

**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE ACTIVIDADES CIVILES Y MECÁNICAS
PARA CONSTRUCCIÓN DE GASODUCTOS ENTERRADOS EN COLOMBIA**

MARTHA LILIANA GÓMEZ SARMIENTO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS
BUCARAMANGA**

2015

**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE ACTIVIDADES CIVILES Y MECÁNICAS
PARA CONSTRUCCIÓN DE GASODUCTOS ENTERRADOS EN COLOMBIA**

MARTHA LILIANA GÓMEZ SARMIENTO

Monografía para optar al Título de Especialista en Ingeniería del Gas

**Director:
JULIO CESAR PÉREZ ANGULO
Ingeniero de Petróleos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

Esta monografía que materializa mis esfuerzos se la dedico a mi familia: mis papas, hermanos y sobrinos, que día a día alimentan y apoyan mis deseos de crecer personal y profesionalmente.

“Las cosas que se realizan con esfuerzos son las que más valor agregado dan a tu vida”

MARTHA LILIANA GÓMEZ SARMIENTO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar doy gracias a Diosito quien me permitió en estos años de estudio contar con el apoyo de mi familia, jefes, profesores y amigos.

A mi familia que siempre está dispuesta a luchar conmigo por mis sueños.

A mis jefes quienes siempre tuvieron un si al momento de apoyar mi ausencia para asistir a las clases.

A la Universidad Industrial de Santander por contribuir con mi crecimiento cognitivo como alma mater, presentando docentes de alta calidad.

En general, a todos aquellos de una u otra forma hoy permiten se concrete este sueño que emprendí años atrás.

MARTHA LILIANA GÓMEZ SARMIENTO

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. INFORMACIÓN GENERAL	19
1.1 ALCANCE	19
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.4 OBJETIVO GENERAL	20
1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.5 MARCO TEÓRICO	21
2. MANUAL.....	32
2.1 OBJETIVO	32
2.2 DEFINICIONES	33
2.3 FLUJOGRAMA	36
2.4 ACTIVIDADES CIVILES	39
2.4.1 Localización y replanteo.....	39
2.4.2 Rocería y Descapote.....	43
2.4.3 Adecuación y uso de vías.	45
2.4.4 Derecho de vía (DDV).....	56
2.4.5 Geotecnia Preliminar.....	66
2.4.6 Zanjado, Bajado y Tapado.	70
2.4.7 Cruces especiales.....	78
2.4.8 Lastrado de tubería.	85
2.4.9 Reconformación.	88
2.4.10 Geotecnia definitiva.....	91
2.4.11 Revegetalización.....	99
2.4.12 Señalización.....	101
2.5 ACTIVIDADES MECÁNICAS.....	104
2.5.1 Movilización y desmovilización.....	104

2.5.2	Transporte de tubería.....	108
2.5.3	Tendido de tubería.	112
2.5.4	Doblado de tubería.....	114
2.5.5	Alineación y soldadura.	122
2.5.6	Inspección por END.	134
2.5.7	Recubrimiento.	138
2.5.8	Limpieza interna y calibración de tubería.	147
2.5.9	Prueba hidrostática.	154
3.	CONCLUSIONES	163
	BIBLIOGRAFÍA	164
	ANEXOS	168

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Velocidades permitidas, de acuerdo a la resolución 4959 de 2006.....	51
Tabla 2. Pesos y dimensiones máximas de vehículos de carga, de acuerdo a la resolución 4100 del 2004.....	51
Tabla 3. Profundidades de las líneas de transporte de gas en excavaciones en roca.....	71
Tabla 4: Profundidades establecidas en API-RP- 1102 para cruces de ferrocarriles y carreteras.....	79
Tabla 5. Distancia mínima entre tuberías de acuerdo a NTC 3728.....	80
Tabla 6. Diámetro interno de camisas, de acuerdo a NTC 3728.....	81
Tabla 7. Variables a considerar en la movilización de tubería.....	110
Tabla 8. Máximo grado de doblado de acuerdo a ASME B31.8.....	117
Tabla 9. Tipo y número de probetas para el ensayo de la calificación del procedimiento.	124
Tabla 10. Grupos de metal de aporte.....	128
Tabla 11. Voltajes sugeridos para prueba de continuidad de recubrimiento	144
Tabla 12. Presiones de ensayo y agentes de prueba para tuberías metálicas. ..	154
Tabla 13. Máximo esfuerzo circunferencial permisible durante el ensayo,.....	155
Tabla 14. Requerimientos de prueba para ductos y líneas principales que operen a tensiones de aro de 30% ó más, de la mínima tensión de fluencia especificada de la tubería.....	156

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Registro fotográfico localización y replanteo	41
Cuadro 2. Principales recursos para la actividad de Localización y replanteo	42
Cuadro 3. Registro fotográfico Rocería y descapote.....	44
Cuadro 4. Principales recursos para la actividad de rocería y descapote	45
Cuadro 5. Requisitos de acuerdo a los Parámetros de la carga extradimensionada	48
Cuadro 6. Registro fotográfico Adecuación y uso de vías.....	54
Cuadro 7. Principales recursos para la adecuación y uso de vías	56
Cuadro 8. Tipos de terrenos.....	63
Cuadro 9. Registro fotográfico Derecho de vía	64
Cuadro 10. Principales recursos para la actividad de derecho de vía.....	65
Cuadro 11. Registro fotográfico construcción de obras de geotecnia preliminar ..	69
Cuadro 12. Principales recursos para la actividad de geotecnia preliminar	70
Cuadro 13. Registro fotográfico de la actividad de zanjado, bajado y tapado.....	76
Cuadro 14. Principales recursos para la actividad de zanjado, bajado y tapado ..	77
Cuadro 15. Registro fotográfico de la actividad de cruces especiales	82
Cuadro 16. Principales recursos para la actividad de cruces especiales.....	84
Cuadro 17. Registro fotográfico actividad de lastrado de tubería	86
Cuadro 18. Principales recursos para la actividad de lastrado de tubería	88
Cuadro 19. Registro fotográfico de Reconformación	90
Cuadro 20. Principales recursos para la actividad de reconformación.....	91
Cuadro 21. Registro fotográfico obras de geotecnia definitiva	96
Cuadro 22. Principales recursos para la actividad de geotecnia definitiva.....	98
Cuadro 23. Registro fotográfico actividad revegetalización	100
Cuadro 24. Principales recursos para la actividad de Revegetalización	100
Cuadro 25. Registro fotográfico actividad de señalización.....	102
Cuadro 26. Principales recursos para la actividad de señalización.....	104
Cuadro 27. Registro fotográfico actividad de movilización y desmovilización	106

Cuadro 28. Principales recursos para la actividad de movilización y desmovilización.....	107
Cuadro 29. Registro fotográfico de la Transporte de tubería	111
Cuadro 30. Principales recursos para la actividad de transporte de tubería	112
Cuadro 31. Registro fotográfico tendido de tubería.....	113
Cuadro 32. Principales recursos para la actividad de tendido de tubería	114
Cuadro 33. Tipos de curvas en el doblado.....	116
Cuadro 34. Consideraciones para curvas con inglete.....	119
Cuadro 35. Registro fotográfico doblado de tubería.....	120
Cuadro 36. Principales recursos para la actividad de doblado de tubería	121
Cuadro 37. Variables de calificación para WPS y WPQ	125
Cuadro 38. Ejemplo de Marcación de juntas para trazabilidad	129
Cuadro 39. Registro fotográfico alineación y soldadura.....	131
Cuadro 40. Principales recursos para la actividad de alineación y soldadura de tubería.....	133
Cuadro 41. Métodos de inspección de soldaduras más comunes	136
Cuadro 42. Registro fotográfico END.....	136
Cuadro 43. Principales recursos para la actividad de END.....	138
Cuadro 44. Registro fotográfico recubrimiento.....	145
Cuadro 45. Principales recursos para la actividad de recubrimiento.....	147
Cuadro 46. Registro fotográfico limpieza interna y calibración de tubería	151
Cuadro 47. Principales recursos para la actividad de limpieza y calibración de tubería.....	153
Cuadro 48. Registro fotográfico Prueba hidrostática.....	160
Cuadro 49. Principales recursos para la actividad de prueba hidrostática	161

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de gasoductos y campo de gas natural en Colombia.....	26
Figura 2. Esquema secuencial de las actividades mecánicas principales para la construcción de un gasoducto en Colombia	29
Figura 3. Esquema secuencial de las actividades civiles principales para la construcción de un gasoducto en Colombia	30
Figura 4. Dimensiones recomendadas para las áreas de excavación y disposición de material proveniente de la zanja	58
Figura 5. Dimensiones recomendadas para espacio de trabajo en el DDV	59
Figura 6. Dimensiones recomendadas para el ancho del DDV de tubería de 18" a 24"	60
Figura 7. Ejemplos de diseño de obras de geotecnia preliminar.....	67
Figura 8. Recomendación para reconfiguración de terreno	89
Figura 9. Tipos de cortacorrente	92
Figura 10. Disposición recomendada de la tubería durante el transporte,	109
Figura 11. Elementos de un tubo doblado.	116
Figura 12. Muestras de distintos grados de preparación de superficie	141
Figura 13. Representación gráfica de las mediciones de espesor de película seca	143
Figura 14. Esquemas de los principales raspadores.....	150
Figura 15. Esquemas recomendados de cabezales,	150

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Determinación del ancho de la zona de trabajo y del DDV.....	61
Gráfica 2. Separación entre barreras	75
Gráfica 3. Separación entre cortacorrientes.....	94
Gráfica 4. Presión de prueba Vs tiempo recomendada para el levantamiento de presión	158

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Plan de inspección y ensayos de actividades civiles y mecánicas para la construcción de Gasoductos enterrados en Colombia..... 168

RESUMEN

TITULO: ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE ACTIVIDADES CIVILES Y MECÁNICAS PARA CONSTRUCCIÓN DE GASODUCTOS ENTERRADOS EN COLOMBIA

AUTOR: MARTHA LILIANA GÓMEZ SARMIENTO♦♦

PALABRAS CLAVES: GASODUCTO, ACTIVIDADES, TRANSPORTE, REFERENCIAS NORMATIVAS, PROCEDIMIENTOS, CALIDAD.

