

**ESTUDIO COMPARATIVO EN LA GESTIÓN DE INTEGRIDAD MECÁNICA  
PARA LOS DUCTOS A CARGO DEL DEPARTAMENTO O&M NORTE-VIT DE  
ECOPETROL S.A. AÑOS 2015 - 2016**

**DANIEL ARMANDO ROCHA GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN INTEGRIDAD DE EQUIPOS Y DUCTOS  
BUCARAMANGA**

**2017**

**ESTUDIO COMPARATIVO EN LA GESTIÓN DE INTEGRIDAD MECÁNICA  
PARA LOS DUCTOS A CARGO DEL DEPARTAMENTO O&M NORTE-VIT DE  
ECOPETROL S.A. AÑOS 2015 - 2016**

**DANIEL ARMANDO ROCHA GONZÁLEZ**

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Integridad de  
Equipos y Ductos**

**Director**

**LAIS MUJICA RONCERY**

**Doctor en Ingeniería Mecánica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN INTEGRIDAD DE EQUIPOS Y DUCTOS  
BUCARAMANGA**

**2017**

## DEDICATORIA

*A mi esposa Astrid Yurany, por su amor incondicional, cariño y paciencia.*

*A mi hijo Jero, por que día a día me enseña a hacer un mejor Padre y hombre  
para la sociedad.*

*A mis padres, quienes siempre han sido mis cómplices y mejores amigos.*

*A mis hermanos, por ser quienes mantienen unida nuestra familia.*

*A Dios por sus infinitas bendiciones.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi hermosa familia, quienes incondicionalmente me apoyaron en todo este proceso, aun sabiendo que dejábamos de compartir tiempo de calidad.

A mi querida amiga y Directora de Tesis Laisita, quien aun estando lejos de casa siempre me guio en este proceso.

A mis compañeros de trabajo de la Gerencia Técnica de Activos, quienes aportaron todos sus conocimientos para el desarrollo de este Documento.

Al Departamento de Operación y Mantenimiento Norte, quienes me dieron la oportunidad de compartir sus conocimientos.

A los colegas de la Especialización, quienes me dieron la posibilidad de conocerlos y compartir estos dos (2) maravillosos años.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	24
<b>1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	26
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	27
<b>3. OBJETIVOS</b>	28
3.1 OBJETIVO GENERAL	28
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
<b>4. MARCO REFERENCIAL</b>	29
4.1 ANTECEDENTES	29
4.2 GENERALIDADES	31
4.3 ELEMENTOS DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD	32
4.4 RECOLECCIÓN, REVISIÓN E INTEGRACIÓN DE DATOS	33
4.5 VALORACIÓN DE RIESGOS	34
4.6 DEFINICIÓN DEL PLAN DE VALORACIÓN DE INTEGRIDAD	35
4.7 AMENAZAS POTENCIALES PARA LA TUBERÍA	36
4.8 ÁREAS DE ALTA CONSECUENCIA	42
<b>5. ASPECTOS METODOLÓGICOS</b>	44
5.1 CORROSIÓN EXTERNA	44
5.1.1 Sistemas de protección catódica	44
5.1.2 Recubrimientos	44

5.2 CORROSIÓN INTERNA	46
5.3 SCC AGRIETAMIENTO POR CORROSIÓN BAJO ESFUERZOS	47
5.4 DEFECTOS DE MANUFACTURA	47
5.5 DEFECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y SOLDADURA	48
5.6 FALLAS DE EQUIPOS	48
5.7 DAÑOS POR TERCEROS VOLUNTARIOS	49
5.8 DAÑOS POR TERCEROS INVOLUNTARIOS	49
5.9 OPERACIONES INCORRECTAS	50
5.10 CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS	50
<b>6. RESULTADOS</b>	<b>52</b>
6.1 AÑO 2015	52
6.1.1 Corrosión externa	56
6.1.1.1 Interfaces aéreo-enterradas	56
6.1.1.2 Reparaciones (incluye reemplazos de sección de tubería).	57
6.1.1.3 Inspección URPC	61
6.1.1.4 Inspección poste a poste	65
6.1.1.5 Inspección DCVG-PCM	66
6.1.1.6 Análisis de suelo	67
6.1.1.7 Aislamientos eléctricos (bridas y estructuras)	68
6.1.1.8 Interferencias AC	70
6.1.1.9 Interferencias DC	71
6.1.1.10 Inspección de cruces encamisados	72
6.1.1.11 Fallas corrosión exterior	73

6.1.2 Corrosión interna	74
6.1.2.1 Tasa de corrosión generalizada	75
6.1.2.2 Tasa de corrosión localizada	76
6.1.2.3 Limpiezas internas	77
6.1.2.4 Análisis fisicoquímico y bioquímicos de fluidos transportados	79
6.1.2.5 Fallas por corrosión interna	80
6.1.3 Agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC)	80
6.1.4 Defectos de manufactura	81
6.1.5 Defectos de construcción y soldadura	82
6.1.6 Fallas de equipos	86
6.1.7 Daños por terceros voluntarios	87
6.1.7.1 Historial de eventos (ilícitas y atentados)	88
6.1.7.2 Problemas de seguridad pública	89
6.1.8 Daños por terceros involuntarios	90
6.1.8.1 Señalización del DDV	90
6.1.8.2 Invasiones	91
6.1.9 Operaciones incorrectas	92
6.1.9.1 Concentradores de esfuerzo (abolladuras)	93
6.1.10 Clima y fuerzas externas	95
6.1.10.1 Inspección visual del DDV	96
6.1.10.2 Obras de geotecnia culminadas	97
6.1.10.3 Atención zonas deformación por curvado (Bending) y movimiento de tuberías (PM)	99

6.1.10.4 Puntos de estudio y monitoreo	103
6.2 AÑO 2016	105
6.2.1 Corrosión externa	108
6.2.1.1 Interfaces aéreo-enterradas	108
6.2.1.2 Reparaciones (incluye reemplazos de sección de tubería).	109
6.2.1.3 Inspección URPC	112
6.2.1.4 Inspección poste a poste	115
6.2.1.5 Inspección DCVG-PCM	117
6.2.1.6 Análisis de suelo	118
6.2.1.7 Aislamientos eléctricos (bridas y estructuras)	120
6.2.1.8 Interferencias AC .	122
6.2.1.9 Interferencias DC.	123
6.2.1.10 Inspección de cruces encamisados	125
6.2.1.11 Fallas corrosión exterior	125
6.2.2 Corrosión interna	126
6.2.2.1 Tasa de corrosión generalizada	127
6.2.2.3 Tasa de corrosión localizada	128
6.2.2.4 Limpiezas internas	129
6.2.2.5 Análisis fisicoquímico y bioquímicos de fluidos transportados	130
6.2.2.6 Fallas por corrosión interna	131
6.2.3 Agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC)	131
6.2.4 Defectos de manufactura	132
6.2.5 Defectos de construcción y soldadura	133

6.2.6 Fallas de equipos	137
6.2.7 Daños por terceros voluntarios	138
6.1.7.1 Historial de eventos (ilícitas y atentados)	138
6.2.7.2 Problemas de seguridad pública	139
6.2.8 Daños por terceros involuntarios	139
6.2.8.1 Señalización del DDV	139
6.2.8.2 Invasiones	140
6.2.9 Operaciones incorrectas	142
6.2.9.1 Concentradores de esfuerzo (abolladuras)	143
6.2.10 Clima y fuerzas externas	145
6.2.10.1 Inspección visual del DDV	145
6.2.10.2 Obras de geotecnia culminadas	147
6.2.10.3 Atención zonas de deformación por curvado (bending) y movimiento de tuberías (PM)	149
6.2.10.4 Puntos de estudio y monitoreo P	151
<b>7. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>154</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>162</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b>	<b>167</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>168</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>171</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Ficha Técnica Ductos PPG14, GS8, GS12	29
Tabla 2. Ficha Técnica Ductos GS16, GCH12	30
Tabla 3. Parámetros Variable Consecuencia	43
Tabla 4. Información Técnica Corrosión externa GS16, GCH12, GS12	45
Tabla 5. Información Técnica Corrosión externa PPG14, GS8	45
Tabla 6. Información Técnica Corrosión interna GS16, GCH12, GS12	46
Tabla 7. Información Técnica Corrosión interna PPG14, GS8	47
Tabla 8. Información técnica manufactura	47
Tabla 9. Información técnica construcción	48
Tabla 10. Información técnica equipos	49
Tabla 11. Información daños voluntarios	49
Tabla 12. Información daños involuntarios	50
Tabla 13. Información operaciones incorrectas	50
Tabla 14. Información clima y fuerzas externas	51
Tabla 15. Longitud de sistemas de transporte	53
Tabla 16. Consolidado Riesgo Ductos OM Norte año 2015	55
Tabla 17. Unidades rectificadoras Sistema Pozos Colorados - El Copey – Ayacucho	62
Tabla 18. Unidades rectificadoras Sistema Ayacucho – Galán 14”	62
Tabla 19. Unidades rectificadoras Galan Sebastopol 8”/12”/16”	63
Tabla 20. Unidades rectificadoras Galan Chimita 12”/6”	64
Tabla 21. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”	69
Tabla 22. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 16”	69
Tabla 23. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 12”	70

Tabla 24. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 8”	70
Tabla 25. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Chimita 12”/6”	70
Tabla 26. Cumplimiento de limpieza interna Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”	78
Tabla 27. Cumplimiento de limpieza interna Galan – Sebastopol 8/12/16”	78
Tabla 28. Cumplimiento de limpieza interna Galan – Chimita 12”/6”	78
Tabla 29. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Pozos – Copey 14”	83
Tabla 30. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 16”	83
Tabla 31. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 12”	84
Tabla 32. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 8”	84
Tabla 33. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galán – Chimita 12”/6”	85
Tabla 34. Perfil objetivo sistema Pozos – Galán 14”	93
Tabla 35. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 16”	93
Tabla 36. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 12”	93
Tabla 37. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 8”	93
Tabla 38. Perfil objetivo sistema Galán – Chimita 12”/6”	93
Tabla 39. Planes de gestión para zonas bending sistema Pozos - Galán 14”	101
Tabla 40. Planes de gestión para zonas bending sistema Galán – Sebastopol 16”/12”/8”	102
Tabla 41. Planes de gestión para zonas bending sistema Galán – Chimita 12”/6”	102
Tabla 42. Sectores de monitoreo topográfico para el sistema Galán – Chimita 12”/6”	104
Tabla 43. Longitud de sistemas de transporte	106
Tabla 44. Consolidado Riesgo Ductos OM Norte año 2016	107

Tabla 45. Unidades rectificadoras Sistema Pozos Colorados - El Copey – Ayacucho	113
Tabla 46. Unidades rectificadoras Sistema Ayacucho – Galán 14”	113
Tabla 47. Unidades rectificadoras Galan Sebastopol 8”/12”/16”	114
Tabla 48. Unidades rectificadoras Galan Chimita 12”/6”	115
Tabla 49. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”	121
Tabla 50. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 16”	121
Tabla 51. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 12”	121
Tabla 52. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 8”	122
Tabla 53. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Chimita 12”/6”	122
Tabla 54. Cumplimiento de limpieza interna Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”	129
Tabla 55. Cumplimiento de limpieza interna Galan – Sebastopol 8/12/16”	130
Tabla 56. Cumplimiento de limpieza interna Galan – Chimita 12”/6”	130
Tabla 57. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Pozos – Copey 14”	134
Tabla 58. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 16”	134
Tabla 59. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 12”	135
Tabla 60. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 8”	135
Tabla 61. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galán – Chimita 12”/6”	136
Tabla 62. Perfil objetivo sistema Pozos – Galán 14”	142
Tabla 63. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 16”	143
Tabla 64. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 12”	143
Tabla 65. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 8”	143
Tabla 66. Perfil objetivo sistema Galán – Chimita 12”/6”	143

Tabla 67. Planes de gestión para zonas bending sistema Pozos - Galán 14"	150
Tabla 68. Planes de gestión para zonas bending sistema Galán – Sebastopol 16"/12"/8"	150
Tabla 69. Planes de gestión para zonas bending sistema Galán – Chimita 12"/6"	151
Tabla 70. Sectores de monitoreo topográfico para el sistema Galán – Chimita 12"/6"	153
Tabla 71. Resultados monitoreo FBG para el sistema Galán – Chimita 12"/6"	153

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	<b>Pág.</b>
Ilustración 1. Diaflujo Programa de administración de integridad	32
Ilustración 2. Identificación de impactos potenciales a localizaciones críticas	33
Ilustración 3. Alineación de información vs zonas HCA	34
Ilustración 4. Métodos de reparación aceptables	36
Ilustración 5. Proceso corrosión interna	37
Ilustración 6. Proceso corrosión externa	37
Ilustración 7. Proceso corrosión selectiva	38
Ilustración 8. Proceso corrosión bajo esfuerzos (SCC)	38
Ilustración 9. Proceso Fatiga	39
Ilustración 10. Defectos manufactura en tubería	39
Ilustración 11. Defectos soldadura a tope	40
Ilustración 12. Daños mecánicos en tubería	40
Ilustración 13. Daños voluntarios en tubería	41
Ilustración 14. Eventos geotécnicos	42
Ilustración 15. Herramienta SAIT (matriz de riesgos)	43
Ilustración 16. Herramienta SAIT (Modulo de Susceptibilidad)	54
Ilustración 17. Ejemplo de Interfase aero-enterrada	57
Ilustración 18. Reparación mecánica mediante camisa tipo B	58
Ilustración 19. Reparación del recubrimiento	58
Ilustración 20. Hoja de excavación para identificación de anomalías en campo	59
Ilustración 21. Inspección unidad rectificadora	61
Ilustración 22. Inspección unidad de monitoreo remoto	64
Ilustración 23. Reporte de datos unidad monitoreo remoto (UMR)	65
Ilustración 24. Inspección poste a poste	65
Ilustración 25. Inspección DCVG	67

Ilustración 26. Inspección del aislamiento eléctrico en uniones bridadas	69
Ilustración 27. Interferencias eléctricas en sistemas de protección catódica de tuberías	71
Ilustración 28. Medición de potencial eléctrico en cruce encamisado	72
Ilustración 29. Recuento microbiológico usando viales	76
Ilustración 30. Raspador de discos y platina posterior a la limpieza	77
Ilustración 31. Análisis fisicoquímicos “in situ” Planta Galan - VIT	79
Ilustración 32. Formato de inspección de válvulas VIT-GTA-F-333	86
Ilustración 33. Ejemplo de válvulas ilícitas instaladas en tubería	87
Ilustración 34. Señalización tipo “one call” instaladas en el DDV	90
Ilustración 35. Invasión del DDV por maquinaria pesada	91
Ilustración 36. Perfil hidráulico y límites operacionales	92
Ilustración 37. Valoración de abolladuras de acuerdo VIT-GTA-P-542	94
Ilustración 38. Valoración y reparación de abolladura con concentrador de esfuerzo	95
Ilustración 39. Proceso de inestabilidad geotécnica en el DDV	96
Ilustración 40. Reporte de inspección del derecho de vía	96
Ilustración 41. Formato de hallazgo de inspección del derecho de vía VIT-GTT -F-035	98
Ilustración 42. Formato de hallazgo de inspección del derecho de vía VIT-GTT -F-033	99
Ilustración 43. Metodología valoración zonas BS y PM V2	100
Ilustración 44. Monitoreo topográfico del DDV	103
Ilustración 45. Reporte de monitoreo con sensores de deformación (FBG)	105
Ilustración 46. Reparación de interfase en el sistema Galan Sebastopol 8”	109
Ilustración 47. Reposición de tubería en el sistema Galan – Lizama 12”	110
Ilustración 48. Reparación e inspección del recubrimiento	110
Ilustración 49. Mantenimiento unidad rectificadora	112
Ilustración 50. Instalación de interruptores de corriente	116
Ilustración 51. Inspección del aislamiento eléctrico en uniones bridadas	120

Ilustración 52. Interferencias eléctricas anódica en sistemas de protección catódica de tuberías	124
Ilustración 53. Raspador de discos y copas posterior a la limpieza	129
Ilustración 54. Mantenimiento de válvulas de operación remota	137
Ilustración 55. Socialización de planes de emergencia al CMDGR de Puerto Wilches	141
Ilustración 56. Parámetros operativos Sistema Pozos - Galan 14"	142
Ilustración 57. Memorando de actualización de parámetros operativos	144
Ilustración 58. Obras de estabilización en el tramo Tienda Nueva Guayacán	148
Ilustración 59. Reporte de zonas bending sistema Galan Sebastopol 8"	149
Ilustración 60. Análisis topográfico en el Km 9+710 del tramo Tienda Nueva Guayacán	152

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Distribución de Riesgo por Amenazas OM Norte año 2015	56
Gráfica 2. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras PPG14	63
Gráfica 3. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras GS8/12/16	63
Gráfica 4. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras GCH12/6	64
Gráfica 5. Distribución de Riesgo por Amenazas OM Norte año 2016	108
Gráfica 6. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras PPG14	114
Gráfica 7. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras GS8/12/16	114
Gráfica 8. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras GCH12/6	115
Gráfica 9. Potenciales instant - off sistema Ayacucho Galan 14”	116
Gráfica 10. Zonas de concentración de indicaciones DCVG	117
Gráfica 11. Analisis de agresividad de suelos por el método DIN 50929	119
Gráfica 12. Nivel de potencial AC, a lo largo del trazado del Poliducto PPG14”	123
Gráfica 13. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema PPG 14” 2015	155
Gráfica 14. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema PPG 14” 2016	155
Gráfica 15. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 16” 2015	156
Gráfica 16. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 16” 2016	157
Gráfica 17. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 12” 2015	158
Gráfica 18. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 12” 2016	158
Gráfica 19. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 8” 2015	159
Gráfica 20. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 8” 2016	160
Gráfica 21. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GCH 12”/6” 2015	161
Gráfica 22. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GCH 12”/6” 2016	161
Gráfica 23. Distribución de Riesgo (VH) Sistema PPG 14”	163
Gráfica 24. Distribución de Riesgo (H) Sistema PPG 14”	163
Gráfica 25. Distribución de Riesgo (VH) Sistema GS 8”	163

Gráfica 26. Distribución de Riesgo (H) Sistema GS 8"	164
Gráfica 27. Distribución de Riesgo (VH) Sistema GS 12"	164
Gráfica 28. Distribución de Riesgo (H) Sistema GS 12"	164
Gráfica 29. Distribución de Riesgo (VH) Sistema GS 16"	165
Gráfica 30. Distribución de Riesgo (H) Sistema GS 16"	165
Gráfica 31. Distribución de Riesgo (VH) Sistema GCH 12"/6"	165
Gráfica 32. Distribución de Riesgo (H) Sistema GCH 12"/6"	166

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Ficha técnica tuberías.	171
Anexo B. Cartas de alineación integración información de riesgos.	171

## RESUMEN

**TITULO:** ESTUDIO COMPARATIVO EN LA GESTIÓN DE INTEGRIDAD MECÁNICA PARA LOS DUCTOS A CARGO DEL DEPARTAMENTO O&M NORTE-VIT DE ECOPETROL S.A. AÑOS 2015 – 2016\*

**AUTOR:** DANIEL ARMANDO ROCHA GONZALEZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** RIESGOS, INTEGRIDAD MECANICA, SISTEMAS DE TRANSPORTE, AMENAZAS, AREAS DE ALTA CONSECUENCIA.

### DESCRIPCIÓN

La implementación de un modelo de gestión de integridad mecánica de ductos, como parte del desarrollo de un modelo de valoración de riesgos, tiene como objetivo asegurar la mitigación de las amenazas identificadas en sistemas de tuberías, reducir impactos directos o indirectos en áreas de alta consecuencia y enfocar los recursos económicos, financieros, personal y equipos de manera asertiva. La presente monografía, presenta los planes de gestión de integridad ejecutados durante las vigencias 2015 y 2016, para cinco (5) sistemas de tubería que transportan hidrocarburos líquidos refinados y los resultados de las valoraciones de riesgos, de acuerdo con la información diligenciada en el programa virtual de valoración de riesgos (SAIT).

Los planes de gestión de integridad se enfocaron a mitigar las amenazas identificadas para las tuberías, como por ejemplo corrosión, clima y fuerzas externas, soldadura y construcción, daños por terceros involuntarios, entre otras, mediante planes de mantenimiento preventivo, predictivos y correctivos.

Los resultados obtenidos permitieron identificar los perfiles de riesgo para cada una de las tuberías por cada vigencia, realizar los cálculos para el tratamiento de riesgo y realizar un comparativo de los perfiles de riesgo de tubería por sistema y total, para cada una de las vigencias 2015, 2016, respectivamente.

La ejecución de un plan de gestión de integridad mecánica de ductos, enfocado a reducir los niveles de riesgo, tan practico como sea razonablemente posible, le aseguran al operador que los recursos económicos, financieros, personal y equipos invertidos en la anualidad, sean direccionados correctamente para mitigar las amenazas específicas, identificadas en sus sistemas y salvaguardando los limites operacionales. El valor agregado de un plan de gestión del riesgo incluye socializar los resultados a la Gerencia del Negocio, para que determine metas e indicadores, presupuesto, directrices a implementar en la vigencia 2017.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales Especialización en Integridad de Equipos y Ductos. Director: Lais Mujica Roncery,

## SUMMARY

**TITLE:** COMPARATIVE STUDY FOR THE MECHANICAL INTEGRITY MANAGEMENT FOR PIPELINES BY THE DEPARTMENT O&M NORTE-VIT OF ECOPETROL S.A. YEARS 2015 - 2016<sup>\*</sup>

**AUTHOR:** DANIEL ARMANDO ROCHA GONZALEZ<sup>\*\*</sup>

**KEYWORDS:** RISK, MECHANICAL INTEGRITY, PIPELINES, THREAT, HIGH CONSEQUENCES AREAS.

### DESCRIPTION:

The implementation of a management model of mechanical integrity for pipelines, as part of the development of a risk assessment model, to ensure the mitigation of threats identified in pipeline systems, reduce direct or indirect impacts in high consequence areas and focus the economic, financial, personnel and equipment assertively. This degree work presents the integrity management plans executed during the 2015 and 2016 periods for five (5) pipelines and the results of risk assessments, according to the information processed in the program Risk assessment (SAIT).

Integrity management plans focused on mitigating identified threats for pipelines, such as corrosion, weather and external forces, welding and construction, third damage by unintentional parties, among others, through preventive, predictive and corrective maintenance plans.

The results obtained allowed to identify the risk profiles for each of the pipelines for each validity, to carry out the calculations for the treatment of risk and to make a comparison of the pipe risk profiles by system and total, for each of the 2015-2016 terms, respectively.

The execution of a management plan for integrity of pipelines, to reduce risk levels, as low as reasonably practical, assets the operator that the economic, financial, personnel and equipment invested in the annuality, are correctly addressed to mitigate the specific threats identified in their systems and safeguarding operational limits. The added value of a risk management plan, includes socializing the results to the Business Management, to determine goals and indicators, budget, guidelines to be implemented in 2017.

---

<sup>\*</sup> Degree Work

<sup>\*\*</sup> Physics-Chemical Engineering Faculty. Metallurgical Engineering and Science Materials School. INTEGRITY Specialization of Equipment and Ducts Director: Lais Mujica Roncery

## INTRODUCCIÓN

La gestión de integridad se enfoca a minimizar los riesgos en los sistemas de transporte (tuberías), de acuerdo con las amenazas identificadas por el operador, tales como Corrosión Externa, Corrosión Interna, Clima y Fuerzas Externas, Equipos, Daños por terceros, SCC, Operaciones Incorrectas, Manufactura, Soldadura y Ensamble, dichas amenazas, han sido identificadas y valoradas bajo estándares internacionales tales como API RP 1160 y regulaciones federales como DOT-CFR Title 49 part 195.<sup>1</sup>

Los ductos objeto de este estudio, son los que actualmente opera y mantiene el Departamento de Operación y Mantenimiento Norte, de la Vicepresidencia de Transporte y Logística de Ecopetrol S.A:

- Propanoducto Galan Sebastopol 8”
- Poliducto Galan Sebastopol 12”
- Poliducto Galan Sebastopol 16”
- Poliducto Pozos Galan 14”
- Poliducto Galan Chimita 12”

Durante el desarrollo del programa de gestión de riesgos de integridad de tuberías, se recopiló la información de los planes de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, los cuales definen la susceptibilidad del sistema y son incorporados para el cálculo del Riesgo del Activo, la parte complementaria de la ecuación, es la definición de las áreas de alta consecuencia. El Programa de Gestión de Integridad es un proceso dinámico y flexible el cual se actualiza y

---

<sup>1</sup> AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE API STD 1160: Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines 2001. Department of Transport – Code Federal Regulation DOT-CFR TITLE 49 PART 195 SECTIONS F y H [en línea] disponible en: <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/ECFR?page=browse>).

revisa anualmente, de acuerdo con los requerimientos operacionales de los sistemas de transporte.

El resultado final permitió calcular los perfiles de riesgo de cada una las tuberías, de acuerdo con las amenazas identificadas, para las vigencias 2015 y 2016, respectivamente, y finalmente se realizó un estudio comparativo en términos de reducción de perfil de riesgo.

Los objetivos del Programa de Gestión de Integridad se enfocan a:

- Prevenir fugas de crudo o roturas en los sistemas de transporte, que puedan afectar a la comunidad, personal del operador, al medio ambiente o imagen de la compañía.
- Operar las tuberías de forma segura, confiable y eficiente.
- Cumplir con las normas y regulaciones nacionales e internacionales establecidas para integridad de tuberías, tomando en consideración el cumplimiento de las leyes colombianas en cuanto a operación y protección al medio ambiente.

## 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los sistemas de tubería objeto de este estudio transportan líquidos peligrosos (diésel, gasolina, propano, jet, nafta), las tuberías no son peligrosas, lo que contienen sí, es por eso que un operador responsable debe haber identificado las amenazas que afectan sus tuberías y el nivel de riesgo tolerable para una operación segura.

La presente monografía presenta los planes de gestión de integridad ejecutados para las vigencias 2015 y 2016 en el Departamento de Operación y Mantenimiento Norte de la VIT de Ecopetrol S.A., respectivamente, se identificaron las amenazas presentes para las tuberías de acuerdo con la guía dada por el estándar API 1160<sup>2</sup> y se realizó la valoración de los riesgos por cada sistema de tubería y la totalidad de las mismas.

Un modelo de riesgos es producto de dos variables, susceptibilidad y consecuencia, el primero es alimentado por las amenazas y los planes de gestión para su mitigación, en el caso de las consecuencias están definidos por las áreas o entornos donde está ubicada la trayectoria de la tubería, entre una estación de despacho y una estación de recibo. El resultado final de ejercicio permitirá calcular los niveles y perfiles de riesgo, verificar si el tratamiento de estos, fue efectivo desde el punto de vista ALARP “tan practico como sea razonablemente posible”.

---

<sup>2</sup> AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE API STD 1160: Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines 2001.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El objetivo de esta monografía, es hacer un comparativo de las gestiones de integridad de ductos, realizadas durante las vigencias 2015 y 2016 para los sistemas, que opera y mantiene el Departamento O&M Norte de la VIT. Definir un perfil de riesgos, e identificar oportunidades de mejora del proceso.

El resultado final, permitirá identificar la reducción de perfil de riesgo total, de las amenazas identificadas en las tuberías para cada vigencia y realizar un comparativo entre las dos anualidades, objeto de este estudio de caso.

Los beneficios de este estudio de caso, inicialmente aplicaran al Departamento de Operación y Mantenimiento Norte y podría ser extendido a los demás sistemas de transporte que opera la VIT.

La información que contiene este documento, puede servir de guía para Operadores del sector de hidrocarburos, que apenas inicien un plan de gestión de integridad basado en la tolerancia al riesgo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio comparativo para la gestión de integridad mecánica de los ductos a cargo del departamento O&M Norte-VIT de Ecopetrol S.A. años 2015 - 2016.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar las amenazas presentes en las tuberías objeto de estudio, de acuerdo con los lineamientos de la norma API RP 1160.
- Elaborar el perfil de riesgos de los sistemas de tuberías, teniendo en cuenta las amenazas identificadas.
- Realizar un comparativo de los perfiles de riesgo de tubería, para cada una de las vigencias 2015 y 2016.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ANTECEDENTES

Los sistemas de tubería objeto de este estudio transportan líquidos peligrosos (diésel, gasolina, propano, jet, nafta), la información técnica más relevante se relaciona en la tabla 1 y 2.

**Tabla 1. Ficha Técnica Ductos PPG14, GS8, GS12**

Sistema	Pozos - Galan 14	Galan Sebastopol 8"	Galan Sebastopol 12"
Estación Inicial	Pozos Colorados (Santa Marta)	Galan (Refinería Barrancabermeja)	Galan (Refinería Barrancabermeja)
Estación Final	Galan (Refinería Barrancabermeja)	Sebastopol (Puerto Olaya)	Sebastopol (Puerto Olaya)
Longitud	511 KM	115 KM	115 KM
Diámetro	14 pulgadas	8 pulgadas	12 pulgadas
Espesor (pulgadas)	0.500", 0.375" y 0.344".	0.438", 0.344", 0.322", 0.277" y 0.250".	0.500", 0.439", 0.406", 0.375" y 0.344".
Año construcción	2010	1955	1968/2004
Material (API 5L) <sup>3</sup>	API 5L X65 PSL 2	API 5L X42/52/60/65	API 5L X52
Recubrimiento	Tricapa polietileno	Alquitrán	Alquitrán
Costura	Si	Si	Si
Máxima presión de operación	2105 PSI	610 PSI	1345 PSI
Productos	Nafta, Diesel, Gasolina	Propano	Diesel, Gasolina, Jet
Sistemas	Pozos Copey 14,	No aplica	No aplica

<sup>3</sup> AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE API SPEC 5L: Specification for Line Pipe 2012.

Sistema	Pozos - Galan 14	Galan Sebastopol 8"	Galan Sebastopol 12"
	Copey Ayacucho 14 y Ayacucho Galan 14		
Tubería enterrada	99%	64%	39%
Protección Catódica	Si	Si	Si

**Tabla 2. Ficha Técnica Ductos GS16, GCH12**

Sistema	Galan Sebastopol 16"	Galan Chimita 12"/6"
Estación Inicial	Galan (Refinería Barrancabermeja)	Galan (Refinería Barrancabermeja)
Estación Final	Sebastopol (Puerto Olaya)	Chimita (Bucaramanga)
Longitud	115 KM	95 KM
Diámetro	16 pulgadas	12/6 pulgadas
Espesor (pulgadas)	0.500", 0.375" y 0.344".	0.500", 0.438", 0.375", 0.344", 0.281" y 0.250".
Año construcción	1983/2004	1993/2004
Material (API 5L) <sup>4</sup>	API 5L X52/60/65	API 5L X60/65
Recubrimiento	Alquitrán	Alquitrán
Costura	Si	Si
Máxima presión de operación	1137 PSI	1830 PSI
Productos	Diesel, Gasolina, Jet	Diesel, Gasolina, Propano
Sistemas	No aplica	Galan Lizama 12, Lizama Tienda Nueva 6, Tienda Nueva Guayacán 12 y Guayacán Chimita 6
Tubería enterrada	96%	93%
Protección Catódica	Si	Si

<sup>4</sup> AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE API SPEC 5L: Specification for Line Pipe 2012.

