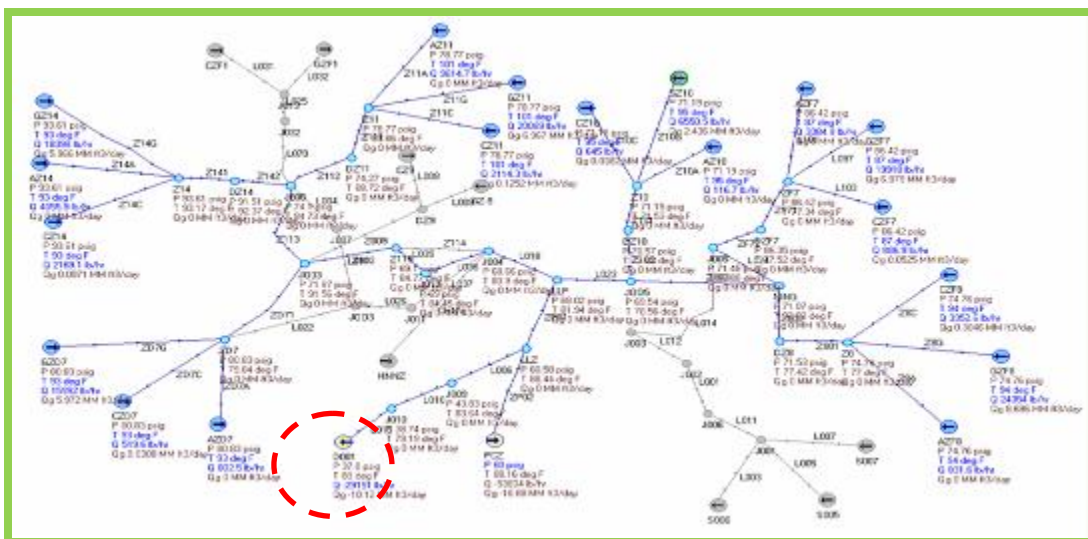


Figura 4.15 Representación del primer escenario del sistema de 60 psig del Campo Zapatos.
Fuente: El autor

4.2.4 Segundo Escenario del Sistema de Gas del Campo Zapatos

En la figura 4.8 se muestra la red del segundo escenario del sistema de gas a nivel de 60 psig pertenecientes del campo Zapatos, posee la misma filosofía, donde el primer sumidero comprende la Planta Compresora Zapatos se fijó la presión y estimó el caudal de flujo de gas, para el segundo sumidero, representando la Planta Compresora Mata R estimó la presión y fijo el volumen de gas. Para este escenario el flujo volumétrico desviado es de 17 MMPCED, lo que indica que el motocompresor K-1 está fuera de servicio y el K-3 se encuentra operando.

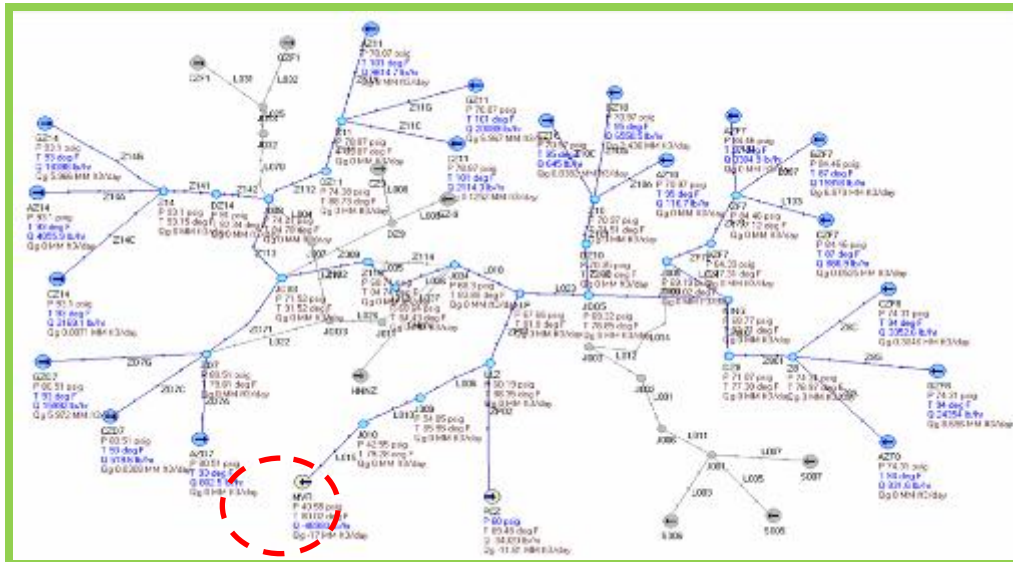


Figura 4.16 Representación del segundo escenario del sistema de 60 psig del Campo Zapatos.
Fuente: El autor

4.2.5 Tercer Escenario del Sistema de Gas del Campo Zapatos

En la figura 4.9 se muestra la red del tercer escenario del sistema de gas nivel de 60 psig pertenecientes del Campo Zapatos, contenida de la misma filosofía ya antes mencionada, se configuro la red hasta llegar al sumidero, denominado MVR, donde se fijó la presión y se estimó el flujo del caudal del gas, se logra desviar toda la producción (27 MMPCED), representada en su alto índice, manejada en la Planta Compresora Zapatos hacia la Planta Compresora Mata R, este escenario expresa que ninguno de los motocompresores (K-1 y K-3) están fuera de servicio.

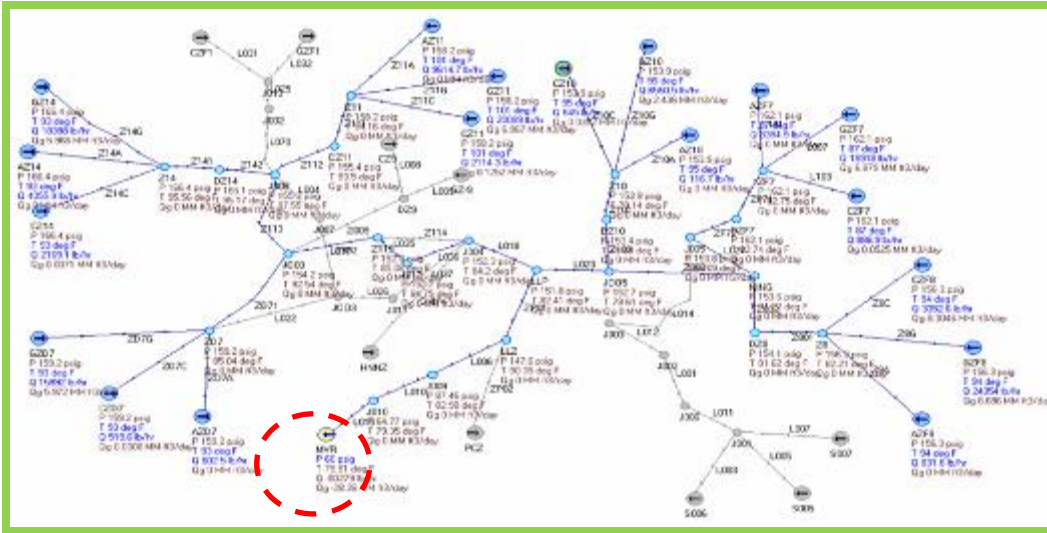


Figura 4.17 Representación del tercer escenario del sistema de 60 psig del Campo Zapatos.
Fuente: El autor

Para los escenarios ya presentados se realizó la búsqueda de cuales de estos obtuvo un mejor comportamiento en cuanto a la volumetría implementada, donde surgieron comportamientos diferentes en cuanto a los parámetros y variables hidráulicas, con el propósito de comprimir el mayor remanente de gas posible, sin embargo existe una gran posibilidad de que la capacidad de compresión sea de una cantidad que se adapte a la situación de la planta, tomando en cuenta que el sistema actual comprende el manejo de un solo motocompresor de capacidad de 17 MMPCED, entonces a partir de este escenario en adelante se hace presente el remanente de gas nivel 60 psig de acuerdo a la situación que presenten los motores de la Planta Compresora Zapatos con las diferentes volumetrías que representan y se tendría como resultado una situación diferente para cada escenario.

4.3 Evaluación de los Diferentes Escenarios de Acuerdo a su Disponibilidad de Compresión de Planta Compresora Zapatos a Nivel de 60 psig

Lo que resulto mediante la aplicación del simulador Pipephase 9.2, luego de haber visualizado los escenarios propuestos de acuerdo a la volumetría manejada, fue necesario contemplar el comportamiento hidráulico ante la implementación del gas, partiendo desde

el sistema actual, donde indicara si cumple o no con lo establecido de la norma L.TP 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías y la Guía de Ingeniería Dimensionamiento de Tuberías de Proceso, a partir de ello se pudieron notar los cambios para la interpretación de los siguientes escenarios realizando las modificaciones, haciendo énfasis a las diferentes volumetrías manejadas por los motocompresores en la Planta Compresora Zapatos, dependiendo de las circunstancias que se presenten en la misma planta, donde se buscó desviar esta producción por el tramo que va hacia la Planta Compresora Mata R para poder comprimir este remanente de gas nivel 60 psig.

Sobre las bases de la información ya expuesta, tras correr la simulación se procedió a buscar los resultados de las variables hidráulicas seleccionadas para el estudio, se tomó línea por línea y se calcularon para realizar una comparación en base a lo que indica la norma L.TP 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías y la utilización de la Guía de Ingeniería Dimensionamiento de Tuberías de Proceso con la cual se verifico si los valores están dentro de los rangos que establece la misma, para el primer escenario se buscó ver la situación actual, luego para los siguientes escenarios propuestos se estudiaron solo las líneas que conforman el tramo de la Planta Compresora Zapatos hacia la Planta Compresora Mata R.

Por lo tanto, se evaluó para la pérdida de energía (ΔP) o gradiente de presión que aplica para el factor fricción (que se muestran en las siguientes tablas), se realizó un cálculo por cada 100 pies y la norma indica que aplica una recomendación general para nivel de presión de $50 < P \leq 150$ psig un rango de $0.3\Delta P$ máximo de lppc/100 pies, de igual forma para la velocidad erosional que se le calculo el 80% de su velocidad, emitida por el simulador sirve para verificar si la velocidad del gas está dentro de esta variable hidráulica, como lo explica su concepto y sea correspondiente a la velocidad del gas sin que ese esté por encima del mismo y cumpla con el rango que la norma establece.

Es importante mencionar que los escenarios sufrieron cambios en cuanto a las presiones porque se vieron obligadas a manejar una producción fija en los dos primeros

casos y en el último solo se estimó y que a causa de las distancias que se encuentran entre las estaciones surgió un cambio elevado en cada una de ellas por medio del flujo volumétrico, lo que hace la diferencia a estos cambios es la cantidad de producción de gas manejada en cada escenario.

También se hizo referencia a la disponibilidad de los motocompresores, que hicieron un papel fundamental para este estudio donde se buscó verificar con que contaba ambas plantas compresoras (Zapatos y Mata R.) y en qué condiciones estaban para comprimir el remanente de gas.

4.3.1 Resultados de las Variables Hidráulicas de la Simulación Pipephase en el Sistema Actual

De las evidencias anteriores, se tomaron en cuenta tres variables hidráulicas que tienen un papel fundamental para la evaluación hidráulica, en cuanto al manejo de producción de gas de nivel 60 psig, para ello como se mencionó anteriormente fue necesario partir de los resultados de la red del sistema actual para mejor comprensión del mismo y verificar si los resultados que mostró el simulador Pipephase cumple o no con lo que establece las normas, de acuerdo a la condición en la que se encontraba el campo, para así continuar con los demás escenarios propuestos y visualizar que cambios surgen en sus valores hidráulicos.

A continuación se muestran en las siguientes tablas los resultados de las variables hidráulicas de la simulación Pipephase que conforma el sistema de red actual en estudio perteneciente al Campo Zapatos.

Tabla 4.10 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z141.

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P280	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16,4042	23,6132	120,8475	96,678	0,0264	2,64
Pipe P025	Inlet	16,4042	23,6132	0	0	0,0264	2,64
	Outlet	17,3885	23,6225	120,8651	96,69208	0,0264	2,64
Pipe P026	Inlet	17,3885	23,5901	0	0	0	0
	Outlet	20,9974	23,6949	121,0604	96,84832	0,0264	2,64
Separator S008	Inlet	20,9974	0	0	0	0	0
	Outlet	20,9974	0	0	0	0	0
Pipe P027	Inlet	20,9974	40,861	0	0	0	0
	Outlet	21,3255	40,865	148,842	119,0736	0,0147	1,47
Pipe P091	Inlet	21,3255	40,8802	0	0	0	0
	Outlet	28,8714	40,8913	148,8836	119,10688	0,0147	1,47
Pipe P092	Inlet	28,8714	40,9066	0	0	0	0
	Outlet	41,9948	40,9281	148,941	119,1528	0,0147	1,47
Pipe P093	Inlet	41,9948	40,9434	0	0	0	0
	Outlet	68,2415	40,9791	149,0209	119,21672	0,0147	1,47
Check C008	Inlet	68,2415	0	0	0	0	0
	Outlet	68,2415	0	0	0	0	0
Pipe P098	Inlet	68,2415	0	0	0	0	0
	Outlet	74,8032	41,0786	149,2246	119,37968	0,0147	1,47
Pipe P105	Inlet	74,8032	41,0941	0	0	0	0
	Outlet	75,7874	41,0968	149,2648	119,41184	0,0147	1,47
Pipe P106	Inlet	75,7874	41,2824	0	0	0	0
	Outlet	76,7717	41,2857	149,607	119,6856	0,0147	1,47

Fuente: El autor

Tabla 4.11 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z142

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P010	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	229,6589	23,911	149,6858	119,74864	0,0154	1,54
Pipe P269	Inlet	229,6589	23,911	0	0	0,0154	1,54
	Outlet	229,987	23,9139	149,768	119,8144	0,0154	1,54
Pipe P270	Inlet	229,987	23,9485	0	0	0	0
	Outlet	231,2993	23,9612	149,9024	119,92192	0,0154	1,54
Pipe P271	Inlet	231,2993	23,9635	0	0	0	0
	Outlet	237,861	23,9657	149,9329	119,94632	0,0154	1,54
Pipe P272	Inlet	237,861	23,9657	0	0	0,0154	1,54
	Outlet	10736,555	26,9321	156,5877	125,27016	0,0156	1,56