DESCRIPCIÓN:

Debido a la importancia que tiene el suministro de Gas Natural es nuestra sociedad se construye Gasoductos para realizar el transporte de este fluido de un punto a otro. En la construcción de los Gasoductos intervienen varias especialidades, por nombrar algunas: la parte civil, mecánica, eléctrica, instrumentación y control, entre otras. Con este manual se pretender dar a conocer las principales actividades mecánicas y civiles que se realizan en la construcción de Gasoductos enterrados en Colombia, suministrando para cada una de estas los principales criterios establecidos en normas, códigos, reglamentos, procedimientos y especificaciones técnicas que direccionan la ejecución de estas obras en materia de calidad, brindando a la vez seguridad para quien ejecuta y posteriormente para quienes operen las líneas. Tener presente los parámetros de aceptación para cada una de las actividades civiles y mecánicas seleccionadas brindará al constructor herramientas para prevenir acciones correctivas, eliminando reprocesos que finalmente se traducirán en tiempo y en sobrecostos afectando el desarrollo óptimo del proyecto de construcción de un Gasoducto. Por otro lado, se suministrada un Plan de inspección y ensayos (PIE) que permitirán al lector, determinar que pruebas y con qué frecuencia se deben ejecutar, para controlar y asegurar las actividades civiles y mecánicas seleccionadas.

♦ Monografía

♦ ♦ Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Especialización en Ingeniería del Gas. Director: Julio Cesar Pérez

ABSTRACT

TITLE: DEVELOPMENT OF A MANUAL FOR CIVIL CONSTRUCTION ACTIVITIES AND MECHANICAL PIPELINE BURIED IN COLOMBIA

AUTHOR: MARTHA LILIANA GÓMEZ SARMIENTO♦♦

KEYWORDS: PIPELINE, ACTIVITIES, TRANSPORTATION, NORMATIVE REFERENCES, PROCEDURES, QUALITY.

DESCRIPTION:

Due to the importance of the supply of Natural Gas Pipelines in our society, pipelines are built for the transport of fluid from one point to another. Construction of the pipelines involved several specialties, to name a few: the civil part, mechanical, electrical, instrumentation and control, among others. This manual is trying to present the main mechanical and civil activities performed in the construction of pipelines buried in Colombia, providing for each of these major criteria in standards, codes, regulations, procedures and technical specifications that address the execution of these works in terms of quality while providing security for those who run and then, to operate the lines. Keep in mind the acceptance parameters for each selected civil and mechanical activities builder tools will provide corrective actions to prevent, eliminate rework that eventually will result in time and cost overruns affecting the optimal development of the project to build a pipeline. On the other hand, it provided an inspection and test plan (IPP) to allow the reader to determine which tests and how often they should be executed, to monitor and ensure civil and mechanical activities selected.

♦ Grade tesis

♦ ♦ Physicochemical Engineering Faculty. Gas Engineering Specialization. Directed by Julio Cesar Perez.

INTRODUCCIÓN

En la presente monografía se indicaran las principales actividades civiles y mecánicas que intervienen en la construcción de Gasoductos en Colombia.

Para cada actividad se recolecto los aspectos más relevantes mencionados en la normativa bajo la cual se deben regir estas, se identificaron especificaciones técnicas, procedimientos y buenas practicas que contribuyen a la ejecución de obras de Gasoductos con altos estándares de calidad.

Este manual no pretende sustituir los requerimientos contractuales exigidos, simplemente brindar bases para los ejecutores de las obras de construcción de Gasoductos que permitan regir sus trabajos bajo la normativa vigente.

En el desarrollo de la monografía se irán presentando cada una de las actividades seleccionadas junto con los principales recursos humanos y técnicos, y al igual las referencias a las que deben recurrir en caso de tener alguna inquietud para ejecutar cualquier actividad. Se elaboró un plan de inspección de ensayos con el objetivo de brindar al lector un mecanismo de control para cada una de las actividades, de tal manera que se asegure la calidad de las obras, se respeten los tiempos y costos de planeación de los proyectos, eliminando reprocesos por obras defectuosas.

Se presenta un flujograma de la secuencia de ejecución de las actividades seleccionadas, basado en la experiencia propia del autor por lo cual se pueden presentar opiniones diferentes que son valederas.

1. INFORMACIÓN GENERAL

En este capítulo se podrá visualizar el alcance, la justificación y objetivos de la presente monografía, relacionando a su vez una breve descripción de lo que ha sido el transporte de Gas Natural en Colombia y el uso de Gasoductos para este fin.

1.1 ALCANCE

Elaborar un documento donde se compilen las principales actividades civiles y mecánicas que se ejecutan en la construcción de los gasoductos en Colombia, identificando y referenciando las principales normas, especificaciones técnicas, buenas prácticas y pruebas que dan conformidad de la calidad de las obras civiles y mecánicas ejecutadas.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dada la actual coyuntura de la falta de infraestructura en el país para transporte a las diferentes plantas de almacenamiento y tratamientos del gas, se está en proceso de construcción de nuevos gasoductos, ampliaciones y variantes de los ya existentes; permitiendo de esta manera un incremento en la capacidad de producción de gas en Colombia. El gran desconocimiento que se tiene de las normas, especificaciones técnicas y pruebas que se requieren para la correcta construcción de gasoductos da como antecedentes incumplimientos, reparaciones

y reprocesos de la construcción, lo cual genera imprevistos, ampliación de tiempo de entrega, grandes gastos tanto para contratistas como operadores.

Para evitar el incremento en estos costos se quiere presentar un manual práctico de consulta rápida el cual genere en campo, mejores prácticas de construcción con calidad y a la vez aseguren la integridad física del personal y del medio que interactúan en el proceso de construcción.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Para transportar gas en Colombia se construyen redes de gasoductos, los cuales dependiendo de la topografía y trayecto contemplado durante la etapa de diseño se instalan aéreos, enterrados, costa dentro o una combinación de los mismos. Encontrar un proceder consolidado para realizar la construcción de gasoductos no es muy común, a pesar de que hay gran información generada en torno a este tema, pero toda se presenta de manera dispersa. Es por tal razón, que se pretende brindar por medio de un manual una herramienta práctica que sirva de referencia en las actividades civiles y mecánicas para la construcción de gasoductos enterrados en Colombia, estableciendo recursos (humanos y materiales), procedimientos constructivos, normas y pruebas que permitan determinar y controlar el proceder en cada actividad identificada, asegurando de esta manera la conformidad de la obra y disminuyendo los impactos ambientales, sociales, de seguridad industrial y económicos que puedan generarse por malas prácticas en el desempeño de las actividades contempladas.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un manual de actividades civiles y mecánicas para la construcción de gasoductos enterrados en Colombia.

1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Seleccionar las principales actividades civiles y mecánicas para la construcción de gasoductos en Colombia.
2. Recopilar para cada actividad identificada las principales normas, especificaciones técnicas y buenas prácticas existentes en la industria nacional e internacional.
3. Elaborar un PIE (plan de inspección y ensayos) de las actividades mecánicas y civiles seleccionadas para la construcción de un gasoducto en Colombia.
4. Emitir un manual conteniendo lo establecido en los numerales anteriores.

1.5 MARCO TEÓRICO

La utilización del gas natural en Colombia se remonta al descubrimiento de los campos de Santander. Con excepción de los campos de gas libre, el gas asociado fue considerado en el país como un subproducto de la explotación del crudo, y era quemado en las teas (un tipo de antorcha) de los campos petroleros. Posteriormente con la Ley 10 de 1961 se prohíbe de forma explícita la quema de gas y se ratifica con el decreto 1873 de 1973. El proceso de construcción del primer gasoducto de Colombia Cicuco-Barranquilla, empieza desde 1960 cuando se realizaron las tareas de consecución y descargue de tubería con especificaciones que permitieran atender en su momento la demanda de Barranquilla durante 10 años. Este Gasoducto de aproximadamente 225 KM, con capacidad inicial de 30MMPCD y presión de entrega de 400 PSI fue construido por

la empresa SAGOC (South American Gulf Oil Company) y en 1962 fue puesto en servicio, convirtiéndose en el primer Gasoducto en Colombia, el segundo de Suramérica y tercero de América Latina. Con el decline de los yacimientos de Cicuco, Gas Natural Colombiano empieza a gestionar otras conexiones para el Gasoducto de Cicuco-Barranquilla, finalmente en 1975 y 1976 se concreta traer gas del Magdalena Medio mediante la habilitación de oleoductos existentes que quedaron disponibles. En 1976 Gas Natural Colombiano firma el contrato de construcción del Gasoducto Ballena-Palominio-Barranquilla-Cartagena*.

La entonces Comisión Nacional de Energía aprobó, en mayo de 1992, el sistema de transporte de gas, separándolo en troncal, subsistemas y distribución, para garantizar un suministro adecuado a los futuros usuarios. En el mismo año se expidió el Decreto 408 de marzo 3, en el cual el CONPES (Consejo Nacional de política económica y social) aprobó las estrategias para el desarrollo del Plan Gas, que contemplaban la conformación de un sistema de transporte de gas natural, donde Ecopetrol ejercería, directamente o por contrato, la construcción de los gasoductos utilizando esquemas de BOMT (siglas en inglés del esquema de financiación en donde un inversionista privado Construye (B), Opera (O), Mantiene (M) y Transfiere (T o similares), para conectar los campos de producción con los centros de consumo en el país[†].

Como resultado de los esquemas de BOMT, surge Ecogás en 1997 con el objeto de transportar gas hacia el interior del país, función que había sido desempeñada

* DIAZ, E; MONTERROZA J, EVOLUCIÓN DEL GAS NATURAL EN LA COSTA ATLANTICA DURANTE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX E INICIOS DEL SIGLO XXI. Universidad del Norte, Maestría en Administración de empresas, Barranquilla 2007.

† GUERRERO, F.; LLANO, F, GAS NATURAL EN COLOMBIA - GAS e.s.p. .En Universidad Icesi, Especialización en administración de empresas, Abril 2003, N°87 9-11p.

hasta el momento por Ecopetrol, a través de 6 gasoductos propios y 3 construidos y operados por inversionistas extranjeros bajo la modalidad de contratos BOMT. Con la creación de Ecogas, Ecopetrol estableció el compromiso de Ecogas de subsanar el 70% de la deuda con los extranjeros, la cual sería cubierta con los ingresos que se recibieran por la venta de gas a termoeléctricas, industrias y distribuidores.

La ley 40 de 1997 ordenó escindir del patrimonio de Ecopetrol, los activos y derechos vinculados a la actividad de transporte de gas natural, para conformar el patrimonio inicial de Ecogas. Con el Decreto N° 2829 del 25 de noviembre de 1997, el gobierno determinó los activos a entregar, los contratos a ceder y las relaciones jurídicas entre Ecopetrol y Ecogas, derivadas de los contratos BOMT.

Debido al aseguramiento de la demanda del sector energético, se concibió en Colombia el Programa Gas para el Cambio y el Plan de Masificación del Consumo de Gas Natural, estos estuvieron rodeados de los siguientes antecedentes lo que dio origen a la Empresa Colombiana de Gas, Ecogás:

- ✓ La conciencia del valor del gas se empezó a plasmar en la legislación, motivo por el cual a través de la ley 10 de 1961 se prohibió su quema, ratificándose posteriormente en el decreto 1873 de 1973.
- ✓ Se estableció el Programa de gas para el cambio en el año 1986, con el objeto de sustituir energéticos de alto costo, principalmente en el sector residencial.
- ✓ En 1990, con el documento Lineamientos del cambio se vio la necesidad de investigar sobre los beneficios económicos que traería el gas para el país.