## 4.2 GENERALIDADES

El Gerenciamiento de la integridad de sistemas de tuberías que transportan líquidos peligrosos, tiene por objeto proveer directrices y lineamientos, teniendo en cuenta la obligatoriedad de los operadores de proteger el público en general, los empleados, la propiedad y el ambiente de la exposición no intencionada de hidrocarburos.

- Proveer los medios para mejorar la seguridad en la operación de la tubería.
- Identificar la asignación efectiva de recursos para analizar eventos actuales y potenciales que pueden resultar en incidentes
- Examinar la probabilidad de ocurrencia y la consecuencia potencial de un incidente de la tubería.
- Proveer un medio integrado para examinar y comparar el espectro de riesgos identificados y las posibles actividades para su mitigación.
- Determinar las mejores alternativas para la implementación de actividades para mitigar y/o gerenciar el riesgo.
- Establecer indicadores para la medición de la efectividad en la implementación del Modelo.

Los elementos de un modelo de Gestión de Integridad incluyen:

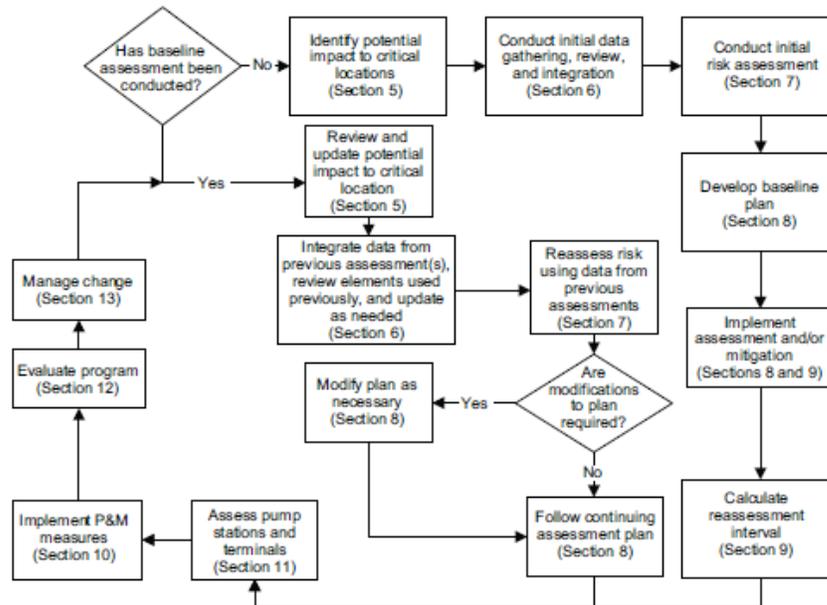
- Identificación de impactos potenciales a localizaciones críticas (Áreas de alta consecuencia).
- Recolección, revisión e integración de datos.
- Valoración de Riesgos.
- Definición del plan de valoración de integridad.
- Inspección, Mitigación y Remediación.
- Revisión el plan de valoración de integridad.
- Establecimiento e implementación medidas preventivas y de mitigación del riesgo.

- Medidas e indicadores para evaluar la efectividad del modelo de gestión.
- Control de cambios.
- Actualización, integración y revisión de nueva información.
- Revaloración de riesgos.

#### 4.3 ELEMENTOS DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD

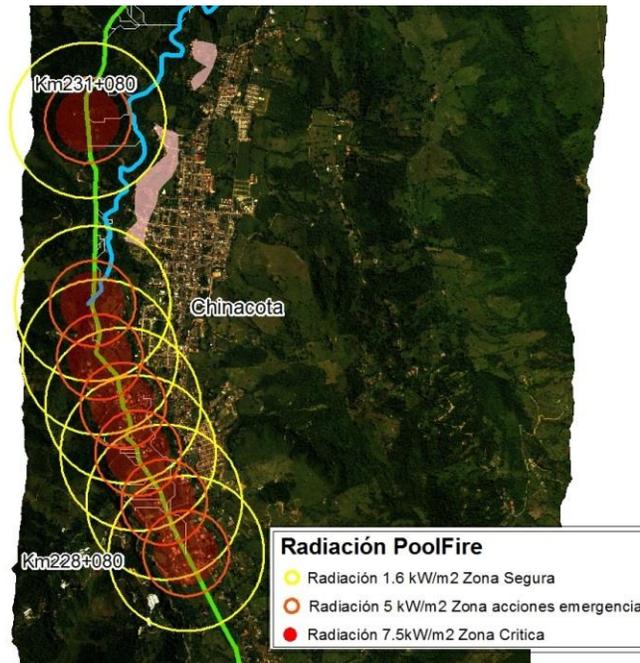
El diagrama de flujo resume los elementos que componen un sistema de gestión de integridad, se resalta el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), el cual tiene como objetivo el mejoramiento continuo.

**Ilustración 1. Diaflujo Programa de administración de integridad**



Fuente: API RP 1160 Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines. 2013

## Ilustración 2. Identificación de impactos potenciales a localizaciones críticas

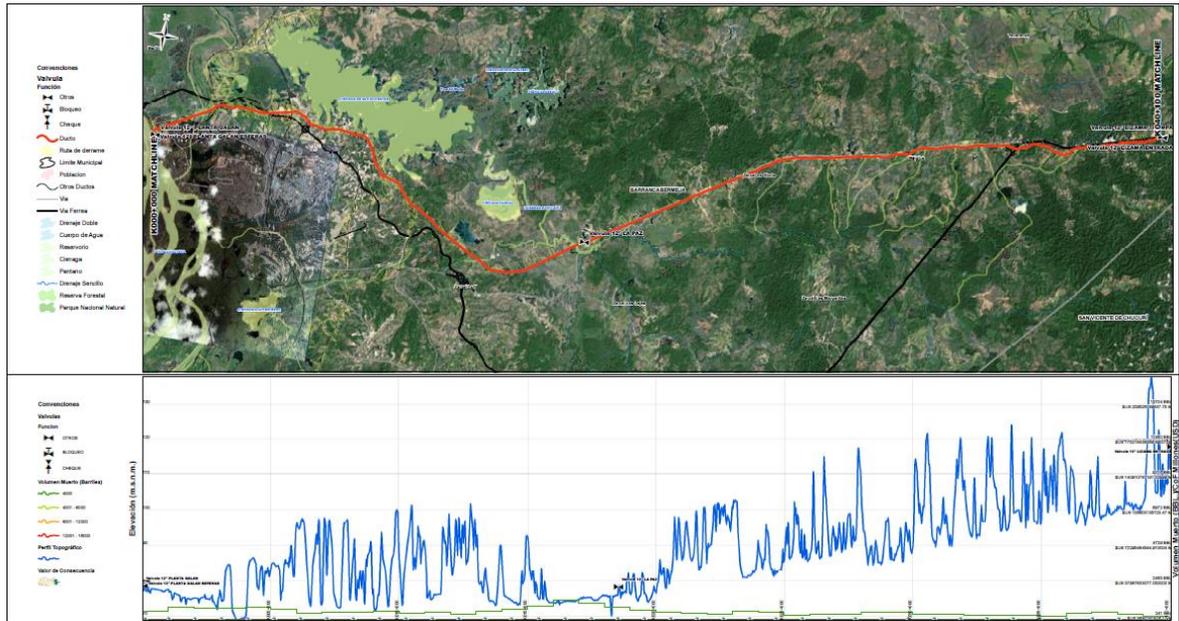


Fuente: Programa de Mantenimiento de Líneas VIT 2016.

### 4.4 RECOLECCIÓN, REVISIÓN E INTEGRACIÓN DE DATOS

Como parte del proceso inicial de un modelo, se debe definir una línea base para la tubería que incluye sus atributos, propiedades del entorno, factores constructivos, parámetros operacionales, históricos de inspecciones y mantenimiento.

### Ilustración 3. Alineación de información vs zonas HCA



Fuente: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LÍNEAS VIT 2016. Para más detalle Ver Anexo Cartas de Alineación.

## 4.5 VALORACIÓN DE RIESGOS

Previamente se debe identificar y evaluar las amenazas presentes en un sistema, determinar el riesgo representado por esas amenazas y las consecuencias, establecer un ranking de riesgo para determinar criticidad y focalizar recursos. Identificar medidas teniendo en cuenta la probabilidad de que se presente la falla y la potencialidad o gravedad relativa de sus consecuencias en términos de costo – riesgo – beneficio.

Las metodologías de valoración de riesgos incluyen:

- Juicio de expertos
- Cualitativo.
- Cuantitativo / Probabilístico.

- Combinado (cualitativo-cuantitativo)

#### **4.6 DEFINICIÓN DEL PLAN DE VALORACIÓN DE INTEGRIDAD**

Su objetivo es administrar el riesgo para llevarlo a niveles tolerables para una necesidad, periodicidad y oportunidad de alternativas de mitigación.

El plan incluye inspecciones (directas-indirectas), gestión ILI, monitoreos, reparaciones, gestión por terceros, ejecución de proyectos y planes de contingencias, finalmente aseguramiento del conocimiento.

Algunas medidas preventivas y de mitigación del riesgo incluyen:

- Variantes
- Cambio de revestimiento
- Repotenciación de sistemas de protección catódica.
- Realineamientos
- Construcción de cruces (subfluviales, vía)
- Reposición de tuberías
- Capacitaciones en temas afines a integridad
- Generación de instructivos y procedimientos

Para el Cálculo de frecuencia de valoración de integridad se debe considerar las tasas de corrosión, ciclos de presión y criticidad del sistema.

#### Ilustración 4. Métodos de reparación aceptables

Type of Anomaly	Repair Methods				
	Type A Steel Sleeve (Note 1)	Type B Steel Sleeve (Note 2)	Composite Wrap Repair (Note 3)	Mechanical Clamp (Note 4)	Deposited Weld Metal (Note 5)
External corrosion, depth ≤ 80 % of wall	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
External corrosion, depth > 80 % of wall	No	Yes	No	Yes	No
Internal corrosion, depth ≤ 80 % of wall	No	Yes	No	Yes	No
Internal corrosion, depth > 80 % of wall	No	Yes	No	Yes	No
Selective seam corrosion, LF-ERW or DC-ERW or FW	No	Yes	No	Yes	No
Crack	No	Yes	No	Yes	No
Seam-related defect, LF-ERW or DC-ERW or FW	No	Yes	No	Yes	No
Any leaking defect (Note 6)	No	Yes	No	Yes	No
Girth weld defect	No	Yes	No	Yes	Yes (Note 7)
Dent with gouge or other stress concentrator	Yes with filler	Yes	Yes with filler	Yes	No
Plain dent	Yes with filler	Yes	Yes with filler	Yes	No

Fuente: API RP 1160 Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines. 2013

#### 4.7 AMENAZAS POTENCIALES PARA LA TUBERÍA

Las tuberías transportan líquidos peligrosos, los productos son peligrosos, no las tuberías.

La tubería será altamente confiable si se diseña, opera y mantiene correctamente. De acuerdo con lo definido por API STD 1160<sup>7</sup> existen amenazas dependientes e independientes del tiempo.

## Dependientes del Tiempo

A continuación se muestran figuras esquemáticas y ejemplos de amenazas potenciales dependientes e independientes del tiempo<sup>5</sup>.

### Ilustración 5. Proceso corrosión interna

Es el deterioro o la degradación del material de la tubería en la parte interna, debido a la reacción de metal con del agua y el fluido transportado



### Ilustración 6. Proceso corrosión externa

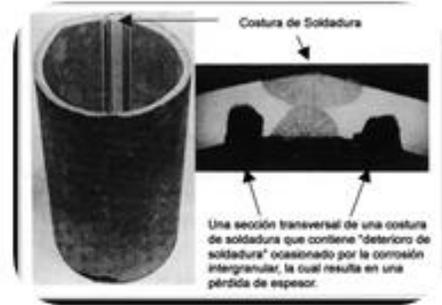
Es el deterioro o la degradación del material de la tubería en la parte externa, debido a la reacción con el ambiente que la rodea.



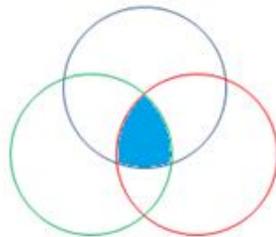
<sup>5</sup> ECOPEPETROL S.A. Programa de mantenimiento de líneas VIT 2016

### Ilustración 7. Proceso corrosión selectiva

Corrosión preferencial que ataca la zona de costura a una mayor rata que el cuerpo de la tubería

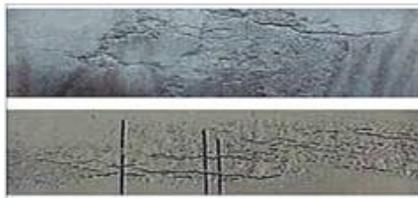


### Ilustración 8. Proceso corrosión bajo esfuerzos (SCC)



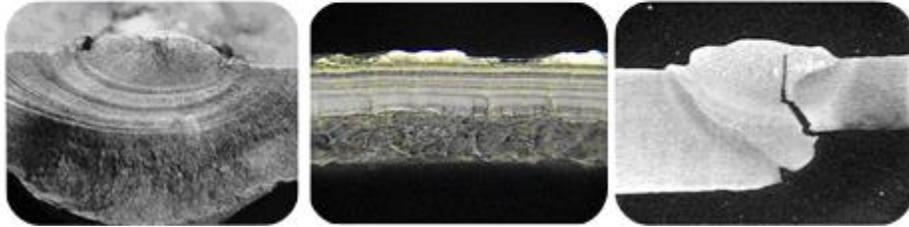
-  Material susceptible
-  Ambiente
-  Nivel de esfuerzo > 60% SMYS

1. Alto pH
2. Casi neutro pH



### Ilustración 9. Proceso Fatiga

- Es una forma de degradación mecánica que ocurre cuando un componente es expuesto a esfuerzos cíclicos por un periodo extendido, resultante en una falla súbita e inesperada
- Estos esfuerzos pueden provenir de cargas mecánicas o térmica que cíclicas que están por debajo del punto de fluencia del material.



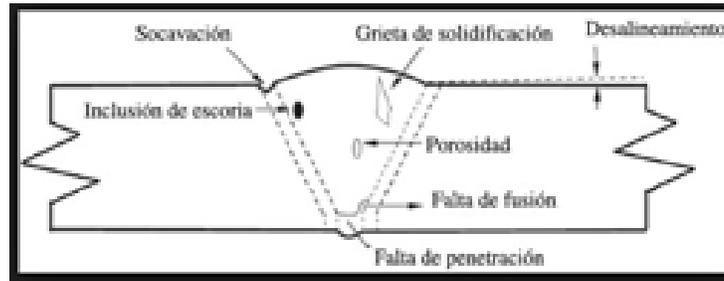
### Posiblemente Dependientes del Tiempo

A continuación se muestran figuras esquemáticas y ejemplos de amenazas potenciales posiblemente dependientes del tiempo de acuerdo con el programa de mantenimiento de líneas VIT año 2016 de Ecopetrol S.A.

### Ilustración 10. Defectos manufactura en tubería



### Ilustración 11. Defectos soldadura a tope



### Ilustración 12. Daños mecánicos en tubería

Daño mecánico (daño previo en la tubería causando una demora en la falla – vandalismo)



### Independientes del Tiempo

A continuación se muestran figuras esquemáticas y ejemplos de amenazas potenciales independientes del tiempo de acuerdo con el programa de mantenimiento de líneas VIT año 2016 de Ecopetrol S.A.

### Ilustración 13. Daños voluntarios en tubería

Daño mecánico (Causando Falla inmediata – vandalismo)



#### Operaciones incorrectas

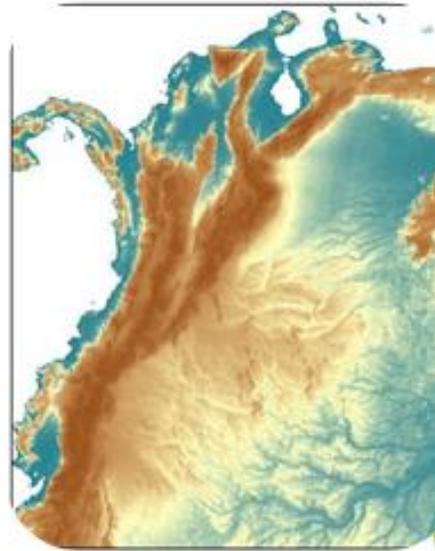
- Sobre presurización.
- Incorrecta diseño o set de válvulas para manejo de transientes y sobrepresión.
- Incorrecto manejo de válvulas (cierre – apertura).
- Sobrellenado de tanques.
- Malos procedimientos de mantenimiento y reparación.

#### Fallas de equipo

- Bombas
- Válvulas
- Sellos
- Equipos de medición
- Trampas de raspadores

## Ilustración 14. Eventos geotécnicos

Clima y fuerzas externas



### 4.8 ÁREAS DE ALTA CONSECUENCIA

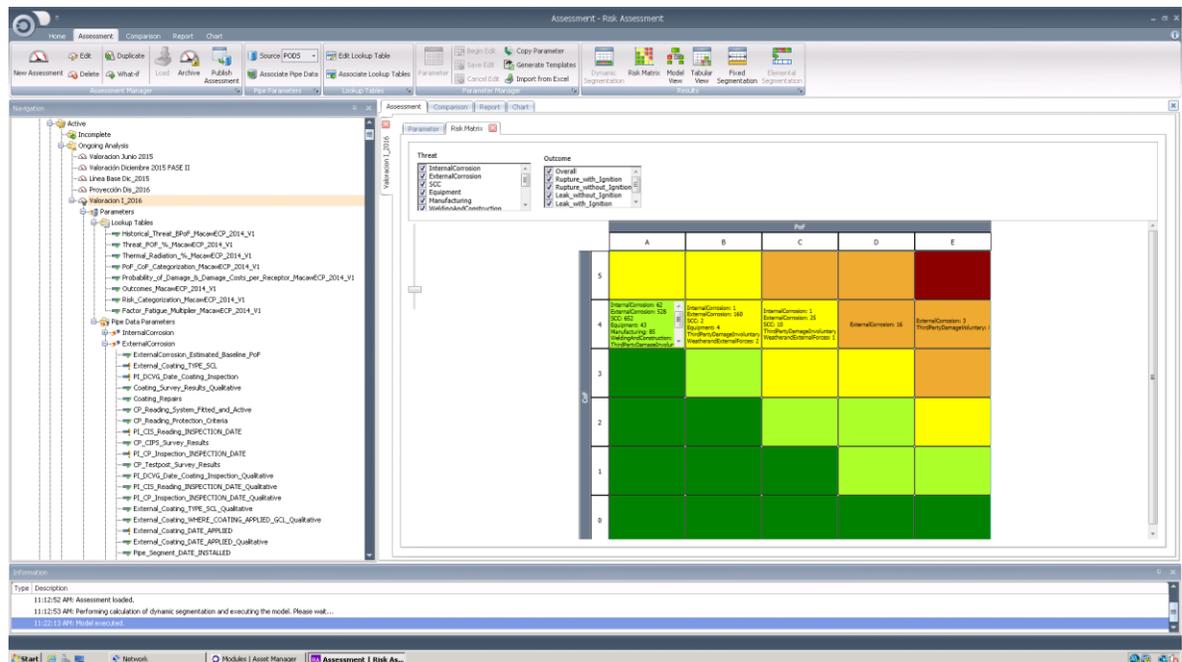
La definición dada por el estándar API STD 1160<sup>7</sup>, HCA: Son locaciones donde un sistema de transporte puede llegar a tener un efecto adverso significativo o inusual en un área sensible, tales como poblaciones y/o cuerpos de aguas navegables o comerciales.

Para la valoración de riesgos en ductos se realizó la actualización de los parámetros mostrados en la tabla, los valores cargados se encuentran disponibles en las plantillas de la herramienta SAIT.

**Tabla 3. Parámetros Variable Consecuencia**

PARÁMETRO ACTUALIZADO	FUENTE
Volúmenes de derrame	Simulador hidráulico VIT-ECP.
Exposición Térmica permisible personas	Grupo de Riesgos VIT-ECP.
Densidad poblacional	Grupo de Riesgos VIT-ECP. SIG-VIT
Caudal	Ficha técnica ductos.
Costos	Operación y Mantenimiento Norte
Tiempos de atención	Operación y Mantenimiento Norte

**Ilustración 15. Herramienta SAIT (matriz de riesgos)**



## 5. ASPECTOS METODOLÓGICOS

La metodología aplicada incluyó identificar las amenazas que aplican a los sistemas de tubería, de acuerdo con lo definido en el Anexo A del estándar API STD 1160 ed. 2013, lo segundo es validar los planes de mantenimiento de ductos, que se ejecutan para tratar cada una de las amenazas identificadas, lo tercero es diligenciar la información obtenida en el programa virtual de valoración de riesgos (SAIT), incluye respuestas genéricas predefinidas y por ultimo analizar los resultados de las valoraciones.

### 5.1 CORROSIÓN EXTERNA

Para el control de corrosión externa se tienen instalados sistemas de protección catódica y recubrimientos (tipo TPP, alquitrán, epoxicos, uretanos), las inspecciones periódicas son realizadas de acuerdo a lo establecido en los estándares internacionales NACE y API y Regulaciones federales DOT.

**5.1.1 Sistemas de protección catódica** Los sistemas de protección catódica de las tuberías, se inspeccionan anualmente mediante la técnica de potenciales poste a poste y para el caso de las unidades rectificadoras, mensualmente. Los rectificadores tienen asociado un sistema de monitoreo remoto, el cual realiza un seguimiento a las principales variables eléctricas de operación y permite calcular la disponibilidad del equipo.

**5.1.2 Recubrimientos** Principal sistema de protección contra la corrosión externa, su inspección se realiza basada en condición, mediante inspección directa (tubería aérea) y la técnica de gradiente de voltaje - corriente directa (tubería enterrada).

Para condiciones específicas tales como cruces de carretera o cuerpos de agua, se aplica la técnica de mapeo de corriente.

La frecuencia de inspección de los recubrimientos es de 5 años, adicional cabe citar que se tiene un plan de reparaciones para cada uno de los sistemas.

La información de corrosión externa fue analizada para cada uno de los sistemas de tubería y se relaciona en las siguientes tablas.

**Tabla 4. Información Técnica Corrosión externa GS16, GCH12, GS12**

<b>Sistema</b>	<b>Galan Sebastopol 16"</b>	<b>Galan Chimita 12"/6"</b>	<b>Galan Sebastopol 12"</b>
Recubrimiento	Alquitrán	Alquitrán	Alquitrán
Inspección poste a poste	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016
URPC	Diciembre 2015. Noviembre 2016	Diciembre 2015. Noviembre 2016	Diciembre 2015. Noviembre 2016
Inspección DCVG	Año 2012	Año 2014	Año 2012
Análisis de suelos	Año 2012	Año 2014	Año 2012
Inspección de aislamientos	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016
Interferencias AC y DC	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016
Inspección de cruces encamisados	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016

**Tabla 5. Información Técnica Corrosión externa PPG14, GS8**

<b>Sistema</b>	<b>Pozos - Galan 14</b>	<b>Galan Sebastopol 8"</b>
Recubrimiento	Alquitrán	Alquitrán
Inspección poste a poste	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016
URPC	Diciembre 2015. Noviembre 2016	Diciembre 2015. Noviembre 2016

<b>Sistema</b>	<b>Pozos - Galan 14</b>	<b>Galan Sebastopol 8”</b>
Inspección DCVG	Año 2016	Año 2016
Análisis de suelos	Año 2015	Año 2012
Inspección de aislamientos	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016
Interferencias AC y DC	Años 2015 y 2016	Año 2015
Inspección de cruces encamisados	No aplica	Años 2015 y 2016

## 5.2 CORROSIÓN INTERNA

Para el control de corrosión interna se tienen instalados sistemas de monitoreo mediante cupones metálicos, programas de limpieza interna de tuberías mediante raspadores (marranos-go devil) e inyección de inhibidores de corrosión, las inspecciones periódicas son realizadas de acuerdo a las mejores prácticas del operador.

**Tabla 6. Información Técnica Corrosión interna GS16, GCH12, GS12**

<b>Sistema</b>	<b>Galan Sebastopol 16”</b>	<b>Galan Chimita 12”/6”</b>	<b>Galan Sebastopol 12”</b>
Limpieza interna	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016
Monitoreo corrosivo	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016
Inhibidor	Si	No aplica	No aplica

**Tabla 7. Información Técnica Corrosión interna PPG14, GS8**

Sistema	Pozos - Galan 14	Galan Sebastopol 8"
Limpieza interna	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016
Monitoreo corrosivo	Años 2015 y 2016	Años 2015 y 2016
Inhibidor	Si únicamente Sistema Pozos Copey	No aplica

### 5.3 SCC AGRIETAMIENTO POR CORROSIÓN BAJO ESFUERZOS

Para la evaluación de esta amenaza, se debe disponer de la información de corrosión externa (ver tabla 3 y 4), condiciones operacionales del sistema (ver tabla 1 y 2) y reportes de eventos de falla.

### 5.4 DEFECTOS DE MANUFACTURA

Para la evaluación de esta amenaza, se debe disponer de la información de inspecciones en línea (ILI) de cada uno los sistemas de tubería, (se realiza énfasis en las anomalías reportadas como de manufactura) y reportes de eventos de falla.

**Tabla 8. Información técnica manufactura**

Sistema	ILI	Anomalías Manufactura	Restringe operación
Galan Sebastopol 16"	Año 2011	Si	No
Galan Chimita 12"/6"	Año 2011 / Año 2014 / Año 2016	Si	No
Galan Sebastopol 12"	Año 2011 / Año 2014	Si	No
Pozos - Galan 14	Año 2013 Sistema Poz Cop 14	Si	No
Galan Sebastopol 8"	Año 2010 / Año 2015	Si	No

## 5.5 DEFECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y SOLDADURA

Para la evaluación de esta amenaza, se debe disponer de la información de inspecciones en línea (ILI) de cada uno los sistemas de tubería, (se realiza énfasis en las anomalías reportadas como de construcción y soldadura) y reportes de eventos de falla.

**Tabla 9. Información técnica construcción**

Sistema	ILI	Anomalías Construcción	Restringe operación
Galan Sebastopol 16"	Año 2011	Si	No
Galan Chimita 12"/6"	Año 2011 / Año 2014 / Año 2016	Si	No
Galan Sebastopol 12"	Año 2011 / Año 2014	Si	No
Pozos - Galan 14	Año 2013 Sistema Poz Cop 14	Si	No
Galan Sebastopol 8"	Año 2010 / Año 2015	Si	No

## 5.6 FALLAS DE EQUIPOS

Para la evaluación de esta amenaza, se debe disponer de la información de inspecciones y mantenimiento realizados a las válvulas de seccionamiento, de cada uno los sistemas de tubería y reportes de eventos de falla. Adicional en sistemas de transporte que cuenten con válvulas de operación remota, se debe incluir estudio de trascientes hidráulicos. Para el caso de las unidades de bombeo, se incluyen en la filosofía de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), cuyo modelo de riesgos no hace parte de este estudio de caso.

**Tabla 10. Información técnica equipos**

Sistema	Válvulas	Eventos de falla	Operación Remota
Galan Sebastopol 16"	20	No	No
Galan Chimita 12"/6"	16	No	No
Galan Sebastopol 12"	18	No	No
Pozos - Galan 14	43	No	Si
Galan Sebastopol 8"	18	No	No

### 5.7 DAÑOS POR TERCEROS VOLUNTARIOS

Para la evaluación de esta amenaza, se debe disponer del historial de atentados y válvulas ilícitas, información de inspecciones al derecho de vía y reportes de patrullajes de control de pérdidas.

**Tabla 11. Información daños voluntarios**

Sistema	Válvulas Ilícitas	Atentados	Inspección DDV
Galan Sebastopol 16"	2	0	Si, bimestral
Galan Chimita 12"/6"	0	1	Si, bimestral
Galan Sebastopol 12"	1	0	Si, bimestral
Pozos - Galan 14	7	0	Si, bimestral
Galan Sebastopol 8"	0	0	Si, bimestral

### 5.8 DAÑOS POR TERCEROS INVOLUNTARIOS

Para la evaluación de esta amenaza, se debe disponer reportes de falla, inspección del derecho de vía e información de señalización "one call".

**Tabla 12. Información daños involuntarios**

Sistema	Reportes de Falla	Señalización	Inspección DDV
Galan Sebastopol 16"	No	Si	Si, bimestral
Galan Chimita 12"/6"	No	Si	Si, bimestral
Galan Sebastopol 12"	No	Si	Si, bimestral
Pozos - Galan 14	No	Si	Si, bimestral
Galan Sebastopol 8"	No	Si	Si, bimestral

### 5.9 OPERACIONES INCORRECTAS

Para la evaluación de esta amenaza, se debe disponer reportes de falla (soldaduras), perfil objetivo hidráulico del sistema de transporte y anomalías de distorsión de diámetro.

**Tabla 13. Información operaciones incorrectas**

Sistema	Reportes de Falla	Perfil Objetivo	Información Anomalías
Galan Sebastopol 16"	No	Si, 2015/2016	Si
Galan Chimita 12"/6"	No	Si, 2015/2016	Si
Galan Sebastopol 12"	No	Si, 2015/2016	Si
Pozos - Galan 14	No	Si, 2015/2016	Si
Galan Sebastopol 8"	No	Si, 2015/2016	Si

### 5.10 CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS

Para la evaluación de esta amenaza, se debe disponer inspecciones al derecho de vía, diagnósticos geotécnicos del derecho de vía, obras de estabilización, informes de zonas de deformación por curvado y movimiento de tubería (BS-PM), monitoreo topográfico y sensores de deformación (hilo vibrátil).

**Tabla 14. Información clima y fuerzas externas**

<b>Sistema</b>	<b>Diagnostico Geotécnico</b>	<b>Reportes BS-PM</b>	<b>Monitoreo Topográfico / FBG</b>
Galan Sebastopol 16"	Si, 2014	Si, 2015	Si
Galan Chimita 12"/6"	Si, 2014	Si, 2015	Si
Galan Sebastopol 12"	Si, 2014	Si, 2015	No aplica
Pozos - Galan 14	Si, 2014	Si, 2015	No aplica
Galan Sebastopol 8"	Si, 2014	Si, 2016	No aplica

## 6. RESULTADOS

Los resultados de valoración de riesgo, se presentan consolidados para cada una de las vigencias año 2015 y 2016, respectivamente, discriminados por amenazas y plan de mantenimiento ejecutado, en su orden se presentaran de acuerdo con lo definido en el Anexo A del estándar API STD 1160, para las que apliquen.

### 6.1 AÑO 2015

Inicialmente se debe determinar la longitud total del sistema de transporte a evaluar, para definir el indicador: longitud vs riesgo por amenaza (KM/Alarp<sup>6</sup>).