Fuente: El autor

Tabla 4.12 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z111

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P268	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	14,1076	21,0889	51,5734	41,25872	0,0206	2,06
Pipe P110	Inlet	14,1076	21,0889	0	0	0,0206	2,06
	Outlet	14,4357	31,4762	121,4154	97,13232	0,0256	2,56
Pipe P114	Inlet	14,4357	31,3561	0	0	0	0
	Outlet	20,8662	31,5139	121,4826	97,18608	0,0256	2,56
Pipe P116	Inlet	20,8662	31,3939	0	0	0	0
	Outlet	22,2769	31,5594	121,5628	97,25024	0,0256	2,56
Pipe P118	Inlet	22,2769	31,4396	0	0	0	0
	Outlet	23,6877	31,5896	121,6359	97,30872	0,0256	2,56
Pipe P120	Inlet	23,6877	31,5896	0	0	0,0256	2,56
	Outlet	24,0158	31,5937	121,6419	97,31352	0,0256	2,56
Pipe P121	Inlet	24,0158	31,6096	0	0	0	0
	Outlet	24,6063	31,7648	121,9677	97,57416	0,0256	2,56
Pipe P129	Inlet	24,6063	31,6457	0	0	0	0
	Outlet	25,1641	31,8005	122,0365	97,6292	0,0256	2,56
Separator S010	Inlet	25,1641	0	0	0	0	0
	Outlet	25,1641	0	0	0	0	0
Pipe P130	Inlet	25,1641	54,8632	0	0	0	0
	Outlet	32,71	54,8908	157,4774	125,98192	0,0144	1,44
Pipe P131	Inlet	32,71	54,9297	0	0	0	0
	Outlet	45,8334	54,97	157,5819	126,06552	0,0144	1,44
Pipe P133	Inlet	45,8334	55,0091	0	0	0	0
	Outlet	62,3032	55,0695	157,7101	126,16808	0,0144	1,44
Pipe P137	Inlet	62,3032	55,1088	0	0	0	0
	Outlet	64,1076	55,1355	157,8288	126,26304	0,0144	1,44
Check C012	Inlet	64,1076	0	0	0	0	0
	Outlet	64,1076	0	0	0	0	0
Pipe P138	Inlet	64,1076	0	0	0	0	0
	Outlet	65,9449	55,6401	158,562	126,8496	0,0143	1,43
Pipe P139	Inlet	65,9449	55,6807	0	0	0	0
	Outlet	67,2573	55,6863	158,6304	126,90432	0,0143	1,43
Pipe P140	Inlet	67,2573	56,1932	0	0	0	0
	Outlet	67,7494	56,1841	159,3483	127,47864	0,0143	1,43

Fuente: El autor

Tabla 4.13 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z112

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P176	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	36,0893	14,5007	159,3315	127,4652	0,016	1,6
Pipe P178	Inlet	36,0893	14,5008	0	0	0	0
	Outlet	49,2126	14,5008	159,3268	127,46144	0,016	1,6
Pipe P180	Inlet	49,2126	14,5009	0	0	0	0
	Outlet	121,0631	14,4999	159,3247	127,45976	0,016	1,6
Pipe P183	Inlet	121,0631	14,5001	0	0	0	0
	Outlet	151,5749	14,498	159,3172	127,45376	0,016	1,6
Pipe P184	Inlet	151,5749	14,4981	0	0	0	0
	Outlet	158,9568	14,4985	159,3132	127,45056	0,016	1,6
Pipe P185	Inlet	158,9568	14,5058	0	0	0	0
	Outlet	166,3387	14,506	159,3549	127,48392	0,016	1,6
Pipe P188	Inlet	166,3387	14,506	0	0	0	0
	Outlet	313,9766	14,4992	159,337	127,4696	0,0161	1,61

Fuente: El autor

Tabla 4.14 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z113

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P018	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16404,209	11,1481	120,4886	96,39088	0,0177	1,77

Fuente: El autor

Tabla 4.15 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZD71

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P226	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16,4042	43,2611	155,4693	124,37544	0,02	2
Pipe P230	Inlet	16,4042	43,2611	0	0	0,02	2
	Outlet	16,7323	43,2653	155,5212	124,41696	0,02	2
Pipe P231	Inlet	16,7323	43,4693	0	0	0	0
	Outlet	17,7165	43,5055	155,9448	124,75584	0,02	2
Pipe P232	Inlet	17,7165	43,5074	0	0	0	0
	Outlet	18,2743	43,5427	156,0122	124,80976	0,02	2
Separator S011	Inlet	18,2743	0	0	0	0	0
	Outlet	18,2743	0	0	0	0	0

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.15 de los Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZD71

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P234	Inlet	18,2743	43,5685	0	0	0	0
	Outlet	24,836	43,5785	162,1504	129,72032	0,0156	1,56
Pipe P236	Inlet	24,836	43,6074	0	0	0	0
	Outlet	34,6785	43,614	162,2163	129,77304	0,0156	1,56
Pipe P240	Inlet	34,6785	43,6394	0	0	0	0
	Outlet	67,4869	43,6748	162,3294	129,86352	0,0156	1,56
Pipe P243	Inlet	67,4869	43,7292	0	0	0	0
	Outlet	69,1273	43,7335	162,4384	129,95072	0,0156	1,56
Pipe P244	Inlet	69,1273	43,7575	0	0	0	0
	Outlet	69,4554	43,7576	162,4833	129,98664	0,0156	1,56
Check C018	Inlet	69,4554	0	0	0	0	0
	Outlet	69,4554	0	0	0	0	0
Pipe P245	Inlet	69,4554	0	0	0	0	0
	Outlet	69,7835	44,055	163,0344	130,42752	0,0156	1,56
Pipe P246	Inlet	69,7835	44,0794	0	0	0	0
	Outlet	71,4239	44,0843	163,0886	130,47088	0,0156	1,56
Pipe P247	Inlet	71,4239	44,3044	0	0	0	0
	Outlet	73,0643	44,3093	163,5044	130,80352	0,0156	1,56
Pipe P248	Inlet	73,0643	44,3343	0	0	0	0
	Outlet	178,0513	44,4457	163,7557	131,00456	0,0156	1,56
Pipe P249	Inlet	178,0513	44,6845	0	0	0	0
	Outlet	184,941	44,6961	164,2165	131,3732	0,0156	1,56
Pipe P250	Inlet	184,941	44,7282	0	0	0	0
	Outlet	185,2691	44,7284	164,2757	131,42056	0,0156	1,56
Pipe P251	Inlet	185,2691	44,9527	0	0	0	0
	Outlet	185,5972	44,9531	164,6879	131,75032	0,0156	1,56
Pipe P252	Inlet	185,5972	44,9743	0	0	0	0
	Outlet	202,0014	44,9962	164,7669	131,81352	0,0156	1,56
Pipe P253	Inlet	202,0014	45,039	0	0	0	0
	Outlet	202,6576	45,0438	164,8539	131,88312	0,0156	1,56
Pipe P254	Inlet	202,6576	45,0694	0	0	0	0
	Outlet	214,1405	45,0862	164,9315	131,9452	0,0156	1,56
Pipe P255	Inlet	214,1405	45,234	0	0	0	0
	Outlet	240,3873	45,2669	165,2616	132,20928	0,0156	1,56
Pipe P257	Inlet	240,3873	45,321	0	0	0	0
	Outlet	241,0434	45,3216	165,3616	132,28928	0,0156	1,56
Pipe P258	Inlet	241,0434	45,3436	0	0	0	0
	Outlet	241,3715	45,3485	165,4105	132,3284	0,0156	1,56

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.15 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZD71

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Check C019	Inlet	241,3715	0	0	0	0	0
	Outlet	241,3715	0	0	0	0	0
Pipe P260	Inlet	241,3715	45,9267	0	0	0	0
	Outlet	242,0277	45,9316	166,4706	133,17648	0,0156	1,56
Pipe P261	Inlet	242,0277	45,9316	0	0	0,0156	1,56
	Outlet	301,0828	11,86	166,4921	133,19368	0,0148	1,48
Pipe P263	Inlet	301,0828	11,8622	0	0	0	0
	Outlet	317,4871	11,8635	166,5167	133,21336	0,0148	1,48
Pipe P264	Inlet	317,4871	11,8653	0	0	0	0
	Outlet	333,8913	11,8666	166,5385	133,2308	0,0148	1,48
Pipe P266	Inlet	333,8913	11,8684	0	0	0	0
	Outlet	341,1091	11,8696	166,5597	133,24776	0,0148	1,48
Pipe P267	Inlet	341,1091	11,8713	0	0	0	0
	Outlet	4740,7178	11,9139	166,8704	133,49632	0,0148	1,48

Fuente: El autor

Tabla 4.16 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z902

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P113	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	12467,198	15,9766	164,3108	131,44864	0,0131	1,31

Fuente: El autor

Tabla 4.17 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L035

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P123	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	1,6404	16,0224	164,129	131,3032	0,0144	1,44
Pipe P124	Inlet	1,6404	16,0227	0	0	0	0
	Outlet	21,6536	16,0202	164,1702	131,33616	0,0144	1,44
Pipe P125	Inlet	21,6536	16,0205	0	0	0	0
	Outlet	25,2625	16,0175	164,1578	131,32624	0,0144	1,44
Pipe P127	Inlet	25,2625	16,0179	0	0	0	0
	Outlet	44,2914	16,0153	164,1453	131,31624	0,0144	1,44

Fuente: El autor

Tabla 4.18 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L036

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P145	Inlet	0	16,0157	0		0	
	Outlet	3,2808	16,0509	164,2307	131,38456	0,0144	1,44
Pipe P147	Inlet	3,2808	16,0513	0	0	0	0
	Outlet	23,294	16,0488	164,3164	131,45312	0,0144	1,44
Pipe P148	Inlet	23,294	16,0491	0	0	0	0
	Outlet	26,5748	16,0461	164,3039	131,44312	0,0144	1,44
Pipe P149	Inlet	26,5748	25,2424	0	0	0	0
	Outlet	46,3255	25,2404	164,3156	131,45248	0,0139	1,39
Pipe P151	Inlet	46,3255	25,2429	0	0	0	0
	Outlet	47,9659	25,2617	164,351	131,4808	0,0139	1,39
Pipe P152	Inlet	47,9659	25,2642	0	0	0	0
	Outlet	51,2467	25,2598	164,3826	131,50608	0,0139	1,39
Pipe P153	Inlet	51,2467	25,2623	0	0	0	0
	Outlet	52,8872	25,2577	164,3762	131,50096	0,0139	1,39

Fuente: El autor

Tabla 4.19 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L018

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P005	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	7,5459	24,4287	164,3705	131,4964	0,014	1,4
Pipe P008	Inlet	7,5459	24,431	0	0	0	0
	Outlet	18,0446	24,4276	164,3661	131,49288	0,014	1,4
Pipe P024	Inlet	18,0446	24,4298	0	0	0	0
	Outlet	20,3412	24,4516	164,4046	131,52368	0,014	1,4
Check C001	Inlet	20,3412	0	0	0	0	0
	Outlet	20,3412	0	0	0	0	0
Pipe P032	Inlet	20,3412	24,5634	0	0	0	0
	Outlet	21,3255	24,5588	164,8088	131,84704	0,014	1,4

Fuente: El autor

Tabla 4.20 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z101

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P056	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	6,5617	2,8948	135,6808	108,54464	0,0388	3,88

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.20 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z101

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P190	Inlet	6,5617	2,8948	0	0	0,0388	3,88
	Outlet	8,2021	2,9054	135,8151	108,65208	0,0388	3,88
Pipe P192	Inlet	8,2021	2,896	0	0	0	0
	Outlet	9,8425	2,9162	136,0667	108,85336	0,0388	3,88
Separator S057	Inlet	9,8425	0	0	0	0	0
	Outlet	9,8425	0	0	0	0	0
Pipe P195	Inlet	9,8425	5,0292	0	0	0	0
	Outlet	19,685	5,0308	158,2427	126,59416	0,0229	2,29
Pipe P196	Inlet	19,685	5,0305	0	0	0	0
	Outlet	25,2953	5,0321	158,2634	126,61072	0,0229	2,29
Pipe P197	Inlet	25,2953	5,0318	0	0	0	0
	Outlet	46,8504	5,0335	158,2844	126,62752	0,0228	2,28
Pipe P199	Inlet	46,8504	5,0332	0	0	0	0
	Outlet	48,6549	5,0348	158,3053	126,64424	0,0228	2,28
Pipe P201	Inlet	48,6549	5,0349	0	0	0	0
	Outlet	48,983	5,0365	158,3324	126,66592	0,0228	2,28
Pipe P203	Inlet	48,983	5,0362	0	0	0	0
	Outlet	51,9357	5,0378	158,3525	126,682	0,0227	2,27
Pipe P205	Inlet	51,9357	5,0379	0	0	0	0
	Outlet	52,0998	5,0394	158,379	126,7032	0,0227	2,27

Fuente: El autor

Tabla 4.21 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z102

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P198	Inlet	0	0	0	0	0	0
	Outlet	51,0827	5,0779	158,6908	126,95264	0,0223	2,23
Pipe P200	Inlet	51,0827	5,0777	0	0	0	0
	Outlet	56,857	5,0791	159,001	127,2008	0,0218	2,18
Pipe P273	Inlet	56,857	5,0791	0	0	0,0218	2,18
	Outlet	57,5132	5,0851	159,0573	127,24584	0,0218	2,18
Pipe P274	Inlet	57,5132	5,0854	0	0	0	0
	Outlet	58,3334	5,0928	159,1684	127,33472	0,0217	2,17
Pipe P275	Inlet	58,3334	5,0927	0	0	0	0
	Outlet	73,6549	5,0941	159,2356	127,38848	0,0217	2,17
Pipe P277	Inlet	73,6549	5,094	0	0	0	0
	Outlet	75,0985	5,0954	159,2558	127,40464	0,0217	2,17
Pipe P281	Inlet	75,0985	5,0953	0	0	0	0
	Outlet	86,2533	5,0967	159,2759	127,42072	0,0216	2,16

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.21 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z102

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P282	Inlet	86,2533	5,0966	0	0	0	0
	Outlet	95,4725	5,098	159,2961	127,43688	0,0216	2,16
Pipe P283	Inlet	95,4725	5,0983	0	0	0	0
	Outlet	122,6051	5,0998	159,3236	127,45888	0,0216	2,16
Pipe P284	Inlet	122,6051	5,0998	0	0	0,0216	2,16
	Outlet	125,4594	5,1221	159,5081	127,60648	0,0215	2,15
Pipe P285	Inlet	125,4594	5,1221	0	0	0	0
	Outlet	131,9226	5,1235	159,6937	127,75496	0,0215	2,15
Pipe P286	Inlet	131,9226	5,1234	0	0	0	0
	Outlet	132,9069	5,1247	159,7136	127,77088	0,0214	2,14
Pipe P287	Inlet	132,9069	5,125	0	0	0	0
	Outlet	133,8911	5,1264	159,7398	127,79184	0,0214	2,14
Pipe P288	Inlet	133,8911	5,1264	0	0	0,0214	2,14
	Outlet	327,6577	5,1701	160,0902	128,07216	0,0208	2,08

Fuente: El autor

Tabla 4.22 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZF71

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P040	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	6,5617	27,3368	135,8737	108,69896	0,0239	2,39
Separator S041	Inlet	6,5617	0	0	0	0	0
	Outlet	6,5617	0	0	0	0	0
Pipe P053	Inlet	6,5617	0	0	0	0	0
	Outlet	13,1234	47,239	151,7906	121,43248	0,0142	1,42