- ✓ Mediante la Ley 142 de 1994, se determinó que el sistema de transporte de gas debía ser independiente de los productores, comercializadores y distribuidores. Dado lo anterior Ecopetrol desaparece como transportador, dándose la necesidad de crear una empresa que asumiera dichas funciones, originándose finalmente, el 20 de agosto de 1997, la empresa Ecogas[‡].

El gas natural en Colombia se transporta desde las zonas de producción hasta las zonas de consumo por medio del Sistema Nacional de Transporte (SNT). Mediante la resolución CREG 071 de 1999 la CREG adoptó el Reglamento Único de Transporte de Gas Natural (RUT), estableciendo las reglas de acceso al SNT y la prestación del servicio de transporte de gas natural. De acuerdo al RUT el SNT tiene dos componentes claramente definidos: la conexión (Tramo de gasoducto que permite conectar al Sistema Nacional de Transporte, desde los Puntos de Entrada o Puntos de Salida, las Estaciones para Transferencia de Custodia) y el punto de entrada (Punto en el cual se inyecta el gas al Sistema de Transporte desde la Conexión del respectivo Agente. El Punto de Entrada incluye la válvula de conexión y la 'T' u otro accesorio de derivación) ó salida (Punto en el cual el Transportador inyecta el gas a la Conexión del respectivo Agente. El Punto de Salida incluye la válvula de conexión y la 'T' u otro accesorio de derivación) Según el decreto 1493 de 2003 del Ministerio de Minas y Energía, el SNT "es el conjunto de gasoductos localizados en el territorio nacional, excluyendo conexiones y gasoductos dedicados, que vinculan los centros de producción de gas del país con las Puertas de Ciudad, Sistemas de Distribución, Usuarios No Regulados, Interconexiones Internacionales o Sistemas de Almacenamiento"[§].

[‡] FLÓREZ, M, ANÁLISIS, DOCUMENTACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE LA DIRECCIÓN COMERCIAL DE LA EMPRESA COLOMBIANA DE GAS ECOGÁS. Universidad Industrial de Santander, Proyecto de grado Ingeniería Industrial, Bucaramanga 2006.

[§] Ecopetrol S.A., Gasoductos y campos de gas natural en Colombia [En línea], <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=358&conID=42585> [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2014]

La Red Nacional de Gasoductos está conformada por dos subsistemas claramente definidos por su propiedad y operación, así como su funcionamiento. De un lado se encuentra el subsistema de la Costa Atlántica con la línea Ballena-Barranquilla-Cartagena-Cerromatoso el cual pertenece a PROMIGÁS, la cual debido a la escisión de los inversionistas extranjeros incluyo en sus accionistas a CFC Gas Holding SAS con 10,58% y a EEB Gas Ltd. con 15,64%, y adicionalmente Corficolombiana quedo con el 34.16% de la participación. Por otra parte el subsistema que comprende principalmente las líneas Ballena-Barrancabermeja-Vasconia-Cali, Cusiana-Apiay-Bogotá y Cusiana-La Belleza-Vasconia-Cali, propiedad de ECOGAS, más las líneas Sebastopol-Medellín de la empresa TRANSMETANO, Payoa-Provincia-Bucaramanga de TRANSORIENTE, Estación de entrega Yumbo-Cali de propiedad de TRANSOCCIDENTE, Campo de producción de Hobo-Neiva de PROGASUR, estación Cogua-Bogotá de TRANSCOGÁS y el Gasoducto del Tolima compuesto de dos líneas pequeñas, es conocido como el subsistema de transporte del interior**.

Algunas de las empresas transportadoras de gas natural que operan actualmente en el país son: PROMIGÁS, TGI, TRANSMETANO, TRANSCOGÁS, TRANSOCCIDENTE, PROMIORIENTE, GASODUCTO DEL TOLIMA y PROGASUR, como se puede ver en la Figura 1.

** Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética. La cadena de gas natural en Colombia. ISBN: 958-97885-9-1. Colombia: UPME

Figura 1. Mapa de gasoductos y campo de gas natural en Colombia



Fuente: Disponible en la dirección

http://www.ecopetrol.com.co/especiales.aspx?catID=358&ancho=918&alto=480&pagina=multimedias_gas/mapa_transporte.html

Por otro lado, si ahondamos en los materiales que se han usado para transportar gas, encontramos que en la antigüedad se usaba el bambú para llevar el gas desde el yacimiento hasta las viviendas; también se usaron maderos huecos los cuales no resultaron prácticos para trayectos considerables. El gas natural permaneció localizado a lo largo del siglo XIX debido a la dificultad que se seguía teniendo para transportarlo a grandes distancias, razón por la cual fue desalojado por el petróleo y el carbón en el desarrollo industrial. En 1890 con la invención de las uniones a prueba de filtraciones, se permitió avanzar en la tecnología de transporte del gas, sin embargo, debido a que aún no se contaban con materiales y técnicas de construcción que permitieran transportarlo más allá de 160 kilómetros de su fuente, la mayor parte de gas se quemaba en antorchas.

A finales de la segunda década del siglo XX se logran avances en la tecnología de tuberías, lográndose construir entre 1927 y 1931 sistemas con tuberías de diámetro de 51 cm a distancias de 320 Kilómetros; posteriormente pasada la segunda guerra mundial se construyeron más sistemas de mayores longitudes y diámetros. Actualmente, el principal material para construcción de gasoductos es el acero al carbono de alta resistencia debido a su característica de soportar altas presiones, su fabricación se fundamenta en la norma API 5L.

Como se ha indicado en las anteriores líneas, el transporte de gas en Colombia se realiza a través de gasoductos. El gasoducto como producto final, requiere de la ejecución de una serie de actividades del área civil, mecánica, eléctrica, instrumentación y control, que dependiendo del cliente (quien va a transportar el gas) establece unos parámetros de calidad para asegurar durante la construcción del gasoducto; estos parámetros son resultado de los requerimientos establecidos en las normas técnicas y especificaciones técnicas particulares para cada proyecto y cliente.

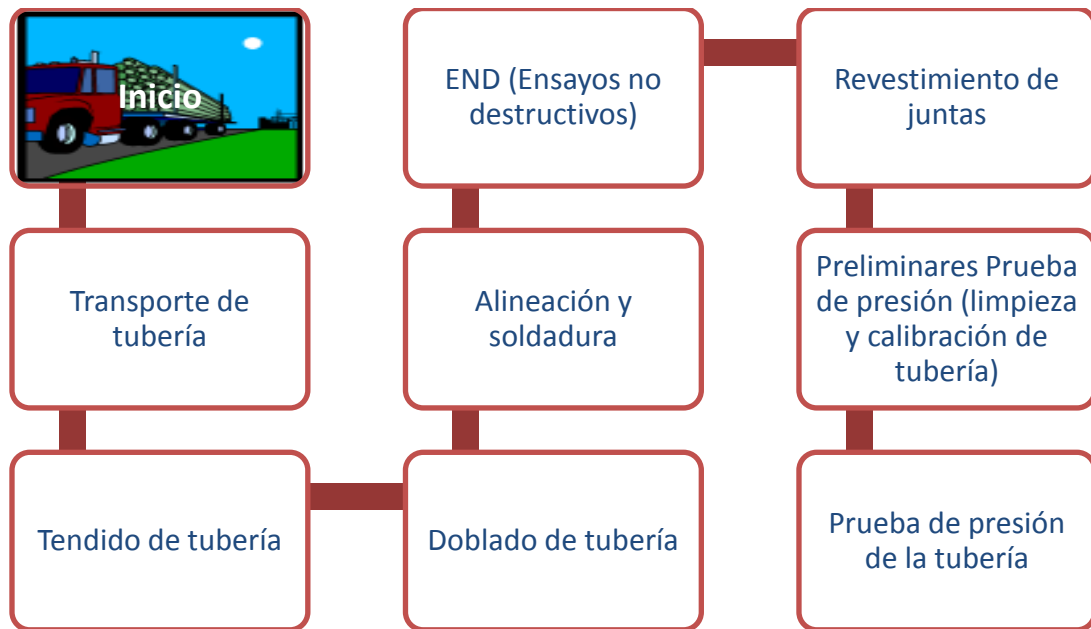
Para la ejecución de cada actividad independiente del área a la que pertenezca el constructor debe establecer y asignar unos recursos humanos y materiales para poder seguir los procedimientos constructivos de dichas actividades y considerando la etapa de planeación establecida para cada proyecto.

Aunque la complejidad y aspectos externos de cada proyecto (topografía, tipo de terreno, condiciones climáticas, ambientales, sociales, entre otras) varían, en esencia se maneja el mismo el concepto básico, es decir, la construcción de un gasoducto que se centra principalmente en la instalación de una tubería, la cual puede ir aérea, enterrada, mar a dentro o una combinación de las anteriores. Dependiendo del tipo de instalación que se debe hacer se ejecutaran una serie de actividades por disciplinas las cuales al final van a permitir poner en servicio el gasoducto y realizar de esta manera el transporte del gas natural.

Estas actividades por disciplina pueden realizarse secuencialmente, como por ejemplo, para bajar una tubería en zanja previamente se debió realizar, la apertura de DDV, soldadura de tuberías, revestimiento de juntas y tubería, entre otras, mientras que en otros casos se pueden ejecutar simultáneamente, tal y como sucede con la apertura de zanja y la alineación y soldadura de tubería, donde la una no es un condicional para la otra.

En los esquemas mostrados en la figura 2 y 3 se presentan algunas de las actividades civiles y mecánicas, que se realizan durante la construcción de un gasoducto enterrado.

Figura 2. Esquema secuencial de las actividades mecánicas principales para la construcción de un gasoducto en Colombia



Fuente: Autor

Los procedimientos constructivos adicional de contemplar su paso a paso, indica las consideraciones HSE que se deben adoptar con el objeto de no afectar la integridad humana y del medio en el cual se desarrollan las actividades. El paso a paso descrito en los procedimientos deben están basados en lo establecido en las normas, códigos y estándares que aplican para cada actividad, tal como para la alineación y soldadura la cual debe estar de acuerdo en todo con lo dispuesto ya sea con el código ASME B31,8, ó el estándar API 1104.

Figura 3. Esquema secuencial de las actividades civiles principales para la construcción de un gasoducto en Colombia



Fuente: Autor

Como en cualquier proceso constructivo y de acuerdo a la norma ISO 9001, numeral 7,1 planificación de la realización del producto, toda organización debe contemplar durante la realización de un producto las actividades requeridas para la verificación, validación, seguimiento, medición, inspección y ensayo/pruebas específicas para el producto así como los criterios para la aceptación del mismo, es por tal motivo que en la elaboración del manual de actividades civiles y mecánicas para la construcción del gasoductos en Colombia, que es el fin de la presente monografía, se elaborará un PIE (plan de inspección y ensayos) que permita identificar en cada actividad: los documentos de referencia que se deben considerar al realizar las actividades, las variables que se debe controlar, con qué frecuencia y que dispositivos se realizará el seguimiento (medición), cuáles serán

los parámetros de aceptación, todo esto con el fin de controlar y asegurar la construcción de un gasoducto.