---

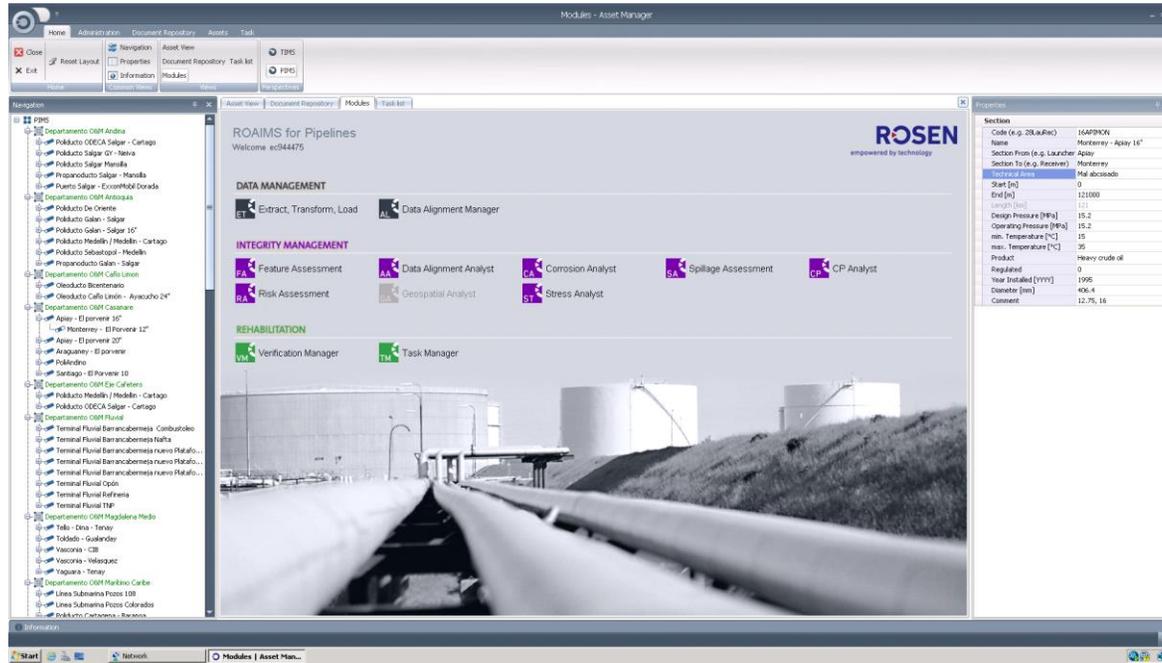
<sup>6</sup> ALARP As Low As Reasonably Practicable: Tan bajo como sea razonablemente posible.

**Tabla 15. Longitud de sistemas de transporte**

No	Sistemas	Tramos	Diámetro	Servicio	Longitud (KM) por Sistema
1	Poliducto Pozos Colorados –Ayacucho - Galán	Pozos Colorados - El Copey	14”	Nafta	126.33
		El Copey – Ayacucho	14”	Nafta	194.72
		Ayacucho-Galán	14”	Nafta	190.70
2	Poliducto Galán-Chimitá	Galán-Lizama Lizama-Trampa Tienda Nueva Trampa Tienda Nueva – Trampa Guayacan Trampa Guayacan – Chimita	6”	Gasolina/ Diésel	95,9
3	Poliducto Galán-Salgar 12”	Galán-Sebastopol 12”	12”/10”	Gasolina/ Diésel	115,7
4	Poliducto Galán-Salgar 16”	Galán-Sebastopol 16”	16”	Gasolina/ Diésel	114,35
5	Propanoducto Galán-Salgar 8”	Galán-Sebastopol 8”	8”	LPG	115,29
<b>LONGITUD TOTAL</b>					<b>952,24</b>

Posteriormente analizada la información de mantenimiento, se diligencia en la plataforma (SAIT), el resultado se visualiza en la siguiente tabla y gráfica.

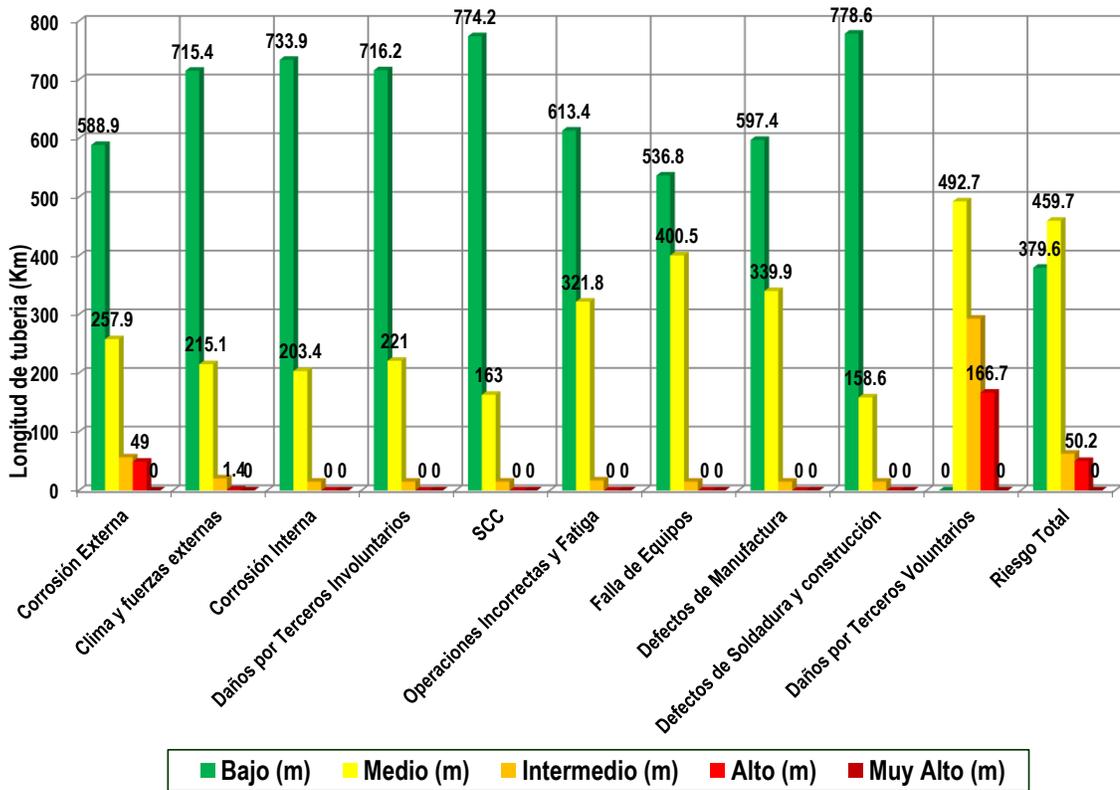
Ilustración 16. Herramienta SAIT (Modulo de Susceptibilidad)



**Tabla 16. Consolidado Riesgo Ductos OM Norte año 2015**

Nivel de Riesgo	Corrosión Externa	Clima y fuerzas externas	Corrosión Interna	Daños por Terceros Involuntarios	SCC	Operaciones Incorrectas y Fatiga	Falla de Equipos	Defectos de Manufactura	Defectos de Soldadura y construcción	Daños por Terceros Voluntarios	Riesgo Total
Bajo (KM)	588.9	715.4	733.9	716.2	774.2	613.4	536.8	597.4	778.6	0.0	379.6
Medio (KM)	257.9	215.1	203.4	221.0	163.0	321.8	400.5	339.9	158.6	492.7	459.7
Intermedio (KM)	56.4	20.5	15.0	15.0	15.1	17.1	15.0	15.0	15.0	292.8	62.7
Alto (KM)	49.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.7	50.2
Muy Alto (KM)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (KM)</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>	<b>952.2</b>

**Gráfica 1. Distribución de Riesgo por Amenazas OM Norte año 2015**



### 6.1.1 Corrosión externa

**6.1.1.1 Interfaces aéreo-enterradas** Las interfases aero-enterradas son secciones de tubería susceptibles a corrosión externa, el mecanismo de daño más frecuente es desprendimiento del recubrimiento y es picaduras.

### **Ilustración 17. Ejemplo de Interfase aero-enterrada**



#### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No hay evidencia de daños.

#### **Sistema Galán Sebastopol 16”**

No hay evidencia de daños.

#### **Sistema Galán Sebastopol 12”**

No hay evidencia de daños.

#### **Sistema Galán Sebastopol 8”**

No hay evidencia de daños.

#### **Sistema Galán Chimita 12/6”**

No hay evidencia de daños.

**6.1.1.2 Reparaciones (incluye reemplazos de sección de tubería).** Las reparaciones de sistemas de tubería se enfocan a rehabilitar el recubrimiento y/o reforzar mecánicamente el ducto, ya sea con encamisados metálicos, poliméricos o cambios de sección.

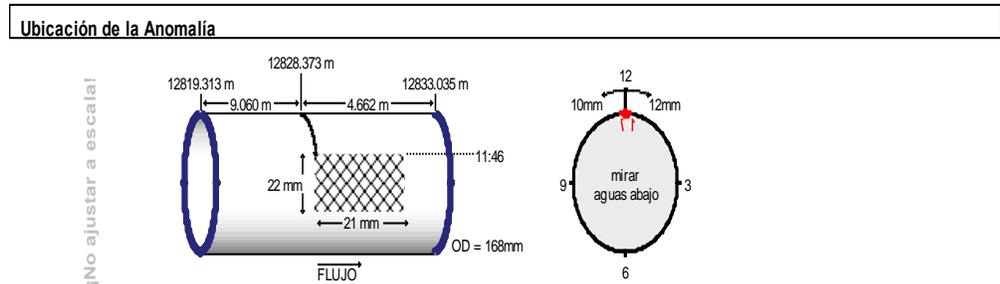
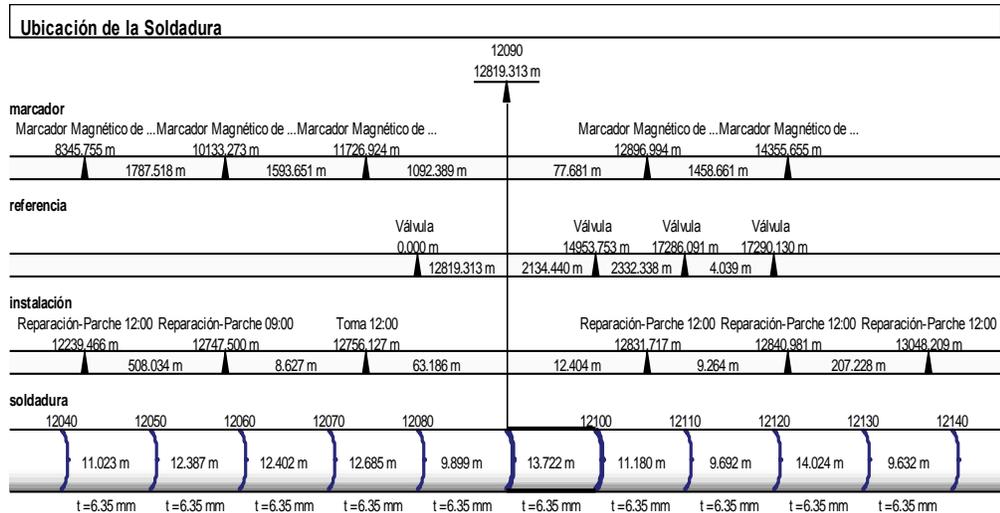
**Ilustración 18. Reparación mecánica mediante camisa tipo B**



**Ilustración 19. Reparación del recubrimiento**



## Ilustración 20. Hoja de excavación para identificación de anomalías en campo



Información de la Anomalia											
dist.del reg.:	12828.373 m	latitud:	N 07° 06' 07.633"	longitud:	W 73° 12' 17.822"	altura:	1111.036 m	esp.:	6.35 mm	pos.horaria:	11:46
identif.de anom.:	Corrosión	loc.en superficie:	EXT	prof. máx.:	65 %	long.:	21 mm	ancho:	22 mm	ERF 0.85 dL:	0.55
comentario:	indicaciones adicionales    grupo: -										

Fuente Rosoft (Rosen)

### Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”

No hay evidencia de daños relevantes en el recubrimiento. Con respecto a anomalías de la tubería se realizaron las reparaciones programadas en las abcisas KM 106+496, KM 116+222 y KM 124+849 del Sistema Pozos Copey.

### Sistema Galán Sebastopol 16”

Se ejecutaron cambios de recubrimiento en los segmentos KM 0+910, KM 0+918, KM 0+981, KM 1+077, KM 0+923, KM 0+972 KM 1+018, KM 1+018 KM 1+021,

KM 1+018, KM 1+034, KM 1+077, KM 0+923, KM 0+972 KM 0+981, KM 0+997, KM 1+001, KM 52+922. Con respecto a anomalías de la tubería, se realizaron las reparaciones programadas en las abscisas KM 0+027, KM 0+986, KM 0+952, KM 0+028, KM 1+018, KM 0+983, KM 0+031, KM 1+036, KM 1+078.

### **Sistema Galán Sebastopol 12”**

Se ejecutó un cambio de recubrimiento y la reparación de una anomalía en el KM 19+137.

### **Sistema Galán Sebastopol 8”**

Se ejecutaron cambios de recubrimiento y reparaciones de anomalías en las abscisas KM 31+334, KM 36+209, KM 36+207 y KM 31+334. Adicional se realizaron reposiciones de tubería en KM 29+666, KM 70+354, KM 70+354 y KM 93+000.

### **Sistema Galán Chimita 12/6”**

Se ejecutaron cambios de recubrimiento y reparaciones de anomalías en las abscisas:

**Tramo Galan Lizama** KM 13+943, KM 0+011, KM 0+326, KM 32+772. Adicional se realizó una reposición de tubería en KM 6+842.

**Tramo Lizama Tienda Nueva** KM 8+722.37, KM 6+404.38, KM 5+752.34, KM 6+860.83, KM 6+857.60, KM 6+305.62, KM 7+705.72, KM 4+951.28, KM 6+872.83, KM 6+864.51, KM 6+862.12, KM 0+067.37, KM 5+000.27, KM 6+804.02, KM 3+730.07, KM 5+647.98, KM 0+159.86, KM 5+002.18, KM 4+997.57, KM 3+730.34, KM 0+159.03, KM 5+647.78, KM 0+157.91, KM 7+680.15, KM 5+787.64, KM 8+991.20, KM 6+404.27, KM 5+613.33, KM 2+988.16, KM 3+847.66, KM 6+915.15, KM 6+152.42, KM 0+153.70, KM

5+649.12, KM 0+166.46, KM 6+856.46, KM 0+155.74, KM 2+988.42, KM 3+729.65, KM 3+729.94, KM 4+948.80, KM 6+869.47.

**Tramo Guayacán Chimita** KM 6+657.29, KM 6+711.04, KM 0+690.83, KM 10+741.42, KM 4+781.55, KM 8+134.41, KM 8+134.87, KM 8+133.94, KM 6+471.29, KM 6+471.03, KM 8+133.63, KM 8+134.34, KM 0+120.01, KM 1+293.60, KM 1+360.53, KM 1+490.50, KM 2+205.82, KM 3+986.43, KM 5+124.81, KM 6+908.24, KM 7+381.80, KM 12+209.05, KM 13+153.82, KM 14+286.44, KM 4+926.32, KM 4+936.44, KM 5+840.00, KM 7+097.62, KM 7+240.23, KM 7+493.57, KM 7+505.35, KM 7+024.21, KM 4+780.84, KM 2+199.17, KM 4+261.39, KM 7+126.85, KM 7+023.81, KM 7+131.97, KM 4+388.55, KM 7+744.98, KM 3+518.65, KM 4+781.85, KM 7+503.38, KM 7+440.97, KM 7+678.69, KM 4+166.16, KM 4+812.43.

**6.1.1.3 Inspección URPC** La información reportada en la valoración corresponde a la evaluación consolidada del año 2015.

**Ilustración 21. Inspección unidad rectificadora**



**Tabla 17. Unidades rectificadoras Sistema Pozos Colorados - El Copey – Ayacucho**

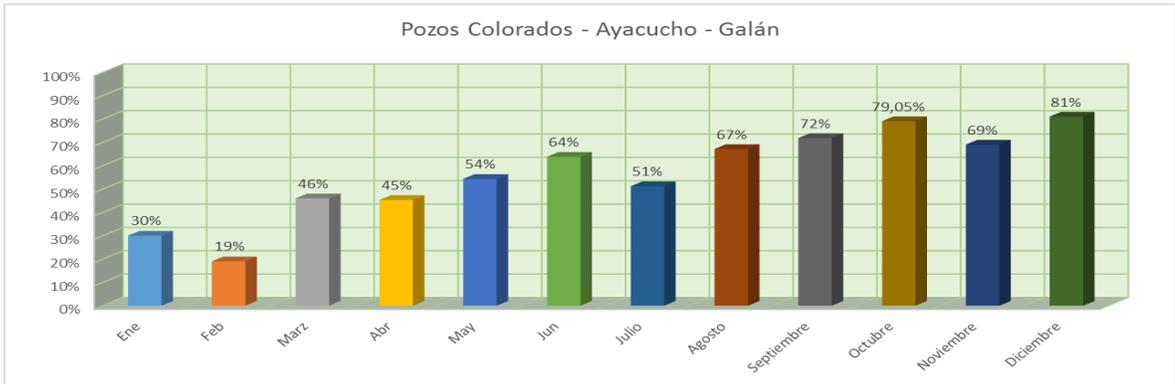
DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ULTIMA INSPECCIÓN	ESTADO	% DISPONIBILIDAD
San Pablo	34+780	26/12/2015	Operativa	85.1
Aracataca sur	73+950	27/12/2015	Operativa	89,7
El Copey	126+000	31/12/2015	Operativa	98.3
Canoas	186+882	28/12/2015	Operativa	66.7
Champan	246+435	28/12/2015	Operativa	82.8
El Chulo	289+163	28/12/2015	Operativa	90.7

**Tabla 18. Unidades rectificadoras Sistema Ayacucho – Galán 14”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ULTIMA INSPECCIÓN	ESTADO	% DISPONIBILIDAD
Besote	333+500	21/12/2015	Operativa	96.6
Gamarra	355+351	22/12/2015	Fuera de servicio	0
San Martin	398+176	23/12/2015	Operativa	40.6
Tropezón	429+728	24/12/2015	Operativa	11.7
Sogamoso	486+569	25/12/2015	Operativa	87.1
La Cabaña	503+469	26/12/2015	Operativa	70.5

Para el cálculo del porcentaje de disponibilidad se descargan los reportes de variables operativas (corriente, voltaje, potencial eléctrico, etc), que administran las unidades de monitoreo remoto (UMR), estos equipos están conectados eléctricamente a las unidades rectificadoras.

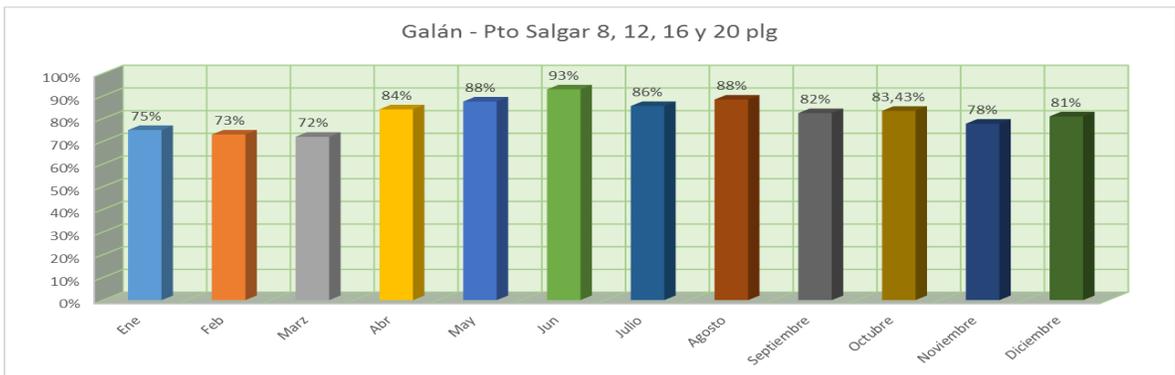
**Gráfica 2. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras PPG14**



**Tabla 19. Unidades rectificadoras Galan Sebastopol 8”/12”/16”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ULTIMA INSPECCIÓN	ESTADO	% DISPONIBILIDAD
San Silvestre	008+247	10/07/2015	Operativa	92.97
La Colorada	029+816	10/07/2015	Operativa	84.62
Puerto Parra	071+292	09/07/2015	Operativa	79.74
Las Orquídeas	097+320	08/07/2015	Operativa	90.89
Chucuri	50+528	09/07/2015	Operativa	89.44
Santa Martha	89+901	08/07/2015	Operativa	77.74

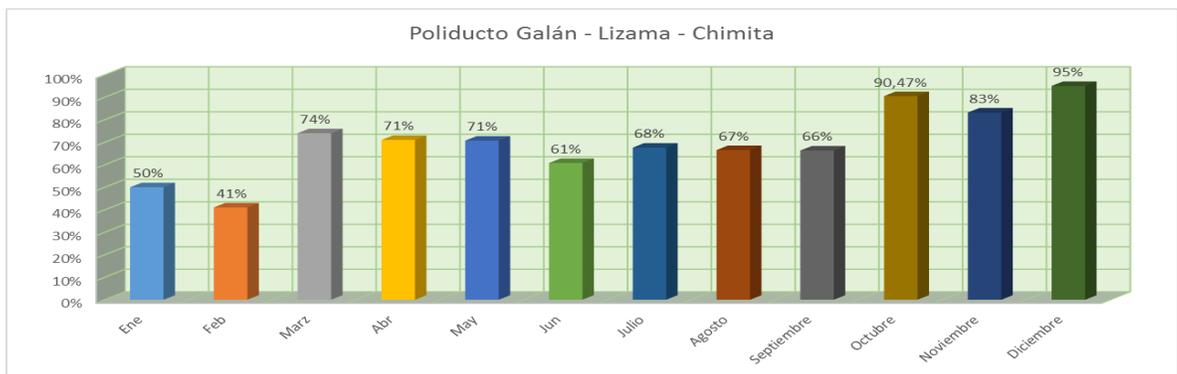
**Gráfica 3. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras GS8/12/16**



**Tabla 20. Unidades rectificadoras Galan Chimita 12”/6”**

Tramo	Descripción	KM CAMPO	Fecha ultima inspección	Estado	% Disponibilidad
Galán - Lizama	San Silvestre	8+210	10/07/2015	Operativa	92.97
	La Virgen	14+971	13/07/2015	Fuera de Servicio	31.68
	Telecom	34+053	13/07/2015	Operativa	95.67
Tienda Nueva - Guayacan	Los Amores	66+000	15/07/2015	Operativa	94.47
Trampa Guayacan - Chimita	EL Guamito	85+045	15/07/2015	Operativa	82.40

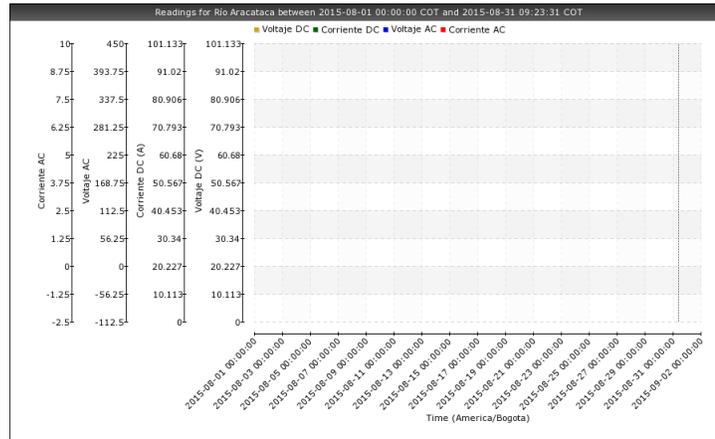
**Gráfica 4. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras GCH12/6**



**Ilustración 22. Inspección unidad de monitoreo remoto**



### Ilustración 23. Reporte de datos unidad monitoreo remoto (UMR)



**6.1.1.4 Inspección poste a poste** Lectura de potenciales eléctricos de protección catódica en estaciones de prueba, normalmente por cada kilómetro de longitud de tubería.

### Ilustración 24. Inspección poste a poste



### Sistema Pozos Colorados - Ayacucho 14''

El Sistema se encuentra protegido catódicamente y cumple con el 80% del criterio potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

**Sistema Ayacucho – Galán 14”**

El Sistema se encuentra desprotegido catódicamente y únicamente cumple con el 40% del criterio potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

El Sistema se encuentra protegido catódicamente en un 95%, cumpliendo con el criterio de potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

El Sistema se encuentra protegido catódicamente en un 90%, cumpliendo con el criterio de potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

El Sistema se encuentra desprotegido catódicamente y únicamente cumple con el 33% del criterio potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

El Sistema se encuentra protegido catódicamente en un 83%, cumpliendo con el criterio de potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

**6.1.1.5 Inspección DCVG-PCM** Tecnología que utiliza la medición continua de gradientes de voltaje de corriente directa para el diagnóstico del estado de los recubrimientos de tuberías enterradas.

## **Ilustración 25. Inspección DCVG**



### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No hay evidencia de daños en el recubrimiento.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR entre 10 al 70%.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR mayores al 70%.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR entre el 35 al 70%.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR entre el 35 al 70%.

**6.1.1.6 Análisis de suelo** Existen metodologías para evaluar la corrosividad de un suelo, una de las más empleada es la de NACE, la cual incluye estudios de resistividad eléctrica, determinación de bacterias, medición de parámetros como pH, carbonatos, sulfatos, cloruros, granulometría, etc.

#### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

Los valores de resistividad de suelo se encuentran entre los intervalos 1000 - 5000 ohm-cm y 5001-10000 ohm-cm - Se desconoce la presencia de bacterias y la corrosividad del suelo.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Los valores de resistividad de suelo se encuentran entre los intervalos 1000 - 5000 ohm-cm, el conteo de bacterias BPA está entre  $10^4$  -  $10^6$  Bac/ml, se desconoce la cantidad de bacterias SRB, el valor del pH oscila entre 5.5 - 6.5.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Los valores de resistividad de suelo se encuentran entre los intervalos 1000 - 5000 ohm-cm, el conteo de bacterias BPA está entre  $10^4$  -  $10^6$  Bac/ml, se desconoce la cantidad de bacterias SRB, el valor del pH oscila entre 5.5 - 6.5.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Los valores de resistividad de suelo se encuentran entre los intervalos 1000 - 5000 ohm-cm, el conteo de bacterias BPA está entre  $10^5$  -  $10^6$  Bac/ml y bacterias SRB está entre  $10^3$  -  $10^4$  Bac/ml, el valor del pH oscila entre 5.5 - 6.5.

#### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Los valores de resistividad de suelo se encuentran entre los intervalos 1000 - 5000 ohm-cm, se desconoce la corrosividad del suelo y presencia de bacterias.

**6.1.1.7 Aislamientos eléctricos (bridas y estructuras)** Mediante la técnica de radiofrecuencia, se puede determinar si existe continuidad eléctrica, entre estructuras metálicas separadas por un material aislante, el ejemplo más común es la unión bridada.

**Ilustración 26. Inspección del aislamiento eléctrico en uniones bridadas**



**Tabla 21. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Pozos Colorados	0+008	Julio 2015	Si	Operativa
Ayacucho	321+160	Julio 2015	Si	Operativa
Ayacucho	322+000	Febrero 2015	Si	Operativa
Galán	508+489	Febrero 2015	Si	Operativa

**Tabla 22. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 16”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Galán	0+000	Abril 2015	Si	Corto
Sebastopol	114+320	Abril 2015	No	No Está Instalado

**Tabla 23. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 12”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Galán	0+000	Abril 2015	Si	Corto
Sebastopol	115+579	Abril 2015	Si	Aislado

**Tabla 24. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 8”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Galán	0+082	Febrero 2015	No	No tiene aislamiento
Sebastopol	115+237	Marzo 2015	No	No tiene aislamiento

**Tabla 25. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Chimita 12”/6”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Galán	0+000	Julio 2015	Si	Corto
Chimita	96+000	Julio 2015	Si	Operativo

**6.1.1.8 Interferencias AC** El problema con este tipo de interferencias son más de tipo seguridad ocupacional para el personal que ejecuta la labor. Desde el punto de vista de corrosión, es muy poco probable que se genere algún tipo de daño en la tubería, por influencia de corrientes AC.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

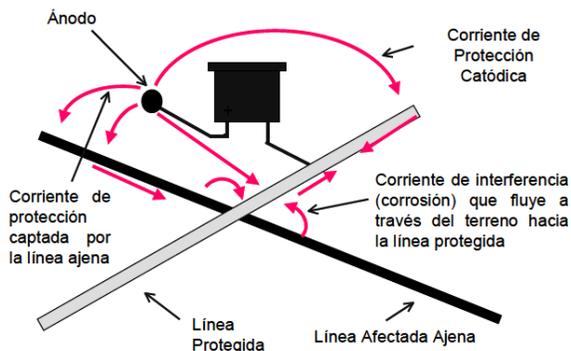
No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC.

**6.1.1.9 Interferencias DC** Las interferencias eléctricas son corrientes estáticas o dinámicas, alternas o directas, que tienden a circular por caminos eléctricos distintos al circuito deseado. El problema de las interferencias, es que puede favorecer procesos de corrosión localizada de muy alta tasa de deterioro.

### **Ilustración 27. Interferencias eléctricas en sistemas de protección catódica de tuberías**



Fuente: Figura 7.6 del Manual CP2 Técnico protección catódica de NACE año 2010.

### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

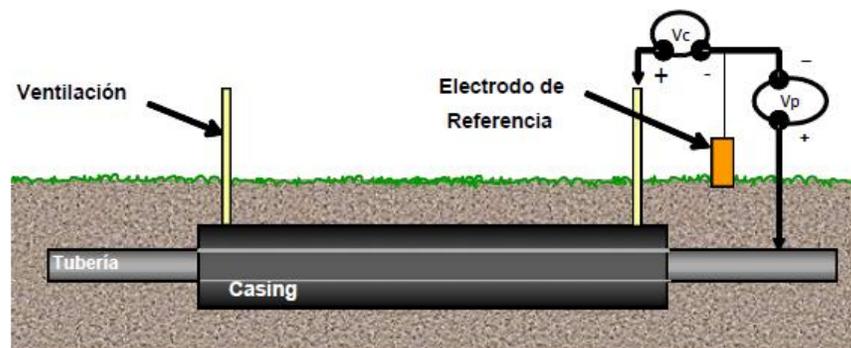
No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC.

**6.1.1.10 Inspección de cruces encamisados** El objetivo de verificar los potenciales eléctricos en cruces encamisados, es determinar si hay continuidad eléctrica entre el encamisado y la tubería, ya sea por contacto metálico o electrolítico. La inspección del cruce encamisado define si se requieren acciones para restablecer la condición de aislamiento eléctrico entre ambas estructuras metálicas.