Fuente: El autor

Tabla 4.23 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZF72

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P171	Inlet	0	47,2865	0		0	
	Outlet	13,4515	47,3331	151,9278	121,54224	0,0142	1,42
Pipe P173	Inlet	13,4515	47,3584	0	0	0	0
	Outlet	16,5683	47,3993	152,0385	121,6308	0,0142	1,42
Pipe P175	Inlet	16,5683	47,4247	0	0	0	0
	Outlet	17,2244	47,4391	152,1237	121,69896	0,0142	1,42

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.23 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZF72

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Check E060	Inlet	17,2244	0	0	0	0	0
	Outlet	17,2244	0	0	0	0	0
Pipe P177	Inlet	17,2244	0	0	0	0	0
	Outlet	17,8806	47,7902	152,6857	122,14856	0,0141	1,41
Pipe P179	Inlet	17,8806	47,8164	0	0	0	0
	Outlet	18,2087	47,83	152,7498	122,19984	0,0141	1,41
Pipe P181	Inlet	18,2087	48,1301	0	0	0	0
	Outlet	18,5368	48,1437	153,25	122,6	0,0141	1,41
Pipe P007	Inlet	18,5368	27,8237	0	0	0	0
	Outlet	5166,1772	31,4781	163,0098	130,40784	0,0149	1,49
Check C186	Inlet	5166,1772	0	0	0	0	0
	Outlet	5166,1772	0	0	0	0	0
Pipe P187	Inlet	5166,1772	0	0	0	0	0
	Outlet	5171,0986	31,9679	164,2732	131,41856	0,0149	1,49
Pipe P189	Inlet	5171,0986	31,9762	0	0	0	0
	Outlet	5175,0356	31,9783	164,2998	131,43984	0,0149	1,49
Pipe P191	Inlet	5175,0356	31,988	0	0	0	0
	Outlet	5178,3164	31,9883	164,3254	131,46032	0,0149	1,49

Fuente: El autor

Tabla 4.24 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z801

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P031	Inlet	0	0	0	0	0	0
	Outlet	6,5617	52,611	151,8032	121,44256	0,0196	1,96
Pipe P006	Inlet	6,5617	52,611	0	0	0,0196	1,96
	Outlet	7,9724	91,0743	151,8499	121,47992	0,0189	1,89
Pipe P009	Inlet	7,9724	93,8432	0	0	0	0
	Outlet	9,3832	93,9676	154,2423	123,39384	0,0187	1,87
Pipe P011	Inlet	9,3832	93,9676	0	0	0,0187	1,87
	Outlet	9,941	94,0062	154,2782	123,42256	0,0187	1,87
Separator S009	Inlet	9,941	0	0	0	0	0
	Outlet	9,941	0	0	0	0	0
Pipe P019	Inlet	9,941	0,9372	0	0	0	0
	Outlet	17,4869	1,1642	32,7173	26,17384	0,0596	5,96
Pipe P066	Inlet	17,4869	0,9377	0	0	0	0
	Outlet	30,6103	1,1647	32,7217	26,17736	0,0596	5,96

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.24 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z801

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P107	Inlet	30,6103	0,9382	0	0	0	0
	Outlet	47,0801	1,1652	32,726	26,1808	0,0596	5,96
Pipe P108	Inlet	47,0801	0,9386	0	0	0	0
	Outlet	50,3609	1,1794	32,7772	26,22176	0,0596	5,96
Pipe P111	Inlet	50,3609	0,9508	0	0	0	0
	Outlet	57,021	1,1791	32,8293	26,26344	0,0595	5,95
Pipe P135	Inlet	57,021	0,9513	0	0	0	0
	Outlet	57,3491	1,1797	32,8336	26,26688	0,0595	5,95
Pipe P141	Inlet	57,3491	0,9518	0	0	0	0
	Outlet	57,6772	1,1802	32,8383	26,27064	0,0595	5,95

Fuente: El autor

Tabla 4.25 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z802

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P157	Inlet	0	0	0	0	0	0
	Outlet	82,021	0,4645	29,1126	23,29008	0,0704	7,04
Pipe P160	Inlet	82,021	0,2459	0	0	0	0
	Outlet	118,1103	0,3272	29,1157	23,29256	0,0736	7,36
Pipe P161	Inlet	118,1103	0,2461	0	0	0	0
	Outlet	124,672	0,3273	29,1188	23,29504	0,0736	7,36
Pipe P164	Inlet	124,672	0,2462	0	0	0	0
	Outlet	141,0762	0,3275	29,1219	23,29752	0,0736	7,36
Pipe P167	Inlet	141,0762	0,2463	0	0	0	0
	Outlet	177,1655	0,3276	29,125	23,3	0,0736	7,36
Pipe P169	Inlet	177,1655	0,2464	0	0	0	0
	Outlet	213,2547	0,3278	29,1282	23,30256	0,0735	7,35
Pipe P215	Inlet	213,2547	0,552	0	0	0	0
	Outlet	214,8951	0,7388	29,1495	23,3196	0,0663	6,63
Pipe P217	Inlet	214,8951	0,5561	0	0	0	0
	Outlet	216,5356	0,7389	29,1716	23,33728	0,0663	6,63
Pipe P219	Inlet	216,5356	0,5564	0	0	0	0
	Outlet	218,176	0,7392	29,1748	23,33984	0,0663	6,63
Pipe P221	Inlet	218,176	0,5567	0	0	0	0
	Outlet	218,5041	0,7396	29,1779	23,34232	0,0663	6,63
Pipe P222	Inlet	218,5041	0,557	0	0	0	0
	Outlet	218,8321	0,7399	29,1812	23,34496	0,0662	6,62
Pipe P224	Inlet	218,8321	0,7399	0	0	0,0662	6,62
	Outlet	6780,5156	0,4761	29,2306	23,38448	0,07	7

Fuente: El autor

Tabla 4.26 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L024

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P338	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	1,6404	31,9858	164,3191	131,45528	0,0149	1,49
Pipe P339	Inlet	1,6404	31,9905	0	0	0	0
	Outlet	2,9528	31,9868	164,3216	131,45728	0,0149	1,49
Pipe P340	Inlet	2,9528	32,0646	0	0	0	0
	Outlet	3,6089	32,061	164,5122	131,60976	0,0149	1,49

Fuente: El autor

Tabla 4.27 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo Z803

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P014	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	7778,8755	8,9633	149,826	119,8608	0,0255	2,55

Fuente: El autor

Tabla 4.28 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo L023

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Check C011	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	0	0	0		0	
Pipe P039	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	4593,1782	9,577	151,2051	120,96408	0,0249	2,49

Fuente: El autor

Tabla 4.29 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZP01

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P238	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	4,9213	35,2835	160,712	128,5696	0,0172	1,72
Check C002	Inlet	4,9213	0	0	0	0	0
	Outlet	4,9213	0	0	0	0	0
Pipe P239	Inlet	4,9213	0	0	0	0	0
	Outlet	1973,4263	38,6564	165,6891	132,55128	0,0167	1,67
Pipe P036	Inlet	1973,4263	38,6564	0	0	0,0167	1,67
	Outlet	1988,1901	37,2406	165,1026	132,08208	0,0167	1,67

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.29 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZP01

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P045	Inlet	1988,1901	37,2406	0	0	0,0167	1,67
	Outlet	3136,4846	38,1596	166,1075	132,886	0,0166	1,66
Separator S002	Inlet	3136,4846	0	0	0	0	0
	Outlet	3136,4846	0	0	0	0	0
Pipe P023	Inlet	3136,4846	0	0	0	0	0
	Outlet	3146,3271	38,1618	170,3864	136,30912	0,0131	1,31

Fuente: El autor

Tabla 4.30 Resultados hidráulicos para la línea de la Estación de Flujo ZP02

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P242	Inlet	0	0	0		0	0
	Outlet	164,0421	38,1945	170,4593	136,36744	0,0131	1,31
Check C240	Inlet	164,0421	0	0	0	0	0
	Outlet	164,0421	0	0	0	0	0
Pipe P241	Inlet	164,0421	0	0	0	0	0
	Outlet	295,2758	38,4453	171,018	136,8144	0,0131	1,31

Fuente: El autor

Como se puede observar en todas las tablas de los resultados obtenidos de la simulación estacionaria que representa la red de gas, se presencié la caída de presión denominado Factor Fricción el cual sobrepasa el rango establecido por la norma L.TP 1.5 Cálculo Hidráulico de Tuberías donde se indica que no debe haber una pérdida de energía mayor a 0.3 lppc por cada 100 pies de distancia, para un nivel de presión de 60 psig.

Sin embargo, la velocidad erosional del gas que se obtuvo se encuentra dentro del 80% de la velocidad erosional, limite recomendado por la guía de ingeniería dimensionamiento de tuberías de proceso, donde se explica que es el límite superior de la velocidad del gas que equivale presumiblemente a una velocidad por encima de la cual ocurriría una erosión excesiva, los valores cumplieron el rango establecido, que podría evitar el desgaste interno de la tubería, se pudieran utilizarse porcentajes menores, para fijar

el límite de velocidad en la tubería, esto quedaría a criterio del evaluador y al grado de seguridad que desee para la infraestructura en estudio.

Tomando en cuenta las bajas velocidades que mostró el simulador para el sistema actual la estación de flujo Z-10 en el link Z101 la tubería P056 de 8" de diámetro se obtuvo una velocidad de gas de 2,8948 pie/seg, la velocidad erosional en un 80% de 108,54464 pie/seg y una caída de presión de 3,88, para el caso de la estación de flujo Z-8 en el link Z801 en la tubería P019 de 6" se tiene que la velocidad del gas dio el resultado de 1,1642 pie/seg, la velocidad erosional en un 80% con 26,17384 pie/seg y una caída de presión y por ultimo para la estación de flujo Z-8 en el link Z802 en la tubería P160 de 12" de diámetro contó con una velocidad de gas de 0,3272 pie/seg, una velocidad erosional en un 80% de 23,29256 pie/seg por cada 100 pie.

Al comparar estas evidencias, lo recomendable es tener una velocidad que no esté por debajo de los 10 pies/seg como lo recomienda la norma API 14E y la Guía de Ingeniería Tubería de Proceso, pero también pudo observarse que la presencia de las bajas velocidades se debe al diámetro de la tubería no es acorde al volumen de gas manejado, es decir, la producción manejada en la estación de flujo es muy baja para transportar el gas, en dichos gasoductos; pero como tal es el caso, el valor que facilita la simulación de la caída de presión indica que la energía no es suficiente para transportar la volumetría del gas que proviene de las estaciones y que la afectación sería la distancia que se ocupan entre las estaciones de flujo para llevar todo ese fluido de gas hasta la Planta Compresora Zapatos.

4.3.2 Resultados de las Variables Hidráulicas de la Simulación Pipephase en el Primer Escenario

Además de describir se pudo estudiar el comportamiento del sistema actual de la red del Campo Zapatos, específicamente para saber la situación en la que se encontraba y si está en posición de mantener las actividades operativas al presenciar un excedente de gas en

la Planta para su situación actual, en vista de lo que mostró la simulación se optó por proponer el manejo del excedente de gas por medio de una facilidad existente para transportar el gas hacia la Planta Compresora Mata R por medio de un gasoducto de 16” de diámetro. En cuanto al volumen de gas manejado para este primer escenario se emplearon los 10 MMPCED, la cual sería el excedente para el caso del sistema actual, tomando en cuenta la evaluación de las variables en estudio para este caso.

Como resultado de la evaluación hidráulica para el caso del primer escenario solo se mostraran las líneas pertenecientes a la facilidad existente que sale de la Planta Compresora Zapatos hacia la Planta Compresora Mata R, los resultados del tramo se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 4.31 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P017	Inlet	0	0	0	0	0	0
	Outlet	984,2525	30,6177	171,4812	137,18496	0,0138	1,38
Pipe P035	Inlet	984,2525	30,6177	0	0	0,0138	1,38
	Outlet	997,3759	30,6828	171,6636	137,33088	0,0138	1,38
Pipe P038	Inlet	997,3759	30,7417	0	0	0	0
	Outlet	1653,5442	30,8635	172,1683	137,73464	0,0138	1,38
Pipe P042	Inlet	1653,5442	19,5813	0	0	0	0
	Outlet	1655,808	30,9003	172,2709	137,81672	0,0138	1,38
Pipe P043	Inlet	1655,808	19,5844	0	0	0	0
	Outlet	1664,3381	275,1827	173,3981	138,71848	0,0164	1,64
Pipe P044	Inlet	1664,3381	20,1197	0	0	0	0
	Outlet	1666,6019	20,117	174,6083	139,68664	0,0136	1,36
Pipe P048	Inlet	1666,6019	20,1162	0	0	0	0
	Outlet	1667,5862	20,1161	174,6044	139,68352	0,0136	1,36
Pipe P052	Inlet	1667,5862	20,1178	0	0	0	0
	Outlet	1681,3986	20,1179	174,6121	139,68968	0,0136	1,36
Pipe P054	Inlet	1681,3986	20,137	0	0	0	0
	Outlet	1690,8801	20,1368	174,6941	139,75528	0,0136	1,36
Pipe P055	Inlet	1690,8801	20,1384	0	0	0	0
	Outlet	1697,0154	20,1383	174,7008	139,76064	0,0136	1,36

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.31 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P057	Inlet	1697,0154	340,8415	0	0	0	0
	Outlet	1749,6729	24,5744	192,9855	154,3884	0,0136	1,36
Pipe P079	Inlet	1749,6729	38,804	0	0	0	0
	Outlet	1756,2345	38,8056	193,0535	154,4428	0,0138	1,38
Pipe P103	Inlet	1756,2345	38,9268	0	0	0	0
	Outlet	1770,375	38,93	193,3626	154,69008	0,0138	1,38
Pipe P109	Inlet	1770,375	24,664	0	0	0	0
	Outlet	1794,0626	24,6648	193,3402	154,67216	0,0136	1,36
Pipe P122	Inlet	1794,0626	24,7006	0	0	0	0
	Outlet	1794,3907	24,7004	193,4794	154,78352	0,0136	1,36
Pipe P134	Inlet	1794,3907	24,7034	0	0	0	0
	Outlet	1799,7057	24,7052	193,4982	154,79856	0,0136	1,36
Pipe P136	Inlet	1799,7057	24,7102	0	0	0	0
	Outlet	1805,9393	24,7103	193,5184	154,81472	0,0136	1,36
Pipe P142	Inlet	1805,9393	24,7137	0	0	0	0
	Outlet	1813,354	24,7087	193,5121	154,80968	0,0136	1,36

Fuente: El autor

Tabla 4.32 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P143	Inlet	0	0	0	0	0	0
	Outlet	16404,209	26,6027	200,7916	160,63328	0,0136	1,36