Adicional a todo lo que se ha mencionado anteriormente, en la etapa de construcción se debe velar porque se respeten las indicaciones plasmadas en la etapa preliminar de diseño, en las cuales se considera la mitigación de impactos ambientales, la integridad del gasoducto durante su operación y por su puesto el cumplimiento de las condiciones RUT respecto a la calidad del gas.

2. MANUAL

En este capítulo se encontrará las principales actividades civiles y mecánicas de la construcción de Gasoductos en Colombia, las cuales fueron identificadas, estableciendo para cada una, una breve descripción, las principales referencias o normatividad que aplica en su ejecución, un registro fotográfico de la práctica de estas actividades en diferentes proyectos y finalmente los recursos básicos con los que se debe contar para desarrollarlas.

2.1 OBJETIVO

El contenido de este manual se ha determinado para informar de manera clara y concisa las principales normas y buenas practicas, que se deben tener en cuenta en la ejecución de las actividades civiles y mecánicas identificadas para la construcción de gasoductos en Colombia.

Al igual, se quiere aportar un mecanismo escrito, que permitan a los que interactúan en la industria del Gas Natural, más precisamente en construcción de Gasoductos, fuentes que guíen al constructor a la hora de definir parámetros de calidad y conformidad de las actividades, eliminando los sobrecostos en los que se puede incurrir por productos no conformes, tiempos adicionales y afectaciones a personas y medio ambiente.

2.2 DEFINICIONES

1. **Localidad Clase 1.** Es cualquier sección de 1 milla de longitud que tiene 10 o menos edificios destinados a la ocupación humana, como por ejemplo, tierras estériles, desiertos, montañas, tierras agrícolas, etc.
2. **Clase 1, División 1.** Es una clase de localidad 1 donde el factor de diseño de la tubería es mayor a 0.72, aunque igual o menor a 0,80 y el ducto ha sido probado hidrostáticamente a 1,25 veces la máxima presión de operación.
3. **Clase 1, División 2.** Es una clase localidad 1 donde el factor de diseño de la tubería es igual o menor a 0.72 y el ducto ha sido probado hidrostáticamente a 1,1 veces la máxima presión admisible de operación.
4. **Localidad Clase 2.** Es cualquier sección de milla que tiene más de 10 pero menos de 46 edificios destinados a la ocupación humana, como por ejemplo, las zonas periféricas de las ciudades y pueblos, zonas industriales, ranchos o quintas campestres, etc.
5. **Localidad Clase 3.** Es cualquier sección de millas que tiene 46 o más edificios destinados a la ocupación humana, como por ejemplo, viviendas suburbanas, centros de compras, áreas residenciales, y otras áreas que no cumplen con los requerimientos de localidades clase 4.
6. **Localidad Clase 4.** Incluye áreas donde prevalecen los edificios de varios pisos (quiere decir 4 o más pisos por encima del suelo, donde el tráfico es pesado y denso, y donde pudieran haber numerosas otras construcciones o servicios subterráneos.
7. **Red Line.** Son planos elaborados sobre copias impresas de los planos Aprobados para construcción, normalmente se hace uso de colores para identificar las modificaciones (rojo), lo que no sufrió cambios (amarillo) y lo que no se construyó (verde/azul).

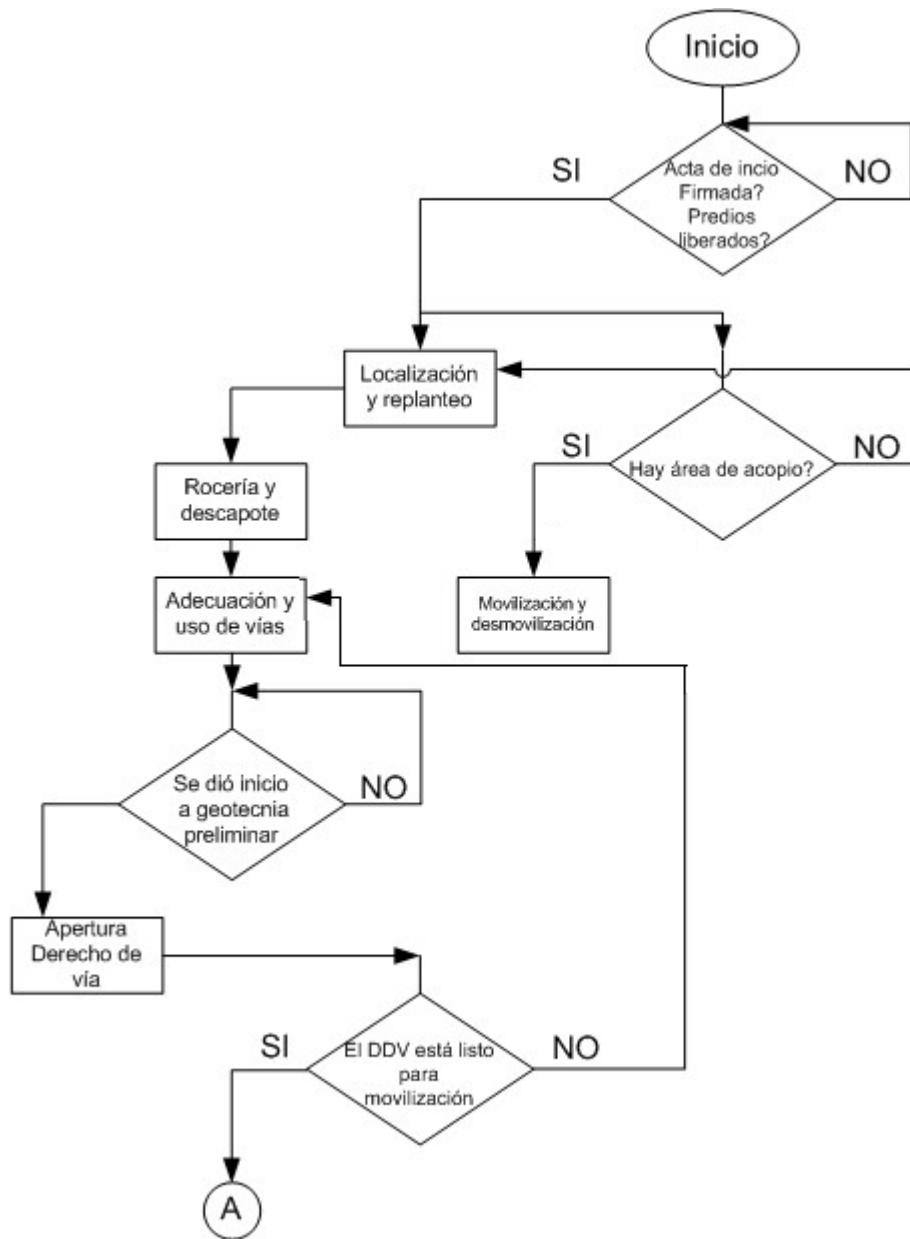
8. **As-built.** Los planos as-built son aquellos que reflejan como finalmente quedo construida la obra y sirven de información para futuros trabajos que involucran la obra ya realizada.
9. **Mojones.** Señal permanente para fijar linderos.
10. **EPP.** Elementos de protección personal. Para el presente manual cada vez que se mencione EPP se hará alusión a los elementos de protección personal básicos: casco, gafas de seguridad, ropa de seguridad, guantes.
11. **NPS.** Nominal Pipe Size, Diámetro nominal. El NPS para tuberías hasta 12” se relaciona con el diámetro interno de la tubería, de ahí en adelante el NPS es igual al diámetro externo.
12. **Material deletéreo:** material como herrumbre, costras, humedad, suciedad, aceites, lacas y barnices.
13. **Tramo.** Es una pieza de tubo de la longitud que despacha la fundición. Cada pieza se llama un tramo, sin interesar sus dimensiones reales. A veces también se les llama “piezas” aunque se prefiere “tramo.
14. **Tensión mínima especificada de fluencia (SMYS).** Expresada en libras por pulgada cuadrada, es la mínima resistencia a la fluencia prescrita por la especificación bajo la cual se adquiere la tubería del fabricante.
15. **Máxima presión de operación (MOP).** Algunas veces se hace referencia a ella como la máxima presión de operación actual o real; es la presión más alta a la cual se opera un sistema de tuberías durante un ciclo normal de operación.
16. **Tensión de aro (SH).** Es la tensión en un tubo cuyo espesor de pared es t, actuando circunferencialmente en un plano perpendicular al eje longitudinal del tubo, producido por la presión P, del fluido dentro de un tubo de diámetro D, que se determina con la fórmula de Barlow:

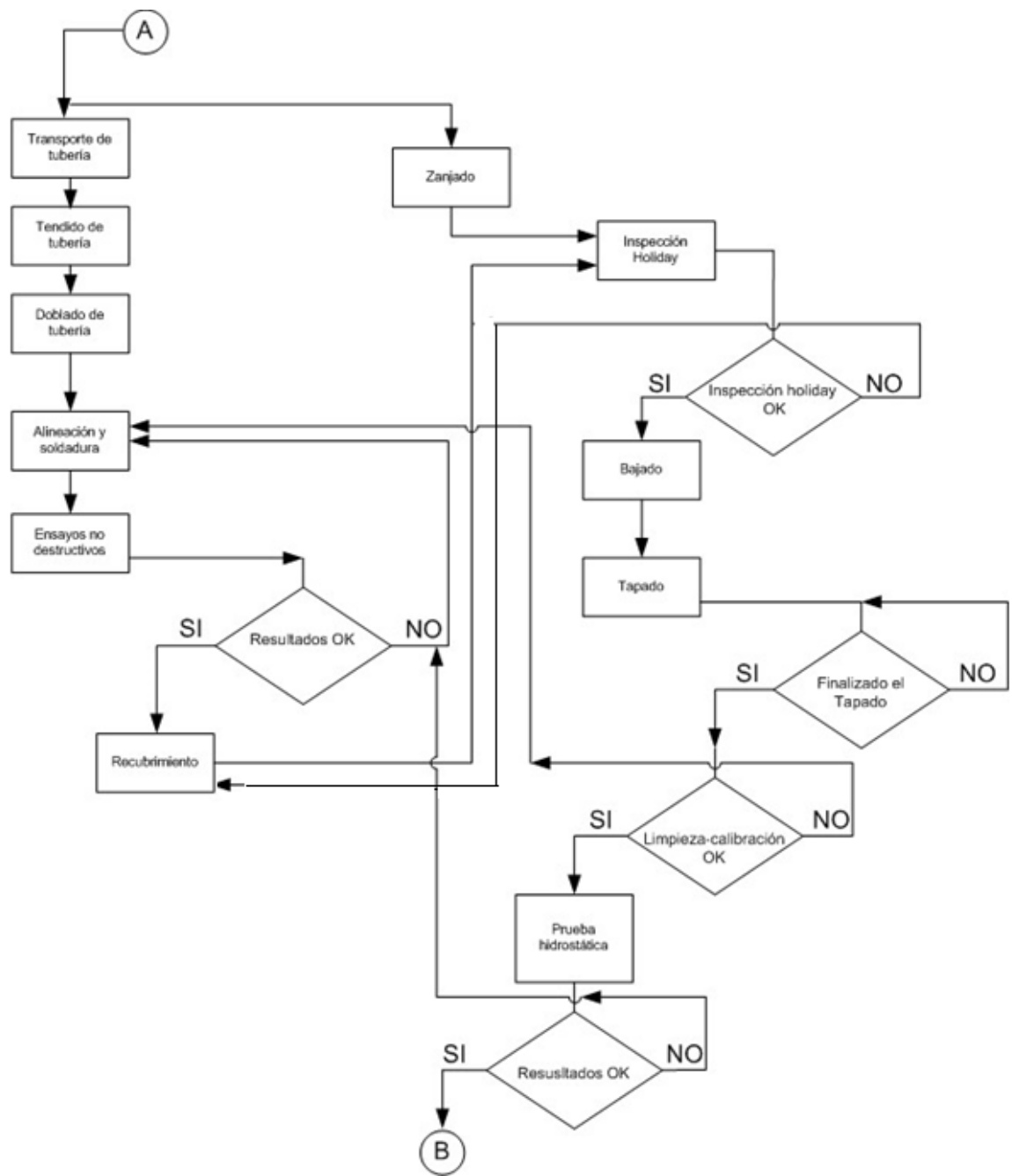
$$S_H = \frac{PD}{2t} \quad \text{Ecuación (1)}$$

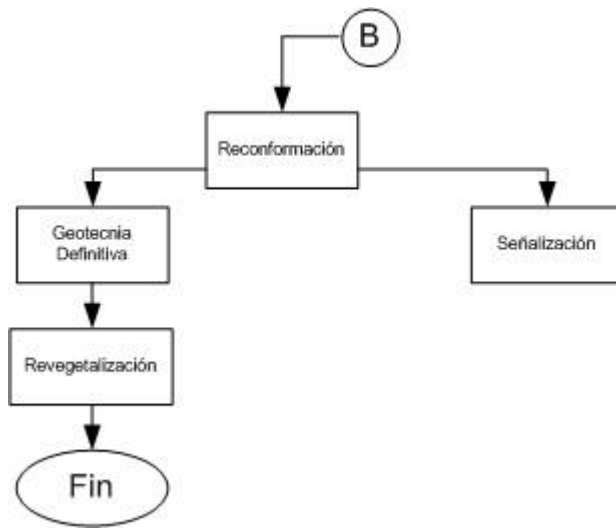
- 17. WPS.** Welding Procedure Specification. Especificación del Procedimiento de Soldadura
- 18. PQR.** Procedure Qualification Record. Registro de calificación del procedimiento.
- 19. WPQ.** Welder Performance Qualification. Calificación de soldador
- 20. DDV.** Sigla empleada para hacer referencia al derecho de vía.

2.3 FLUJOGRAMA

A continuación se muestra un flujograma donde se puede visualizar el orden y la secuencia de las actividades civiles y mecánicas identificadas para este manual en la construcción de Gasoductos en Colombia.







2.4 ACTIVIDADES CIVILES

A continuación se encontrarán las principales actividades civiles identificadas para la construcción de Gasoductos en Colombia. Las referencias mencionadas para cada una permiten tener los principales documentos que rigen y direccionan en materia normativa cada actividad. Con el registro fotográfico se pretende crear en el lector una idea de la ejecución de la actividad. Los recursos mencionados para cada actividad no son limitantes ni quiere decir que sean necesarios únicamente los mencionados, pues de acuerdo al medio en el que se desempeñe la actividad y a los riesgos presentes en el área se deberán tomar los controles que garanticen la seguridad del personal y del medio ambiente, y a su vez la calidad de las obras.

2.4.1 Localización y replanteo.

2.4.1.1 Descripción.

Esta actividad se encuentra relacionada en primera instancia con la demarcación propiamente del eje de la tubería a instalar para transporte de gas, ubicación de estructuras existentes, puntos de arranque para amarre de las estructuras a construir y finalmente usada como control planimétrico y altimétrico de las obras ejecutadas.

En la etapa de construcción, normalmente quien ejecuta la obra se ciñe a la localización de las coordenadas plasmadas en los planos aprobados para construcción, los cuales pueden sufrir cambios o modificaciones que se deben reflejar en los planos “*red line*” para finalmente entregar y mostrar la realidad de lo construido en los planos *as-built*.

Los mojones de referencia que usa el topógrafo para realizar sus levantamientos topográficos deben estar amarrados al nuevo sistema de referencia Magna Sirgas del IGAC, debidamente ligadas a la Red Geodésica Nacional.

La actividad de localización y replanteo, debido a que involucra labores de topografía debe ser realizada por personal técnico calificado y con equipos con calibraciones vigentes, por la importancia que representa este trabajo dentro de la ejecución de la construcción de un gasoducto. Para la actividad el personal técnico debe llevar las respectivas carteras de campo, las cuales deben estar disponibles en cualquier momento que se requiera validar o revisar la información.

Normalmente se recomienda ir demarcando a lado y lado del derecho de vía cada 50 m con estacas, para delimitar el DDV, al igual cada 500 m ir dejando referencia físicas fijas, las cuales pueden ser estacas, troncos, piedras para indicar el abscisado.

A medida que se va realizando el trazado del eje de la tubería se debe dejar registro fotográfico del recorrido para posteriormente en la restitución de terrenos tener soporte del estado inicial de las obras existentes. Se recomienda realizar cierre de la poligonal cada 5Km con precisión de 5 mm.

2.4.1.2 Registro fotográfico

En el Cuadro 1 se puede evidenciar algunas fotografías de la actividad de localización y replanteo, en las cuales principalmente se identifica el uso de la estación topográfica y la demarcación que se realiza en el DDV.

Cuadro 1. Registro fotográfico localización y replanteo

Localización eje de tubería de 18” Gasoducto Cupiagua-Cusiana	Ubicación de estacas con abscisado en el DDV.
Levantamiento de tuberías Pipe rack Cupiagua.	Verificación de coordenadas Variante Jagüey-Loro, Propanoducto 8”.

2.4.1.3 Referencias.

Las siguientes normativas son algunas de las cuales direccionan los parámetros de aceptabilidad de la actividad de localización y replanteo para construcción de Gasoductos en Colombia.

- NTC 5204 Precisión de las redes geodésicas
- NTC 5205 Precisión de datos espaciales
- NTC 5043 Información geográfica. Conceptos básicos de la calidad de los datos geográficos.
- ISO 19138 Determinación de la calidad de la información digital.

2.4.1.4 Recursos Básicos.

En el Cuadro 2 se puede evidenciar los principales recursos tanto humanos como materiales con los que se debe contar para la ejecución de la actividad de localización y replanteo.

Cuadro 2. Principales recursos para la actividad de Localización y replanteo

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Topógrafo	Vehículo	Estación Total	EPP Básicos
Cadenero	Bastones	GPS	
Dibujante	Prisma	Nivel Abney	
Obrero	Avantel		
Conductor			

2.4.2 Rocería y Descapote.

2.4.2.1 Descripción.

La rocería permite abrir camino con herramientas manuales (machete) para ayudar a la movilización del personal de topografía a la ubicación, delimitación y señalización del derecho de vía y eje de la tubería a instalar.

Mientras que el descapote consiste en realizar el corte de maleza, arbustos, troncos y piedras que se encuentren ubicadas en el derecho de vía y que pueden obstruir las labores de construcción. En esta actividad, se remueve la capa vegetal, la cual debe ser conservada y no mezclada con el material proveniente de las excavaciones para que no se contamine y en la etapa de reconfiguración ser integrada a su ubicación inicial y recuperar la cobertura vegetal.

2.4.2.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 3 se identifican fotografías donde se remueve la capa vegetal (descapote) para dar inicio a la apertura de derecho de vía.

Cuadro 3. Registro fotográfico Rocería y descapote

	
Descapote Línea de 12" Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga, separación de la capa vegetal.	Descapote DDV Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga 12".
	
Inicio descapote variante Propanoducto Jagüey-Loro.	

2.4.2.3 Referencias.

Básicamente la actividad de rocería y descapote está regida por la normativa ambiental, a continuación se indican los principales documentos que direccionan dicha actividad:

- Plan de manejo ambiental PMA

- Medidas de manejo ambiental MMA
- Inventario Forestal

2.4.2.4 Recursos Básicos.

Los recursos para ejecutar la actividad de rocería y descapote se indican en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Principales recursos para la actividad de rocería y descapote

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Capataz	Retroexcavadora	Flexometro	EPP Básico
Obreros	Bulldozer		
Operadores	Machete		

2.4.3 Adecuación y uso de vías.

2.4.3.1 Descripción.

Esta actividad hace referencia al uso de vías que se utilicen durante la construcción del gasoducto.

Las vías se clasifican de acuerdo al **Artículo 105 de la Ley 769 del 2002** en:

- ✓ Dentro del perímetro urbano: Vía de metro o metrovía, vía troncal, férreas, autopistas, arterias, principales, secundarias, colectoras, ordinarias, locales, privadas, ciclorrutas, peatonales,
- ✓ En las zonas rurales: Férreas, autopistas, carreteras principales, carreteras secundarias, carreteables, privadas, peatonales.

Otra manera de clasificarla y de acuerdo a lo dispuesto en las Especificaciones Técnicas para construcción de ductos de transporte de HIDROCARBUROS DE Ecopetrol S.A., es:

- ✓ **Vías clase I:** Por lo general son vías asfaltadas con anchos de banca de 8 a 12 m, con pendientes longitudinales máximas cercanas al 8%, con radios de curvatura que en su mayoría permiten el giro de vehículos pesados y que se encuentran en condiciones aceptables para el tránsito de todo tipo de vehículos.
- ✓ **Vías clase II:** Son las vías que se desprenden de las vías Clase I. Dentro de esta clasificación se encuentran vías asfaltadas o en afirmado, con anchos de banca que oscilan entre 5 y 8 m. En estas vías, es frecuente encontrar trazados defectuosos con pendientes longitudinales altas (por tramos), curvas con radios pequeños, zonas de inestabilidad de la banca o del talud, o puntos donde faltan obras de drenaje. Se incluyen en éste grupo, las vías que con la ejecución de algunas obras puntuales, permiten el paso de vehículos pesados.
- ✓ **Vías clase III:** Dentro de éste grupo, se incluyen aquellas vías que carecen de especificaciones técnicas adecuadas y presentan un alto grado de deterioro. Estas vías se pueden desprender de las vías Clase I o Clase II.