### **Ilustración 28. Medición de potencial eléctrico en cruce encamisado**



Fuente: Figura 6.54 del Manual CP2 Técnico protección catódica de NACE año 2010

### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No cuenta con cruces encamisados.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Se presenta corto electrolítico en el KM 0+745.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Se presenta corto electrónico en el KM 112+043.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Se presenta corto electrolítico en el KM 108+911, KM 109+141, KM 110+046, KM 110+627, KM 113+183 y KM 114+766.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Tramo Galan Lizama se presenta corto electrónico en el KM 0+197 y KM 0+273.

Tramo Lizama Tienda Nueva se presenta corto electrónico en el KM 0+018 y KM 0+087.

Tramo Tienda Nueva Guayacán no cuenta con cruces encamisados.

Tramo Guayacán Chimita no cuenta con cruces encamisados.

### **6.1.1.11 Fallas corrosión exterior**

#### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

La línea no ha fallado por Corrosión Exterior.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

La línea no ha fallado por Corrosión Exterior.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

La línea no ha fallado por Corrosión Exterior.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

La línea no ha fallado por Corrosión Exterior.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

En el tramo Galan Lizama KM 23+968 se presentó una falla por corrosión exterior, los tramos restantes no han presentado fallas.

## **6.1.2 Corrosión interna**

### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

El producto transportado es: Nafta y Diesel.

Flujo: 4500 BPH.

Temperatura producto: 42°C.

Velocidad de flujo: 1.9 m/seg.

Tiempo de Operación: 24 horas.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

El producto transportado es: Refinados (Diesel).

Flujo: 6000BPH.

Temperatura producto: 38°C.

Velocidad de flujo: 2,83 m/seg.

Tiempo de Operación: 24 Horas.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

El producto transportado es: Productos Refinados en Baches.

Flujo promedio: 3200 BPH.

Temperatura producto: 36.1°C.

Velocidad de flujo: 3,69m/seg.

Tiempo de Operación: 24H.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

El producto transportado es: Propano, Productos Refinados, GLP.

Flujo: 600BPH.

Temperatura producto: 35°C.

Velocidad de flujo: 0.9 m/s.

Tiempo de Operación: 12 horas diarias.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

El producto transportado es: Productos Refinados en Baches (Gasolina, Diesel, GLP).

Flujo Galán a Lizama: 1100 BPH.

Flujo Lizama a Chimita: 600BPH

Temperatura producto: 38°C.

Velocidad de flujo: 0,66m/seg.

Tiempo de Operación: 24 horas diarias.

**6.1.2.1 Tasa de corrosión generalizada** La cuantificación de la velocidad de corrosión general y localizada se realiza con base en el estándar NACE SP 0775<sup>7</sup>, su cálculo se hace mediante el uso de cupones gravimétricos y bio-cupones tipo “stud”, expuestos al fluido objeto de análisis.

### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

Valor desconocido.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

El valor reportado por cupones gravimétricos es de 0,2377 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

---

<sup>7</sup> Standard Recommended Practice Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

El valor reportado por cupones gravimétricos es de 0,440 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

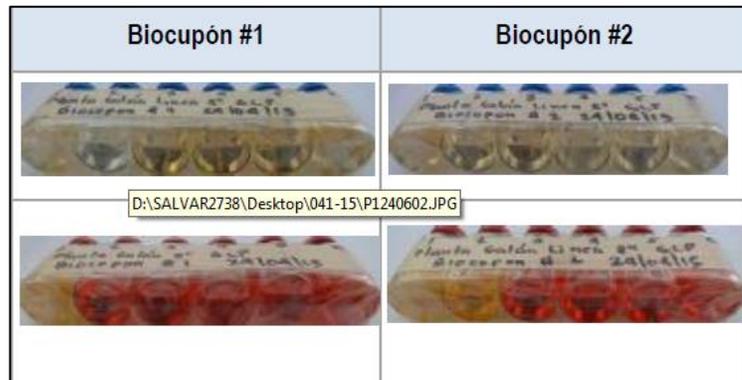
El valor reportado por cupones gravimétricos es de 2,096 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

El valor reportado por cupones gravimétricos es de 0,256 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

### **6.1.2.2 Tasa de corrosión localizada**

**Ilustración 29. Recuento microbiológico usando viales**



### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

El valor reportado en el Sistema Pozos Copey es de 8.76 mpy, para el Sistema Copey hasta Galán es desconocido.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

El valor reportado por biocupones es de 4,3371 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

El valor reportado por biocupones es de 4,406 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

El valor reportado por biocupones es de 2,127 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

El valor reportado por biocupones es de 3,485 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

**6.1.2.3 Limpiezas internas** Es una muy buena práctica del operador de ductos, realzar limpieza interna de las tuberías mediante el uso de herramientas denominadas raspadores, las cuales dependiendo de su configuración, alcanzan un grado de limpieza y arrastre de sólidos.

### **Ilustración 30. Raspador de discos y platina posterior a la limpieza**



**Tabla 26. Cumplimiento de limpieza interna Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

<b>SISTEMA</b>	<b>CUMPLIMIENTO ACUMULADO</b>
Pozos Colorados – El Copey 14”	100%
El Copey – Ayacucho 14”	100%
Ayacucho – Galán 14”	100%

**Tabla 27. Cumplimiento de limpieza interna Galan – Sebastopol 8/12/16”**

<b>SISTEMA</b>	<b>CUMPLIMIENTO ACUMULADO</b>
Galán – Sebastopol 8”	100%
Galán – Sebastopol 12”	100%
Galán – Sebastopol 16”	100%

**Tabla 28. Cumplimiento de limpieza interna Galan – Chimita 12”/6”**

<b>SISTEMA</b>	<b>CUMPLIMIENTO ACUMULADO</b>
Galán – Lizama 12”	100%
Lizama – Tienda Nueva 6”	100%
Tienda Nueva - Guayacán 12”	80%
Guayacán – Chimita 6”	100%

## 6.1.2.4 Análisis fisicoquímico y bioquímicos de fluidos transportados

**Ilustración 31. Análisis fisicoquímicos “in situ” Planta Galan - VIT**

Estación	Activo	Monitoreo	Fecha	Parámetros <i>In Situ</i>											
				pH	Temperatura (°C)	CO2 (ppm)	H2S (ppm)	Conductividad (µS/cm)	SDT (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Dureza Cálcica (mg/L)	Carbonatos (mg/L)	Bicarbonatos (mg/L)
Galan	TQ-501	1er monitoreo	10/10/2014	8,06	31,2	40	0	761	328	8	12,4	16,8	10	0	12,4
		2do Monitoreo	29/01/2015	7,6	25	30	0	700	440,2	75	10	20	10	0	10
		3er Monitoreo	21/04/2015	7,09	30,6	150	0	1468	650	120	620	320	230	0	620
	TQ-9501	1er monitoreo	13/11/2014	7,2	31,5	140	0	1635,3	1046,6	100	520	500	320	0	520
		2do Monitoreo	29/01/2015	10,21	25	200	0	1069	684	600	90	240	180	0	90
		3er Monitoreo	21/04/2015	7,34	31	200	0	1546	683	165	750	630	290	0	750

### Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”

Los fluidos presentan una baja corrosividad.

### Sistema Galán – Sebastopol 16”

Los fluidos presentan una baja corrosividad 150 ppm CO<sub>2</sub>, 0 ppm H<sub>2</sub>S, BPA 10<sup>6</sup> y BSR 10<sup>4</sup>. Se hace inyección de inhibidor de corrosión de 0.32ml/bl.

### Sistema Galán – Sebastopol 12”

Los fluidos presentan una baja corrosividad 150 ppm CO<sub>2</sub>, 0 ppm H<sub>2</sub>S, BPA 10<sup>6</sup> y BSR 10<sup>4</sup>. No se hace inyección de inhibidor de corrosión.

### Sistema Galán – Sebastopol 8”

Información desconocida.

### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

Los fluidos presentan una baja corrosividad 150 ppm CO<sub>2</sub>, 0 ppm H<sub>2</sub>S, BPA 10<sup>6</sup> y BSR 10<sup>4</sup>. No se hace inyección de inhibidor de corrosión.

#### **6.1.2.5 Fallas por corrosión interna**

##### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

##### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**6.1.3 Agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC)** Esta amenaza requiere que se presenten tres condiciones al mismo tiempo para que se dé la falla en la tubería, inicialmente un medio corrosivo con pH neutro y/o básico, la metalurgia de la estructura metálica y estar sometida a una condición de esfuerzos internos (presión). Mientras se asegure un adecuado control de corrosión externa es muy poco probable que este tipo de daño se presente.

##### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**6.1.4 Defectos de manufactura** La amenaza de manufactura está muy asociada a las tuberías que en su proceso de fabricación tienen una costura longitudinal soldada “costilla”. Esta soldadura es fabricada mediante un proceso de resistencia eléctrica “ERW”, el cual es susceptible a que se contamine y facilite defectos en la junta.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**6.1.5 Defectos de construcción y soldadura** Durante el montaje de tuberías a campo traviesa, se debe asegurar un proceso de soldadura calificado para las uniones tubo a tubo, con lo anterior se mitiga la presencia de defectos en la soldadura, que comprometan la sanidad de la unión. Sin embargo aunque se tomen los controles, existe la posibilidad de que un porcentaje de las uniones soldadas, presenten defectos que son permisibles para operar de manera segura, sin embargo estos con el paso del tiempo pueden llegar a crecer y potencialmente fallar. Esta tipo de anomalías son relevantes siempre y cuando su dimensión supere el 30% de profundidad.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

La evaluación se estableció a partir de la última inspección ILI, únicamente se tiene inspección para el Sistema Pozos - El Copey.

**Tabla 29. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Pozos – Copey 14”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Pozos Colorados – Ayacucho - Galán	Pozos Colorados - El Copey	RAWPOZCOP14-2013	20.8	0	16	0
	El Copey - Ayacucho	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI
	Ayacucho-Galán	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

La evaluación se estableció a partir de la última inspección ILI.

**Tabla 30. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 16”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Galán Sebastopol 16”	Galán Sebastopol 16”	RAWGALSEB16-2011h	2.84	0	3.0	0

### Sistema Galán – Sebastopol 12”

La evaluación se estableció a partir de la última inspección ILI.

**Tabla 31. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 12”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Galán Sebastopol 12”	Galán Sebastopol 12”	RAWGALSEB12-2014h	18.03	6	2.67	2

### Sistema Galán – Sebastopol 8”

La evaluación se estableció a partir de la inspección ILI del año 2010.

**Tabla 32. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 8”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Galán Sebastopol 8”	Galán Sebastopol 8”	RAWGALSEB08-2010h	0.09	10	0.028	6

### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

La evaluación se estableció a partir de la última inspección ILI.

**Tabla 33. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Galán – Chimita 12”/6”	Galán Lizama	RAWGALLIZ12-2011	0.087	0	0.048	0
	Lizama Tienda Nueva	RAWLIZTIN06-2014	2.7	0	0	0
	Tienda Nueva Guayacan	RAWTINGUA12-2014	7.81	0	1.0	0
	Guayacan Chimita	RAWGUACHI06-2014	0.27	0	0	0

**6.1.6 Fallas de equipos** Los equipos evaluados corresponden a las válvulas de seccionamiento del sistema de transporte, las cuales cumplen la función de aislar el flujo. Anualmente se debe realizar su mantenimiento preventivo y reportar cualquier condición de pérdida de contención.

**Ilustración 32. Formato de inspección de válvulas VIT-GTA-F-333**

		<b>LISTA DE CHEQUEO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE VÁLVULAS API 6D APTAS PARA EL PASO DE HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN INSTALADAS EN LOS DUCTOS OPERADOS Y MANTENIDOS POR VIT</b>			
		<b>TRANSPORTE Y LOGÍSTICA DE HIDROCARBUROS GERENCIA TÉCNICA DE ACTIVOS</b>			
<b>VIT-GTA-F-333</b>		<b>Elaborado 15/03/2015</b>	<b>Versión 1</b>		
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		<b>CONSECUTIVO</b>			
Fecha de Inspección	08 de septiembre de 2015	Nombre Válvula	Valv. Gamarra_BLQ-03		
Sistema Operacional	Pozos - Ayacucho - Galán 14*	PK	355+349		
Tramo	Ayacucho - Galán 14*	Coordenadas	Latitud: N8°18'51.1"; Longitud: W73°38'27.5"		
Ubicación (Población)	-	Infraestructura civil	Bunker		
<b>INFORMACIÓN TÉCNICA</b>					
Tipo Válvula	Bola	Norma aplicable	API 6D - 0129		
Diámetro	14"	Marca	PBV-USA-INC		
Rating /ANSI	900	Modelo	C-6790-71-2218-DV-NG-371		
Extremos	Bridados	S/N Serie Número	-		
Tipo Actuador	Eléctrico	Material cuerpo	A105/A350 LF2		
<b>INSPECCIÓN VISUAL VÁLVULA PRINCIPAL</b>					
		<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
1. El actuador se encuentra en excelentes condiciones y es suave su operación ?		X			
2. Se evidencian fugas por el actuador ?			X		
3. El vástago se encuentra en buenas condiciones ?		X			
4. Se evidencian fugas por el vástago ?			X		
5. El vástago tiene inyector de grasa ?		X			
6. Se evidencian fugas por el bonete ?			X		
7. El cuerpo se encuentra en buenas condiciones de recubrimiento		X			
8. El cuerpo tiene válvula de alivio y está en buenas condiciones?			X		
9. El cuerpo tiene válvula de drenaje y está en buenas condiciones?			X		
10. El cuerpo tiene graseras para sellos y están en buenas condiciones?		X			
11. La placa de identificación es legible?		X			
12. La válvula tiene indicadores de posición?		X			
13. Se evidencian fugas por las uniones bridadas de los extremos?			X		
14. La unión bridada cuenta con los espárragos / tuercas completos y bien ajustados ?		X			
15. La cantidad de hilos que sobresalen de las tuercas / espárragos es la adecuada ?		X			
16. La unión bridada cuenta con arandelas de sujeción?		X			
14. La válvula presenta otra condición anormal ?			X		
			X		
<b>VERIFICACIÓN DE JUNTAS BRIDADAS</b>					
<b>CONCENTRICIDAD:</b> Realizar verificación a través de un nivel de gota colocado sobre las dos caras externas de las bridas y medir la diferencia de altura entre las dos y registrar esta medición		 1.5 mm (1/16 in) máx.		<b>SI</b> <b>NO</b> <b>NA</b>	Valor medido:
<b>DESALINEAMIENTO PERPENDICULAR ENTRE CARAS:</b> Emplear un calibrador ple de rey tomando la separación de las caras internas de la brida en cuatro puntos simétricos y registrar estas mediciones		 0.8 mm (1/32 in) diferencia máx		<b>SI</b> <b>NO</b> <b>NA</b>	Valor medido:
<b>INSPECCIÓN DE EQUIPOS AUXILIARES</b>					
Valvulas de venteo/drenaje sobre el ducto	Tipo:	Bola 2"x3000	X		
Valvulas de by pass	Tipo:			X	
Instrumentación	TIT: Ind. Trans. Temp	PIT: Ind. Trans. Presión	X		
	LIT: Ind. Trans. Nivel	FIT: Ind. Trans. Flujo	X		
Equipo eléctrico	Red Media Tensión	Cortacircuitos	X		
	Transformador	Cableado en general	X		
	Tableros	UPS/Cargador/Baterias	X		
	SPT	Aparentamiento	X		
Otros			-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
<b>OBSERVACIONES:</b>					

### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

## **6.1.7 Daños por terceros voluntarios**

### **Ilustración 33. Ejemplo de válvulas ilícitas instaladas en tubería**



### **6.1.7.1 Historial de eventos (ilícitas y atentados)**

#### **Sistema Pozos Colorados –Ayacucho 14”**

En el Sistema se han instalado cinco (5) válvulas ilícitas durante la vigencia 2015, todas fueron clausuradas mediante encamisado metálicos contenedores de presión.

#### **Sistema Ayacucho – Galán 14”**

En el Sistema se han instalado dos (2) válvulas ilícitas durante la vigencia 2015, todas fueron clausuradas mediante encamisado metálicos contenedores de presión.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se han presentado instalación de válvulas ilícitas o atentados en el sistema.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

En el Sistema se ha instalado una (1) válvula ilícita durante la vigencia 2015, fue clausurada mediante encamisado metálico contenedor de presión.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado instalación de válvulas ilícitas o atentados en el sistema.

#### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado instalación de válvulas ilícitas o atentados en el sistema.

### **6.1.7.2 Problemas de seguridad pública**

#### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

Se ha presentado hurto de elementos de suministro eléctrico en las casetas de válvulas, evidenciando problemas de seguridad en la zona asociados a delincuencia común. Sectores afectados:

KM 105+467: Ariguani Norte

KM 228+023: Chiriguana Sur

KM 245+167: Champan

KM 289+496: El Chulo

KM 487+266: Sogamoso Sur

#### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se ha presentado hurtos en el sistema.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se ha presentado hurtos en el sistema.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se ha presentado hurtos en el sistema.

#### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se ha presentado hurtos en el sistema.

## 6.1.8 Daños por terceros involuntarios

### Ilustración 34. Señalización tipo “one call” instaladas en el DDV



#### 6.1.8.1 Señalización del DDV

##### **Sistema Pozos Colorados- Ayacucho**

Se realizó la instalación de 50 letreros “one call”.

##### **Sistema Ayacucho – Galán 14”**

Se realizó la instalación de 35 letreros “one call”.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Se realizó la instalación de 30 letreros “one call”.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Se realizó la instalación de 50 letreros “one call”.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Se realizó la instalación de 20 letreros “one call”.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Se realizó la instalación de letreros “one call”.

Galán - Lizama 20 letreros

Lizama – Tienda Nueva 10 letreros

Tienda Nueva – Guayacán 10 letreros

Guayacán - Chimita 17 letreros

**6.1.8.2 Invasiones** La ocupación indebida del derecho de vía por parte de la población, es frecuente en los sistemas de transporte de hidrocarburos, las medidas a tomar son más de tipo preventivas y entre ellas se resalta los planes de comunicación y socialización, a través de los Comités de Gestión del Riesgo de los Municipios.

### **Ilustración 35. Invasión del DDV por maquinaria pesada**



### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galan 14”**

Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

### Sistema Galán – Sebastopol 12”

Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

### Sistema Galán – Sebastopol 8”

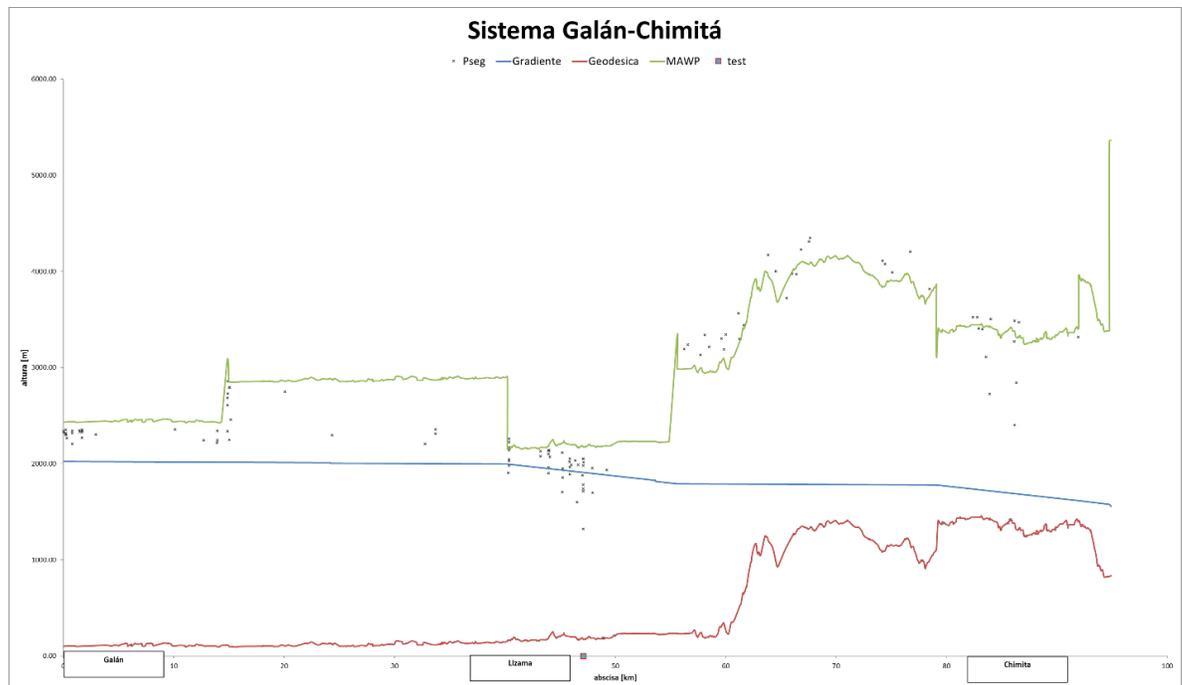
Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

**6.1.9 Operaciones incorrectas** La forma de mitigar esta amenaza es primero definir parámetros operacionales de un sistema, con base en estudios hidráulicos y transitorios, posteriormente realizar la socialización e implementación de los procedimientos operativos, aplicando la filosofía de control de cambios.

### Ilustración 36. Perfil hidráulico y límites operacionales



**Tabla 34. Perfil objetivo sistema Pozos – Galán 14”**

<b>NOMBRE SISTEMA</b>	<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>PERFIL HIDRÁULICO</b>
Poliducto Pozos Colorados - Ayacucho -Galán	Desde pozos hasta galán	Perfil Objetivo Pozos - Galán @2100-940 y 2150-200psig

**Tabla 35. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 16”**

<b>NOMBRE SISTEMA</b>	<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>PERFIL HIDRÁULICO</b>
Poliducto Galán - Salgar de 16"	Galán - Salgar de 16"	Perfil objetivo Galán - Salgar 16" @1310-1018 y 1700-420 psig

**Tabla 36. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 12”**

<b>NOMBRE SISTEMA</b>	<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>PERFIL HIDRÁULICO</b>
Poliducto Galán - Salgar de 12"	Galán - Sebastopol 12"	Perfil objetivo Galán - Salgar 12 @1455-891 y 1350-265psig

**Tabla 37. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 8”**

<b>NOMBRE SISTEMA</b>	<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>PERFIL HIDRÁULICO</b>
Poliducto Galán - Salgar de 8"	Galán - Sebastopol 8"	Perfil objetivo Galán - Salgar 8 @680-240 y 610-215psig

**Tabla 38. Perfil objetivo sistema Galán – Chimita 12”/6”**

<b>NOMBRE SISTEMA</b>	<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>PERFIL HIDRÁULICO</b>
Poliducto Galán – Chimita de 12”/6”	Galán – Chimita 12”/6”	Perfil objetivo Galán – Chimita 12”/6” @1925-720 y 1830-648psig

**6.1.9.1 Concentradores de esfuerzo (abolladuras)** Las anomalías de distorsión de diámetro en tuberías, como por ejemplo abolladuras, son más susceptibles a

fallar por rotura, razón por la cual, requieren ser inspeccionadas, valoradas y reparadas por el operador en el menor tiempo posible. El procedimiento que aplica la VIT es el VIT-GTA-P-542 y los criterios de atención son los siguientes:

### Ilustración 37. Valoración de abolladuras de acuerdo VIT-GTA-P-542

Las anomalías de distorsión de diámetro tipo abolladura caracterizada y dimensionada por medio de una inspección directa que deben ser reparadas son:

CRITERIO DE REPARACIÓN	5 Días
Abolladura con reducción de diámetro > 2% del diámetro externo con afectación de soldaduras, para NPS $\geq$ 12"	X
Abolladura con reducción de diámetro > 1/4" del diámetro externo con afectación de soldaduras, para NPS < 12"	X
Abolladura con intensificador de esfuerzos	X
Abolladura con reducción de diámetro > 6% del diámetro externo	X
Abolladura con pérdida de metal > 12,5%	X

**Nota:** Sí la valoración de la anomalía dictamina reparación y por algún motivo ésta no se puede realizar, es viable realizar una evaluación de acuerdo con los criterios de API 579, los cuales son menos conservadores, pero que requieren de mayor detalle en la información recopilada en la inspección directa y un análisis más profundo que necesita de un mayor tiempo y por tanto no se realiza en campo directamente. El procedimiento completo de la evaluación por API 579 se encuentra en la parte 12 de la última versión, a continuación se presenta un resumen de los criterios para un análisis nivel 1:

#### Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galan 14"

Las abolladuras programadas para el 2015 ya fueron atendidas en el sistema Pozos - Copey. Para Copey - Galán no se tiene inspección ILI; motivo por el cual se desconoce la presencia de abolladuras.

#### Sistema Galán – Sebastopol 16"

Las abolladuras programadas para el 2015 ya fueron atendidas en las abscisas KM 14+879 y KM 72+955.

#### Sistema Galán – Sebastopol 12"

Las abolladuras programadas para el 2015 ya fueron atendidas en las abscisas KM 42+893 KM 53+965, KM 91+369 y KM 111+499.

### Sistema Galán – Sebastopol 8”

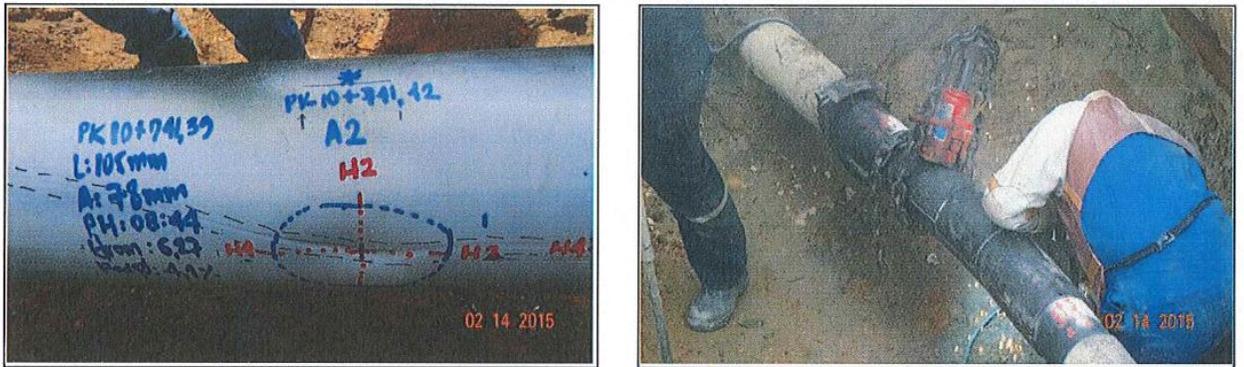
Las abolladuras programadas para el 2015 ya fueron atendidas en las abscisas KM 24+714, KM 31+338, KM 31+339 y KM 31+340.

### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

Las abolladuras programadas para el 2015 ya fueron atendidas en las abscisas: Lizama Tienda Nueva: KM 8+722.

Guayacán Chimita: KM 0+120, KM 0+690, KM 1+293, KM 1+360, KM 1+490, KM 2+205, KM 3+986, KM 4+781, KM 5+124, KM 6+471, KM 6+471, KM 6+657, KM 6+711, KM 6+908, KM 7+381, KM 8+133, KM 8+133, KM 8+134, KM 8+134, KM 8+134, KM 10+741, KM 12+209, KM 13+153 y KM 14+286.

### Ilustración 38. Valoración y reparación de abolladura con concentrador de esfuerzo



**6.1.10 Clima y fuerzas externas** De acuerdo a lo indicado por el estándar API 1160, esta tipo de amenaza es considerada independiente del tiempo, dado que los eventos de falla son aleatorios y no predecibles, para lo cual, la mejor estrategia de atención son medidas preventivas, por ejemplo inspecciones del derecho de vía, diagnósticos geotécnicos, patrullaje aéreo, monitoreo con sensores, entre otros y acciones de mitigación tales como obras de estabilización, canalización de aguas, protección mecánica de las tuberías y equipos, etc.

**6.1.10.1 Inspección visual del DDV** Para la ejecución de esta actividad se aplica el procedimiento VIT-GTA-P-359, el cual define las actividades mínimas a ejecutar para un buen diagnóstico de la condición del derecho de vía y sus elementos conexos (cruces subfluviales, cruces aéreos, soportes, etc.). El fin es identificar las condiciones geotécnicas, que vulneran la integridad mecánica de la tubería.

**Ilustración 39. Proceso de inestabilidad geotécnica en el DDV**



Fuente Ecopetrol VIT

**Ilustración 40. Reporte de inspección del derecho de vía**

	INFORME DEL MES DE MAYO DE 2016 INSPECCION DDV	
VERSION 0	INSPECCION VISUAL AL DERECHO DE VIA DEL POLIDUCTO GALAN – SEBASTOPOL DE 16"	Página 1 de 23

**TERMOTECNICA COINDUSTRIAL S.A.**

**"INFORME BIMENSUAL DEL RECORRIDO DE INSPECCIÓN VISUAL DEL DDV, DEL POLIDUCTO GALAN – SEBASTOPOL DE 16" DURANTE EL MES DE MAYO DE 2016, DE LA GERENCIA DE POLIDUCTOS DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE DE ECOPETROL S.A."**

Fuente Ecopetrol VIT

La inspección del derecho de vía relaciona los siguientes hallazgos geotécnicos:

**Sistema Pozos Colorados –Ayacucho 14”**

KM 4+954, KM 21+340, KM 35+075, KM 68+743, KM 277+038, KM 290+994, KM 5+995, KM 22+208, KM 41+301, KM 95+260, KM 282+188, KM 299+378, KM 9+814, KM 24+473, KM 56+810, KM 108+017, KM 285+118, KM 13+683, KM 29+629, KM 65+225, KM 275+053, KM 286+210.

**Sistema Ayacucho - Galán 14”**

KM 437+593, KM 458+350, KM 462+098, KM 462+310

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

KM 20+432, KM20+950, KM21+008, KM78+282.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

KM 92+822.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

KM 13+060 y KM 109+000.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Tienda Nueva – Trampa Guayacán KM 4+300 y KM 7+230.

**6.1.10.2 Obras de geotecnia culminadas** A continuación se lista por abscisa, los hallazgos que el Departamento atendió en el presente año, estos se documentan en los formatos VIT-GTT-F-033 y VIT-GTT-F-035, ver ilustraciones 41 y 42.