Fuente: El autor

Tabla 4.33 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P144	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16,4042	26,8789	201,8315	161,4652	0,0136	1,36
Pipe P146	Inlet	16,4042	26,9284	0	0	0	0
	Outlet	19,5866	26,9295	202,0211	161,61688	0,0136	1,36
Pipe P150	Inlet	19,5866	26,9347	0	0	0	0
	Outlet	22,7362	26,9376	202,0515	161,6412	0,0136	1,36

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.33 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P154	Inlet	22,7362	26,9446	0	0	0	0
	Outlet	30,9383	26,9442	202,0765	161,6612	0,0136	1,36
Pipe P155	Inlet	30,9383	26,9481	0	0	0	0
	Outlet	34,0879	26,9509	202,1015	161,6812	0,0136	1,36
Pipe P156	Inlet	34,0879	26,9509	0	0	0,0136	1,36
	Outlet	36,5158	26,9566	202,123	161,6984	0,0136	1,36
Pipe P159	Inlet	36,5158	27,0052	0	0	0	0
	Outlet	200,4922	27,0216	202,3666	161,89328	0,0136	1,36
Pipe P170	Inlet	200,4922	27,0423	0	0	0	0
	Outlet	204,1012	27,0436	202,4487	161,95896	0,0136	1,36
Pipe P193	Inlet	204,1012	27,0491	0	0	0	0
	Outlet	276,2797	27,0578	202,5018	162,00144	0,0136	1,36
Pipe P202	Inlet	276,2797	27,1128	0	0	0	0
	Outlet	278,0185	27,1133	202,7095	162,1676	0,0136	1,36
Pipe P204	Inlet	278,0185	42,8229	0	0	0	0
	Outlet	323,6222	42,8433	202,8486	162,27888	0,0138	1,38
Pipe P206	Inlet	323,6222	43,0257	0	0	0	0
	Outlet	339,3703	43,0331	203,2973	162,63784	0,0138	1,38
Pipe P208	Inlet	339,3703	43,0574	0	0	0	0
	Outlet	344,9477	43,0515	203,3409	162,67272	0,0138	1,38
Pipe P209	Inlet	344,9477	43,0627	0	0	0	0
	Outlet	369,0947	43,0773	203,4017	162,72136	0,0138	1,38

Fuente: El autor

En estos resultados se pudo visualizar que se obtuvo una velocidad del gas dentro del 80% de la velocidad erosional, como lo indica la norma de Dimensionamiento de Tuberías de Proceso, mientras que la caída de presión pasó por encima del rango establecido por la norma L.TP Cálculo Hidráulico de Tuberías.

4.3.3 Resultados de las Variables Hidráulicas de la Simulación Pipephase en el Segundo Escenario

Partiendo del escenario anterior se propuso este segundo escenario colocando en el caso contrario la producción del sistema actual para este caso con un excedente de 17 MMCPED, a continuación se muestran los resultados para este caso:

Tabla 4.34 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P017	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	984,2525	52,4157	173,0923	138,47384	0,0135	1,35
Pipe P035	Inlet	984,2525	52,4157	0	0	0,0135	1,35
	Outlet	997,3759	52,7881	173,7061	138,96488	0,0135	1,35
Pipe P038	Inlet	997,3759	53,0911	0	0	0	0
	Outlet	1653,5442	53,8351	175,4203	140,33624	0,0135	1,35
Pipe P042	Inlet	1653,5442	34,275	0	0	0	0
	Outlet	1655,808	34,2763	175,8314	140,66512	0,0132	1,32
Pipe P044	Inlet	1664,3381	34,3762	0	0	0	0
	Outlet	1666,6019	34,3719	176,0765	140,8612	0,0132	1,32
Pipe P048	Inlet	1666,6019	34,3759	0	0	0	0
	Outlet	1667,5862	34,3758	176,0866	140,86928	0,0132	1,32
Pipe P052	Inlet	1667,5862	34,384	0	0	0	0
	Outlet	1681,3986	34,3857	176,1119	140,88952	0,0132	1,32
Pipe P054	Inlet	1681,3986	34,4767	0	0	0	0
	Outlet	1690,8801	34,4779	176,3478	141,07824	0,0132	1,32
Pipe P055	Inlet	1690,8801	34,4875	0	0	0	0
	Outlet	1697,0154	34,4881	176,3739	141,09912	0,0132	1,32
Pipe P079	Inlet	1749,6729	54,6507	0	0	0	0
	Outlet	1756,2345	54,6559	176,7525	141,402	0,0135	1,35
Pipe P103	Inlet	1756,2345	54,9874	0	0	0	0
	Outlet	1770,375	54,999	177,3065	141,8452	0,0135	1,35

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.34 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P109	Inlet	1770,375	34,8368	0	0	0	0
	Outlet	1794,0626	34,8405	177,2726	141,81808	0,0132	1,32
Pipe P122	Inlet	1794,0626	34,937	0	0	0	0
	Outlet	1794,3907	34,937	177,518	142,0144	0,0132	1,32
Pipe P134	Inlet	1794,3907	34,9456	0	0	0	0
	Outlet	1799,7057	34,9487	177,5478	142,03824	0,0132	1,32
Pipe P136	Inlet	1799,7057	34,9606	0	0	0	0
	Outlet	1805,9393	34,9613	177,5796	142,06368	0,0132	1,32
Pipe P142	Inlet	1805,9393	34,9706	0	0	0	0
	Outlet	1813,354	34,9643	177,5874	142,06992	0,0132	1,32

Fuente: El autor

Tabla 4.35 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P143	Inlet	0	0	0	0	0	0
	Outlet	16404,209	41,036	192,3898	153,91184	0,0132	1,32

Fuente: El autor

Tabla 4.36 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P144	Inlet	0	0	0	0	0	0
	Outlet	16,4042	42,1121	194,896	155,9168	0,0132	1,32
Pipe P146	Inlet	16,4042	42,2863	0	0	0	0
	Outlet	19,5866	42,289	195,305	156,244	0,0132	1,32
Pipe P150	Inlet	19,5866	42,3071	0	0	0	0
	Outlet	22,7362	42,312	195,358	156,2864	0,0132	1,32
Pipe P154	Inlet	22,7362	42,3323	0	0	0	0
	Outlet	30,9383	42,3331	195,4068	156,32544	0,0132	1,32
Pipe P155	Inlet	30,9383	42,3493	0	0	0	0
	Outlet	34,0879	42,3542	195,4556	156,36448	0,0132	1,32
Pipe P156	Inlet	34,0879	42,3542	0	0	0,0132	1,32
	Outlet	36,5158	42,3641	195,4783	156,38264	0,0132	1,32

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.36 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P159	Inlet	36,5158	42,5368	0	0	0	0
	Outlet	200,4922	42,5933	196,0064	156,80512	0,0132	1,32
Pipe P170	Inlet	200,4922	42,6657	0	0	0	0
	Outlet	204,1012	42,6683	196,1789	156,94312	0,0132	1,32
Pipe P193	Inlet	204,1012	42,6867	0	0	0	0
	Outlet	276,2797	42,714	196,2839	157,02712	0,0132	1,32
Pipe P202	Inlet	276,2797	42,9137	0	0	0	0
	Outlet	278,0185	42,9152	196,7456	157,39648	0,0132	1,32
Pipe P204	Inlet	278,0185	67,8662	0	0	0	0
	Outlet	323,6222	67,9491	197,0784	157,66272	0,0135	1,35
Pipe P206	Inlet	323,6222	68,6778	0	0	0	0
	Outlet	339,3703	68,7112	198,1804	158,54432	0,0135	1,35
Pipe P208	Inlet	339,3703	68,8112	0	0	0	0
	Outlet	344,9477	68,8081	198,3202	158,65616	0,0135	1,35
Pipe P209	Inlet	344,9477	68,8719	0	0	0	0
	Outlet	369,0947	68,9202	198,4817	158,78536	0,0135	1,35

Fuente: El autor

Como producto de la simulación se observó que la velocidad del gas tuvo un aumento progresivo sin pasar por encima del cálculo conservador del 80% de la velocidad erosional, según lo que me establece la guía de ingeniería Dimensionamiento de Tubería de Proceso, sin embargo la caída de presión se mantuvo por encima del rango que indica la norma L.TP. 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías.

4.3.4 Resultados de las Variables Hidráulicas de la Simulación Pipephase en el Tercer Escenario

Por ultimo para este caso la producción de manejo de gas aumenta, esto ocurriría en caso de que los motores de la Planta Compresora Zapatos presente cualquier tipo de eventualidad, como un paro de planta, mantenimiento preventivo o falla mecánica total de los motocompresores, las cuales se estaría manejando un remanente de 27 MMPCED. A

continuación, se muestran en las siguientes tablas los resultados que arrojó el simulador para la evaluación hidráulica que se realizó:

Tabla 4.37 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/10 0ft
Pipe P017	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	984,2525	38,9377	116,5305	93,2244	0,0133	1,33
Pipe P035	Inlet	984,2525	38,9377	0	0	0,0133	1,33
	Outlet	997,3759	39,2315	116,9692	93,57536	0,0133	1,33
Pipe P038	Inlet	997,3759	39,3581	0	0	0	0
	Outlet	1653,5442	39,5526	117,447	93,9576	0,0133	1,33
Pipe P042	Inlet	1653,5442	25,1887	0	0	0	0
	Outlet	1655,808	39,7494	117,7388	94,19104	0,0133	1,33
Pipe P043	Inlet	1655,808	25,1944	0	0	0	0
	Outlet	1664,3381	357,7346	119,1346	95,30768	0,0163	1,63
Pipe P044	Inlet	1664,3381	26,4568	0	0	0	0
	Outlet	1666,6019	26,4532	120,6551	96,52408	0,0129	1,29
Pipe P048	Inlet	1666,6019	26,4535	0	0	0	0
	Outlet	1667,5862	26,4534	120,6556	96,52448	0,0129	1,29
Pipe P052	Inlet	1667,5862	26,4572	0	0	0	0
	Outlet	1681,3986	26,4578	120,6656	96,53248	0,0129	1,29
Pipe P054	Inlet	1681,3986	26,4992	0	0	0	0
	Outlet	1690,8801	26,4996	120,761	96,6088	0,0129	1,29
Pipe P055	Inlet	1690,8801	26,504	0	0	0	0
	Outlet	1697,0154	26,5042	120,7714	96,61712	0,0129	1,29
Pipe P057	Inlet	1697,0154	534,3234	0	0	0	0
	Outlet	1749,6729	38,5326	145,62	116,496	0,0129	1,29
Pipe P079	Inlet	1749,6729	60,9113	0	0	0	0
	Outlet	1756,2345	60,9178	145,756	116,6048	0,0133	1,33
Pipe P103	Inlet	1756,2345	61,3868	0	0	0	0
	Outlet	1770,375	61,4034	146,3358	117,06864	0,0133	1,33
Pipe P109	Inlet	1770,375	38,8886	0	0	0	0
	Outlet	1794,0626	38,894	146,3013	117,04104	0,0129	1,29
Pipe P122	Inlet	1794,0626	39,0287	0	0	0	0
	Outlet	1794,3907	39,0286	146,5542	117,24336	0,0129	1,29
Pipe P134	Inlet	1794,3907	39,0405	0	0	0	0
	Outlet	1799,7057	39,0442	146,5834	117,26672	0,0129	1,29
Pipe P136	Inlet	1799,7057	39,0598	0	0	0	0
	Outlet	1805,9393	39,0609	146,6149	117,29192	0,0129	1,29
Pipe P142	Inlet	1805,9393	39,074	0	0	0	0
	Outlet	1813,354	39,067	146,6263	117,30104	0,0129	1,29

Fuente: El autor

Tabla 4.38 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P143	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16404,209	46,2969	159,6183	127,69464	0,0129	1,29

Fuente: El autor

Tabla 4.39 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P144	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16,4042	50,2556	166,3025	133,042	0,0129	1,29
Pipe P146	Inlet	16,4042	50,5471	0	0	0	0
	Outlet	19,5866	50,5508	166,7903	133,43224	0,0129	1,29
Pipe P150	Inlet	19,5866	50,5799	0	0	0	0
	Outlet	22,7362	50,5865	166,8492	133,47936	0,0129	1,29
Pipe P154	Inlet	22,7362	50,6186	0	0	0	0
	Outlet	30,9383	50,6211	166,9062	133,52496	0,0129	1,29
Pipe P155	Inlet	30,9383	50,6492	0	0	0	0
	Outlet	34,0879	50,6558	166,9634	133,57072	0,0129	1,29
Pipe P156	Inlet	34,0879	50,6558	0	0	0,0129	1,29
	Outlet	36,5158	50,6689	166,985	133,588	0,0129	1,29
Pipe P159	Inlet	36,5158	50,9598	0	0	0	0
	Outlet	200,4922	51,0532	167,6171	134,09368	0,0129	1,29
Pipe P170	Inlet	200,4922	51,1733	0	0	0	0
	Outlet	204,1012	51,1773	167,8206	134,25648	0,0129	1,29
Pipe P193	Inlet	204,1012	51,2076	0	0	0	0
	Outlet	276,2797	51,2461	167,9334	134,34672	0,0129	1,29
Pipe P202	Inlet	276,2797	51,5796	0	0	0	0
	Outlet	278,0185	51,5815	168,4821	134,78568	0,0129	1,29
Pipe P204	Inlet	278,0185	81,6538	0	0	0	0
	Outlet	323,6222	81,7932	168,8934	135,11472	0,0133	1,33

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.39 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P206	Inlet	323,6222	83,0638	0	0	0	0
	Outlet	339,3703	83,1195	170,2573	136,20584	0,0133	1,33
Pipe P208	Inlet	339,3703	83,2913	0	0	0	0
	Outlet	344,9477	83,2922	170,434	136,3472	0,0133	1,33
Pipe P209	Inlet	344,9477	83,4095	0	0	0	0
	Outlet	369,0947	83,4916	170,638	136,5104	0,0133	1,33

Fuente: El autor

De estas evidencias se observó que el manejo de producción aumentó en vista de la posible eventualidad y conjuntamente la velocidad del gas también y se conservó dentro del rango del 80% de la velocidad erosional, según lo que establece la guía de ingeniería, para la caída de presión se mantuvo en ciertos segmentos de la tubería, sin embargo, se obtuvieron valores no muy diferentes, pero la cual sigue por encima del rango establecido por la norma L.TP 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías.

Estos resultados hacen mención a que siempre y cuando la velocidad del gas este dentro del 80% de la velocidad erosional, sería lo más conveniente para la tubería porque si hubiese existencia de bajas velocidades causaría condensación y acumulación del mismo en los accesorios, elevaciones e inclinaciones de la tubería como producto de ello causaría corrosión interna en la tubería, pero si sobre pasa del rango establecido por la velocidad erosional se generaría una fricción excesiva y desgaste interno en la tubería por sobre pasar el límite de la velocidad erosional.