Se deberá consultar con las comunidades el uso de vías que difieren de las vías arterias o autopistas, principales y secundarias, decidiendo finalmente las juntas administradoras la autorización del uso de la vías. Se encuentra **prohibido** el tránsito de vehículos de alto tonelaje por las vías de sitios que estén declarados o se declaren como monumentos de conservación histórica.

Como aspectos relevantes para considerar a nivel legislativo se mencionan los siguientes:

- De acuerdo, a lo indicado en la **Ley 769 de 2002, capítulo VIII Trabajos eventuales en vía pública, Artículo 101-Normas para realizar trabajos en vía pública**: *“Siempre que deban efectuarse trabajos que alteren la circulación en las vías públicas, el interesado en tal labor obtendrá en forma previa la autorización correspondiente de la autoridad competente y señalará el sitio de labor mediante la colocación de señales preventivas, reglamentarias e informativas que han de iluminarse en horas nocturnas. Toda persona de derecho público o privado interesada en realizar alguna intervención en la vía pública pondrá en conocimiento de la autoridad de tránsito local la licencia que se le conceda para tal propósito, el lugar de la intervención y su duración estimada con una **antelación no inferior a ocho (8) días**, para que ésta le autorice y tome las medidas oportunas para mitigar el impacto que en la circulación pueda producir la intervención, pudiendo, si así lo amerita la índole de la labor, restringir o suspender el tránsito por la vía, disponiendo su traslado a trayectos alternos, y señalándola de acuerdo con las restricciones que determine la autoridad competente. Una vez terminada la intervención, es responsabilidad de la persona de derecho público o privado, el retiro de todos los dispositivos de*

control de tránsito utilizados, so pena de ser multado por la autoridad de tránsito competente. En los eventos previstos en los incisos anteriores el interesado deberá presentar junto con su solicitud un plan de señalización y desvíos, que debe ser aprobado por la autoridad competente. Parágrafo. El Ministerio de Transporte determinará, los elementos y los dispositivos de señalización necesarios en las obras de construcción”.

- **Ley 769 de 2002, Artículo 102. Manejo de escombros.** Todo material de trabajo y escombros en la vía pública será manejado por el responsable de la labor, debidamente aislado, tomando las medidas para impedir que se disemine por cualquier forma, o que limite la circulación de vehículos o peatones, de acuerdo con las normas ambientales vigentes y será debidamente señalado.
- Los aspectos más relevantes determinados en la **Resolución 4959 del 8 de noviembre de 2006**, que se deben tener presentes en la adecuación y uso de vías se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Requisitos de acuerdo a los Parámetros de la carga extradimensionada

PARÁMETROS	
ANCHURA	
Ancho superior a 2.6 m e inferior o igual a 3 m	<p>El operador debe estar inscrito en el registro del Grupo de Seguridad Vial de la Subdirección de Tránsito y Transporte.</p> <p>En carreteras velocidad máxima de 40 Km/h y no requiere vehículo acompañante. En vías urbanas la velocidad máxima será de 20 Km/h y requerirá de dos vehículos acompañantes (uno en la parte posterior y otro en la parte de adelante) si la vía es de doble sentido, de lo contrario solo de un vehículo en la parte de adelante.</p> <p>Aviso “Peligro Carga Ancha” con las características establecidas en el Art. 7 de la Resolución 4959 de 2006.</p>

Cuadro 5. (Continuación)

PARÁMETROS	
ANCHURA	
Ancho superior a 3m e inferior o igual a 3.3 m	Operador debe estar inscrito en el registro del Grupo de Seguridad Vial de la Subdirección de Tránsito y Transporte. Se debe seguir los procedimientos y requisitos fijados en el Art. 8 de la Resolución 4959 de 2006.
Ancho superior a 3.3 m e inferior o igual a 3.6 m	Operador debe estar inscrito en el registro del Grupo de Seguridad Vial de la Subdirección de Tránsito y Transporte. Se debe seguir los procedimientos y requisitos fijados en el Art. 8 de la Resolución 4959 de 2006.
Ancho superior a 3.6 m	Certificado de cámara de comercio de la empresa solicitante del transporte. Plan de seguridad vial y manejo de tránsito (antigüedad no mayor a 3 meses), avalado por un ingeniero civil o ingeniero de transporte y vías. Demás estipuladas en los Art. 9 y 10 de la Resolución 4959 de 2006.
LONGITUD	
RANGOS CARGA EXTRADIMENSIONADA	REQUISITOS
Sobresaliendo en la parte posterior de vehículo una longitud inferior a 1m	No requiere permisos. <i>Aviso "Peligro carga larga", con características establecidas en el Art. 7 de la Resolución 4959 de 2006.</i> En vías rurales un vehículo acompañante en la parte delantera.
Sobresaliendo de la parte posterior del vehículo en una longitud de 1 a 2 metros	Requiere permiso de autoridad competente Operador debe estar inscrito en el registro del Grupo de Seguridad Vial de la Subdirección de Tránsito y Transporte. Contar con el aviso "Peligro carga larga" señalado en el anterior ítem. En vías rurales un vehículo acompañante en la parte delantera.

Cuadro 5. (Continuación)

PARÁMETROS	
LONGITUD	
Sobresaliendo en la parte posterior del vehículo una longitud entre 2 y 3 metros	<p>Se tramitará la autorización de acuerdo a lo establecido en el Art. 8 de la Resolución 4959 de 2006.</p> <p>En caso de ser otorgado el permiso, el conductor del vehículo deberá en todo momento portarlo, junto con el documento original que acredite el peso de la carga que transporta expedido por el generador de la carga y el peso bruto vehicular del equipo de transporte.</p> <p>En vías rurales deberá tener el acompañamiento de dos vehículos, que transiten en la parte delantera entre 30 y 50 m y en la parte posterior de 20 a 30 m, como advertencia a los demás conductores.</p> <p>En vías urbanas de doble circulación se requiere dos vehículos uno transitando en la parte delantera del vehículo a una distancia entre 10 y 15 y otro en la parte posterior a igual distancia, si es de una sola circulación la vía se requiere solo el vehículo en la parte posterior.</p>
Sobresaliendo cualquier longitud en la parte delantera del vehículo	Baja ninguna circunstancia se otorgará permiso.
ALTURA	
Altura superior a 4.40 m	<p>Certificado de cámara de comercio de la empresa solicitante del transporte.</p> <p>Plan de seguridad vial y manejo de tránsito (antigüedad no mayor a 3 meses), avalado por un ingeniero civil o ingeniero de transporte y vías.</p> <p>Demás estipuladas en los Art. 9 y 10 de la Resolución 4959 de 2006.</p>

Para el manejo de las cargas extradimensionadas se deberá tener presente las velocidades establecidas en la resolución 4959 de 2006, las cuales se relacionan en la Tabla 1.

Tabla 1. Velocidades permitidas, de acuerdo a la resolución 4959 de 2006

TIPO DE VÍA	VELOCIDAD [Km/h]
Vías rurales	30
Vías urbanas	20
Vías rurales (Carga sobresaliendo entre 2 y 3 m)	40
Vías urbanas (Carga sobresaliendo entre 2 y 3 m)	20
Vías rurales-urbanas (Carga sobresaliendo menos de 2 m)	Máximas permitidas en las normas legales e indicadas en las señales de tránsito
Vías rurales (carga ancha entre 2.6 y 3.6 m)	40
Vías urbanas (carga ancha entre 2.6 y 3.6 m)	20
Puentes existentes	5

De acuerdo a la Resolución 4100 del 2004, se reglamenta los pesos y dimensiones máximas de los vehículos de carga, los cuales se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Pesos y dimensiones máximas de vehículos de carga, de acuerdo a la resolución 4100 del 2004.

DESIGNACIÓN	ANCHO MÁXIMO [m]	ALTURA MÁXIMA [m]	LONGITUD MÁXIMA [m]	MÁXIMO	TOLERANCIA
				PESO BRUTO VEHICULAR [Kg]	POSITIVA DE MEDICIÓN Kg.
2	2,6	4,4	10,8	16000	± 400
3	2,6	4,4	12,2	28000	± 700
4	2,6	4,4	12,2	31000 (1)	± 775
4	2,6	4,4	12,2	36000 (2)	± 900
4	2,6	4,4	12,2	32000 (3)	± 800

Tabla 2. (Continuación)

DESIGNACIÓN	ANCHO MÁXIMO [m]	ALTURA MÁXIMA [m]	LONGITUD MÁXIMA [m]	MÁXIMO PESO BRUTO VEHICULAR [Kg]	TOLERANCIA POSITIVA DE MEDICIÓN Kg.
2S1	2,6	4,4	18,5	27000	± 675
2S2	2,6	4,4	18,5	32000	± 800
2S3	2,6	4,4	18,5	40500	± 1013
3S1	2,6	4,4	18,5	29000	± 725
3S2	2,6	4,4	18,5	48000	± 1200
3S3	2,6	4,4	18,5	52000	± 1300
2R2	2,6	4,4	18,5	31000	± 775
3R2	2,6	4,4	18,5	44000	± 1100
4R2	2,6	4,4	18,5	48000	± 1200
2R3	2,6	4,4	18,5	47000	± 1175
3R3	2,6	4,4	18,5	48000	± 1200
4R3	2,6	4,4	18,5	48000	± 1200
4R4	2,6	4,4	18,5	48000	± 1200
2B1	2,6	4,4	18,5	25000	± 625
2B3	2,6	4,4	18,5	32000	± 800
3B1	2,6	4,4	18,5	33000	± 825
3B2	2,6	4,4	18,5	40000	± 1000
3B3	2,6	4,4	18,5	48000	± 1200
4B1	2,6	4,4	18,5		
4B2	2,6	4,4	18,5		
4B3	2,6	4,4	18,5		
Remolque (B) y remolque balanceado (B)	2,6	4,4	10		
Semiremolque (S)			13		

Los accesos que se realicen, ya sean temporales o definitivos, deben tener la capacidad suficiente para soportar la maquinaria y/o vehículos que se vayan a movilizar por los mismos. Previamente a la realización de la adecuación de accesos y definición del uso de vías, se recomienda realizar un recorrido en el cual

se deje evidencia (registro fotográfico y fílmico) de los hallazgos encontrados antes de iniciar las actividades de construcción, indicando altas pendientes, obras de drenajes, zonas inestables, obras de arte existentes, puentes indicando su capacidad en carga, alcantarillas, viviendas próximas a las vías que puedan resultar afectadas, entre otras.