**Ilustración 41. Formato de hallazgo de inspección del derecho de vía VIT-GTT-F-035**

		FORMATO CONSOLIDADO DE INSPECCIÓN DEL DERECHO DE VÍA Y RECORRIDOS MENSUALES																			
		CONSERVACIÓN Y PROYECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA GERENCIA TÉCNICA DE TRANSPORTE																			
		VIT-GTT-F-035				Elaborado:				16/11/2010				Versión: 1							
Número de Hallazgo	Nivel de Atención			Inicio			Fin			Tipo de afectación								Observaciones			
	1	2	3	Abscisa	Coordenadas		ALTURA	Abscisa	Coordenadas		ALTURA	G	REC	S	VA	I	ROC		TUB	OTRO	
					LAT	LONG			LAT	LONG											
A1			X	004+124	N 07° 05' 17.6"	W 73° 51' 21.7"	82	004+144	N 07° 05' 17.6"	W 73° 51' 21.7"	82	X									Tubería enterrada con obras de geotecnia en mal estado en un área de (30m x 8m) al margen derecha del D.D.V. a 20m del evento sentido flujo
A2			X	004+661	N 07° 05' 18.3"	W 73° 51' 05.7"	83	004+683	N 07° 05' 18.3"	W 73° 51' 05.7"	83									X	Tubería enterrada expuesta en excavación manual
A3			X	005+362	N 07° 05' 22.5"	W 73° 50' 48.3"	83	005+417	N 07° 05' 22.5"	W 73° 50' 48.3"	83	X									En el sector el palicatal en el km 005+38 se evidencia Tubería enterrada ensoñ laminar y formación de surcos de 35m lineales sobre el ddv.
1			X	007+062	N7° 05' 12.5"	W73° 41' 51.9"	84	007+082	N7° 51' 1.60"	W73° 49' 54.10"	78	X									Tubería enterrada, proceso ensivo con formación de surcos de 20m de longitud x 30m de ancho, geotecnia en mal estado sobre el DDV.

**Sistema Pozos Colorados –Ayacucho 14”**

KM 19+560, KM 62+018, KM 90+994, KM 50+225, KM 71+721, KM 95+730, KM 19+800, KM 62+629, KM 94+068, KM 74+403, KM 71+786, KM 19+984, KM 65+216, KM 96+969, KM 78+828, KM 85+925, KM 24+473, KM 72+677, KM 97+783, KM 87+451, KM 86+847, KM 27+198, KM 73+789, KM 66+421, KM 90+110, KM 31+684, KM 77+614, KM 71+209, KM 95+626, KM 85+236, KM 64+397.

**Sistema Ayacucho – Galán 14”**

No se ejecutaron obras de geotecnia.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

KM 66+620, KM 107+200.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

KM 10+530.

**Ilustración 42. Formato de hallazgo de inspección del derecho de vía VIT-GTT-F-033**

HALLAZGO RECORRIDOS MENSUALES DE LÍNEA							
CONSERVACION Y PROYECCION DE LA INFRAESTRUCTURA							
GERENCIA TÉCNICA DE TRANSPORTE							
	VIT-GTT-F-033	Elaborado: 16/11/2010	Versión 1				
SISTEMA:	GAL-SEB 8		FECHA:	28/04/2015			
VEREDA:	LAS COLINAS	MUNICIPIO:	BARRANCABERMEJA				
DEPARTAMENTO:	SANTANDER		HALLAZGO No:	13-1			
ABSCISA:	13+183	LATITUD:	N7 03 06.6	LONGITUD:	W73 48 07.3	ALTURA:	89
							
Esquema No. 2:							
							
Esquema No. 3							

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

KM 109+000.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Tramo Galan Lizama

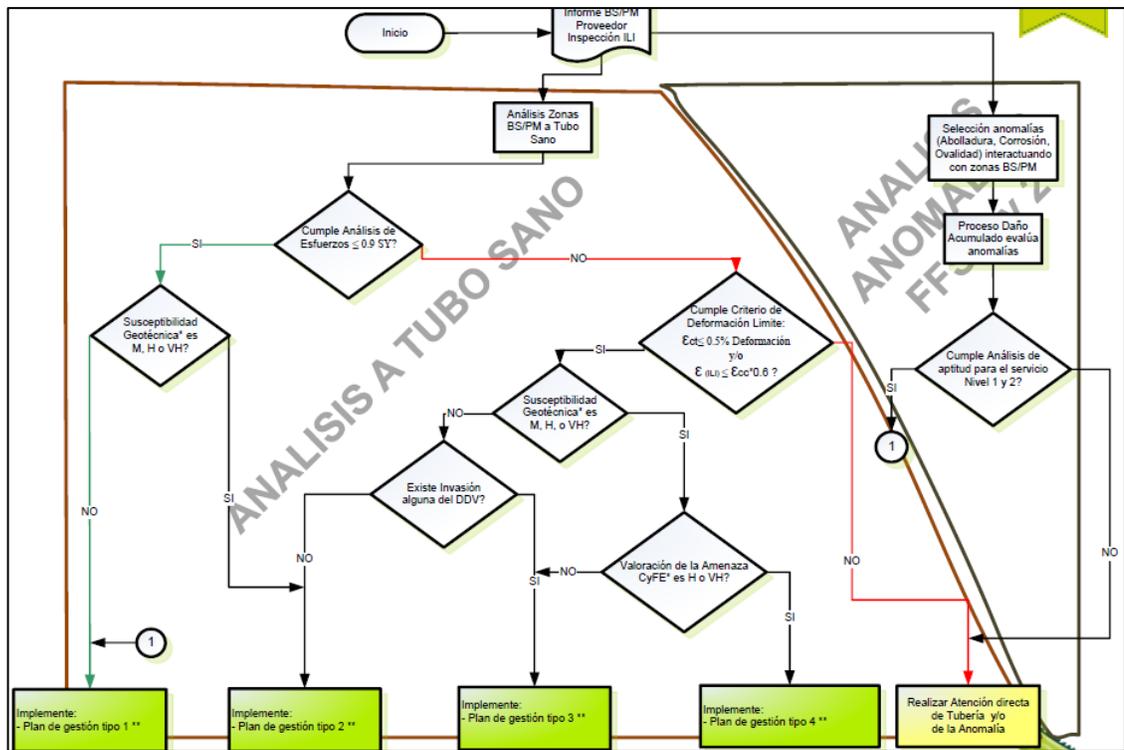
KM 10+551 y KM 12+678.

**6.1.10.3 Atención zonas deformación por curvado (Bending) y movimiento de tuberías (PM)** Ecopetrol-VIT desarrolló el procedimiento denominado VIT-GTA-P-302, para la definición de los planes de gestión que aplican en la atención de zonas

con deformación por curvado y movimiento de tuberías, los cuales requieren Información del proveedor ILI: (Distancia Registro ILI, Coordenadas, porcentaje máxima Deformación), Parámetros de la tubería: (Diámetro, Espesor, SMYS, Modulo Elasticidad, Coeficiente de expansión térmica, Coeficiente de Poisson, Parámetros Operativos: (Presión, Temperatura, Producto), Parámetros Externos (Temperatura, Ambiente, Carga) y Parámetros Geotécnicos (Susceptibilidad Geotécnica, Valoración de la Amenaza Clima y Fuerzas Externas).

El diagrama de flujo aclara el paso a paso a seguir, los resultados para cada uno de los sistemas de transporte se resumen en las tablas 39 a 41.

**Ilustración 43. Metodología valoración zonas BS y PM V2**



Fuente: GTT-P-302. Procedimiento para el análisis y la determinación de los tipos de atención de zonas con deformación por curvado y movimiento de la tubería reportadas por ILI para las líneas de transporte de hidrocarburos en Ecopetrol S.A

### Planes de Gestion

Tipo 1: Monitoreo a través de la próxima corrida ILI (Mapeo Inercial).

Tipo 2: Plan 1 + Monitoreo a través de la inspección visual del derecho de vía.

Tipo 3: Plan 2 + Monitoreo Instrumentado (topografía, sensores FBG, inclinómetros, etc)

Tipo 4: Plan 3 + Construcción de obras de mitigación (obra de geotecnia, Realineamiento de tubería , Proyecto, etc).

Intervención: Plan 4 (preventivo) + Liberación de esfuerzos, inspección directa de la tubería a través de ensayos No destructivos.

### Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”

Tabla 39. Planes de gestión para zonas bending sistema Pozos - Galán 14”

TRAMO	GESTIÓN TIPO 1	GESTIÓN TIPO 2	GESTIÓN TIPO 3	GESTIÓN TIPO 4	INTERVENCIÓN
Pozos - Copey 14”	71	5	0	3	0

Los sistemas El Copey – Ayacucho 14” y Ayacucho – Galán 14” no tienen corrida de mapeo inercial.

## Sistema Galán – Sebastopol

Tabla 40. Planes de gestión para zonas bending sistema Galán – Sebastopol 16”/12”/8”

TRAMO	GESTIÓN TIPO 1	GESTIÓN TIPO 2	GESTIÓN TIPO 3	GESTIÓN TIPO 4	INTERVENCIÓN
Galán – Sebastopol 16”	40	29	1	3	1
Galán – Sebastopol 12”	94	70	0	5	1
Galán – Sebastopol 8”	23	17	3	2	3

## Sistema Galán – Chimita 12”/6”

Tabla 41. Planes de gestión para zonas bending sistema Galán – Chimita 12”/6”

TRAMO	GESTIÓN TIPO 1	GESTIÓN TIPO 2	GESTIÓN TIPO 3	GESTIÓN TIPO 4	INTERVENCIÓN
Galán – Lizama	22	80	0	1	0
Lizama – Trampa Tienda Nueva	1	9	1	2	0
Trampa Tienda Nueva – Trampa Guayacán	6	53	13	9	1
Trampa Guayacán – Chimita	0	14	1	2	0

**6.1.10.4 Puntos de estudio y monitoreo** El monitoreo Instrumentado se aplica, dependiendo de las condiciones del sitio del evento en el derecho de vía, su implementación se da por una o la combinación de las técnicas de monitoreo geotécnico, que incluyen:

- Monitoreo Topográfico.
- Monitoreo a través de inclinómetros + piezómetros.
- Monitoreo a través de sensores de fibra óptica.
- Monitoreo grietas del terreno (extensómetros de regleta).
- Monitoreo grietas en viviendas, canales, box-couvert, etc.

**Ilustración 44 Monitoreo topográfico del DDV**



**Sistema Pozos Colorados –Ayacucho 14”**

No aplica ningún tipo de monitoreo instrumentado.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Se ejecuta monitoreo topográfico en el KM 107+027.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No aplica ningún tipo de monitoreo instrumentado.

### Sistema Galán – Sebastopol 8”

No aplica ningún tipo de monitoreo instrumentado.

### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

Se ejecuta monitoreo topográfico en los siguientes tramos

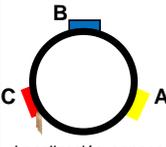
**Tabla 42. Sectores de monitoreo topográfico para el sistema Galán – Chimita 12”/6”**

TRAMO	ABCISA (KM)
Tienda Nueva – Guayacán	4+653
	7+300
	7+500
	8+200
	8+579
	8+660
	9+710
	10+148
	10+695
	11+095
Guayacán - Chimita	0+390

Para el caso de monitoreo con sensores de deformación (FBG) únicamente aplica en el tramo Tienda Nueva –Guayacán KM 62+050 y KM 62+700.

### Ilustración 45. Reporte de monitoreo con sensores de deformación (FBG)

INFORMACION GENERAL DEL MONITOREO			
No. de secciones instaladas:	1	No. de lecturas tomadas:	53
Fecha de instalación:	16-nov.-13	Periodo monitoreado:	892 días
Fecha inicial establecida:	16-nov.-13	Frecuencia promedio:	Una cada 16,83 días
Fecha última lectura:	29-abr -16		
Sección 1, coord. norte	7° 06' 43.620"		
Sección 1, coord. oeste	-73° 23' 33.880"		

TIPO DE ESFUERZO		FLUJO DUCTO →			
<b>SECCION</b>	<b>1</b>				
					
Localización sensor					

SECCION	1		2		3					
	DELTA	%	DELTA	%	DELTA	%				
Sensor A	0	0	0	0	150,260	3				
Sensor B	0	0	0	0	0	0				
Sensor C	0	0	0	0	1095,820	70				
Def. máx. abs.	0		0		1095,820					
Alerta	Existe un valor > 50 %		Deformación máxima absoluta del sector						1095,82	

### 6.2 AÑO 2016

Inicialmente se debe determinar la longitud total del sistema de transporte a evaluar, para definir el indicador: longitud vs riesgo por amenaza (KM/Alarp<sup>8</sup>).

<sup>8</sup> ALARP As Low As Reasonably Practicable: Tan bajo Como sea razonablemente posible.

**Tabla 43. Longitud de sistemas de transporte**

No	Sistemas	Tramos	Diámetro	Servicio	Longitud (KM) por Sistema
1	Poliducto Pozos Colorados –Ayacucho - Galán	Pozos Colorados - El Copey	14”	Nafta	126.33
		El Copey – Ayacucho	14”	Nafta	195.83
		Ayacucho-Galán	14”	Nafta	189.50
2	Poliducto Galán-Chimitá	Galán-Lizama Lizama-Trampa Tienda Nueva Trampa Tienda Nueva – Trampa Guayacan Trampa Guayacan – Chimita	6”	Gasolina/ Diésel	95,93
3	Poliducto Galán-Salgar 12”	Galán-Sebastopol 12”	12”/10”	Gasolina/ Diésel	115,80
4	Poliducto Galán-Salgar 16”	Galán-Sebastopol 16”	16”	Gasolina/ Diésel	114,47
5	Propanoducto Galán-Salgar 8”	Galán-Sebastopol 8”	8”	LPG	115,54
<b>LONGITUD TOTAL</b>					<b>953,40</b>

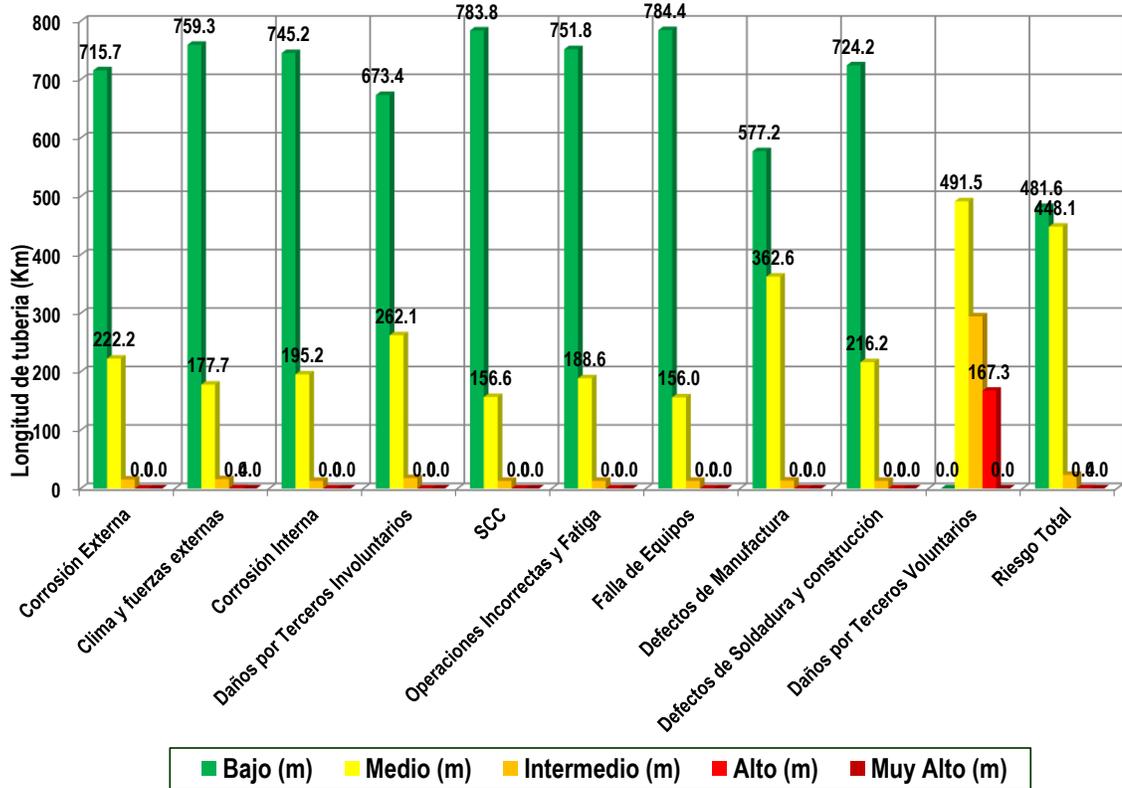
Para el año 2016 hay un incremento de 1.2 kilómetros de longitud respecto al año 2015, asociado a reposiciones de tubería en el sistema Galan Sebastopol 8” y ajustes de “centerline” en el resto de los sistemas.

Posteriormente analizada la información de mantenimiento, se diligencia en la plataforma (SAIT), el resultado se visualiza en la siguiente tabla y gráfica.

**Tabla 44. Consolidado Riesgo Ductos OM Norte año 2016**

Nivel de Riesgo	Corrosión Externa	Clima y fuerzas externas	Corrosión Interna	Daños por Terceros Involuntarios	SCC	Operaciones Incorrectas y Fatiga	Falla de Equipos	Defectos de Manufactura	Defectos de Soldadura y construcción	Daños por Terceros Voluntarios	Riesgo Total
Bajo (KM)	715.7	759.3	745.2	673.4	783.8	751.8	784.4	577.2	724.2	0.0	481.6
Medio (KM)	222.2	177.7	195.2	262.1	156.6	188.6	156.0	362.6	216.2	491.5	448.1
Intermedio (KM)	15.4	16.0	13.0	17.8	13.0	13.0	13.0	13.6	13.0	294.6	23.3
Alto (KM)	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	167.3	0.4
Muy Alto (KM)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (KM)</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>	<b>953.4</b>

**Gráfica 5. Distribución de Riesgo por Amenazas OM Norte año 2016**



## 6.2.1 Corrosión externa

**6.2.1.1 Interfaces aéreo-enterradas** Para el año 2016 se ejecutaron reparaciones de interfases en los sistemas Galán Sebastopol 8” y Galán Sebastopol 12”, para los restantes sistemas continua la misma condición del año 2015.

**Ilustración 46 Reparación de interfase en el sistema Galan Sebastopol 8”**



**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No hay evidencia de daños.

**Sistema Galán Sebastopol 16”**

No hay evidencia de daños.

**Sistema Galán Sebastopol 12”**

Reparación de 25 interfases.

**Sistema Galán Sebastopol 8”**

Reparación de 15 interfases.

**Sistema Galán Chimita 12/6”**

No hay evidencia de daños.

**6.2.1.2 Reparaciones (incluye reemplazos de sección de tubería).** El plan de reparaciones para la vigencia 2016 incluyó: instalación de camisas tipo B, reposiciones de tubería y cambio de recubrimiento.

**Ilustración 47. Reposición de tubería en el sistema Galan – Lizama 12”**



**Ilustración 48. Reparación e inspección del recubrimiento**



**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

Hay evidencia de tres (3) daños relevantes en el recubrimiento. Con respecto a anomalías de la tubería se realizó la reparación programada en la abscisa KM 103+107 del Sistema Pozos Copey.

### **Sistema Galán Sebastopol 16”**

Se ejecutaron cambios de recubrimiento y atención de anomalías en la tubería en las abscisas KM 0+248, KM 0+258, KM 0+259, KM 0+287, KM 0+301, KM 0+735, KM 1+484, KM 20+723, KM 21+141, KM 22+418, KM 22+311, KM 28+847, KM 76+077 y KM 112+406.

### **Sistema Galán Sebastopol 12”**

Se ejecutaron cambios de recubrimiento y atención de anomalías en la tubería en las abscisas KM 83+931, KM 71+730, KM 93+578, KM 87+759, KM 87+761, KM 87+763, KM 93+888, KM 0+087, KM 91+369, KM 54+625, KM 54+625, KM 26+017, KM 31+508, KM 31+530, KM 43+378, KM 46+790, KM 93+514, KM 23+291, KM 113+812.

### **Sistema Galán Sebastopol 8”**

Se ejecutaron cambios de recubrimiento y reparaciones de anomalías en las abscisas KM 26+748, KM 48+278, KM 48+940, KM 49+467, KM 49+591, KM 51+449, KM 79+913, KM 81+382, KM 83+971, KM 83+974, KM 87+498, KM 87+499, KM 87+501, KM 87+503, KM 87+809, KM 88+544, KM 99+915, KM 102+092, KM 102+109. Adicional se realizaron reposiciones de tubería en KM 43+062 al KM 44+135 y KM 56+225 al KM 56+251.

### **Sistema Galán Chimita 12/6”**

Se ejecutaron cambios de recubrimiento y reparaciones de anomalías en las abscisas:

**Tramo Galan Lizama** KM 0+238, KM 1+399, KM 1+454, KM 1+455, KM 1+490, KM 1+518, KM 1+677, KM 1+681, KM 1+689, KM 1+722, KM 2+926, KM 24+339, KM 32+273, KM 32+273, KM 20+116, KM 20+091, KM 20+092, KM 20+083, KM 25+098, KM 25+100, KM 25+099, KM 25+097, KM 25+103, KM 25+103, KM 25+103, KM 38+039, KM 1+345, KM 23+874, KM 12+733, KM 23+260, KM

36+528, KM 13+498, KM 13+498, KM 21+339, KM 12+324, KM 12+371, KM 12+471, KM 12+474. Adicional se realizaron reposiciones de tubería en KM 19+978, KM 36+501 y KM 23+689.

**Tramo Lizama Tienda Nueva KM 3+790.**

**Tramo Guayacán Chimita KM 3+309, KM 3+685, KM 4+500, KM 4+903, KM 12+828 y KM 3+686.**

**6.2.1.3 Inspección URPC** La información reportada en la valoración corresponde a la evaluación consolidada del año 2016.

**Ilustración 49. Mantenimiento unidad rectificadora**



**Tabla 45. Unidades rectificadoras Sistema Pozos Colorados - El Copey – Ayacucho**

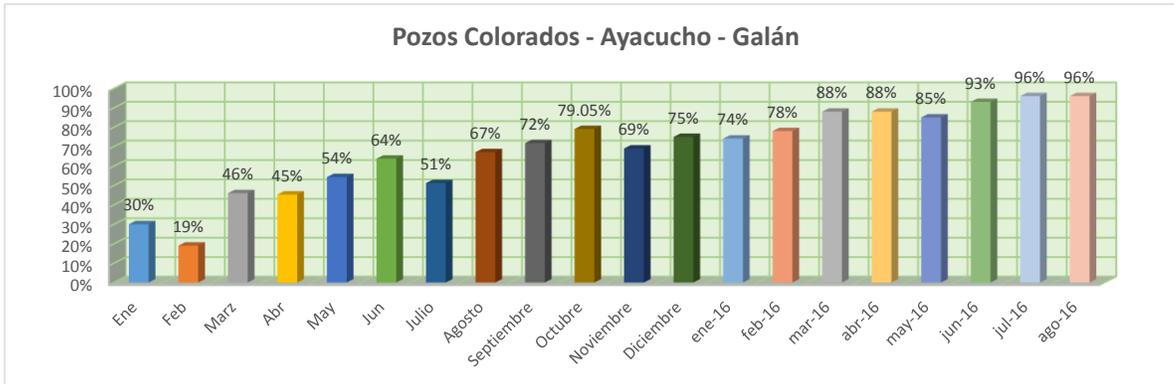
DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ULTIMA INSPECCIÓN	ESTADO	% DISPONIBILIDAD
San Pablo	34+780	26/10/2016	Operativa	96.75
Aracataca sur	73+950	27/10/2016	Operativa	97.90
El Copey	126+000	31/10/2016	Operativa	98.14
Canoas	186+882	28/10/2016	Operativa	91.25
Champan	246+435	28/10/2016	Operativa	97.37
El Chulo	289+163	28/10/2016	Operativa	94.67

**Tabla 46. Unidades rectificadoras Sistema Ayacucho – Galán 14”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ULTIMA INSPECCIÓN	ESTADO	% DISPONIBILIDAD
Besote	333+500	21/12/2015	Operativa	100
Gamarra	355+351	22/12/2015	Fuera de servicio	80.44
San Martin	398+176	23/12/2015	Operativa	74.83
Tropezón	429+728	24/12/2015	Operativa	85.37
Sogamoso	486+569	25/12/2015	Operativa	80.03
La Cabaña	503+469	26/12/2015	Operativa	95.03

Para el cálculo del porcentaje de disponibilidad se descargan los reportes de variables operativas (corriente, voltaje, potencial eléctrico, etc), que administran las unidades de monitoreo remoto (UMR), estos equipos están conectados eléctricamente a las unidades rectificadoras.

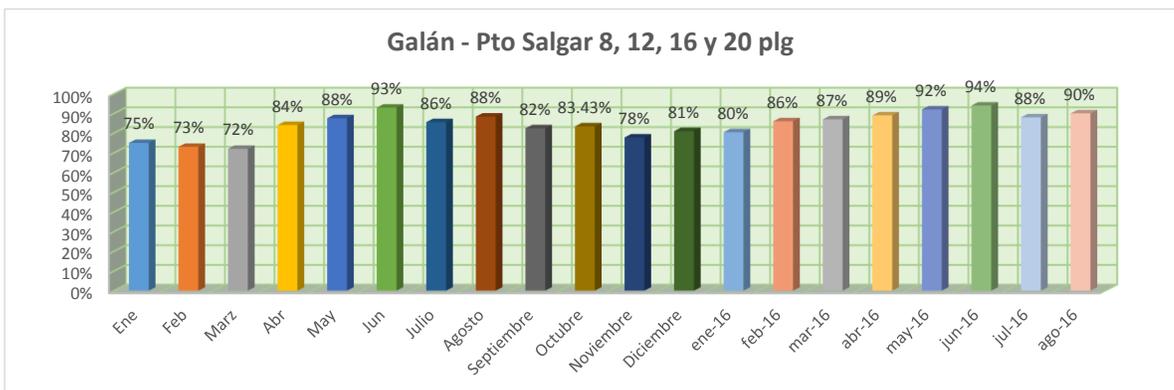
**Gráfica 6. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras PPG14**



**Tabla 47. Unidades rectificadoras Galan Sebastopol 8”/12”/16”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ULTIMA INSPECCIÓN	ESTADO	% DISPONIBILIDAD
San Silvestre	008+247	10/07/2015	Operativa	100
La Colorada	029+816	10/07/2015	Operativa	96.31
Puerto Parra	071+292	09/07/2015	Operativa	89.35
Las Orquídeas	097+320	08/07/2015	Operativa	88.95
Chucuri	50+528	09/07/2015	Operativa	96.52
Santa Martha	89+901	08/07/2015	Operativa	43.80

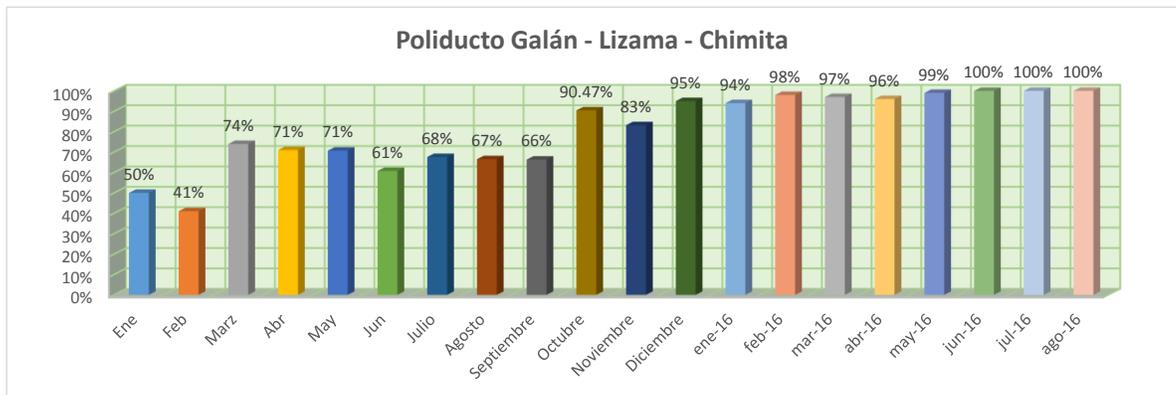
**Gráfica 7. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras GS8/12/16**



**Tabla 48. Unidades rectificadoras Galan Chimita 12”/6”**

Tramo	Descripción	Km campo	Fecha ultima inspección	Estado	% disponibilidad
Galán - Lizama	San Silvestre	8+210	10/07/2015	Operativa	100
	La Virgen	14+971	13/07/2015	Fuera de Servicio	99.93
	Telecom	34+053	13/07/2015	Operativa	100
Tienda Nueva - Guayacan	Los Amores	66+000	15/07/2015	Operativa	99.50
Guayacan - Chimita	EL Guamito	85+045	15/07/2015	Operativa	96.18

**Gráfica 8. Porcentaje de Disponibilidad Unidades Rectificadoras GCH12/6**

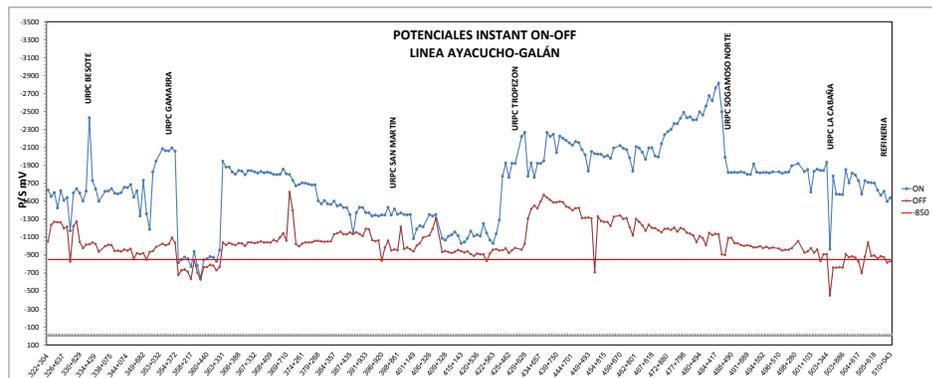


**6.2.1.4 Inspección poste a poste** Lectura de potenciales eléctricos de protección catódica en estaciones de prueba, normalmente por cada kilómetro de longitud de tubería, para la vigencia 2016 se aplicaron los criterios actualizados del estándar NACE SP 0169.