En cuanto a la caída de presión, a pesar de que se empleó una producción mayor, se mantuvo por encima del rango que establece la norma L.TP 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías, lo que indica que a pesar de que exista un incremento en la producción la energía que posee no es la apropiada para la volumetría manejada para este gasoducto, por lo que se

estima que este escenario sea el más viable en un tiempo temporal, aplicable para un plan de contingencia.

4.4 Propuesta de los Escenarios más Factibles que Permitan el Manejo Óptimo del Gas de 60 psig Desde la Planta Compresora Zapatos Hacia la Planta Compresora Mata R

Según este estudio, la evaluación hidráulica realizada bajo los escenarios previamente establecidos, generaron resultados de acuerdo al diámetro de la facilidad existente, tomando en consideración lo referente al flujo volumétrico, grado de flexibilidad en el simulador, sistema termodinámico, correlaciones y demás parámetros, utilizados para el gasoducto de 16", haciendo referencia a lo que establece las especificaciones de la norma L.TP Cálculo Hidráulico de Tuberías y la Guía de Ingeniería de Dimensionamiento de Tuberías de Proceso. Con todo lo anterior se procedió a comprobar si con un leve incremento del diámetro de la tubería, se puede cumplir con los parámetros caída de presión y velocidad de erosión de acuerdo con las normas descritas anteriormente.

Para esta evaluación hidráulica se propuso que el tramo estaría en operación con una eficiencia de 100%, tomando en consideración que el diámetro interno de la tubería está completamente limpio libre de cualquier tipo de partículas sólidas como arena, oxido, entre otros y alguna fase de líquido, como producto de una reciente limpieza interna y que de paso, no ha sufrido de ningún cambio en su diámetro interno, generadas por consecuencias de actividades operacionales para el manejo de gas, además de ello este tramo posee algunos accesorios como válvulas, codos y expansiones que permitan el fácil transporte del fluido del gas, acorde a la topografía del lugar, para que no manifieste algún tipo de restricción y se pueda obtener resultados convenientes para las variables hidráulicas en estudio, que estén dentro de las normas implementadas, esta propuesta no generó muchos cambios en la evaluación hidráulica, mediante la aplicación del simulador Pipephase 9.2.

En los resultados anteriores con la evaluación hidráulica con el gasoducto de 16" de diámetro se buscó visualizar la posibilidad de que el excedente de gas pueda ser manejado por el tramo de la Planta Compresora Zapatos hacia la Planta Compresora Mata R, explorando sus limitantes lo cual resulto que sobre pasa los límites establecidos por las medidas implementadas para este caso.

Como seguimiento a estas actividades se exploró la posibilidad de proponer el manejo del excedente de gas con la implementación de un gasoducto de 20" de diámetro, para los siguientes tres escenarios planteados:

4.4.1 Evaluación Hidráulica para el Primer Escenario con Gasoducto de 20" Pulgadas de Diámetro

Para este escenario se buscó comprobar si con este diámetro de tubería sería conveniente transportar el excedente de gas de 10 MMPCED, donde se estudiaron las mismas variables hidráulicas, con ello se busca realizar la misma operación de verificar si con este diámetro la condición hidráulica mejora. Y si de alguna u otra forma esta propuesta sería viable económicamente para cualquiera de los tres escenarios a presentar.

A continuación, se muestran en las siguientes tablas los resultados de las líneas pertenecientes al tramo que va desde la Planta Compresora Zapatos hasta la Planta Compresora Mata R para este diámetro de 20".

Tabla 4.40 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequenc e	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80%Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/10 0ft
Pipe P017	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	984,2525	12,2519	170,8854	136,70832	0,0135	1,35
Pipe P035	Inlet	984,2525	12,2519	0	0	0,0135	1,35
	Outlet	997,3759	12,2482	170,8601	136,68808	0,0135	1,35
Pipe P038	Inlet	997,3759	12,2482	0	0	0,0135	1,35
	Outlet	1653,5442	12,2306	170,7374	136,58992	0,0135	1,35
Pipe P042	Inlet	1653,5442	12,2253	0	0	0	0
	Outlet	1655,808	12,2256	170,7022	136,56176	0,0135	1,35
Pipe P043	Inlet	1655,808	12,2263	0	0	0	0
	Outlet	1664,3381	12,2262	170,7063	136,56504	0,0135	1,35
Pipe P044	Inlet	1664,3381	12,2303	0	0	0	0
	Outlet	1666,6019	12,2287	170,7238	136,57904	0,0135	1,35
Pipe P048	Inlet	1666,6019	12,2275	0	0	0	0
	Outlet	1667,5862	12,2275	170,7152	136,57216	0,0135	1,35
Pipe P052	Inlet	1667,5862	12,2278	0	0	0	0
	Outlet	1681,3986	12,2276	170,7162	136,57296	0,0135	1,35
Pipe P054	Inlet	1681,3986	12,2317	0	0	0	0
	Outlet	1690,8801	12,2314	170,743	136,5944	0,0135	1,35
Pipe P055	Inlet	1690,8801	12,2317	0	0	0	0
	Outlet	1697,0154	12,2315	170,7436	136,59488	0,0135	1,35
Pipe P057	Inlet	1697,0154	12,2357	0	0	0	0
	Outlet	1749,6729	12,2347	170,7659	136,61272	0,0135	1,35
Pipe P079	Inlet	1749,6729	12,2347	0	0	0,0135	1,35
	Outlet	1756,2345	12,2337	170,7587	136,60696	0,0135	1,35
Pipe P103	Inlet	1756,2345	12,2337	0	0	0,0135	1,35
	Outlet	1770,375	12,2334	170,7568	136,60544	0,0135	1,35
Pipe P109	Inlet	1770,375	12,2334	0	0	0,0135	1,35
	Outlet	1794,0626	12,2329	170,7532	136,60256	0,0135	1,35
Pipe P122	Inlet	1794,0626	12,2368	0	0	0	0
	Outlet	1794,3907	12,2367	170,78	136,624	0,0135	1,35
Pipe P134	Inlet	1794,3907	12,2371	0	0	0	0
	Outlet	1799,7057	12,2379	170,7879	136,63032	0,0135	1,35
Pipe P136	Inlet	1799,7057	12,2391	0	0	0	0
	Outlet	1805,9393	12,239	170,7957	136,63656	0,0135	1,35
Pipe P142	Inlet	1805,9393	12,2393	0	0	0	0
	Outlet	1813,354	12,2367	170,7796	136,62368	0,0135	1,35

Fuente: El autor

Tabla 4.41 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010

Device	Sequenc e	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80%Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/10 0ft
Pipe P143	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16404,209	12,1958	170,4169	136,33352	0,015	1,5

Fuente: El autor

Tabla 4.42 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/1 00ft
Pipe P144	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16,4042	33,3661	167,4364	133,94912	0,0124	1,24
Pipe P146	Inlet	16,4042	33,4449	0	0	0	0
	Outlet	19,5866	33,4776	167,6786	134,14288	0,0124	1,24
Pipe P150	Inlet	19,5866	33,4844	0	0	0	0
	Outlet	22,7362	33,4852	167,7375	134,19	0,0124	1,24
Pipe P154	Inlet	22,7362	33,4919	0	0	0	0
	Outlet	30,9383	33,4861	167,7482	134,19856	0,0124	1,24
Pipe P155	Inlet	30,9383	33,4929	0	0	0	0
	Outlet	34,0879	33,4937	167,7589	134,20712	0,0124	1,24
Pipe P156	Inlet	34,0879	33,4937	0	0	0,0124	1,24
	Outlet	36,5158	33,494	167,7596	134,20768	0,0124	1,24
Pipe P159	Inlet	36,5158	33,5738	0	0	0	0
	Outlet	200,4922	33,598	167,9906	134,39248	0,0124	1,24
Pipe P170	Inlet	200,4922	33,6048	0	0	0	0
	Outlet	204,1012	33,5983	168,0298	134,42384	0,0124	1,24
Pipe P193	Inlet	204,1012	33,6051	0	0	0	0
	Outlet	276,2797	33,616	168,0522	134,44176	0,0124	1,24
Pipe P202	Inlet	276,2797	33,6966	0	0	0	0
	Outlet	278,0185	33,7149	168,2901	134,63208	0,0124	1,24
Pipe P204	Inlet	278,0185	33,7218	0	0	0	0
	Outlet	323,6222	33,7289	168,339	134,6712	0,0124	1,24
Pipe P206	Inlet	323,6222	33,7289	0	0	0,0124	1,24
	Outlet	339,3703	33,7312	168,35	134,68	0,0124	1,24
Pipe P208	Inlet	339,3703	33,7381	0	0	0	0
	Outlet	344,9477	33,7319	168,3631	134,69048	0,0124	1,24
Pipe P209	Inlet	344,9477	33,7388	0	0	0	0
	Outlet	369,0947	33,7427	168,3775	134,702	0,0124	1,24

Fuente: El autor

Luego de correr la simulación los valores que se obtuvieron no fueron muy relevantes ya que a pesar de que la velocidad del gas estuvo dentro del 80% de la velocidad erosional como lo establece la guía de ingeniería de Dimensionamiento de Tuberías de Proceso, la

caída de presión se elevó de forma creciente lo que indica que no cumple con lo que establece la norma L.TP 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías, por lo que se puede concluir que para este escenario no sería conveniente en dado caso transportar el excedente de gas.

4.4.2 Evaluación Hidráulica para el Segundo Escenario con Gasoducto de 20” Pulgadas de Diámetro

En este caso el excedente de gas es mayor, para este escenario se manejarían 17 MMPCED, esto dependería de la eventualidad que se presente en la Planta Compresora Zapatos, partiendo del escenario actual el motocompresor que estaría en funcionamiento sería el que maneja 10 MMPCED, entonces se procede a evaluar las mismas variables hidráulicas y visualizar el comportamiento de acuerdo a la producción manejada. A continuación se muestran en las siguientes tablas los resultados para este escenario.

Tabla 4.43 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80%Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P017	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	984,2525	20,7167	171,4278	137,14224	0,013	1,3
Pipe P035	Inlet	984,2525	20,7167	0	0	0,013	1,3
	Outlet	997,3759	20,7201	171,4417	137,15336	0,013	1,3
Pipe P038	Inlet	997,3759	20,7201	0	0	0,013	1,3
	Outlet	1653,5442	20,7153	171,4219	137,13752	0,013	1,3
Pipe P042	Inlet	1653,5442	20,7155	0	0	0	0
	Outlet	1655,808	20,7161	171,4252	137,14016	0,013	1,3
Pipe P043	Inlet	1655,808	20,7185	0	0	0	0
	Outlet	1664,3381	20,7184	171,4347	137,14776	0,013	1,3
Pipe P044	Inlet	1664,3381	20,7381	0	0	0	0
	Outlet	1666,6019	20,7354	171,505	137,204	0,013	1,3
Pipe P048	Inlet	1666,6019	20,7345	0	0	0	0
	Outlet	1667,5862	20,7344	171,501	137,2008	0,013	1,3
Pipe P052	Inlet	1667,5862	20,7362	0	0	0	0
	Outlet	1681,3986	20,7361	171,5079	137,20632	0,013	1,3
Pipe P054	Inlet	1681,3986	20,7558	0	0	0	0
	Outlet	1690,8801	20,7555	171,5881	137,27048	0,013	1,3

Fuente: El autor

Continuación, Tabla 4.43 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P055	Inlet	1690,8801	20,757	0	0	0	0
	Outlet	1697,0154	20,7569	171,5941	137,27528	0,013	1,3
Pipe P057	Inlet	1697,0154	20,7768	0	0	0	0
	Outlet	1749,6729	20,7766	171,6754	137,34032	0,013	1,3
Pipe P079	Inlet	1749,6729	20,7766	0	0	0,013	1,3
	Outlet	1756,2345	20,7764	171,6745	137,3396	0,013	1,3
Pipe P103	Inlet	1756,2345	20,7764	0	0	0,013	1,3
	Outlet	1770,375	20,7764	171,6744	137,33952	0,013	1,3
Pipe P109	Inlet	1770,375	20,7764	0	0	0,013	1,3
	Outlet	1794,0626	20,7763	171,6741	137,33928	0,013	1,3
Pipe P122	Inlet	1794,0626	20,7962	0	0	0	0
	Outlet	1794,3907	20,7958	171,7549	137,40392	0,013	1,3
Pipe P134	Inlet	1794,3907	20,7974	0	0	0	0
	Outlet	1799,7057	20,7988	171,7671	137,41368	0,013	1,3
Pipe P136	Inlet	1799,7057	20,8021	0	0	0	0
	Outlet	1805,9393	20,802	171,7805	137,4244	0,013	1,3
Pipe P142	Inlet	1805,9393	20,8038	0	0	0	0
	Outlet	1813,354	20,7994	171,7697	137,41576	0,013	1,3

Fuente: El autor

Tabla 4.44 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P143	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16404,209	21,1273	172,8865	138,3092	0,0136	1,36

Fuente: El autor

Tabla 4.45 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P144	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16,4042	21,1356	173,1508	138,52064	0,0136	1,36
Pipe P146	Inlet	16,4042	21,1567	0	0	0	
	Outlet	19,5866	21,1903	173,308	138,6464	0,0136	1,36
Pipe P150	Inlet	19,5866	21,1918	0	0	0	
	Outlet	22,7362	21,1923	173,3839	138,70712	0,0136	1,36
Pipe P154	Inlet	22,7362	21,1938	0	0	0	
	Outlet	30,9383	21,1897	173,3827	138,70616	0,0136	1,36

Fuente: El autor

Continuacion, Tabla 4.45 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P144	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16,4042	21,1356	173,1508	138,52064	0,0136	1,36
Pipe P146	Inlet	16,4042	21,1567	0	0	0	
	Outlet	19,5866	21,1903	173,308	138,6464	0,0136	1,36
Pipe P150	Inlet	19,5866	21,1918	0	0	0	
	Outlet	22,7362	21,1923	173,3839	138,70712	0,0136	1,36
Pipe P154	Inlet	22,7362	21,1938	0	0	0	
	Outlet	30,9383	21,1897	173,3827	138,70616	0,0136	1,36
Pipe P155	Inlet	30,9383	21,1912	0	0	0	
	Outlet	34,0879	21,1917	173,3814	138,70512	0,0136	1,36
Pipe P156	Inlet	34,0879	21,1917	0	0	0,0136	
	Outlet	36,5158	21,1918	173,3818	138,70544	0,0136	1,36
Pipe P159	Inlet	36,5158	21,213	0	0	0	
	Outlet	200,4922	21,2192	173,4825	138,786	0,0136	1,36
Pipe P170	Inlet	200,4922	21,2207	0	0	0	
	Outlet	204,1012	21,2165	173,4926	138,79408	0,0136	1,36
Pipe P193	Inlet	204,1012	21,2179	0	0	0	
	Outlet	276,2797	21,2166	173,4872	138,78976	0,0136	1,36
Pipe P202	Inlet	276,2797	21,2379	0	0	0	
	Outlet	278,0185	21,2562	173,6088	138,88704	0,0136	1,36
Pipe P204	Inlet	278,0185	21,2577	0	0	0	
	Outlet	323,6222	21,265	173,6671	138,93368	0,0136	1,36
Pipe P206	Inlet	323,6222	21,265	0	0	0,0136	
	Outlet	339,3703	21,2607	173,6725	138,938	0,0136	1,36
Pipe P208	Inlet	339,3703	21,2622	0	0	0	
	Outlet	344,9477	21,2678	173,6823	138,94584	0,0136	1,36
Pipe P209	Inlet	344,9477	21,2693	0	0	0	
	Outlet	369,0947	21,2659	173,6929	138,95432	0,0136	1,36

Fuente: El autor

Como se pudo observar hubo un incremento en la velocidad del gas cumpliendo con el rango de la velocidad erosional, sin embargo, la caída de presión se mantuvo por encima del rango que establece la norma L.TP Calculo Hidráulico de Tuberías.