Las partes involucradas en la construcción de gasoductos deben incluir a la comunidad en el reconocimiento de las vías que van a emplear, para esto se acostumbra a presentar un documento denominado “Plan de uso de vías” a la autoridad municipal, donde registraran cuales vías usarán, cual es el diagnostico de las mismas y su capacidad, las medidas de mitigación que tomarán para evitar afectación a las mismas, dejando en claro, que las vías junto con la estructura existente al finalizar las obras deben quedar en igual o mejor condiciones a las iniciales.

Se debe realizar la señalización de los accesos temporales o definitivos construidos, de acuerdo a lo indicado en la resolución 1050 de 2004, resolución 001937 de 1994 y resolución 008408 de 1985.

2.4.3.2 Registro fotográfico

En el Cuadro 6 se puede identificar la maquinaria empleada para adecuar y realizar los accesos que permitan ingresar maquinaria, personal y material a la obra.

Cuadro 6. Registro fotográfico Adecuación y uso de vías

	
Adecuación de accesos temporales, Proyecto Variante Jagüey y Loro.	Movimiento de tierras para adecuación de acceso.
	
Adecuación manual de caminos Gasoducto Porvenir Miraflores, línea de 20”.	Adecuación mecánica de accesos Gasoducto Porvenir Miraflores, línea de 20”.

2.4.3.3 Referencias.

A continuación se relacionan los principales documentos que rigen la actividad de adecuación y uso de vías, como son decretos, resoluciones, leyes, entre otras.

- Ley 769 del 2002. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 4959 del 8 de noviembre de 2006. Por la cual se fijan los requisitos y procedimientos para conceder los permisos para el transporte de cargas individuales extrapesadas y extradimensionadas y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte.
- Resolución 4100 del 2004. Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional.
- Decreto 2056 del 2003. por el cual se modifica la estructura del Instituto Nacional de Vías, Invías, y se dictan otras disposiciones.
- Plan de Manejo Ambiental (PMA)
- Medidas de Manejo Ambiental (MMA)
- Resolución 1050 de 2004. Por la cual se adopta el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclo rutas de Colombia del Ministerio de Transporte
- Resolución 001937 de marzo 30 de 1994. En la que se regula las señales temporales de aproximación a los frentes de trabajo, obstáculos y/o peligros
- Resolución 008408 de 1985, por la cual se establece la cantidad mínima de señales temporales a utilizar en calles y carreteras.

2.4.3.4 Recursos Básicos.

Para la adecuación y uso de vías se emplean unos recursos básicos, los cuales son indicados en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Principales recursos para la adecuación y uso de vías

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo	Flexometro	EPP Básicos
Ingeniero Residente	Bulldozer	Densimetro	
Obreros	Retroexcavadora	Balanza	
Señalero-Paletero	Vibrocompactador		
Operadores			

2.4.4 Derecho de vía (DDV).

2.4.4.1 Descripción.

El derecho de vía (DDV) es una franja de tierra en la que las tuberías, ferrocarriles, líneas eléctricas, carreteras, autopistas, y otras facilidades similares se construyen. El DDV asegura el derecho a pasar por encima de la propiedad de otros. El DDV acordado, generalmente permite el ingreso y salida para operación, mantenimiento y construcción de la facilidad. El ancho del DDV puede variar con los requerimientos de construcción y mantenimiento, y es generalmente determinado basado en la negociación con el propietario afectado^{††}.

Respecto al derecho de vía se manejan tres términos relacionados con las actividades que se realicen en el mismo:

^{††} ASME B31.8

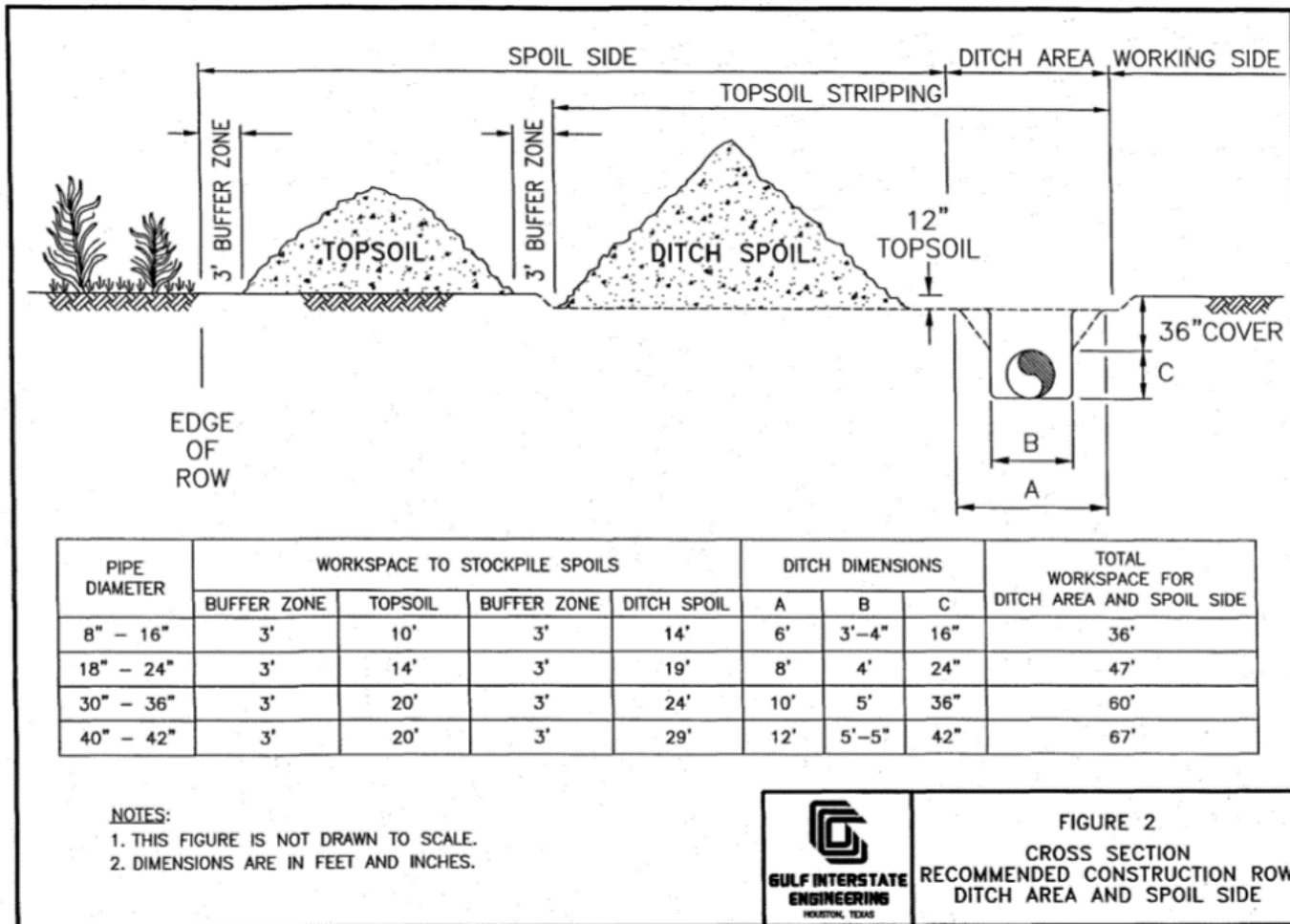
1. Apertura: Cuando se realiza la construcción de un DDV para una línea regular.
2. Adecuación: Cuando se acondiciona el DDV para un paso especial.
3. Conformación: Cuando se hace uso de un DDV existente.

A continuación se presenta las figuras 4, 5 y 6, pertenecientes a representaciones ilustrativas de INGAA (Interstate Natural Gas Association of America) donde se dimensionan los espacios a utilizar en el DDV, basados en la experiencia:

Para ubicar, contener y proteger los materiales provenientes de la apertura, adecuación ó conformación del DDV deben realizarse obras preventivas, denominadas geotecnia preliminar las cuales se mencionaran en el siguiente numeral.

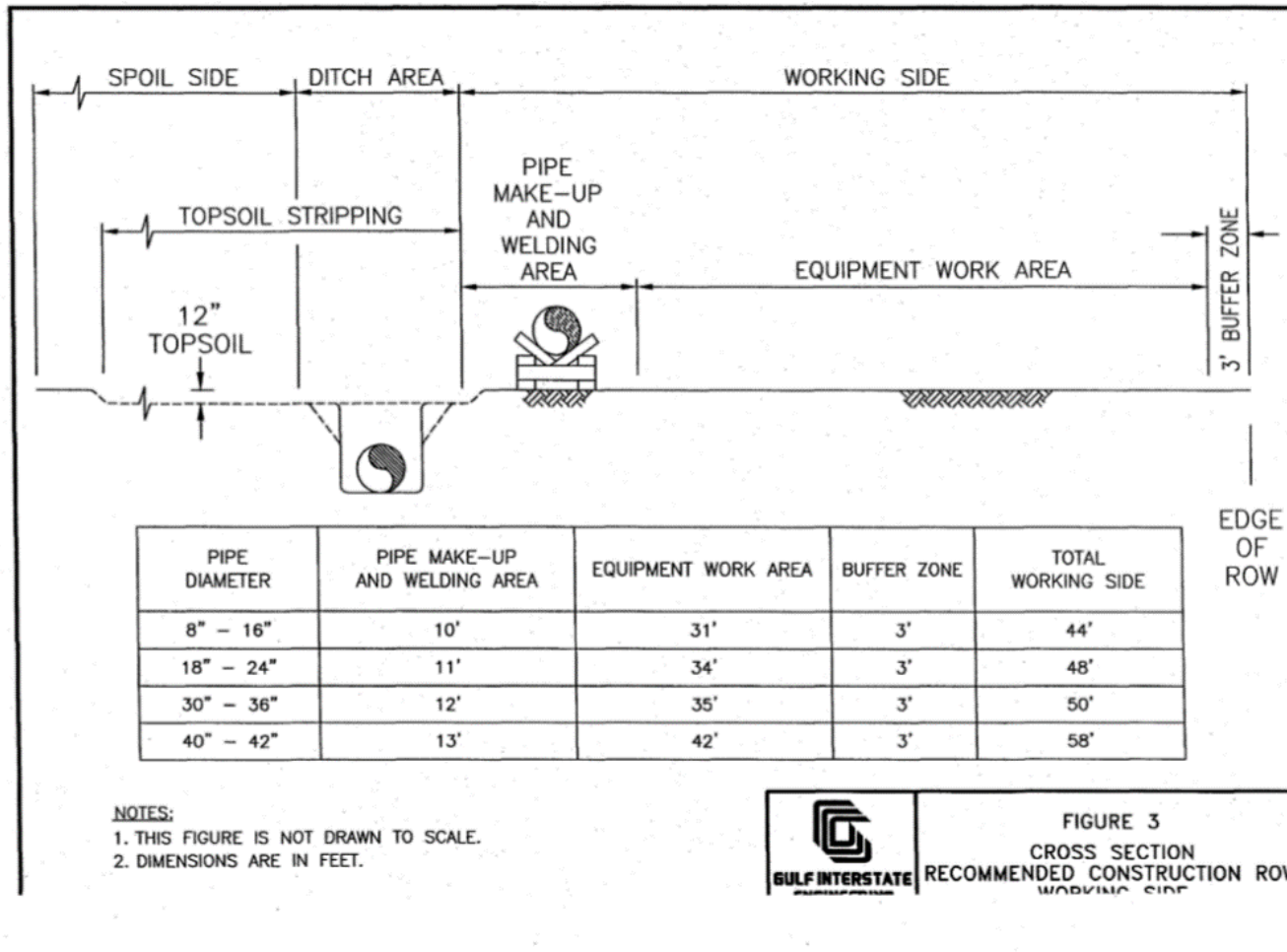
Los materiales provenientes de las actividades de DDV que no sean posibles almacenarse al borde del DDV, ya sea por espacio o porque genere impactos en el entorno, debe ser llevados a sitios adecuados para esto, los cuales deben contar con la autorización del ministerio de medio ambiente y estar contemplados dentro de la licencia ambiental; estos sitios son denominados ZODME (Zona de Manejo de Escombros y Material de Excavación)