## Ilustración 50. Instalación de interruptores de corriente



## Gráfica 9. Potenciales instant - off sistema Ayacucho Galan 14''



### Sistema Pozos Colorados - Ayacucho 14''

El Sistema se encuentra protegido catódicamente y cumple con el 98% del criterio potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

### Sistema Ayacucho – Galán 14''

El Sistema se encuentra protegido catódicamente y cumple con el 93% del criterio potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

### Sistema Galán – Sebastopol 16''

El Sistema se encuentra protegido catódicamente en un 96%, cumpliendo con el criterio de potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

### Sistema Galán – Sebastopol 12”

El Sistema se encuentra protegido catódicamente en un 95%, cumpliendo con el criterio de potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

### Sistema Galán – Sebastopol 8”

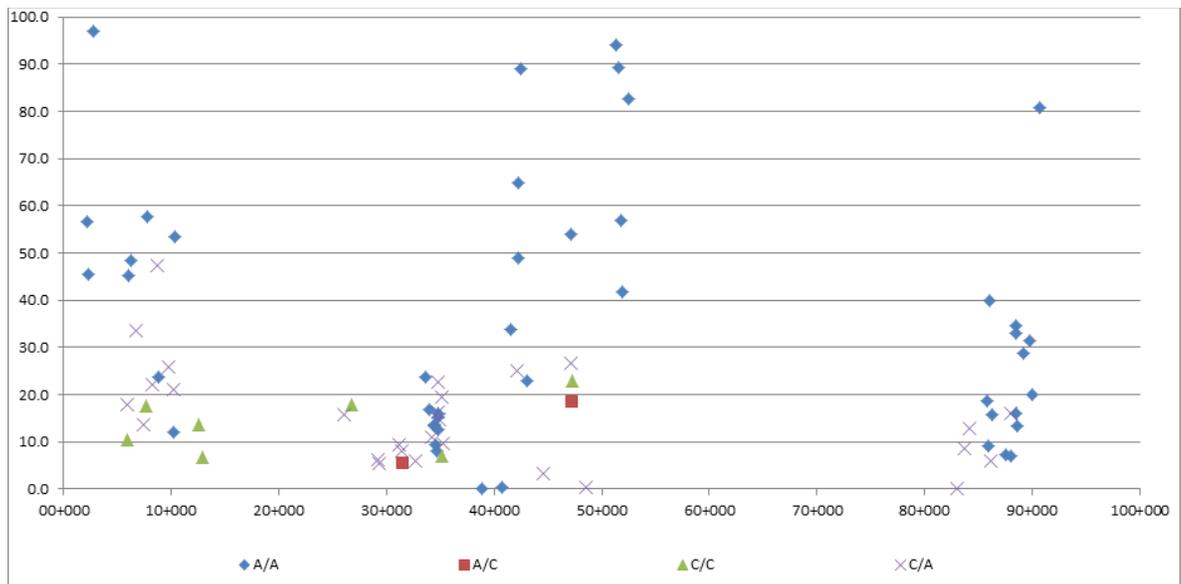
El Sistema se encuentra protegido catódicamente en un 92%, cumpliendo con el criterio de potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

El Sistema se encuentra protegido catódicamente en un 80%, cumpliendo con el criterio de potencial instant off de acuerdo al estándar NACE SP1069.

**6.2.1.5 Inspección DCVG-PCM** Para la vigencia 2016 se efectuó la inspección DCVG de todos los sistemas.

**Gráfica 10. Zonas de concentración de indicaciones DCVG**



### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

Tramo Pozos Copey: Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR entre el 0 al 35%.

Tramo Copey Ayacucho: Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR entre el 0 al 10%.

Tramo Ayacucho Galán: Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR mayores al 70%.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR mayores al 70%.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR mayores al 70%.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

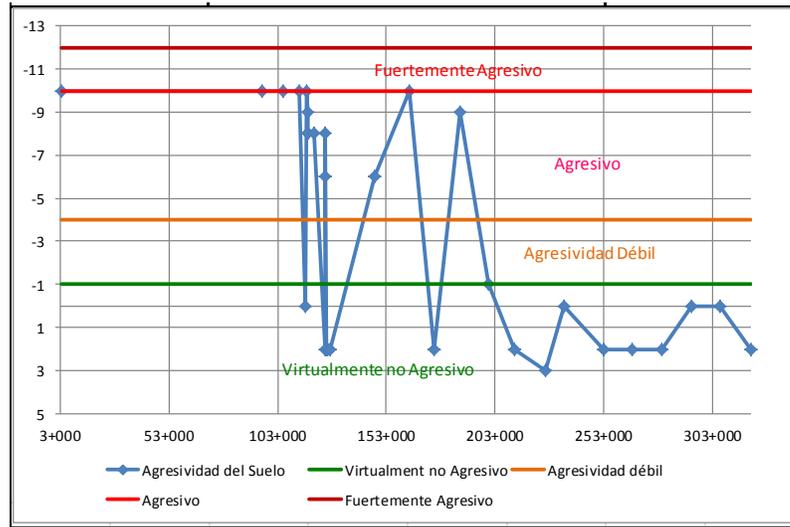
Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR entre el 10 al 70%.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Hay evidencia de daños en el recubrimiento con carácter IR mayores al 70%.

**6.2.1.6 Análisis de suelo** Para la vigencia 2016 se efectuaron análisis de corrosividad de suelos para algunos sistemas, en los casos restantes se hicieron análisis de capas de Barnes.

**Gráfica 11. Analisis de agresividad de suelos por el método DIN 50929**



### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

De acuerdo a la metodología establecida por el estándar DIN 50929-3 1985, el 70% de los suelos analizados presentan una corrosividad agresiva desde el punto de vista fisicoquímico y microbiológico.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Mediante el análisis de capas de Barnes se determinó que los valores de resistividad eléctrica del suelo, se encuentran entre 1000 - 100000 ohm-cm. Adicional se instalaron cupones de gravimétricos para evaluar la tendencia corrosiva del suelo y el resultados indica una naturaleza agresiva.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Mediante el análisis de capas de Barnes se determinó que los valores de resistividad eléctrica del suelo, se encuentran entre 1000 - 10000 ohm-cm. Adicional se instalaron cupones de gravimétricos para evaluar la tendencia corrosiva del suelo y el resultados indica una naturaleza agresiva.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Mediante el análisis de capas de Barnes se determinó que los valores de resistividad eléctrica del suelo, se encuentran entre 100 - 10000 ohm-cm.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

De acuerdo a la metodología establecida por el estándar DIN 50929-3 1985, el 70% de los suelos analizados presentan una corrosividad agresiva desde el punto de vista fisicoquímico y microbiológico.

**6.2.1.7 Aislamientos eléctricos (bridas y estructuras)** Para la vigencia 2016 se aplicó la técnica de radiofrecuencia, para determinar si existe continuidad eléctrica, entre estructuras metálicas bridadas.

### **Ilustración 51. Inspección del aislamiento eléctrico en uniones bridadas**



**Tabla 49. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Pozos Colorados	0+008	Julio 2016	Si	Operativa
Ayacucho	321+160	Julio 2016	Si	Operativa
Ayacucho	322+000	Febrero 2016	Si	Operativa
Galán	508+489	Febrero 2016	Si	Operativa

**Tabla 50. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 16”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Galán	0+000	Febrero 2016	Si	Operativo
Sebastopol	114+320	Febrero 2016	No	No tiene aislamiento

**Tabla 51. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 12”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Galán	0+000	Febrero 2016	Si	Operativo
Sebastopol	115+579	Febrero 2016	Si	Operativo

**Tabla 52. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Sebastopol 8”**

DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Galán	0+082	Enero 2016	No	No tiene aislamiento
Sebastopol	115+237	Enero 2016	No	No tiene aislamiento

**Tabla 53. Inspección de aislamientos eléctricos Sistema Galán Chimita 12”/6”**

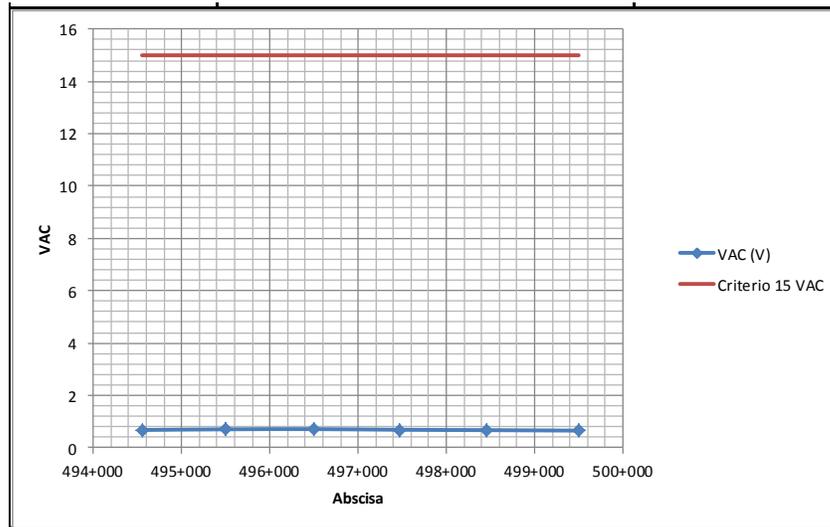
DESCRIPCIÓN	KM CAMPO	FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN	INSTALADA	ESTADO
Galán	0+000	Enero 2016	Si	Corto
Chimita	96+000	Enero 2016	Si	Operativo

**6.2.1.8 Interferencias AC** Desde el punto de vista de corrosión, es muy poco probable que se genere algún tipo de daño en la tubería, por influencia de corrientes AC, realmente el problema con este tipo de interferencias, son de seguridad ocupacional para el personal que ejecuta la labor.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC, cumple con lo establecido en el numeral 5.2.1.1 del estándar NACE SP0177.

**Gráfica 12. Nivel de potencial AC, a lo largo del trazado del Poliducto PPG14”**



**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC, cumple con lo establecido en el numeral 5.2.1.1 del estándar NACE SP0177.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC, cumple con lo establecido en el numeral 5.2.1.1 del estándar NACE SP0177.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC, cumple con lo establecido en el numeral 5.2.1.1 del estándar NACE SP0177.

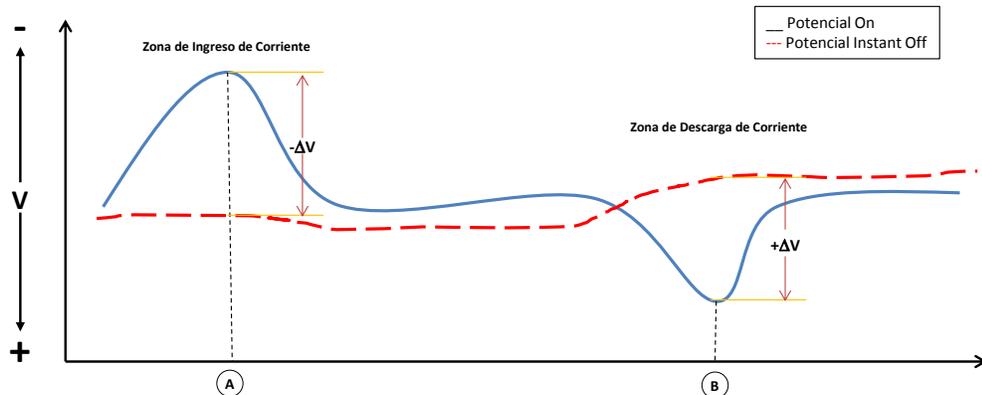
**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente AC, cumple con lo establecido en el numeral 5.2.1.1 del estándar NACE SP0177.

**6.2.1.9 Interferencias DC** Las interferencias eléctricas son corrientes estáticas o dinámicas, alternas o directas, que tienden a circular por caminos eléctricos distintos

al circuito deseado. El problema de las interferencias, es que puede favorecer procesos de corrosión localizada de muy alta tasa de deterioro.

### Ilustración 52. Interferencias eléctricas anódica en sistemas de protección catódica de tuberías



#### Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”

Evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC entre el KM 494+550 al KM 505+100.

#### Sistema Galán – Sebastopol 16”

Evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC entre el KM 1+050 al KM 3+818 y KM 5+200 al KM 6+400.

#### Sistema Galán – Sebastopol 12”

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC.

#### Sistema Galán – Sebastopol 8”

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC.

#### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

No hay evidencia de interferencias eléctricas por corriente DC.

**6.2.1.10 Inspección de cruces encamisados** Para la vigencia 2016 se tienen los mismos resultados de la vigencia 2015.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No cuenta con cruces encamisados.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Se presenta corto electrolítico en el KM 0+745.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Se presenta corto electrónico en el KM 112+043.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Se presenta corto electrolítico en el KM 108+911, KM 109+141, KM 110+046, KM 110+627, KM 113+183 y KM 114+766.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Tramo Galan Lizama se presenta corto electrónico en el KM 0+197 y KM 0+273.

Tramo Lizama Tienda Nueva se presenta corto electrónico en el KM 0+018 y KM 0+087.

Tramo Tienda Nueva Guayacán no cuenta con cruces encamisados.

Tramo Guayacán Chimita no cuenta con cruces encamisados.

**6.2.1.11 Fallas corrosión exterior** En la vigencia 2016 se presentó una pérdida de contención en la tubería.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

La línea no ha fallado por Corrosión Exterior.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

La línea no ha fallado por Corrosión Exterior.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

La línea no ha fallado por Corrosión Exterior.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

La línea no ha fallado por Corrosión Exterior.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

En el tramo Galan Lizama KM 19+978 se presentó una falla por corrosión exterior, los tramos restantes no han presentado fallas.

**6.2.2 Corrosión interna** Para la vigencia 2016 las condiciones operacionales se modifican en los sistemas, excepto en Pozos – Galan 14” y Galan Sebastopol 8” .

### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

El producto transportado es: Nafta y Diesel.

Flujo: 4500 BPH.

Temperatura producto: 42°C.

Velocidad de flujo: 1.9 m/seg.

Tiempo de Operación: 24 horas.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

El producto transportado es: Refinados (Diesel).

Flujo: 5000BPH.

Temperatura producto: 38°C.

Velocidad de flujo: 2,83 m/seg.

Tiempo de Operación: 24 Horas.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

El producto transportado es: Productos Refinados en Baches.

Flujo promedio: 4050 BPH.

Temperatura producto: 36.1°C.

Velocidad de flujo: 3,69m/seg.

Tiempo de Operación: 24H.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

El producto transportado es: Propano, Productos Refinados, GLP.

Flujo: 600BPH.

Temperatura producto: 35°C.

Velocidad de flujo: 0.9 m/s.

Tiempo de Operación: 12 horas diarias.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

El producto transportado es: Productos Refinados en Baches (Gasolina, Diesel, GLP).

Flujo Galán a Lizama: 650 BPH.

Flujo Lizama a Chimita: 600BPH

Temperatura producto: 38°C.

Velocidad de flujo: 0,66m/seg.

Tiempo de Operación: 24 horas diarias.

**6.2.2.1 Tasa de corrosión generalizada** Para la vigencia 2016 la tasa de corrosión general se modificó, excepto en el sistema Galan Sebastopol 16”.

### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

El valor reportado por cupones gravimétricos es de 5,08 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

El valor reportado por cupones gravimétricos es de 0,2377 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

El valor reportado por cupones gravimétricos es de 0,085 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

El valor reportado por cupones gravimétricos es de 0325 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

El valor reportado por cupones gravimétricos es de 0,089 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

**6.2.2.3 Tasa de corrosión localizada** Para la vigencia 2016 la tasa de corrosión localizada se modificó, excepto en el sistema Pozos Galan 14”.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

El valor reportado en el Sistema Pozos Copey es de 8.76 mpy, para el Sistema Copey hasta Galán es desconocido.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

El valor reportado por biocupones es de 4,3314 mpy, el cual está ubicado en el despacho de la línea.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se evidenciaron picaduras en los biocupones.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se evidenciaron picaduras en los biocupones.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se evidenciaron picaduras en los biocupones.

**6.2.2.4 Limpiezas internas** Es una muy buena práctica del operador de ductos, realzar limpieza interna de las tuberías mediante el uso de herramientas denominadas raspadores, las cuales dependiendo de su configuración, alcanzan un grado de limpieza y arrastre de sólidos.

### **Ilustración 53. Raspador de discos y copas posterior a la limpieza**



**Tabla 54. Cumplimiento de limpieza interna Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

<b>SISTEMA</b>	<b>CUMPLIMIENTO ACUMULADO</b>
Pozos Colorados – El Copey 14”	100%
El Copey – Ayacucho 14”	100%
Ayacucho – Galán 14”	100%

**Tabla 55. Cumplimiento de limpieza interna Galan – Sebastopol 8/12/16”**

<b>SISTEMA</b>	<b>CUMPLIMIENTO ACUMULADO</b>
Galán – Sebastopol 8”	100%
Galán – Sebastopol 12”	100%
Galán – Sebastopol 16”	100%

**Tabla 56. Cumplimiento de limpieza interna Galan – Chimita 12”/6”**

<b>SISTEMA</b>	<b>CUMPLIMIENTO ACUMULADO</b>
Galán – Lizama 12”	100%
Lizama – Tienda Nueva 6”	100%
Tienda Nueva - Guayacán 12”	100%
Guayacán – Chimita 6”	100%

**6.2.2.5 Análisis fisicoquímico y bioquímicos de fluidos transportados** Para la vigencia 2016 se actualizaron los datos de monitoreos para cada uno de los sistemas.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

Los fluidos presentan una baja corrosividad 160 ppm CO<sub>2</sub>, 2 ppm H<sub>2</sub>S, BPA 10<sup>6</sup> y BSR 10<sup>5</sup>. Se hace inyección de inhibidor de corrosión de 0.32ml/bl.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Los fluidos presentan una baja corrosividad 200 ppm CO<sub>2</sub>, 0 ppm H<sub>2</sub>S, BPA 10<sup>6</sup> y BSR 10<sup>6</sup>. Se hace inyección de inhibidor de corrosión de 0.32ml/bl.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Los fluidos presentan una baja corrosividad 200 ppm CO<sub>2</sub>, 0 ppm H<sub>2</sub>S, BPA 10<sup>6</sup> y BSR 10<sup>6</sup>. No se hace inyección de inhibidor de corrosión.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Los fluidos presentan una baja corrosividad microbiológica BPA 10bac/ml y BSR 10 bac/ml. No se hace inyección de inhibidor de corrosión.

#### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Los fluidos presentan una baja corrosividad 200 ppm CO<sub>2</sub>, 0 ppm H<sub>2</sub>S, BPA 10<sup>6</sup> y BSR 10<sup>6</sup>. No se hace inyección de inhibidor de corrosión.

**6.2.2.6 Fallas por corrosión interna** Para la vigencia 2016 no se han presentado fallas por esta amenaza, en ninguno de los sistemas.

#### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

#### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

#### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**6.2.3 Agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC)** Para la vigencia 2016 no se han presentado fallas por esta amenaza, en ninguno de los sistemas.

#### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**6.2.4 Defectos de manufactura** Para la vigencia 2016 no se han presentado fallas por esta amenaza, en ninguno de los sistemas.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**6.2.5 Defectos de construcción y soldadura** Para la vigencia 2016 no se han presentado fallas por esta amenaza, en ninguno de los sistemas, sin embargo se actualizó la información de anomalías para los sistemas: Galan Chimita, tramo Galan Lizama y Galan Sebastopol 8”.

Esta tipo de anomalías son relevantes siempre y cuando su dimensión supere el 30% de profundidad.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

La evaluación se estableció a partir de la última inspección ILI, únicamente se tiene inspección para el Sistema Pozos - El Copey.

**Tabla 57. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Pozos – Copey 14”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Pozos Colorados – Ayacucho - Galán	Pozos Colorados - El Copey	RAWPOZCOP14-2013	20.8	0	16	0
	El Copey - Ayacucho	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI
	Ayacucho-Galán	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI	No tiene corrida ILI

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

La evaluación se estableció a partir de la última inspección ILI.

**Tabla 58. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 16”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Galán Sebastopol 16”	Galán Sebastopol 16”	RAWGALSEB16-2011h	2.84	0	3.0	0

### Sistema Galán – Sebastopol 12”

La evaluación se estableció a partir de la última inspección ILI.

**Tabla 59. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 12”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Galán Sebastopol 12”	Galán Sebastopol 12”	RAWGALSEB12-2014h	18.03	6	2.67	2

### Sistema Galán – Sebastopol 8”

La evaluación se estableció a partir de la inspección ILI del año 2016.

**Tabla 60. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galan Sebastopol 8”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Galán Sebastopol 8”	Galán Sebastopol 8”	RAWGALSEB08-2016h	0.087	0	0.024	0

### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

La evaluación se estableció a partir de la última inspección ILI.

**Tabla 61. Anomalías por construcción y soldadura en Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Nombre sistema	Nombre sistema	Año ultima corrida ili	Porcentaje de anomalías manufactura	Listado de anomalías manufactura >30%	Porcentaje de anomalías construccion	Listado de anomalías construccion >30%
Galán – Chimita 12”/6”	Galán Lizama	RAWGALLIZ12-2016	0.67	1	2.51	6
	Lizama Tienda Nueva	RAWLIZTIN06-2014	2.7	0	0	0
	Tienda Nueva Guayacan	RAWTINGUA12-2014	7.81	0	1.0	0
	Guayacan Chimita	RAWGUACHI06-2014	0.27	0	0	0

**6.2.6 Fallas de equipos** Para la vigencia 2016 se reporta un evento en una válvula del sistema Galan Sebastopol 16”

**Ilustración 54** Mantenimiento de válvulas de operación remota



**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Se presentó una falla por esta amenaza en la válvula Caño Negro.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado fallas por esta amenaza.

**6.2.7 Daños por terceros voluntarios** Para la vigencia 2016 se presentaron la instalación de once (11) válvulas ilícitas y un atentado en los sistemas.

#### **6.1.7.1 Historial de eventos (ilícitas y atentados)**

##### **Sistema Pozos Colorados –Ayacucho 14”**

En el Sistema se han instalado cuatro (4) válvulas ilícitas durante la vigencia 2016, todas fueron clausuradas mediante encamisado metálicos contenedores de presión.

##### **Sistema Ayacucho – Galán 14”**

En el Sistema se han instalado tres (3) válvulas ilícitas durante la vigencia 2016, todas fueron clausuradas mediante encamisado metálicos contenedores de presión.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

En el Sistema se han instalado dos (2) válvulas ilícitas durante la vigencia 2016, todas fueron clausuradas mediante encamisado metálicos contenedores de presión.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

En el Sistema se ha instalado una (1) válvula ilícita durante la vigencia 2016, fue clausurada mediante encamisado metálico contenedor de presión.

##### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se han presentado instalación de válvulas ilícitas o atentados en el sistema.

##### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se han presentado instalación de válvulas ilícitas, sin embargo se dio un atentado a la tubería en el tramo Lizama Tienda - Nueva.

**6.2.7.2 Problemas de seguridad pública** Para la vigencia 2016 no se han presentado eventos en los sistemas.

**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

No se ha presentado hurtos en el sistema.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

No se ha presentado hurtos en el sistema.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No se ha presentado hurtos en el sistema.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

No se ha presentado hurtos en el sistema.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

No se ha presentado hurtos en el sistema.

**6.2.8 Daños por terceros involuntarios** Para la vigencia 2016, no se presentaron eventos de daño en las tuberías asociadas a esta amenaza, se continúa con los planes de mantenimiento preventivos.

**6.2.8.1 Señalización del DDV** Durante el año 2016 continua el plan de señalización del DDV en cada uno de los sistemas, mediante letreros “one call”.

**Sistema Pozos Colorados- Ayacucho**

Se realizó la instalación de 50 letreros “one call”.

**Sistema Ayacucho – Galán 14”**

Se realizó la instalación de 25 letreros “one call”.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Se realizó la instalación de 35 letreros “one call”.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Se realizó la instalación de 35 letreros “one call”.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Se realizó la instalación de 5 letreros “one call”.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Se realizó la instalación de letreros “one call”.

Galán - Lizama 10 letreros

Lizama – Tienda Nueva 5 letreros

Tienda Nueva – Guayacán 5 letreros

Guayacán - Chimita 16 letreros

**6.2.8.2 Invasiones** Para la vigencia 2016 continua la ocupación indebida del derecho de vía por parte de la población, se mantienen los planes de comunicación y socialización, a través de los Comités de Gestión del Riesgo de los Municipios.

**Ilustración 55. Socialización de planes de emergencia al CMDGR de Puerto Wilches**



**Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Hay evidencia de invasiones al derecho de vía.

**6.2.9 Operaciones incorrectas** Para la vigencia 2016 los parámetros operativos se mantiene ídem al año 2015, excepto en el sistema Pozos Galan 14”, para lo cual se aplicó la filosofía de control de cambios.

**Ilustración 56. Parámetros operativos Sistema Pozos - Galan 14”**

	PARÁMETRO	ESTACIÓN POZOS COLORADOS	ESTACIÓN COPEY (nota 7)	ESTACIÓN AYACUCHO	ESTACIÓN GALÁN
DESCARGA	Máxima presión de descarga [psig] - Máxima presión de operación (MOP)	2105	2105	2105	N/A
	Máxima presión permisible de operación (MAOP) – set de calibración máximo de válvulas de seguridad estación [psig] – Descarga	1PSV: 2220 CSO 2 PSV: 2230 CSO (nota 5) 3 PSV: 2220 CSC	1PSV: 2220 CSO 2 PSV: 2230 CSO (nota 5) 3 PSV: 2220 CSC	1PSV: 2220 CSO 2 PSV: 2230 CSO (nota 5) 3 PSV: 2220 CSC	N/A
	Alarma Alta Presión descarga [psig] (H)	2115	2115	2115	N/A
	Alarma Alta Alta Presión descarga [psig] (HH)	2140	2140	2140	N/A
	Paro de Bombeo	2160	2160	2160	N/A
SUCCIÓN	Máxima presión de recibo/succión [psig] – Máxima presión de operación (MOP)	N/A	520 (nota 6)	300	225
	Máxima presión permisible de operación (MAOP) – set de calibración máximo de válvulas de seguridad estación [psig] – Recibo	N/A	1PSV: 890 CSO (nota 3) 2 PSV: 935 CSO (nota 5) 3 PSV: 890 CSC	1PSV: 405 CSO (nota 4) 2 PSV: 420CSO (nota 5) 3 PSV: 410 CSC	1PSV: 250 CSO 2PSV: 260 CSO 3PSV: 250 CSC
	Alarma Alta Presión Recibo /Succión [psig]	N/A	705	350	240

Nota 1: CSO: Car Seal Open  
Nota 2: CSC: Car Seal Close

**Tabla 62. Perfil objetivo sistema Pozos – Galán 14”**

NOMBRE SISTEMA	NOMBRE LÍNEA	PERFIL HIDRÁULICO
Poliducto Pozos Colorados - Ayacucho -Galán	Desde pozos hasta galán	Perfil Objetivo Pozos - Galán @2140-935 y 2160-240psig

**Tabla 63. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 16”**

<b>NOMBRE SISTEMA</b>	<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>PERFIL HIDRÁULICO</b>
Poliducto Galán - Salgar de 16"	Galán - Salgar de 16"	Perfil objetivo Galán - Salgar 16" @1310-1018 y 1700-420 psig

**Tabla 64. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 12”**

<b>NOMBRE SISTEMA</b>	<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>PERFIL HIDRÁULICO</b>
Poliducto Galán - Salgar de 12"	Galán - Sebastopol 12"	Perfil objetivo Galán - Salgar 12 @1455-891 y 1350-265psig

**Tabla 65. Perfil objetivo sistema Galán – Sebastopol 8”**

<b>NOMBRE SISTEMA</b>	<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>PERFIL HIDRÁULICO</b>
Poliducto Galán - Salgar de 8"	Galán - Sebastopol 8"	Perfil objetivo Galán - Salgar 8 @680-240 y 610-215psig

**Tabla 66. Perfil objetivo sistema Galán – Chimita 12”/6”**

<b>NOMBRE SISTEMA</b>	<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>PERFIL HIDRÁULICO</b>
Poliducto Galán – Chimita de 12”/6”	Galán – Chimita 12”/6”	Perfil objetivo Galán – Chimita 12”/6” @1925-720 y 1830-648psig

**6.2.9.1 Concentradores de esfuerzo (abolladuras)** Para la vigencia 2016, se realizó la actualización de la condición operativa y priorización de atención de anomalías en cada uno de los sistemas, de acuerdo con el estándar ASME B.31.4.

## Ilustración 57. Memorando de actualización de parámetros operativos

Radicado Nro: 2-2016-093-6464 Para responder citelo  
Ecopetrol - CGC SAN MARTIN  
Fecha: Feb 4 2016 3:42PM  
Dependencia: GERENCIA DE OPERACIÓN CENTRAL  
Destino: GERARDO IVÁN MESÍAS ROSAS  
Original con Copias Folios: 5 Anexos: 1



2-2016-093-6464



### MEMORANDO

Bogotá D.C., 29 de Enero de 2016

---

**PARA:** **GERENTE GENERAL O&M (E )**  
Gerardo Iván Mesías Rosas  
**GERENTE DE OPERACIÓN CENTRAL (E )**  
Rubén Darío Moreno Rojas  
**GERENTE DE POLIDUCTOS (E )**  
Jorge Eduardo Evan  
**SUPERINTENDENTE O&M CENTRAL - GOC (E )**  
Vidal Armando Ramírez Valenzuela  
**JEFE DEPARTAMENTO DE OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTE**  
Javier Medina Mesa  
**COORDINADOR DEL CENTRO DE CONTROL - GOC (E )**  
Javier Núñez Paredes  
**JEFE DEPARTAMENTO DE PROGRAMACIÓN DE TRANSPORTE GOC**  
Alexander Higuera Cely  
**JEFE DEPARTAMENTO O&M NORTE**  
Miguel Gustavo Mulett  
**COORDINADOR MANTENIMIENTO NORTE**  
Francisco Alexander Latorre Ospina

**DE:** **SUPERINTENDENCIA DE INTEGRIDAD Y CONFIABILIDAD**  
Jesús Alonso Lasso Lozano

**ASUNTO:** **Actualización de la Condición Operativa y Priorización ILI 2016 del sistema Pozos Colorados-Ayacucho-Galán de 14"**

---

El presente memorando establece los valores de presión máxima a las cuales los pueden operar de forma segura los sistemas de transporte de acuerdo con Asme B 31.4. Igualmente se incluyen los hallazgos detectados por las herramientas ILI priorizados para atender durante la vigencia 2016.

#### 1. *Condición Operacional del sistema*

De acuerdo con el estado actual de atención de hallazgos ILI, se determina que es viable mantener las presiones máximas de operación definidas en el memorando No.2-2015-093-30956 "Límites Operativos del Sistema Pozos Colorados-Ayacucho-Galán de 14" emitido el 27 de noviembre de 2015 por la Superintendencia de Integridad y Confiabilidad. El análisis de los límites operacionales se realizó teniendo en cuenta: i) Reparaciones realizadas por el Departamento O&M Norte (POR) ii) Criterios de priorización de hallazgos ILI establecidos por el Departamento de Ductos y Offshore (PDU), iii) Análisis

### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”**

Para la vigencia 2016 no se relacionan abolladuras en el tramo Pozos – Copey 14”, el tramo Copey – Galán 14” no se tiene inspección ILI; motivo por el cual se desconoce la presencia de abolladuras.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Para la vigencia 2016 no se relacionan abolladuras.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Para la vigencia 2016 no se relacionan abolladuras.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Las abolladuras programadas para el 2016 ya fueron atendidas en las abscisas KM 103+906 y KM 110+666.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Para la vigencia 2016 no se relacionan abolladuras.

**6.2.10 Clima y fuerzas externas** Para la vigencia 2016 continua el plan de inspecciones del derecho de vía, patrullaje aéreo (cuando aplique), monitoreo con sensores, topográfico, entre otros y acciones de mitigación, obras de estabilización y canalización de aguas.

**6.2.10.1 Inspección visual del DDV** La ejecución de esta actividad sigue el procedimiento VIT-GTA-P-359, el objetivo es identificar las condiciones geotécnicas, que vulneran la integridad mecánica de la tubería. La frecuencia de inspección se modificó a bimestral en el año 2016.