4.4.3 Evaluación Hidráulica para el Tercer Escenario con Gasoducto de 20” Pulgadas de Diámetro

De las evidencias anteriores se realizaron las evaluaciones correspondientes con diferentes volumetrías de gas para este escenario la eventualidad indica que ninguno de los dos motocompresores (k-1 y k-3) está en funcionamiento, por lo que corresponde a un excedente de gas de 27 MMPCED, lo cual aumenta el manejo de gas por el tramo en evaluación, en las siguientes tablas se podrá visualizar lo que resultado.

Tabla 4.46 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80%Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P017	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	984,2525	31,2334	161,9999	129,59992	0,0126	1,26
Pipe P035	Inlet	984,2525	31,2334	0	0	0,0126	1,26
	Outlet	997,3759	31,2818	162,1254	129,70032	0,0126	1,26
Pipe P038	Inlet	997,3759	31,2818	0	0	0,0126	1,26
	Outlet	1653,5442	31,3065	162,1894	129,75152	0,0126	1,26
Pipe P042	Inlet	1653,5442	31,3368	0	0	0	0
	Outlet	1655,808	31,3376	162,2701	129,81608	0,0126	1,26
Pipe P043	Inlet	1655,808	31,3446	0	0	0	0
	Outlet	1664,3381	31,3447	162,2884	129,83072	0,0126	1,26
Pipe P044	Inlet	1664,3381	31,4095	0	0	0	0
	Outlet	1666,6019	31,4054	162,4454	129,95632	0,0126	1,26
Pipe P048	Inlet	1666,6019	31,4074	0	0	0	0
	Outlet	1667,5862	31,4072	162,4501	129,96008	0,0126	1,26
Pipe P052	Inlet	1667,5862	31,4132	0	0	0	0
	Outlet	1681,3986	31,4135	162,4664	129,97312	0,0126	1,26
Pipe P054	Inlet	1681,3986	31,479	0	0	0	0
	Outlet	1690,8801	31,4792	162,6362	130,10896	0,0126	1,26
Pipe P055	Inlet	1690,8801	31,4856	0	0	0	0
	Outlet	1697,0154	31,4857	162,6529	130,12232	0,0126	1,26
Pipe P057	Inlet	1697,0154	31,5513	0	0	0	0
	Outlet	1749,6729	31,5533	162,8275	130,262	0,0126	1,26
Pipe P079	Inlet	1749,6729	31,5533	0	0	0,0126	1,26
	Outlet	1756,2345	31,5557	162,8336	130,26688	0,0126	1,26
Pipe P103	Inlet	1756,2345	31,5557	0	0	0,0126	1,26
	Outlet	1770,375	31,5565	162,8358	130,26864	0,0126	1,26

Fuente: El autor

Continuación Tabla 4.46 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L006

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80%Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P109	Inlet	1770,375	31,5565	0	0	0,0126	1,26
	Outlet	1794,0626	31,558	162,8397	130,27176	0,0126	1,26
Pipe P122	Inlet	1794,0626	31,6249	0	0	0	0
	Outlet	1794,3907	31,6248	163,0119	130,40952	0,0126	1,26
Pipe P134	Inlet	1794,3907	31,6309	0	0	0	0
	Outlet	1799,7057	31,6333	163,0337	130,42696	0,0126	1,26
Pipe P136	Inlet	1799,7057	31,6419	0	0	0	0
	Outlet	1805,9393	31,6419	163,056	130,4448	0,0126	1,26
Pipe P142	Inlet	1805,9393	31,6482	0	0	0	0
	Outlet	1813,354	31,6418	163,0556	130,44448	0,0126	1,26

Fuente: El autor

Tabla 4.47 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L010

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80%Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P143	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16404,209	33,3018	166,0451	132,83608	0,0124	1,24

Fuente: El autor

Tabla 4.48 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80%Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P144	Inlet	0	0	0		0	
	Outlet	16,4042	33,3661	167,4364	133,94912	0,0124	1,24
Pipe P146	Inlet	16,4042	33,4449	0	0	0	0
	Outlet	19,5866	33,4776	167,6786	134,14288	0,0124	1,24
Pipe P150	Inlet	19,5866	33,4844	0	0	0	0
	Outlet	22,7362	33,4852	167,7375	134,19	0,0124	1,24
Pipe P154	Inlet	22,7362	33,4919	0	0	0	0
	Outlet	30,9383	33,4861	167,7482	134,19856	0,0124	1,24
Pipe P155	Inlet	30,9383	33,4929	0	0	0	0
	Outlet	34,0879	33,4937	167,7589	134,20712	0,0124	1,24
Pipe P156	Inlet	34,0879	33,4937	0	0	0,0124	1,24
	Outlet	36,5158	33,494	167,7596	134,20768	0,0124	1,24
Pipe P159	Inlet	36,5158	33,5738	0	0	0	0
	Outlet	200,4922	33,598	167,9906	134,39248	0,0124	1,24
Pipe P170	Inlet	200,4922	33,6048	0	0	0	0
	Outlet	204,1012	33,5983	168,0298	134,42384	0,0124	1,24

Fuente: El autor

Continuacion, Tabla 4.48 Resultados hidráulicos para la línea de Flujo L015

Device	Sequence	Distance (ft)	Gas Velocity (ft/sec)	Erosional Velocity (ft/sec)	80% Erosional Velocity	Friction Factor	Friction Factor/100ft
Pipe P202	Inlet	276,2797	33,6966	0	0	0	0
	Outlet	278,0185	33,7149	168,2901	134,63208	0,0124	1,24
Pipe P204	Inlet	278,0185	33,7218	0	0	0	0
	Outlet	323,6222	33,7289	168,339	134,6712	0,0124	1,24
Pipe P206	Inlet	323,6222	33,7289	0	0	0,0124	1,24
	Outlet	339,3703	33,7312	168,35	134,68	0,0124	1,24
Pipe P208	Inlet	339,3703	33,7381	0	0	0	0
	Outlet	344,9477	33,7319	168,3631	134,69048	0,0124	1,24
Pipe P209	Inlet	344,9477	33,7388	0	0	0	0
	Outlet	369,0947	33,7427	168,3775	134,702	0,0124	1,24

Fuente: El autor

Evidentemente los resultados que se obtuvieron para este escenario muestran que la situación es la misma, la caída de presión aún está por encima del rango que establece la norma, pero la velocidad del gas aumenta y sigue estando dentro del 80% de la velocidad erosional, sin embargo, indica que también sería poco conveniente manejar esta producción por este diámetro propuesto. Pero en dado caso si existiría la posibilidad que se condujera este excedente en caso de una eventualidad o caso de emergencia que obligue a la planta a realizar esta operación, esto dependería de un estudio factible que me muestre si la situación económica de la empresa está en posición de implementar este gasoducto.

4.4.4 Comparación de los Resultados de las Variables Hidráulicas Mediante el Uso del Simulador Pipephase

En relación con las implicaciones se buscó la manera para una mejor comprensión en cuanto a los valores de las variables hidráulicas, ya que se presentaron dos diámetros de gasoductos diferentes, y las condiciones fueron similares debido a la volumetría que maneja la Planta Compresora Zapatos, es importante mencionar que el gasoducto de 16" está representado por una restricción de flujo en un 80% y que el gasoducto de 20" en su

estructura interna no posee ninguna limitación, porque este ya está libre internamente de cualquier tipo de partícula que pueda perjudicar la trasmisión de este gas a su destino.

Tabla 4.54 Rango de las Variables Hidráulicas para los escenarios de los gasoductos de 16" y 20"

		G-16"				G-20"			
		Vg (pie/seg)	Ve (pie/seg)	Ve 80% (pie/seg)	ΔP Lppc/100 Pies	Vg (pie/seg)	Ve (pie/seg)	Ve 80% (pie/seg)	ΔP Lppc/100 Pies
ESC 1	L006	30,9003-20,1179	174,7008-193,0535	137,8672-193,0535	1,38-1,36	12,2391-12,2306	170,8854-170,7796	136,70832-136-56176	1,35
	L010	26,6027	200,7916	160,63328	1,36	12,1985	170,4169	136,33352	1,5
	L015	26,9566-43,0773	203,4017-201,8315	162,72136-161,4652	1,38-1,36	12,27-12,1999	171,0009-170,5119	136,80072-136,40952	1,5-1,49
ESC 2	L006	54,999-34,9643	177,5874-173,0923	142,06992-138,47384	1,35-1,32	20,8038-20,7167	171,7805-171,4278	137,40392-137,14016	1,5-1,49
	L010	41,036	192,3898	153,91184	1,32	21,1273	172,8865	138,3092	1,36
	L015	68,9202-42,1121	198,4817-194,896	158,78536-155,9168	1,35-1,32	21,2693-21,1356	173,6929-173,1508	138,95432-138,52064	1,36
ESC 3	L006	61,4034-25,1887	146,6263-116,5305	117,30104-93,2244	1,33-1,29	31,6482-31,2334	163,0556-161,9999	130,4448-129,59992	1,26
	L010	46,2969	159,6183	127,69464	1,29	33,3018	166,0451	132,83608	1,24
	L015	83,4916-50,2556	170,638-166,3025	136,5104-133,042	1,33-1,29	33,7427-33,3661	168,3775-167,4364	134,702-133,94912	1,24

Fuente: El autor

Estos resultados revelan que para el caso de la velocidad del gas a pesar de que no decrece de los 10 pie/seg según el valor expresado por la norma API 14E el que mejor comportamiento obtuvo fue el caso del gasoducto de 16", porque si se propone un diámetro mayor con una volumetría que no es suficiente para la dimensión de la infraestructura puede causar condensación y esto conlleva a que se origine una corrosión interna.

Se observó también que la velocidad erosional cumplió con los parámetros que establece la Guía de Ingeniería Dimensionamiento de Tuberías de Proceso para los dos acontecimientos, ya que se estipula para las velocidades típicas del gas como lo indica, para el gasoducto de 16" comprende los valores de 110 a 210 pie/seg y para el de 20" de 120 a 220 pie/seg los dos casos poseen valores convenientes, en cuanto al 80% que se le calcula a esta variable hidráulica se realiza para compararlo también con la velocidad del gas para asegurar que este dentro del límite de la velocidad del gas y eludir la posibilidad de que provoque un exceso de fricción y un desgaste interno en la tubería, en todo caso se debe cuidar la infraestructura interna para así evitar futuras fallas en el tramo.

Y por último, para la caída de presión o factor fricción supera para ambos casos de forma cuantiosa el valor que establece la Norma L.TP 1.5 Calculo Hidráulico de Tuberías, sin embargo se obtuvo una leve diferencia entre los dos diámetros, es preferible seleccionar el primer caso (gasoducto de 16") que obtuvo un mejor resultado, a pesar de que el tercer escenario mostro un leve incremento en la diferencia de presión, es conveniente porque la facilidad del manejo de gas existe y no se manipularía ningún tipo de costos para la implementación de una nueva propuesta.

Se podría resumir a continuación, de que en cuanto a la comparación presentada anteriormente el caso del gasoducto de 16" presento mejores condiciones que el de 20" y que las diferentes volumetrías manejadas en este estudio se pueden establecer en caso de un plan de contingencia, de acuerdo a la eventualidad que presente la Planta Compresora Zapatos, considerándose que sea un suceso temporal en cuanto a su disponibilidad de compresión.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusión

Para la descripción del sistema actual se conoció la infraestructura existente, fue punto clave para la elaboración de la simulación, mediante la implementación de la información proveniente del Campo Zapatos y de los reportes y cromatografías emitidos por PDVSA GAS que sirvieron de ayuda para el estudio de la red de gas nivel de 60 psig, además con ello se pudo realizar una previa identificación de los escenarios que mejor se comportaron ante el manejo del excedente volumétrico.

La simulación realizada reproduce el proceso a estudiar satisfactoriamente, mediante su aplicación se estudiaron las variables hidráulicas seleccionadas para los gasoductos, encontrando presencia de altas caídas de presión que excedían según lo que establece la Norma de PDVSA L.TP 1.5 Cálculo Hidráulico de Tuberías, que indica que la caída de presión no puede ser mayor a 0.3 lpcc/100 pies, como se presenta el caso del Campo Zapatos en el link Z802 con una caída de presión de 7,36 lpcc/100 pies, pero para el tramo de la Planta Compresora Zapatos a Planta Compresora Mata R en el gasoducto de 16" reflejo 1,38 lpcc/100 pies en el primer escenario y para el de 20" se presenció 1,36 lpcc/100 pies.

La correlación que más se ajusta al comportamiento del sistema de recolección actual programada en la red del simulador, para los Campos Zapatos y Mata R al nivel de presión 60 psi, es Dukler-Flannigan. También se implementó para el método termodinámico la ecuación de estado Pen-Robinson, ya que es aplicable a todos los cálculos de todas las propiedades de los fluidos en procesos naturales de gases

Las velocidades erosionales obtenidos en el Campo Zapatos y la Planta Compresora Mata R para el manejo de la producción actual, se evaluaron en un 80% de la velocidad erosional, según el criterio del evaluador lo que establece la guía de ingeniería Dimensionamiento de Tuberías de Proceso para los casos de los gasoductos de 16" y 20".

Los valores hidráulicos del gas obtenidos, en la evaluación de la red propuesta para el excedente de gas, velocidad erosional se le evaluó el 80%, lo cual se quiere garantizar la integridad de las tuberías, además la velocidad del gas se encuentra por encima de la mínima establecida en la norma API 14E (10 pie/s), en lo que respecta la velocidad del gas siempre debe estar dentro del 80% de la velocidad erosional para que el gas pueda fluir continuamente y sin excesos de sus variables que impliquen daño al diámetro interno de la tubería, aunque en promedio se obtiene que en algunos link pertenecientes al Campo Zapatos se presenciaron velocidades por debajo de la mínima permitida, como tal es el caso del link Z802 con 0,3272 pie/seg pero no se observa acumulación considerable de líquido, esto ocurre dentro de la estación de producción, ya que este cambia de diámetro en la descarga del cabezal debido a una expansión que sufre en cierta distancia.