### **Sistema Pozos Colorados –Ayacucho 14”**

Se tienen identificados los siguientes hallazgos de acuerdo a la actualización realizada en el año 2016: KM 2+524, KM 4+954, KM 5+995, KM 6+158, KM 7+586, KM 9+814, KM 9+987, KM 13+683, KM 16+975, KM 21+340, KM 22+208, KM 24+473, KM 29+629, KM 35+075, KM 39+176, KM 39+905, KM 41+301, KM 42+167, KM 42+518, KM 45+615, KM 45+943, KM 46+101, KM 51+937, KM56+810, KM 59+107, KM 60+270, KM 60+509, KM 63+458, KM 65+225, KM 66+524, KM 68+743, KM 71+432, KM 72+107, KM 75+919, KM 77+965, KM 78+572, KM 80+793, KM 81+012, KM 82+073, KM 82+388, KM 83+319, KM 84+200, KM 86+773, KM 88+644, KM 93+048, KM 93+829, KM 95+196, KM 95+260, KM 95+824, KM 96+460, KM 97+875, KM 108+017, KM 178+103, KM 190+008, KM 200+779, KM 202+817, KM 204+213, KM 209+679, KM 236+869, KM 248+519, KM 253+717, KM 275+053, KM 277+038, KM 282+188, KM 285+118, KM 286+210, KM 290+994, KM 295+855, KM 297+557, KM 299+378, KM 305+049, KM 305+057.

### **Sistema Ayacucho - Galán 14”**

Se tienen identificados los siguientes hallazgos de acuerdo a la actualización realizada en el año 2016: KM 328+690, KM 334+897, KM 346+060, KM 361+231, KM 363+713, KM 390+115, KM 398+240, KM 407+780, KM 416+695, KM 437+593, KM 458+350, KM 460+922, KM 462+098, KM 462+310, KM 465+112, KM 473+477, KM 493+795, KM 495+428, KM 499+114.

### **Sistema Galán – Sebastopol 16”**

Se tienen identificados los siguientes hallazgos de acuerdo a la actualización realizada en el año 2016: KM 16+430, KM 16+690, KM 16+730, KM 19+351, KM 20+432, KM 21+008, KM 42+072, KM 78+282, KM 79+800.

### **Sistema Galán – Sebastopol 12”**

Se tienen identificados los siguientes hallazgos de acuerdo a la actualización realizada en el año 2016: KM 16+430, KM 16+690, KM 41+310, KM 69+442, KM 69+694, KM 77+846, KM 96+100, KM 96+856, KM 104+250, KM 105+135, KM 105+440.

### **Sistema Galán – Sebastopol 8”**

Se tienen identificados los siguientes hallazgos de acuerdo a la actualización realizada en el año 2016: KM 6+850, KM 16+350, KM 16+670, KM 17+909, KM 31+360, KM 51+900, KM 60+680, KM 69+514, KM 87+545, KM 91+710, KM 91+960, KM 102+960, KM 107+660, KM 107+740.

### **Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Se tienen identificados los siguientes hallazgos de acuerdo a la actualización realizada en el año 2016:

Galan – Lizama: KM 33+815.

Lizama – Tienda Nueva: KM 44+400, KM 45+170, KM 49+526.

Tienda Nueva – Guayacán: KM 4+274, KM 59+912, KM 61+330, KM 61+654, KM 61+834, KM 63+060, KM 63+385, KM 64+162, KM 65+091, KM 65+479, KM 67+794, KM 15+000, KM 15+095, KM 15+280, KM 20+665, KM 21+005, KM 77+800.

Guayacán – Chimitá: KM 0+275, KM 77+956, KM 87+790, KM 91+995, KM 93+795, KM 94+290.

**6.2.10.2 Obras de geotecnia** culminadas A continuación se lista por abscisa, los hallazgos que el Departamento atendió en el año 2016.

**Ilustración 58. Obras de estabilización en el tramo Tienda Nueva Guayacán**



**Sistema Pozos Colorados –Ayacucho 14”**

KM 7+856, KM 45+943, KM 46+101, KM 51+937, KM 65+225, KM 97+875, KM 39+905, KM 71+432.

**Sistema Ayacucho – Galán 14”**

KM 458+350, KM 462+096.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**

KM 22+765, KM 42+072, KM 76+068.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**

No aplica.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**

KM 107+660, KM 107+440.

**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Tramo Galan - Lizama: KM 33+815, KM 25+090 y KM 30+546.

Tramo Tienda - Nueva Guayacán: KM 63+420, KM 64+720, KM 65+479, KM 59+580, KM 62+600, KM 62+780, KM 63+940, KM 68+680, KM 70+520 y KM 77+520.

**6.2.10.3 Atención zonas deformación por curvado (bending) y movimiento de tuberías (PM)** Para la vigencia 2016 continua la atención de los planes de gestión de zonas con deformación por curvado y movimiento de tuberías.

**Ilustración 59. Reporte de zonas bending sistema Galan Sebastopol 8”**

		FORMATO CONSOLIDADO DE INSPECCIÓN DEL DERECHO DE VÍA Y RECORRIDOS MENSUALES																			
		CONSERVACIÓN Y PROYECCION DE LA INFRAESTRUCTURA							TRANSPORTE				GERENCIA TÉCNICA DE								
VIT-GTT-F-035							Elaborado: 16/11/2010				Versión: 1										
Número de Hallazgo	Nivel de Atención			Inicio			Fin			Tipo de afectación							Observaciones				
	1	2	3	Abscisa	Coordenadas		ALTURA	Abscisa	Coordenadas		ALTURA	E	REC	S	VA	I		ROC	TUB	OTRO	
					LAT	LONG			LAT	LONG											
1			X	010+372.8	07°04'25.510"	73°48'34.462"	87	010+388.89	07°04'24.791"	73°48'32.189"	87								X	El terreno se encuentra en buenas condiciones, sin hallazgos geotécnicos sobre el DDV. Se evidencian huellas de paso de vehículos sobre el DDV.	
2			X	010+880.66	07°04'15.035"	73°48'21.335"	92	010+883.96	07°04'15.0"	73°48'21.3"	92	X								X	El terreno presenta erosión en surcos un área de 30 metros de longitud por 5 metros de ancho y una profundidad de 0.30 metros.
3			X	011+492.18	07°03'56.299"	73°48'15.209"	89	011+495.95	07°03'56.3"	73°48'15.2"	89									X	El terreno se encuentra en buenas condiciones, sin hallazgos geotécnicos sobre el DDV.
4			X	011+490.75	07°03'50.325"	73°48'13.071"	88	011+492.78	07°03'50.3"	73°48'13.1"	88	X								X	El terreno presenta erosión laminar en un área de 10 metros de longitud por 4 metros de ancho.
5			X	011+945.29	07°03'42.818"	73°48'09.862"	93	011+950.14	07°03'42.8"	73°48'09.9"	93									X	El terreno se encuentra en buenas condiciones, sin hallazgos geotécnicos sobre el DDV.

**Planes de Gestion**

Tipo 1: Monitoreo a través de la próxima corrida ILI (Mapeo Inercial).

Tipo 2: Plan 1 + Monitoreo a través de la inspección visual del derecho de vía.

Tipo 3: Plan 2 + Monitoreo Instrumentado (topografía, sensores FBG, inclinómetros, etc)

Tipo 4: Plan 3 + Construcción de obras de mitigación (obra de geotecnia, Realineamiento de tubería , Proyecto, etc).

Intervención: Plan 4 (preventivo) + Liberación de esfuerzos, inspección directa de la tubería a través de ensayos No destructivos.

### Sistema Pozos Colorados – Ayacucho – Galán 14”

Continúa la misma condición del año 2015.

**Tabla 67. Planes de gestión para zonas bending sistema Pozos - Galán 14”**

TRAMO	GESTIÓN TIPO 1	GESTIÓN TIPO 2	GESTIÓN TIPO 3	GESTIÓN TIPO 4	INTERVENCIÓN
Pozos - Copey 14”	71	5	0	3	0

Los sistemas El Copey – Ayacucho 14” y Ayacucho – Galán 14” no tienen corrida de mapeo inercial.

### Sistema Galán – Sebastopol

Se realizó la atención de los puntos de intervención en los sistemas Galan Sebastopol 16” Km 76+681 y Galan Sebastopol 8” Km 29+666, Km 115+228.

**Tabla 68. Planes de gestión para zonas bending sistema Galán – Sebastopol 16”/12”/8”**

TRAMO	GESTIÓN TIPO 1	GESTIÓN TIPO 2	GESTIÓN TIPO 3	GESTIÓN TIPO 4	INTERVENCIÓN
Galán – Sebastopol 16”	40	29	1	3	1
Galán – Sebastopol 12”	94	70	0	5	1
Galán – Sebastopol 8”	23	17	3	2	3

### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

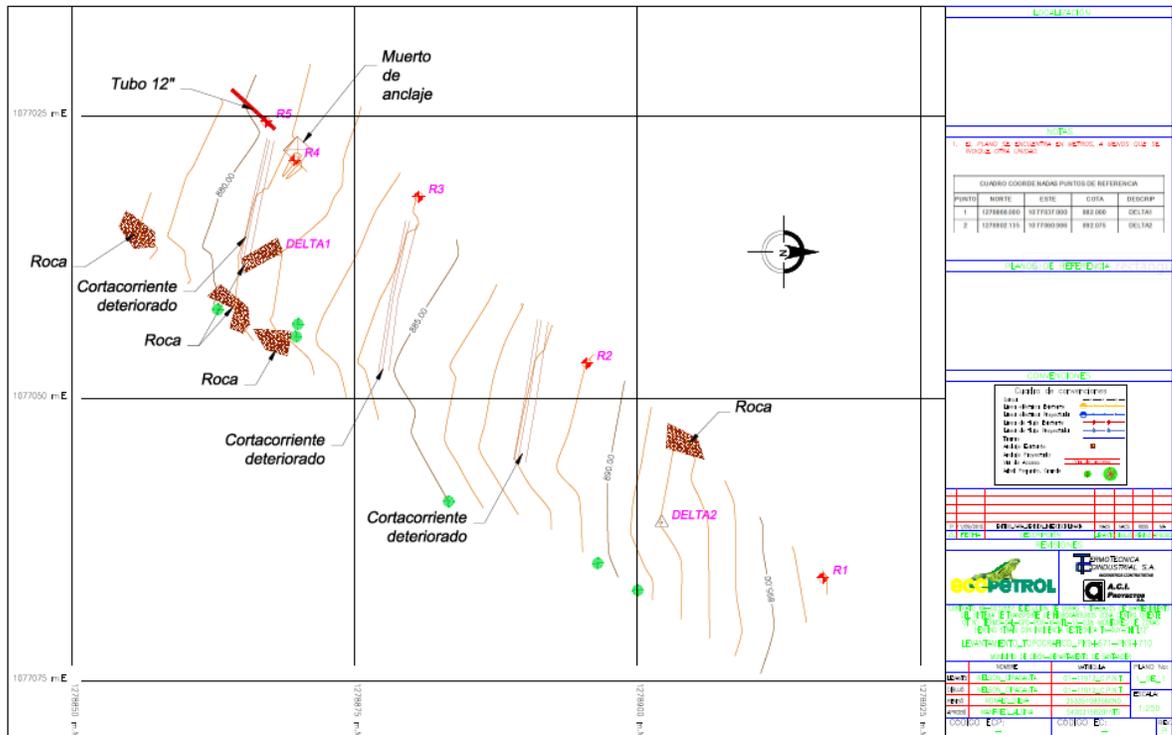
El punto de intervención del tramo Tienda Nueva - Guayacán, la zona bending se asocia a un proceso constructivo.

**Tabla 69. Planes de gestión para zonas bending sistema Galán – Chimita 12”/6”**

<b>TRAMO</b>	<b>GESTIÓN TIPO 1</b>	<b>GESTIÓN TIPO 2</b>	<b>GESTIÓN TIPO 3</b>	<b>GESTIÓN TIPO 4</b>	<b>INTERVENCIÓN</b>
<b>Galán – Lizama</b>	22	80	0	1	0
<b>Lizama – Trampa Tienda Nueva</b>	1	9	1	2	0
<b>Trampa Tienda Nueva – Trampa Guayacán</b>	6	53	13	9	1
<b>Trampa Guayacán - Chimita</b>	0	14	1	2	0

**6.2.10.4 Puntos de estudio y monitoreo** Para la vigencia 2016 se sigue aplicando el monitoreo Instrumentado de tipo topográfico y sensores de deformación.

**Ilustración 60. Análisis topográfico en el Km 9+710 del tramo Tienda Nueva Guayacán**



**Sistema Pozos Colorados –Ayacucho 14”**  
 No aplica ningún tipo de monitoreo instrumentado.

**Sistema Galán – Sebastopol 16”**  
 Se ejecuta monitoreo topográfico en el KM 107+027.

**Sistema Galán – Sebastopol 12”**  
 No aplica ningún tipo de monitoreo instrumentado.

**Sistema Galán – Sebastopol 8”**  
 No aplica ningún tipo de monitoreo instrumentado.

### Sistema Galán – Chimita 12”/6”

Se ejecuta monitoreo topográfico en los siguientes tramos

**Tabla 70. Sectores de monitoreo topográfico para el sistema Galán – Chimita 12”/6”**

TRAMO	ABCISA (KM)
Tienda Nueva – Guayacán	4+653
	7+300
	7+500
	8+200
	8+579
	8+660
	9+710
	10+148
	10+695
11+095	
Guayacán - Chimita	0+390

Para el caso de monitoreo con sensores de deformación (FBG) se sigue aplicando en el tramo Tienda Nueva –Guayacán KM 62+050 y KM 62+700.

**Tabla 71. Resultados monitoreo FBG para el sistema Galán – Chimita 12”/6”**

ZONA: OPERACIÓN NORTE						
SECTORES SELECCIONADOS:	2	SECTOR (INST. / SELECCIONADO)	100,00%			
SECTORES INSTRUMENTADOS:	2	SECCION (INST. / UBICADO)	100,00%			
No. SECCIONES UBICADAS	4					
No. SECCIONES INSTALADAS	4					
No. LECTURAS REALIZADAS	107	FECHA DE LA ULTIMA LECTUR	29-Abr-16			
SECTOR	INST.	No. LECTURAS	SECCIONES UBICADAS	DELTA (Micro strain)	UMBRAL ESTABLECIDO	ALERTA
POR - PK 62 +050	si	53	1	1095,820	867	79%
POR - PK 62 +700	si	54	3	647,360	867	75%

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para cada uno de los sistemas de transporte objeto de estudio, se presentan los análisis de resultados consolidados de valoración de riesgo por anualidad, las siguientes gráficas ilustran la longitud total de la tubería, nivel de riesgo frente a cada amenaza y su ponderación (exceptuando daños por terceros voluntarios).

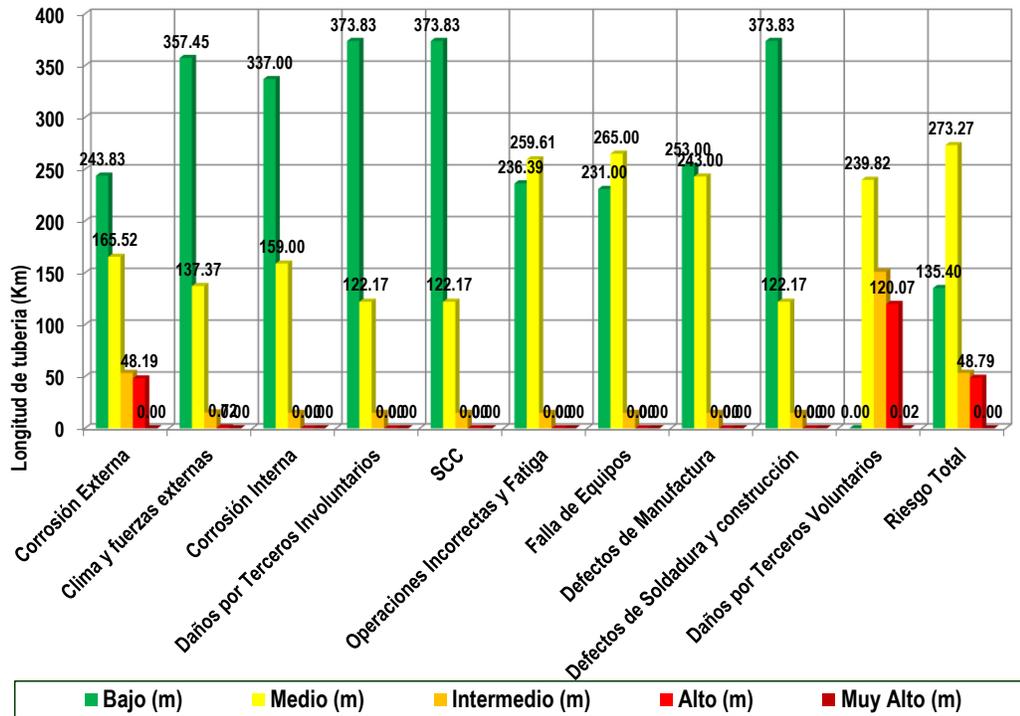
Posteriormente se aplica la ecuación de indicador de perfil de riesgo de activos:

$$S(\%) = \left( \frac{\text{Activos en Riesgo (H,VH)}}{\text{Total de Activos}} \right) * 100]_{2015} - \left( \frac{\text{Activos en Riesgo (H,VH)}}{\text{Total de Activos}} \right) * 100]_{2016}$$
 con la cual se determinará si hay una tendencia de reducción o aumento del nivel de Riesgo.

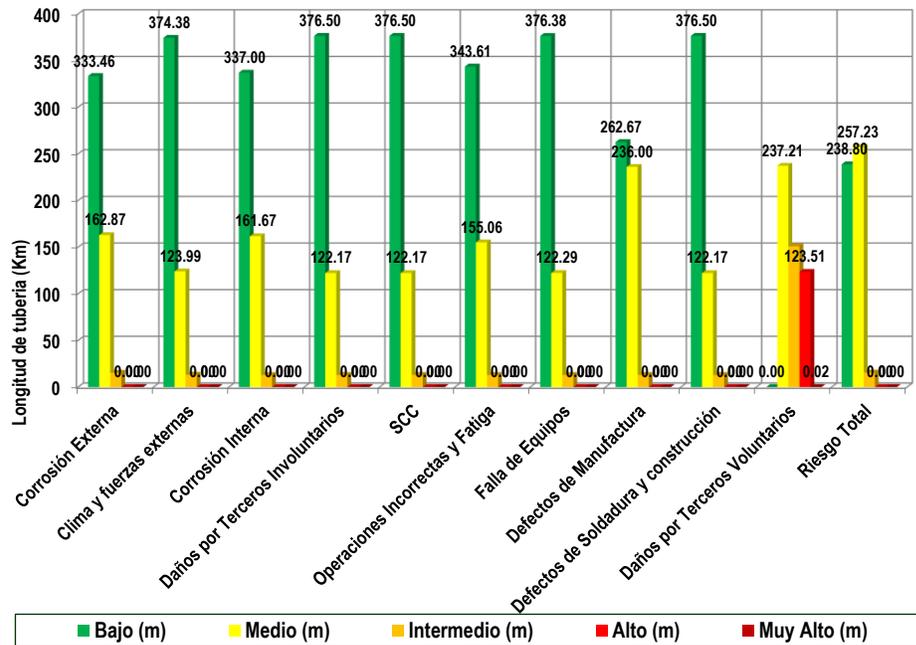
### **Sistema Pozos Colorados – Ayacucho - Galán 14”**

Al comparar las gráficas 13 y 14 se identifica una reducción en los niveles de riesgo alto (H) del sistema, principalmente por la amenaza corrosión externa. La reducción es del 9.5% y se debe a la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo y las inspecciones indirectas efectuadas en el sistema tales como evaluación del recubrimiento mediante técnica DCVG e inspección de potenciales eléctricos del protección catódica por el metido del paso a paso. Cabe mencionar que se presenta un aumento en los niveles de riesgo alto (H), para la amenaza daños por terceros voluntarios, al pasar de 120km en el año 2015 a 123 km en el 2016, para el cálculo del indicador total del sistema, esta amenaza no se considera.

**Gráfica 13. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema PPG 14” 2015**



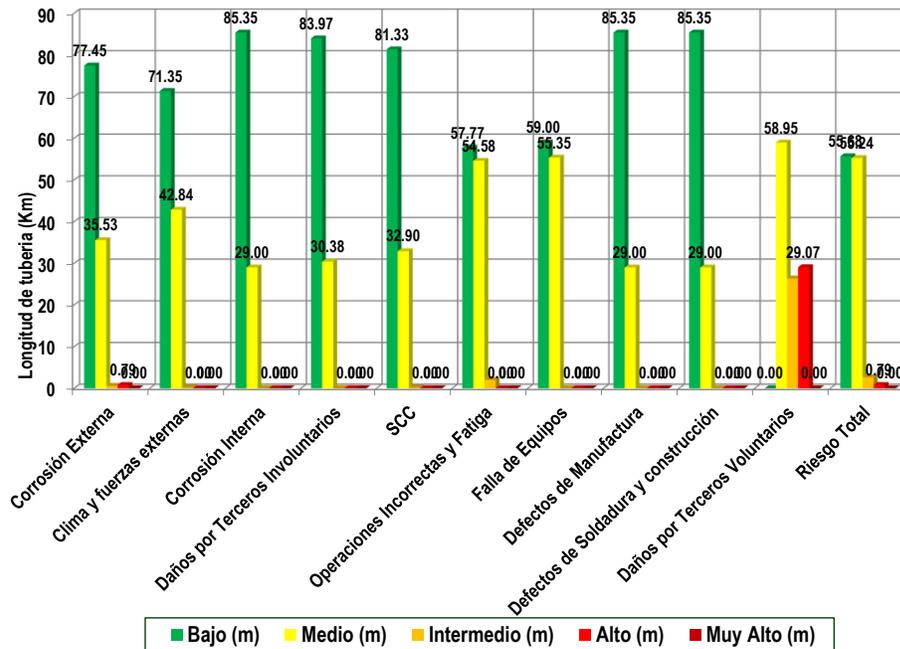
**Gráfica 14. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema PPG 14” 2016**



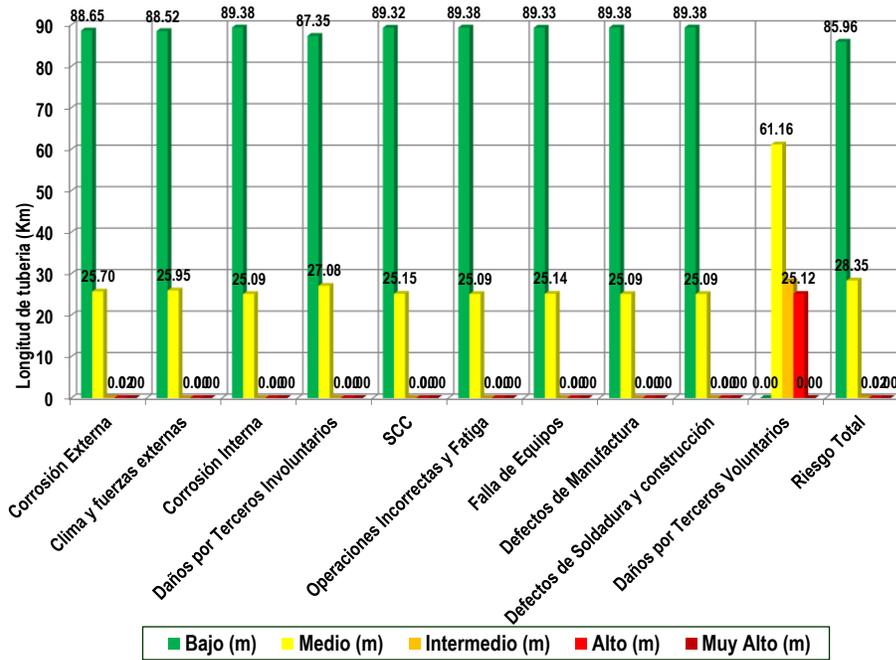
## Sistema Galán – Sebastopol 16”

Al comparar las gráficas 15 y 16 se identifica una reducción en los niveles de riesgo alto (H) del sistema, principalmente por la amenaza corrosión externa. La reducción es del 0.7% y se debe a la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo y las inspecciones indirectas efectuadas en el sistema tales como evaluación del recubrimiento mediante técnica DCVG e inspección de potenciales eléctricos de la protección catódica por el método del poste a poste. Cabe mencionar que se presenta una reducción en los niveles de riesgo alto (H), para la amenaza daños por terceros voluntarios, al pasar de 29 km en el año 2015 a 25 km en el 2016, para el cálculo del indicador total del sistema, esta amenaza no se considera.

**Gráfica 15. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 16” 2015**



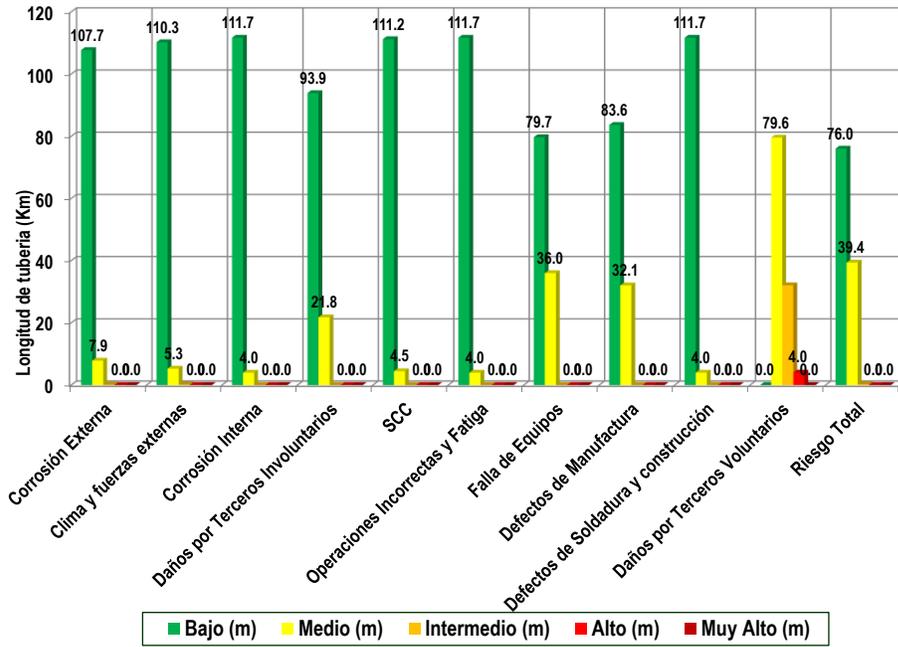
**Gráfica 16. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 16” 2016**



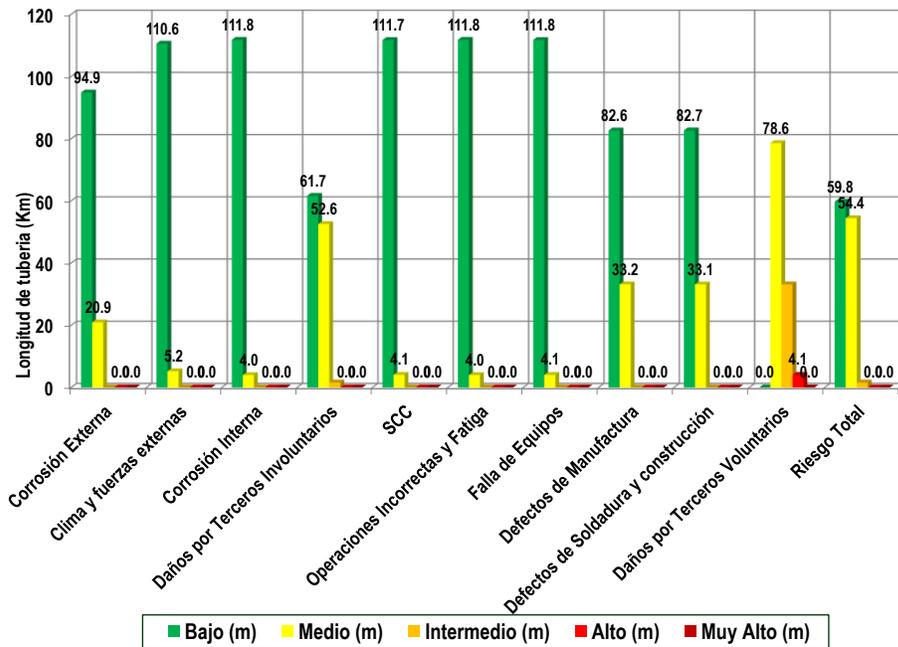
### Sistema Galán – Sebastopol 12”

Al comparar las gráficas 17 y 18 se identifica que no hay cambio en los niveles de riesgo alto (H) y muy alto (VH) en el sistema. Cabe mencionar que se presenta un aumento en los niveles de riesgo alto (H), para la amenaza daños por terceros voluntarios, al pasar de 4.02 km en el año 2015 a 4.07 km en el 2016, para el cálculo del indicador total del sistema, esta amenaza no se considera.