Se evaluó el sistema actual satisfactoriamente mediante el uso del simulador Pipephase donde se propusieron tres escenarios uno con 10 MMPCED, 17 MMPCED y el ultimo de 27 MMPCED con el gasoducto de 16", tomando en cuenta los resultados los link L006, L010 y L015, se presenciaron velocidades del gas no menores al 10 pies/s, valor expresado por la norma API 14E, y velocidad erosional comprendidas de 110 a 210 pies/s, según lo que establece la guía de ingeniería Dimensionamiento de Tuberías de Proceso.

Para la propuesta del escenario factible se implementó en el simulador para el tramo de la Planta Compresora Zapatos a Planta Compresora Mata R., un gasoducto de 20", bajo las mismas condiciones del tramo de 16", donde se realizó un estudio comparativo implementando un rango entre los resultados de las variables hidráulicas seleccionadas para

el estudio y poder visualizar cual escenario para los dos diámetros presentados obtuvo mejor comportamiento.

En la Planta Compresora Mata R si tiene disponibilidad de compresión cuenta con 6 motocompresores en la primera fase que serían para su totalidad de 32 MMPCED, para la segunda fase tres motocompresores con una capacidad de compresión de 16 MMPCED para el excedente de gas que recibe la Planta Compresora Zapatos, el desvío seria acertado en caso de algún tipo de eventualidad.

5.2 Recomendaciones

Se sugiere actualizar los isométricos para la realización de los esquemáticos cada cierto tiempo, visualizada directamente desde el campo en caso de que se realice un cambio en las estructuras de las estaciones de producción (interconexiones, incorporación de válvulas, expansiones y demás accesorios), que impliquen cualquier modificación para el caudal de flujo de gas.

Mantener un seguimiento en cuanto al comportamiento de la presión y volumen del gas, y plantear evaluaciones hidráulicas para verificar las condiciones o cambios que se pueden generar al transcurrir un periodo de tiempo de actividades operacionales, de acuerdo a las variables hidráulicas implementadas para este estudio.

Ejecutar el tercer escenario del caso del gasoducto de 16" a pesar de la presencia de caída de presión, se ajusta más a la condición de la Planta Compresora Zapatos en caso de que ocurra un paro total, tomando en cuenta que el volumen de gas no se ajusta al dimensionamiento de la tubería, se evitaría por completo la implementación de un nuevo gasoducto que generaría un gasto innecesario ya que la producción que se maneja no es suficiente para el gasoducto y las variables hidráulicas no concertarían a la realidad del campo.

Implementar este desvío del excedente de gas como plan de contingencia en caso de alguna eventualidad implicada con los motocompresores de la Planta Compresora Zapatos por causa de alguna falla mecánica, mantenimiento preventivo, correctivo o programado, también por consecuencia del incremento de la producción para alguno de los motores que exceda de su capacidad de compresión.

El plan de contingencia también es aplicable para cualquiera de los escenarios presentados para el gasoducto de 16" como medida temporal preventiva para evitar la quema de gas nivel de 60 psig proveniente del Campo Zapatos.

También sería recomendable reparar el motocompresor que esta fuera de servicio en la Planta Compresora Zapatos o reemplazarlo por alguno de Mata R, tomando en consideración la situación de la empresa, si está en posición de alguna adquisición o cambio ya sería por acuerdo de las gerencias pertenecientes y del Ministerio de Energía y Petróleo.

Las caídas de presión se deben a los cambios de pendiente, accesorios y demás distancias largas por lo cual se pudiera programar corridas de herramientas para recuperar la mayor cantidad de líquido y así el gas llegue a su destino con menor presencia del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2006). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. (5° ed.) Caracas - Venezuela: Episteme

Definición ABC. Definición de tablas [Página web en línea]. (Consultado el 18/08/2017) en: <https://www.definicionabc.com/tecnologia/tabla.php>.

Definición de Unidad de Estudio [Pagina en web en línea]. Consultado el (03/07/2018) en: http://www.academia.edu/9717989/UNIDAD_DE_ESTUDIO

Invensys Systems, Inc (1999). “Guía para el uso del simulador Pipephase 7.3”. Lake Forest, C.A 92630 U.S.A.

Hurtado, J (2010). “Guía para la Comprensión Holística de la Ciencia”. Tercera edición, Fundación Sypal: Caracas. (Parte II, Capítulo 3 y 4).

Martínez, M (1994) “Ingeniería de gas principios y aplicaciones” Ingenieros Consultores y Asociados, C.A

Martínez, M. y Palacio R (1994). “Ingeniería de Gas Natural. Características y Comportamiento de los Hidrocarburos”, Ingenieros consultores F.R.L, Maracaibo - Venezuela.

Marín, L. (2013). “Evaluación técnica económica para la aplicación del sistema de recolección de líquidos condensados en A.M.A. Oeste”. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Extensión Región Centro Sur Anaco.

Marín, J (2017). “Optimización del Sistema de Levantamiento Artificial por Gas de los Pozos de los Campos San Joaquín, Guarío y el Roble del Área Mayor Anaco Oeste (AMA-Oeste)”, Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Extensión Región Centro Sur Anaco.

Norma API 14E (RP 14E) (1991). “Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Platform Piping Systems” 5ª Edición, Octubre.

PDVSA (1993) N°90616.1.024 “Dimensionamiento de Tuberías de Proceso” Manual de Ingeniería de Diseño. Volumen 13-III. Manual de ingeniería.

PDVSA (1994) N° L- TP 1.5 “Cálculo hidráulico de tuberías” Manual de ingeniería de diseño. Volumen 13-III. Procedimiento de ingeniería.

Pino, F (1998-2002). “Curso Gasotecnia Unidad I”, Escuela de Ingenieros de Petróleo UDO Monagas- Venezuela.

Sabino, C. (1992). “El Proceso de Investigación”. Ediciones Panapo, Caracas.


Sierra, E. (2017). Simulación de Redes de Tuberías utilizando PIPEPHASE.

Tirado, J (2013). “Evaluación de la Infraestructura para el manejo de la producción en cabezal de presión inferior a 60 psig en el Campo Santa Rosa, Área Mayor Anaco (AMA), Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Extensión Región Centro Sur Anaco.


ANEXOS

Anexo A Cromatografías facilitadas por el Laboratorio de Santa Rosa


Anexo A.1 Cromatografía de Z-14

		ANALISIS CROMATOGRAFICO DEL GAS NATURAL UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA - ANACO	
ANÁLISIS No. 69		ANÁLISIS SOLICITADO POR:	
FECHA DE MUESTREO: 23/02/15		FECHA DE ANÁLISIS: 10/03/15	
NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE GAS:		MUESTREOS DE CAMPO (NORMA GPA No. 2198) CROMATOGRAFÍA POR MÉTODO EXTENDIDO PARA GAS NATURAL (NORMA GPA No. 22895) MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE H2S, CO2 Y H2O EN GAS NATURAL (NORMA GPA No. 23786)	
AREA DE MUESTREO: SITIO DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO: MEDIDOR: TEMPERATURA (°F): PRESION (PSIG):	ZEF-14 GAS DE 60 PSIG A PTA 01:05 p.m. A-6039 93 62	VOLUMEN MANEJADO (MMPCSD) CONTENIDO DE H2O (LB/MMPCN): CONTENIDO H2S (PPM): PUNTO DE ROCIO (°F):	FR 12
COMPOSICION MOLAR DEL GAS			
COMPONENTES	% MOLAR	%VL LIQUIDO (GPM)	
NITROGENO	0,555		
CO2	8,361		
METANO	60,723		
ETANO	11,003		
PROPANO	8,831	2,428	
I-BUTANO	2,493	0,814	
N-BUTANO	3,802	1,196	
I-PENTANO	1,343	0,490	
N-PENTANO	1,081	0,391	
HEXANOS	0,949	0,389	
HEPTANOS	0,587	0,270	
OCTANOS	0,170	0,087	
NONANOS	0,050	0,028	
DECANOS +	0,053	0,033	
CARACTERISTICAS CALCULADAS A PARTIR DE LA COMPOSICION MOLAR			
PESO MOLECULAR (Lbs/Mol):	28,291	GPM TOTAL (C3+):	6,126
TEMP. PSEUDOCRITICA (°R):	459,820	PRESION DE VAPOR(PSI):	3145,090
PRESIÓN PSEUDOCRITICA (PSIA):	682,475	GRAVEDAD ESPECIFICA:	0,964
PRESION PSEUDOREDUCIDA:	0,112	BTU/PC (BRUTO):	1428,072
TEMP. PSEUDOREDUCIDA:	1,203	BTU/PC (NETO):	1302,441
OBSERVACIONES:	ENSAYO CROMATOGRAFICO REALIZADO EN LABORATORIO DE SAN JOAQUIN EXTRACCION		
MUESTREADO POR:	DIOGELINA HERNANDEZ / DEIDY RIVAD		
ANÁLISIS REALIZADO POR:	JOSE GUEVARA		
	MARTIANITA LEIDINZ Spv. UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA		
DECLARATORIA: (1) LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE REFEREN ÚNICAMENTE A LA(S) MUESTRA(S) ENSAYADAS QUE SE ESPECIFICAN. (2) SERÁ RESPONSABILIDAD MANIFIESTA Y EXCLUSIVA DEL CLIENTE QUE REQUIERA EL ANÁLISIS DE MUESTRAS IDENTIFICADAS COMO NO REPRESENTATIVAS, CONTAMINADAS Y/O ESCASAMENTE IDENTIFICADAS, ASÍ COMO AQUELLAS RECOLECTADAS POR PERSONAL DIFERENTE A LA UCC SANTA ROSA.			


Anexo A.2 Cromatografía de Z-11

		ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL GAS NATURAL UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA - ANACO	
ANÁLISIS No. 66			
ANÁLISIS SOLICITADO POR:		FECHA DE MUESTREO: 23/02/15	
FECHA DE MUESTREO:		FECHA DE ANÁLISIS: 10/03/15	
NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE GAS:		MUESTREOS DE CAMPO (NORMA GPA No. 2198) CROMATOGRAFÍA POR MÉTODO EXTENDIDO PARA GAS NATURAL (NORMA GPA No. 22895) MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE H2S, CO2 Y H2O EN GAS NATURAL (NORMA GPA No. 23779B)	
AREA DE MUESTREO: SITIO DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO: MEDIDOR: TEMPERATURA (°F): PRESION (PSIG):	ZEF-11 GAS DE 60 PSIG A PTA 12:10 p.m. A-6121 101 60	VOLUMEN MANEJADO (MMPCSD) CONTENIDO DE H2O (LB/MMPCN): CONTENIDO H2S (PPM): PUNTO DE ROCIO (°F):	FR 11
COMPOSICION MOLAR DEL GAS			
COMPONENTES	% MOLAR	%VL LIQUIDO (GPM)	
NITROGENO	0,519		
CO2	7,992		
METANO	65,082		
ETANO	10,819		
PROPANO	7,908	2,174	
I-BUTANO	1,899	0,620	
N-BUTANO	2,716	0,854	
I-PENTANO	0,865	0,316	
N-PENTANO	0,679	0,245	
HEXANOS	0,661	0,271	
HEPTANOS	0,566	0,260	
OCTANOS	0,182	0,093	
NONANOS	0,054	0,031	
DECANOS +	0,058	0,036	
CARACTERISTICAS CALCULADAS A PARTIR DE LA COMPOSICION MOLAR			
PESO MOLECULAR (Lbs/Mol):	26,234	GPM TOTAL (C3+):	4,900
TEMP.PSEUDOCRITICA (°R):	442,873	PRESION DE VAPOR(PSI):	3358,681
PRESION PSEUDOCRITICA (PSIA):	685,714	GRAVEDAD ESPECIFICA:	0,902
PRESION PSEUDOREDUCIDA:	0,109	BTU/PC (BRUTO):	1342,215
TEMP. PSEUDOREDUCIDA:	1,267	BTU/PC (NETO):	1222,211
OBSERVACIONES:	ENSAYO CROMATOGRÁFICO REALIZADO EN LABORATORIO DE SAN JOAQUIN EXTRACCION		
MUESTREADO POR:	DIOSIELINA HERNANDEZ / DEISY RIVAD		
ANÁLISIS REALIZADO POR:	JOSE GUEVARA		
	MARIANICA LEIDONE Spv. UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA		
<small>DECLARATORIA: (1) LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE REFEREN ÚNICAMENTE A LA(S) MUESTRA(S) ENSAYADAS QUE SE ESPECIFICAN. (2) SERÁ RESPONSABILIDAD MANIFIESTA Y EXCLUSIVA DEL CLIENTE QUE REQUIERA EL ANÁLISIS DE MUESTRAS IDENTIFICADAS COMO NO REPRESENTATIVAS, CONTAMINADAS Y/O ESCASAMENTE IDENTIFICADAS, ASÍ COMO AQUELLAS RECOLECTADAS POR PERSONAL DIFERENTE A LA UCC SANTA ROSA.</small>			


Anexo A.3 Cromatografía de Z-10

		ANALISIS CROMATOGRAFICO DEL GAS NATURAL UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA - ANACO	
ANÁLISIS No. 57		ANÁLISIS SOLICITADO POR:	
FECHA DE MUESTREO: 29/01/15		FECHA DE ANÁLISIS: 06/03/15	
NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE GAS:		MUESTREOS DE CAMPO (NORMA GPA No. 2186)	
		CROMATOGRAFÍA POR MÉTODO EXTENDIDO PARA GAS NATURAL (NORMA GPA No. 22895)	
		MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE H2S, CO2 Y H2O EN GAS NATURAL (NORMA GPA No. 23778)	
AREA DE MUESTREO: SITIO DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO: MEDIDOR: TEMPERATURA (°F): PRESION (PSIG):	EFZ-10 GAS DE 60 PSI A PLANTA 11:51 a.m. A-6110 95 67	VOLUMEN MANEJADO (MMPCSD) CONTENIDO DE H2O (LB/MMPCN): CONTENIDO H2S (PPM): PUNTO DE ROCIO (°F):	FR 12
COMPOSICION MOLAR DEL GAS			
COMPONENTES	% MOLAR	%VL LIQUIDO (GPM)	
NITROGENO	0,592		
CO2	8,725		
METANO	68,089		
ETANO	10,578		
PROPANO	7,134	1,961	
I-BUTANO	1,496	0,488	
N-BUTANO	2,087	0,657	
I-PENTANO	0,528	0,193	
N-PENTANO	0,383	0,139	
HEXANOS	0,210	0,086	
HEPTANOS	0,101	0,046	
OCTANOS	0,047	0,024	
NONANOS	0,010	0,006	
DECANOS +	0,020	0,012	
CARACTERISTICAS CALCULADAS A PARTIR DE LA COMPOSICION MOLAR			
PESO MOLECULAR (Lbs/Mol):	24,483	GPM TOTAL (C3+):	3,612
TEMP.PSEUDOCRITICA (°R):	426,900	PRESION DE VAPOR(PSI):	3504,875
PRESION PSEUDOCRITICA (PSIA):	694,235	GRAVEDAD ESPECIFICA:	0,842
PRESION PSEUDOREDUCIDA:	0,118	BTU/PC (BRUTO):	1228,329
TEMP. PSEUDOREDUCIDA:	1,300	BTU/PC (NETO):	1116,234
OBSERVACIONES:	ENSAYO CROMATOGRAFICO REALIZADO EN LABORATORIO DE SAN JOAQUIN EXTRACCION		
MUESTREADO POR:	JEDUD BERMUDEZ / DEIDY RIVAD		
ANÁLISIS REALIZADO POR:	JOSE GUEVARA		
	MARIANGELA LEIDORZ Spv. UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA		
DECLARATORIA: (1) LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA(S) MUESTRA(S) ENSAYADAS QUE SE ESPECIFICAN. (2) SERÁ RESPONSABILIDAD MANIFIESTA Y EXCLUSIVA DEL CLIENTE QUE REQUIERA EL ANÁLISIS DE MUESTRAS IDENTIFICADAS COMO NO REPRESENTATIVAS, CONTAMINADAS Y/O ESCABAMENTE IDENTIFICADAS, ASÍ COMO AQUELLAS RECOLECTADAS POR PERSONAL DIFERENTE A LA UCC SANTA ROSA.			