**Gráfica 17. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 12" 2015**



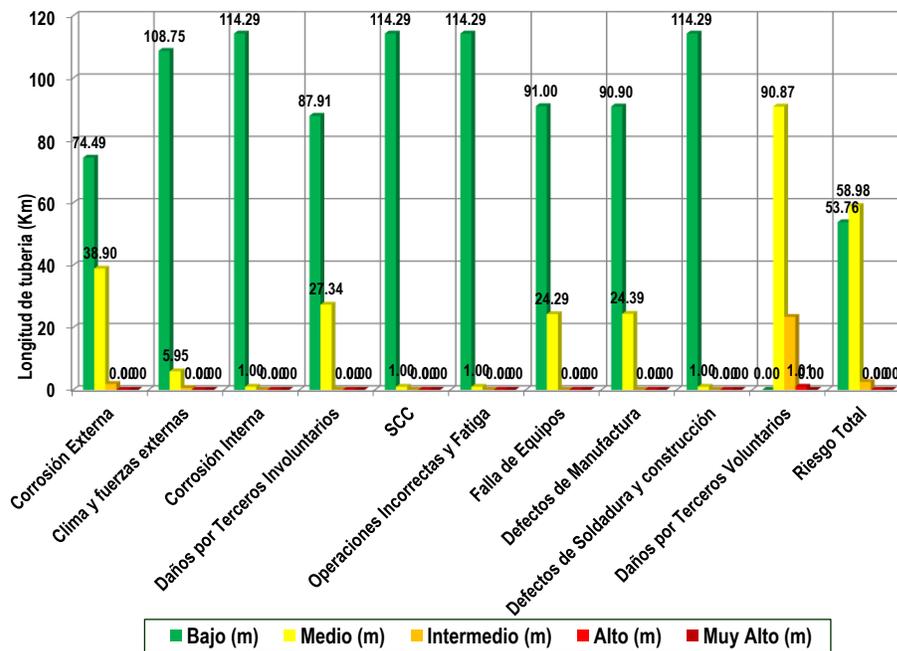
**Gráfica 18. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 12" 2016**



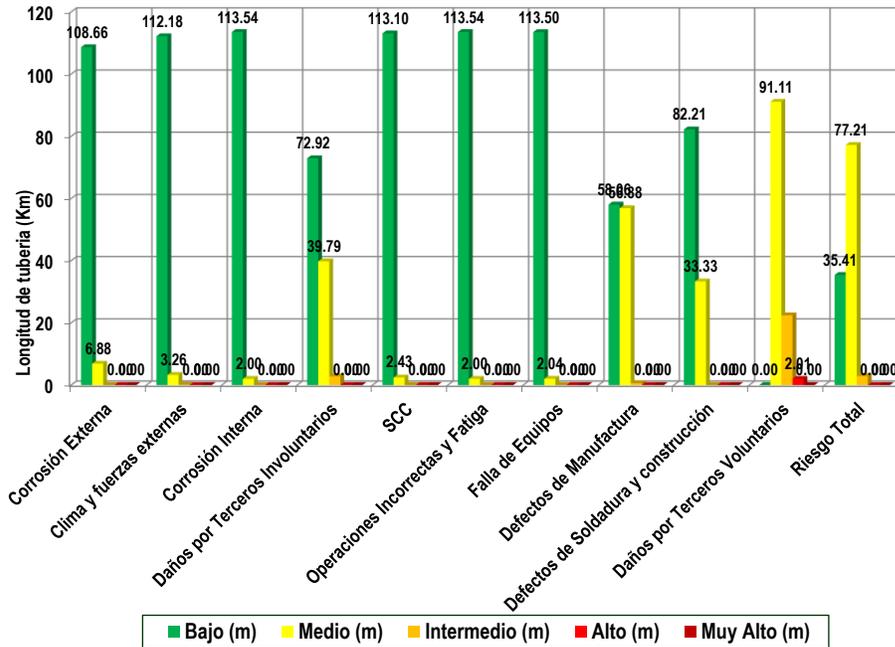
## Sistema Galán – Sebastopol 8”

Al comparar las gráficas 19 y 20 se identifica que no hay cambio en los niveles de riesgo alto (H) y muy alto (VH) en el sistema. Cabe mencionar que se presenta un aumento en los niveles de riesgo alto (H), para la amenaza daños por terceros voluntarios, al pasar de 1.01 km en el año 2015 a 2.01 km en el 2016, para el cálculo del indicador total del sistema, esta amenaza no se considera.

**Gráfica 19. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 8” 2015**



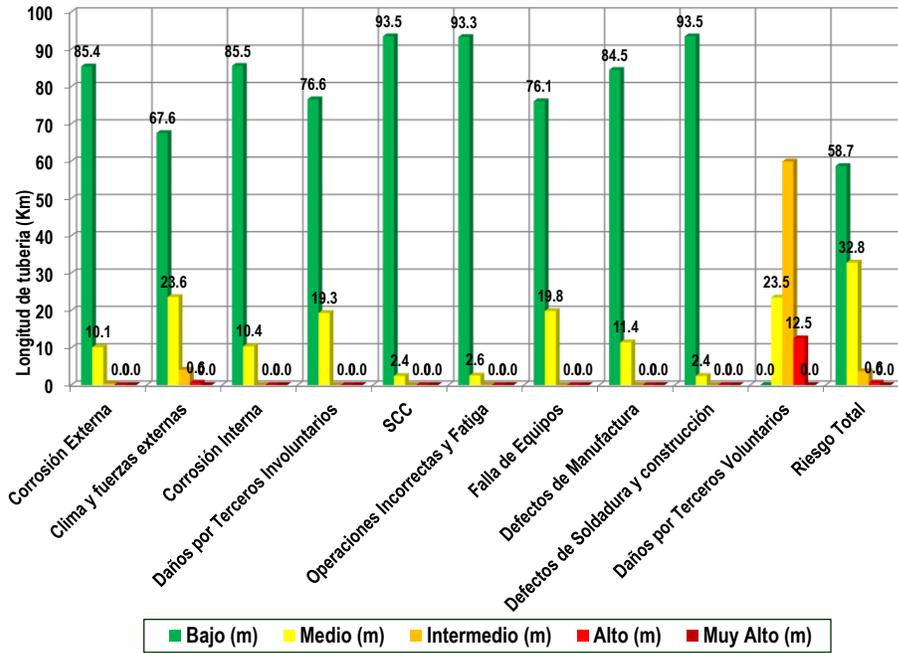
**Gráfica 20. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GS 8” 2016**



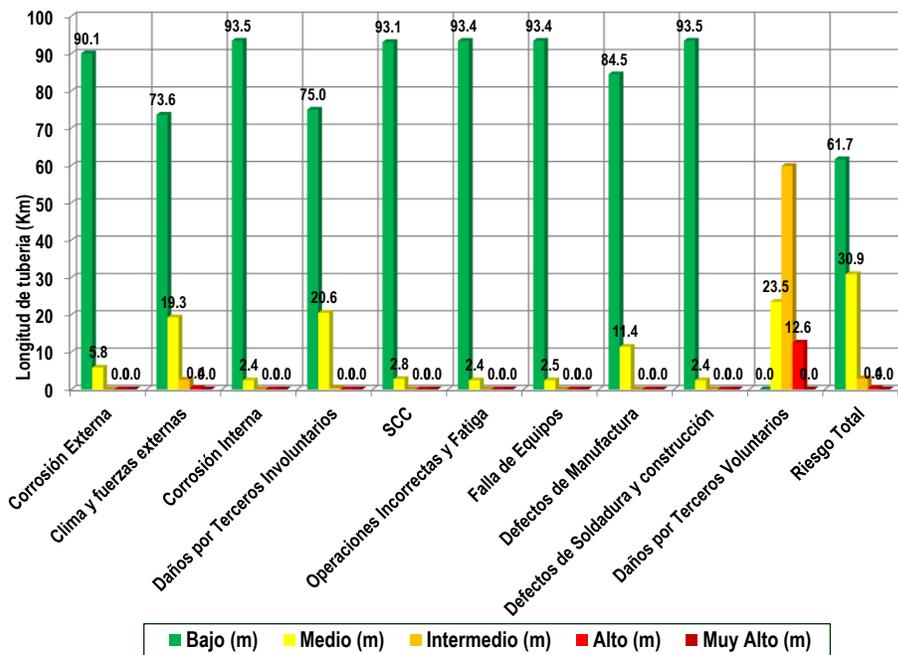
**Sistema Galán – Chimita 12”/6”**

Al comparar las gráficas 21 y 22 se identifica una reducción en los niveles de riesgo alto (H) del sistema, principalmente por la amenaza clima y fuerzas externas. La reducción es del 0.3% y se debe a la ejecución de los planes de mantenimiento predictivos (monitoreos geotécnicos) y correctivos identificados (obras de estabilización geotécnica). Cabe mencionar que se presenta un aumento en los niveles de riesgo alto (H), para la amenaza daños por terceros voluntarios, al pasar de 12.5 km en el año 2015 a 12.6 km en el 2016, para el cálculo del indicador total del sistema, esta amenaza no se considera.

**Gráfica 21. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GCH 12”/6” 2015**



**Gráfica 22. Distribución de Riesgo por Amenazas Sistema GCH 12”/6” 2016**



## 8. CONCLUSIONES

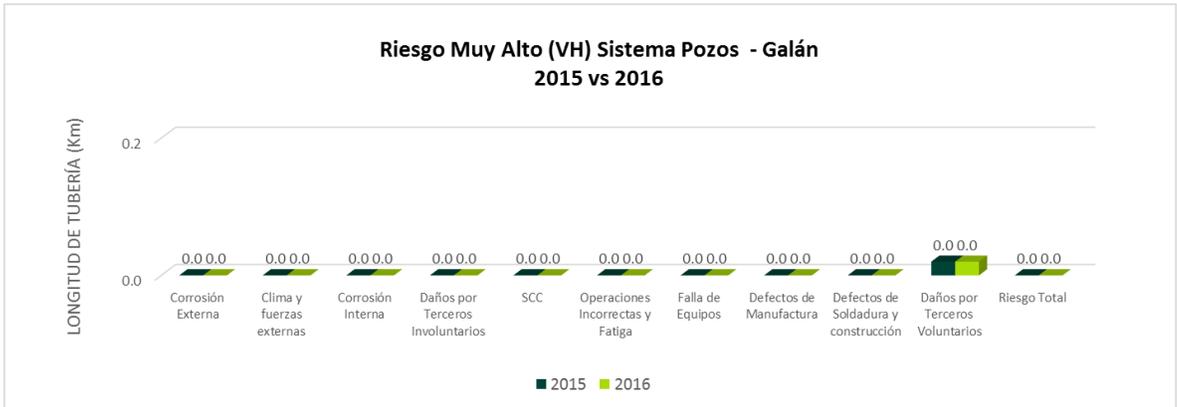
Los planes de gestión de integridad mecánica de ductos, establecidos para la vigencia 2016, permitieron reducir los niveles de riesgo muy alto (VH y alto (H) identificados para cada uno de los sistemas evaluados. El porcentaje de reducción total fue del 5.2% con respecto a la vigencia 2015, en términos de longitud de tubería para niveles de riesgo alto, se pasó de 50.3 km (2015) a 0.4 km (2016), para el caso de riesgos muy altos (VH) se mantuvo constante. La longitud total de tubería es de 953.4 km. Desde el punto de vista de las metas establecidas para el Departamento O&M Norte, se cumplió el indicador de reducción de perfil de riesgo en un 105%.

De acuerdo a las amenazas identificadas, las reducciones de riesgo alto (H) en términos de longitud de tubería fueron, corrosión externa 48.99 km (2015) a 0km (2016) y clima y fuerzas externas 1.36 km (2015) a 0.4 km (2016). Las restantes amenazas se mantuvieron constantes.

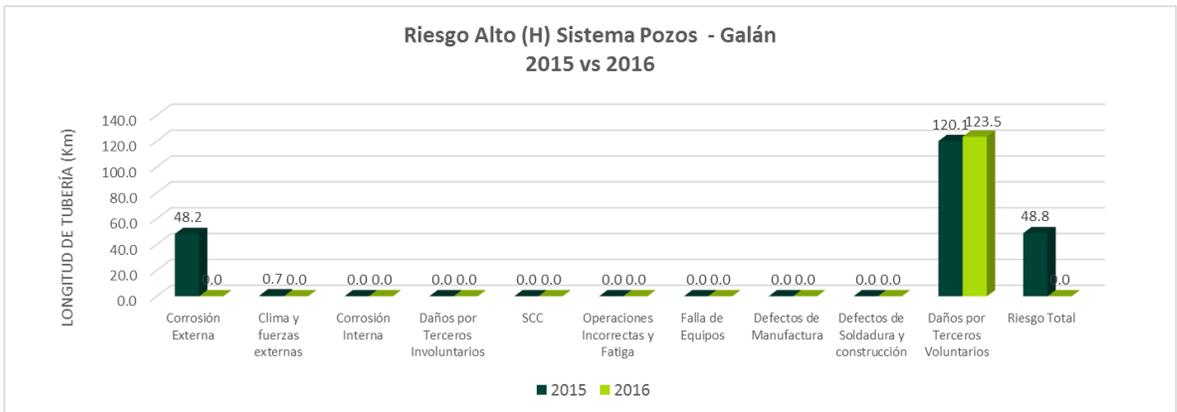
Para el caso de la amenaza daño por terceros voluntarios, hubo un ligero aumento en el riesgo alto (H) al pasar de 166.68 km (2015) a 167.3 km, contrario a los niveles de riesgo muy alto (VH) donde hubo una disminución de 0.2 km (2015) a 0 km (2016).

Con respecto a los sistemas de tuberías las reducciones de nivel de riesgo alto (H) y muy alto (VH) en términos porcentuales año 2015 respecto año 2016 fueron, sistema Pozos-Galan 14": 9.5%, Galan-Sebastopol 16": 0.7%, Galan Chimita 12"/6" 0.3%, los sistemas Galan-Sebastopol 8" y Galan Sebastopol 12" se mantuvieron constantes. Ver grafica 23 en adelante.

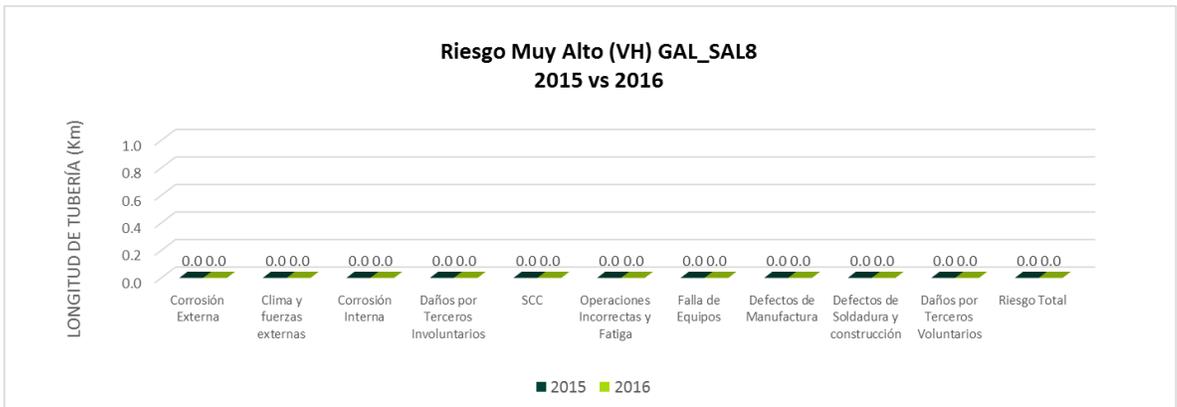
**Gráfica 23. Distribución de Riesgo (VH) Sistema PPG 14”**



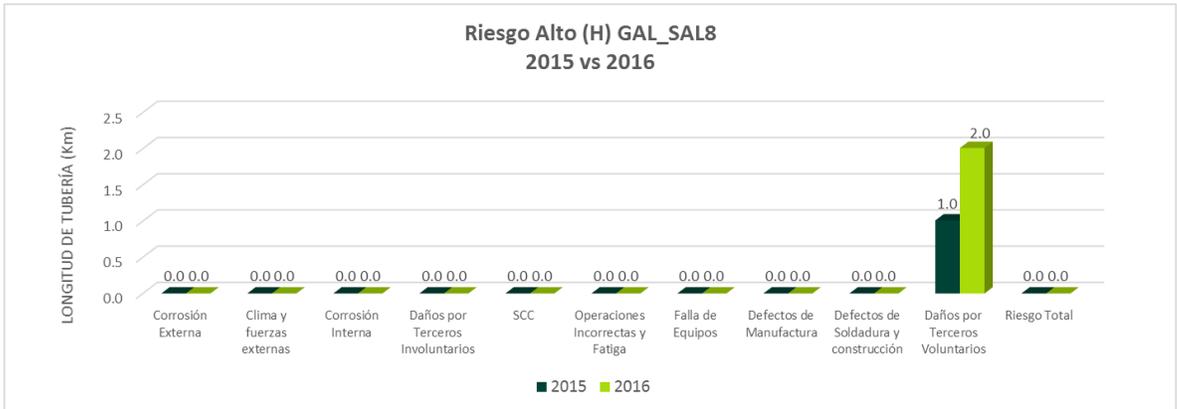
**Gráfica 24. Distribución de Riesgo (H) Sistema PPG 14”**



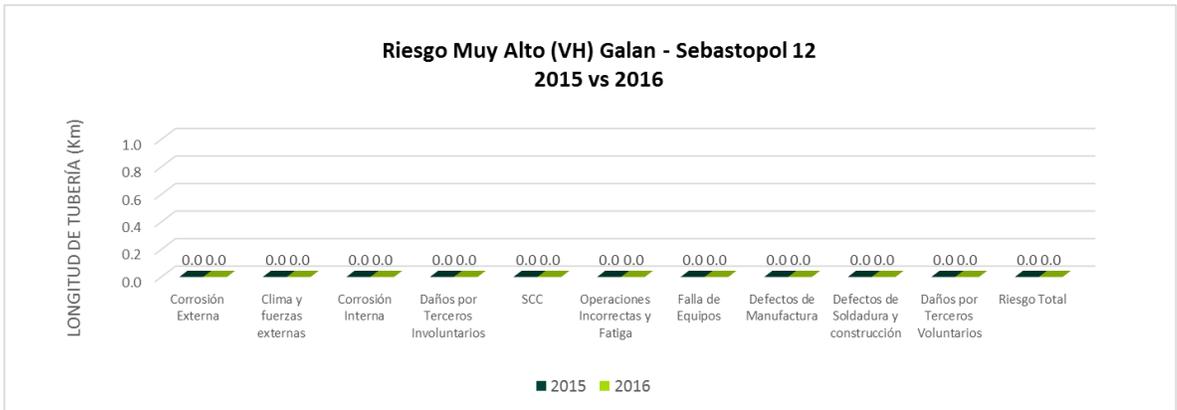
**Gráfica 25. Distribución de Riesgo (VH) Sistema GS 8”**



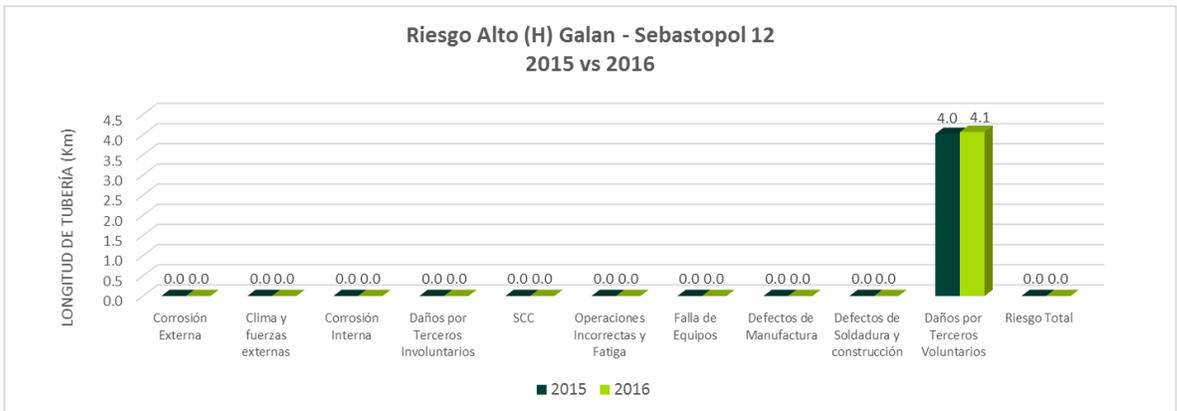
**Gráfica 26. Distribución de Riesgo (H) Sistema GS 8”**



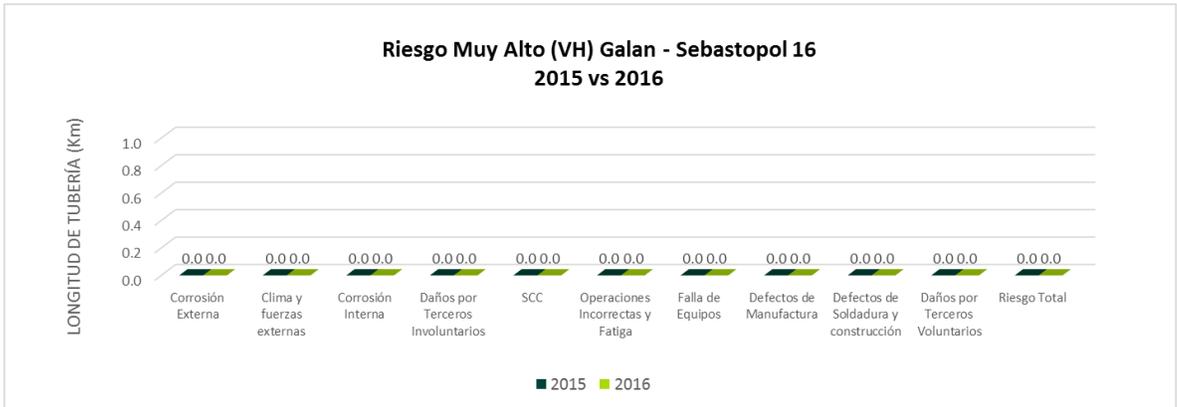
**Gráfica 27. Distribución de Riesgo (VH) Sistema GS 12”**



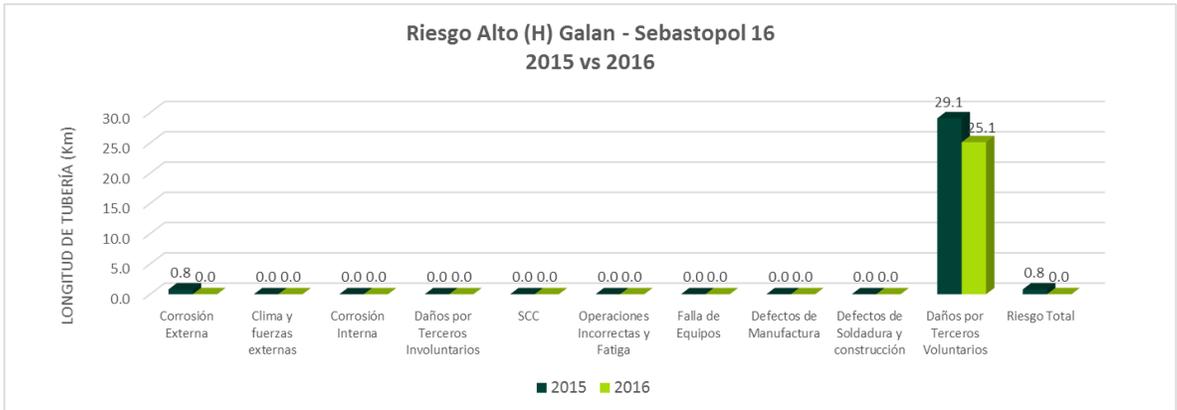
**Gráfica 28. Distribución de Riesgo (H) Sistema GS 12”**



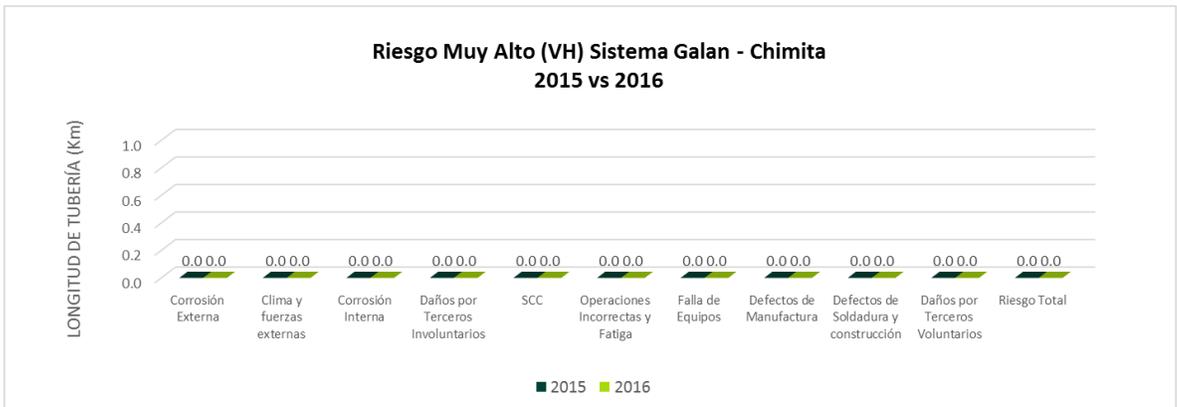
**Gráfica 29. Distribución de Riesgo (VH) Sistema GS 16''**



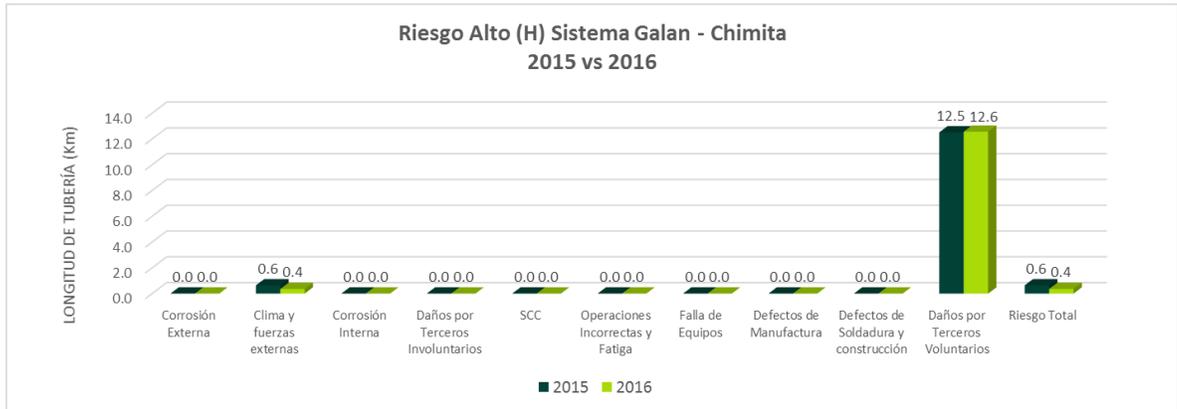
**Gráfica 30. Distribución de Riesgo (H) Sistema GS 16''**



**Gráfica 31. Distribución de Riesgo (VH) Sistema GCH 12''/6''**



**Gráfica 32. Distribución de Riesgo (H) Sistema GCH 12”/6”**



El resultado final del cálculo de indicador de reducción de perfil de riesgo, considero la mayoría de las amenazas evaluadas, excepto daños por terceros voluntarios.

La ejecución de un plan de gestión de integridad mecánica de ductos, enfocado a reducir los niveles de riesgo, tan practico como sea razonablemente posible, le aseguran al operador que los recursos económicos, financieros, personal y equipos invertidos en la anualidad, sean direccionados correctamente para mitigar las amenazas específicas identificadas en sus sistemas y salvaguardando los limites operacionales. El valor agregado de un plan de gestión del riesgo incluye socializar los resultados a la Gerencia del Negocio, para que determine metas e indicadores, presupuesto, directrices a implementar en la vigencia 2017.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Continuar con la ejecución de los programas de gestión de integridad de ductos en función de los riesgos del proceso y límites operacionales. Lo anterior incluye las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo de ductos para cada uno de los sistemas evaluados y de acuerdo a las frecuencias definidas en los procedimientos de un operador clase mundo.
2. Ajustar el modelo de valoración de riesgos de ductos e incluir la amenaza de daños por terceros voluntarios, lo anterior sujeto a las autorizaciones de la Gerencia y la viabilidad de implementar un plan de contingencia efectivo.
3. Ajustar el modelo actual de gestión de integridad de ductos a gestión de activos es decir, una gestión óptima de vida de ciclo del activo, que asegure la sostenibilidad de los objetivos establecidos en el plan estratégico del negocio.
4. Continuar con el plan de inspecciones inteligentes en ductos de tal manera que se asegure una línea base (inspección 0) y una línea de referencia (inspección 0+1). Se debe enfatizar en la línea Galán Sebastopol 16" y Galán – Chimita 12"/6".
5. Continuar con el plan de mantenimiento correctivo identificado para reducir los niveles de riesgo H en la amenaza clima y fuerzas externas del sistema Galan Chimita 12"/6", específicamente obras de estabilización geotécnica en el tramo Tienda Nueva – Guayacan 12" (sector Pico Loro, La Azufrada, Casa Gato).

## BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEERS: Managing System Integrity of Gas Pipeline. ASME B31.8S:2016. New York, USA, 2016. 76 p.

AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEERS: Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries. ASME B31.4:2016. New York, USA, 2012. 138 p.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE: Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines. API RP 1160: 2013. 2 ed. Washington, USA, 2013. 112 p.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE: Specification for Line Pipe. API SPEC 5L: 2012. 45 ed. Washington, USA, 2012. 180 p.

DEPARTMENT OF TRANSPORT – CODE FEDERAL REGULATION DOT-CFR TITLE 49 PART 195 SECTIONS F Y H. [sitio web]. HOUSTON. DOT. [en línea] Disponible en: <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/ECFR?page=browse>.

ECOPETROL S.A. Procedimiento para la inspección visual del derecho de vía. Procedimiento. VIT-GTA-P-359. Bogotá D.C. Vicepresidencia de Transporte-Gerencia Técnica de Activos, 2013. 12 p.

ECOPETROL S.A. Modelo gestión de integridad de ductos. Procedimiento. ECP-VIT-P-MGID. Bogotá D.C.: Vicepresidencia de Transporte-Gerencia Técnica de Activos, 2009. 4 p.

ECOPETROL S.A. Procedimiento para inspección y valoración de anomalías en líneas de transporte de hidrocarburos operadas y mantenidas por Ecopetrol S.A.

VIT-GTA-P-542. Bogotá D.C. Vicepresidencia de Transporte-Gerencia Técnica de Activos, 2014. 30 p.

ECOPETROL S.A. Priorización de atención de zonas con deformación por curvado. VIT-GTA-P-302. Bogotá D.C. Vicepresidencia de Transporte-Gerencia Técnica de Activos, 2013. 16 p.

ECOPETROL S.A. Hallazgo recorridos mensuales de línea. VIT-GTA-F-033. Bogotá D.C. Vicepresidencia de Transporte-Gerencia Técnica de Activos, 2010. 01 p.

ECOPETROL S.A. Consolidado de inspección del derecho de vía y recorridos mensuales. VIT-GTA-F-035. Bogotá D.C. Vicepresidencia de Transporte-Gerencia Técnica de Activos, 2010. 01 p.

ECOPETROL S.A. Fichas técnicas ductos. VIT-GTT-F-037. Bogotá D.C. Vicepresidencia de Transporte-Gerencia Técnica de Activos, 2014. 19 p.

ECOPETROL S.A. Programa de Mantenimiento de Líneas. Bogotá D.C. Vicepresidencia de Transporte y Logística, 2016. 500 p.

NATIONAL ASSOCIATION CORROSION ENGINEERS: Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems. NACE SP0169:2013. 5 Re. Houston, USA, 2013. 60 p.

NATIONAL ASSOCIATION CORROSION ENGINEERS: Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations. NACE SP0775:2013. 2 Re. Houston, USA, 2013. 24 p.

NATIONAL ASSOCIATION CORROSION ENGINEERS: Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems. NACE SP0177:2014. 2 Re. Houston, USA, 2014. 24 p.

NATIONAL ASSOCIATION CORROSION ENGINEERS: Cathodic Protection Technician Manual of Courses. NACE CP 2:2010. 1 Re. Houston, USA, 2010. 308 p.

SAIT (ROAIMS FOR PIPELINES). [software para evaluación de riesgos en tuberías y tanques]. Última versión: 6. Fecha de lanzamiento: 2015. Requerimientos del sistema: Windows 8.1, 8, 7, Vista o XP (incluidas ambas versiones, 32-bits y 64-bits, pero no ediciones RT para tabletas).

## **ANEXOS**

### **Anexo A. Ficha técnica tuberías.**

(Ver documentos adjuntos)

### **Anexo B. Cartas de alineación integración información de riesgos.**

(Ver documentos adjuntos)