Anexo A.4 Cromatografía de ED-Z7

		ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL GAS NATURAL UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA - ANACC	
ANÁLISIS No. 59		ANÁLISIS SOLICITADO POR:	
FECHA DE MUESTREO: 29/01/15		FECHA DE ANÁLISIS: 09/03/15	
NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE GAS:		MUESTREOS DE CAMPO (NORMA GPA No. 2198) CROMATOGRAFÍA POR MÉTODO EXTENDIDO PARA GAS NATURAL (NORMA GPA No. 22895) MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE H ₂ S, CO ₂ Y H ₂ O EN GAS NATURAL (NORMA GPA No. 237786)	
AREA DE MUESTREO: SITIO DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO: MEDIDOR: TEMPERATURA (°F): PRESION (PSIG):	ED-Z7 GAS DE 60 PSIG A PTA 01:48 p.m. A-6125 93 71	VOLUMEN MANEJADO (MMPCSD) CONTENIDO DE H₂O (LB/MMPCN): CONTENIDO H₂S (PPM): PUNTO DE ROCIO (°F):	FR 13
COMPOSICION MOLAR DEL GAS			
COMPONENTES	% MOLAR	%VL LIQUIDO (GPM)	
NITROGENO	0,451		
CO ₂	9,404		
METANO	69,472		
ETANO	10,060		
PROPANO	5,672	1,559	
I-BUTANO	1,236	0,403	
N-BUTANO	1,844	0,580	
I-PENTANO	0,555	0,203	
N-PENTANO	0,455	0,164	
HEXANOS	0,408	0,167	
HEPTANOS	0,313	0,144	
OCTANOS	0,096	0,049	
NONANOS	0,014	0,008	
DECANOS +	0,019	0,012	
CARACTERISTICAS CALCULADAS A PARTIR DE LA COMPOSICION MOLAR			
PESO MOLECULAR (Lbs/Mol):	24,372	GPM TOTAL (C3+):	3,290
TEMP.PSEUDOCRITICA (°R):	423,940	PRESION DE VAPOR(PSI):	3566,849
PRESIÓN PSEUDOCRITICA (PSIA):	697,035	GRAVEDAD ESPECIFICA:	0,838
PRESIÓN PSEUDOREDUcida:	0,123	BTU/PC (BRUTO):	1208,333
TEMP. PSEUDOREDUcida:	1,304	BTU/PC (NETO):	1097,745
OBSERVACIONES:	ENSAYO CROMATOGRÁFICO REALIZADO EN LABORATORIO DE SAN JOAQUIN EXTRACCION		
MUESTREADO POR:	JESUS BERMUDEZ / DEIDY RIVAS		
ANÁLISIS REALIZADO POR:	JOSE GUEVARA		
	MAR TANIJA LEI DINZ Srv. UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA		
DECLARATORIA: (1) LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA(S) MUESTRA(S) ENSAYADAS QUE SE ESPECIFICAN. (2) SERÁ RESPONSABILIDAD MANIFIESTA Y EXCLUSIVA DEL CUENTE QUE REQUIERA EL ANÁLISIS DE MUESTRAS IDENTIFICADAS COMO NO REPRESENTATIVAS, CONTAMINADAS Y/O ESCASAMENTE IDENTIFICADAS, ASÍ COMO AQUELLAS RECOLECTADAS POR PERSONAL DIFERENTE A LA UCC SANTA ROSA.			

Anexo A.5 Cromatografía de Z-8

		ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL GAS NATURAL UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA - ANACO	
ANÁLISIS No. 55			
ANÁLISIS SOLICITADO POR:		FECHA DE MUESTREO: 29/01/15	FECHA DE ANÁLISIS: 06/03/15
NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE GAS:		MUESTREOS DE CAMPO (NORMA GFA No. 2188) CROMATOGRAFÍA POR MÉTODO EXTENDIDO PARA GAS NATURAL (NORMA GFA No. 22895) MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE H2S, CO2 Y H2O EN GAS NATURAL (NORMA GFA No. 23786)	
AREA DE MUESTREO: SITIO DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO: MEDIDOR: TEMPERATURA (°F): PRESION (PSIG):	EFZ-8 GAS DE 60 PSI A PLANTA 11:15 a.m. A-6096 94 80	VOLUMEN MANEJADO (MMPCSD) CONTENIDO DE H2O (LB/MMPCN): CONTENIDO H2S (PPM): PUNTO DE ROCIO (°F):	FR 18
COMPOSICION MOLAR DEL GAS			
COMPONENTES	% MOLAR	%VL LIQUIDO (GPM)	
NITROGENO	0,652		
CO2	9,008		
METANO	66,214		
ETANO	10,396		
PROPANO	7,370	2,026	
I-BUTANO	1,599	0,522	
N-BUTANO	2,525	0,794	
I-PENTANO	0,748	0,273	
N-PENTANO	0,626	0,226	
HEXANOS	0,445	0,182	
HEPTANOS	0,259	0,119	
OCTANOS	0,087	0,044	
NONANOS	0,031	0,017	
DECANOS +	0,042	0,026	
CARACTERISTICAS CALCULADAS A PARTIR DE LA COMPOSICION MOLAR			
PESO MOLECULAR (Lbs/Mol):	25,560	GPM TOTAL (C3+):	4,230
TEMP.PSEUDOCRITICA (°R):	435,254	PRESION DE VAPOR(PSI):	3410,516
PRESION PSEUDOCRITICA (PSIA):	692,385	GRAVEDAD ESPECIFICA:	0,876
PRESION PSEUDOREDUCIDA:	0,137	BTU/PC (BRUTO):	1273,735
TEMP. PSEUDOREDUCIDA:	1,273	BTU/PC (NETO):	1158,702
OBSERVACIONES :		ENSAYO CROMATOGRÁFICO REALIZADO EN LABORATORIO DE SAN JOAQUIN EXTRACCION	
MUESTREADO POR:		DEIDY RIVAS / JESUS BERMUDEZ	
ANÁLISIS REALIZADO POR:		JOSE GUEVARA	
		MARILEVELA LETIZI	
		Spv. UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA	
DECLARATORIA: (1) LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA(S) MUESTRA(S) ENSAYADAS QUE SE ESPECIFICAN. (2) SERÁ RESPONSABILIDAD MANIFIESTA Y EXCLUSIVA DEL CUENTE QUE REQUIERA EL ANÁLISIS DE MUESTRAS IDENTIFICADAS COMO NO REPRESENTATIVAS, CONTAMINADAS Y/O ESCASAMENTE IDENTIFICADAS, ASÍ COMO AQUELLAS RECOLECTADAS POR PERSONAL DIFERENTE A LA UCC SANTA ROSA.			

Anexo A.6 Cromatografía de Z-7

		ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL GAS NATURAL UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA - ANACO	
ANÁLISIS No. 53			
ANÁLISIS SOLICITADO POR:		FECHA DE MUESTREO: 29/01/15	FECHA DE ANÁLISIS: 06/03/15
NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE GAS		MUESTREOS DE CAMPO (NORMA GPA No. 2198) CROMATOGRAFÍA POR MÉTODO EXTENDIDO PARA GAS NATURAL (NORMA GPA No. 22895) MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE H2S, CO2 Y H2O EN GAS NATURAL (NORMA GPA No. 23786)	
AREA DE MUESTREO: SITIO DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO: MEDIDOR: TEMPERATURA (°F): PRESION (PSIG):	EFZ-7 GAS DE 60 PSI A PLANTA A-6030 10:30 a.m.	VOLUMEN MANEJADO (MMPCSD) CONTENIDO DE H2O (LB/MMPCN): CONTENIDO H2S (PPM): PUNTO DE ROCIO (°F):	FR 12
COMPOSICION MOLAR DEL GAS			
COMPONENTES	% MOLAR	%VL LIQUIDO (GPM)	
NITROGENO	0,311		
CO2	8,033		
METANO	64,659		
ETANO	9,803		
PROPANO	8,950	2,460	
I-BUTANO	2,392	0,781	
N-BUTANO	3,201	1,007	
I-PENTANO	1,042	0,380	
N-PENTANO	0,790	0,286	
HEXANOS	0,525	0,215	
HEPTANOS	0,236	0,108	
OCTANOS	0,036	0,019	
NONANOS	0,006	0,004	
DECANOS +	0,015	0,009	
CARACTERISTICAS CALCULADAS A PARTIR DE LA COMPOSICION MOLAR			
PESO MOLECULAR (Lbs/Mol):	26,512	GPM TOTAL (C3+):	5,269
TEMP. PSEUDOCRITICA (°R):	445,329	PRESION DE VAPOR(PSI):	3332,024
PRESION PSEUDOCRITICA (PSIA):	685,529	GRAVEDAD ESPECIFICA:	0,905
PRESION PSEUDOREDUCIDA:	0,124	BTU/PC (BRUTO):	1349,102
TEMP. PSEUDOREDUCIDA:	1,228	BTU/PC (NETO):	1228,580
OBSERVACIONES :		ENSAYO CROMATOGRÁFICO REALIZADO EN LABORATORIO DE SAN JOAQUIN EXTRACCION	
MUESTREADO POR:		DIOSIELINA HERNANDEZ / DEISY RIVAS	
ANÁLISIS REALIZADO POR:		JOSE GUEVARA	
		MARIANGELA LEIDENE Spv. UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD SANTA ROSA	
DECLARATORIA: (1) LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA(S) MUESTRA(S) ENSAYADAS QUE SE ESPECIFICAN. (2) SERÁ RESPONSABILIDAD MANIFIESTA Y EXCLUSIVA DEL CUENTE QUE REQUIERA EL ANÁLISIS DE MUESTRAS IDENTIFICADAS COMO NO REPRESENTATIVAS, CONTAMINADAS Y/O EMBARAMENTE IDENTIFICADAS, ASÍ COMO AQUELLAS RECOLECTADAS POR PERSONAL DIFERENTE A LA UCC SANTA ROSA.			

Anexo B Estaciones pertenecientes al Campo Zapatos

Anexo B.1 Estación de Flujo Z-14



Anexo B.2 Estación de Flujo Z-11



Anexo B.3 Estación de Descarga Z-7



Anexo B.4 Estación de Flujo Z-10



Anexo B.5 Estación de Flujo Z-7



Anexo B.6 Estación de Interconexión el Ñingo



Anexo B.7 Estación de Interconexión el Ñinguito



Anexo B.8 Estación de Recolección J004



Anexo B.9 Tramo de la Planta Compresora Zapatos a Planta Compresora Mata R



Anexo B.10 Trampa de Planta Compresora Mata R. a Planta Compresora Zapatos.



**Anexo B.11 Salto de gasoducto de 16" que va hacia los Motocompresores de la Planta
Compresora Mata R.**



**Anexo B.12 Recorrido de gasoducto que va hacia los depuradores de la Planta
Compresora Mata R.**



Anexo B.13 Entrada hacia los depuradores de la Planta Compresora Mata R.



Anexo B.14 Área de cabezales de los Motocompresores de la Planta Compresora Mata R.



Anexo B.15 Motocompresor K-1 de la Planta Compresora Zapatos



Anexo B.16 Motocompresor K-3 de la Planta Compresora Zapatos



Anexo B.17 Motocompresores Fase I de la Planta Compresora Mata R.



Anexo B.18 Motocompresores Fase II de la Planta Compresora Mata R.



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL GASODUCTO DE 16", PLANTA COMPRESORA ZAPATOS A PLANTA COMPRESORA MATA R. CON GAS DE 60 PSIG ASOCIADO AL CAMPO ZAPATOS
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Hernández R., Mayelis C.	CVLAC: 25.250.243 E MAIL: mh&mp@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES

Gas, gasoductos, motocompresores, caída de presión, simulación, Planta Compresora Mata R..

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Industrial

RESUMEN (ABSTRACT):

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar hidráulicamente el gasoducto de 16” pulgadas de diámetro de la Planta Compresora Zapatos a la Planta Compresora Mata R. con gas nivel de 60 PSIG asociados a al Campo Zapatos, pertenecientes al Área Mayor Zapatos (AMO). Su desarrollo se dividió en (4) etapas mencionadas a continuación: descripción del sistema actual, establecer el modelo de simulación PIPEPHASE (caso diseño), evaluar los escenarios de acuerdo a la disponibilidad de compresión y proponer los escenarios factibles para el manejo óptimo de gas nivel de 60 PSIG. En relación a la metodología empleada, se adoptó un diseño de campo y un nivel descriptivo, la información fue recolectada por medio de entrevistas no estructuradas, observación directa, revisión documental y visitas guiadas al campo. Así mismo, su análisis se apoyó en el paquete de simulación PIPEPHASE 9.2, por medio de los cuales se visualizó todo el sistema de red actual perteneciente al Campo Zapatos y el tramo que llega a la Planta Compresora Mata R. donde se evidenciaron caídas de presiones, tanto para el gasoducto de 16” pulgadas de diámetro como para la propuesta de 20” pulgadas de diámetro.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Ing. Ledezma, Melchor	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ing. Moreno, Hector	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
MSc. Bousquet, Juan	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ing. Coa, Manuel	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2018	07	13
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009".

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *Ragely*

FECHA *5/8/09* HORA *5:30*

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Cumbelo
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manija

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

DERECHOS

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009) según comunicación CU-034-209:

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

AUTOR

Hernández R., Mayelis C.

AUTOR

AUTOR

Ing. Ledezma, Melchor

TUTOR

MSc. Bousquet, Juan

JURADO

Ing. Coa, Manuel

JURADO

Ing. Valderrama, Rita
POR LA COMISIÓN DE TESIS