Figura 4. Dimensiones recomendadas para las áreas de excavación y disposición de material proveniente de la zanja



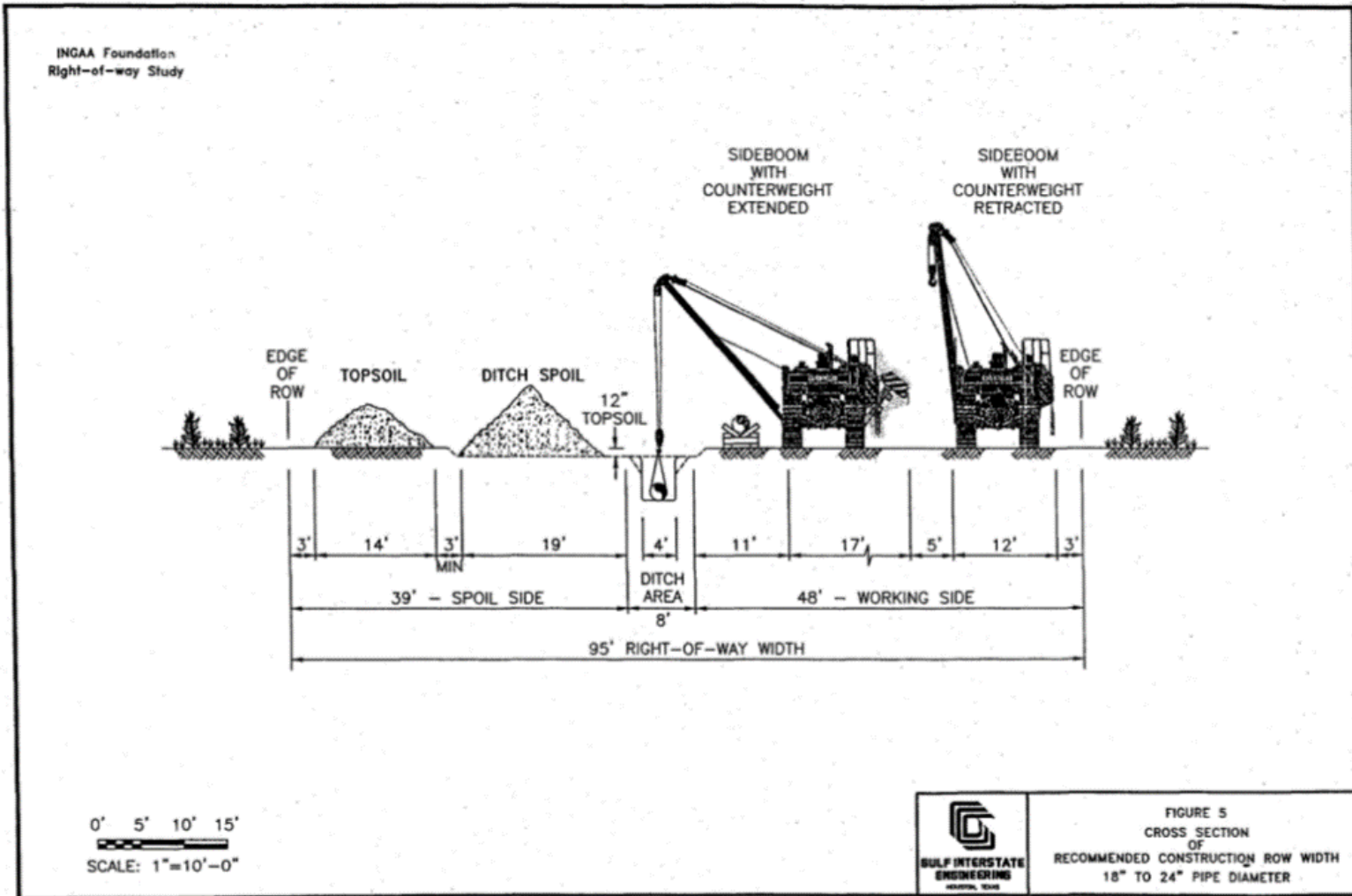
Fuente: INGAA

Figura 5. Dimensiones recomendadas para espacio de trabajo en el DDV



Fuente: INGAA

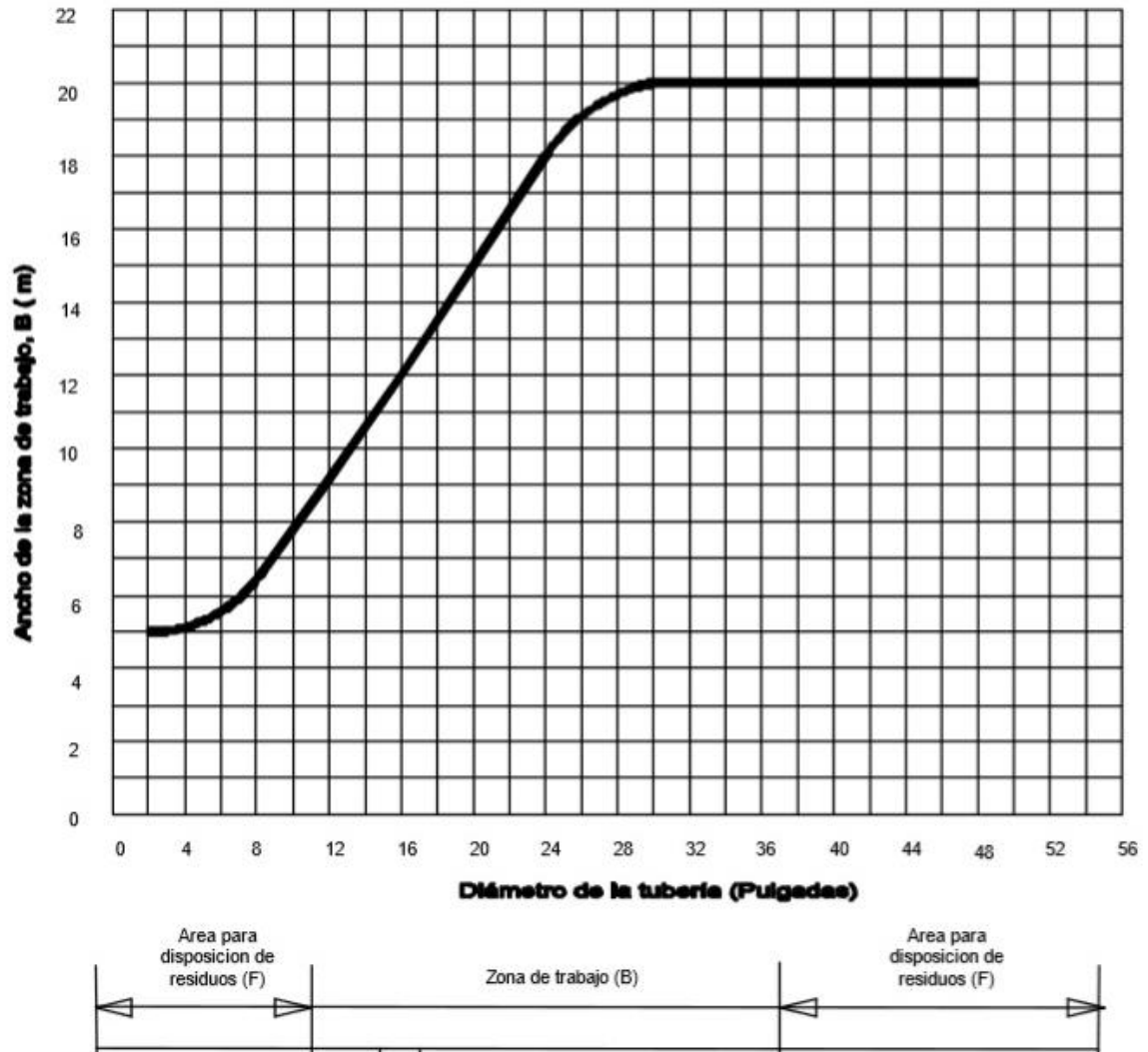
Figura 6. Dimensiones recomendadas para el ancho del DDV de tubería de 18" a 24"



Fuente: INGAA

De las Especificaciones Técnicas para construcción de ductos de transporte de HIDROCARBUROS DE Ecopetrol S.A., se puede por medio de Gráfica 1 realizar un cálculo ligero del ancho del DDV teniendo en cuenta el diámetro de la tubería a instalar.

Gráfica 1. Determinación del ancho de la zona de trabajo y del DDV



Fuente: Especificaciones Técnicas para construcción de ductos de transporte de HIDROCARBUROS DE Ecopetrol S.A

Notas:

1. Cuando se instale más de un tubo en el mismo DDV, el ancho de la zona de trabajo se estima así:

$$B_{ampliada} = B_{tubo\ mayor} + 0,4B_{tubo\ menor} \quad \textbf{Ecuación (2)}$$

2. Cuando se requiera por diseño instalar la tubería a una profundidad mayor a 1.20 m (cota clave de la tubería), el ancho de la zona de trabajo se estima así:

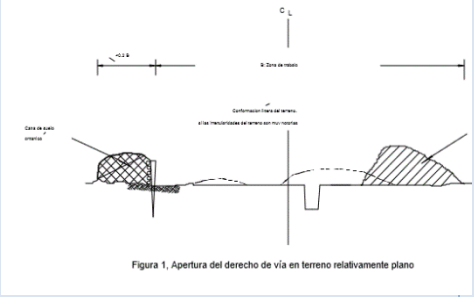
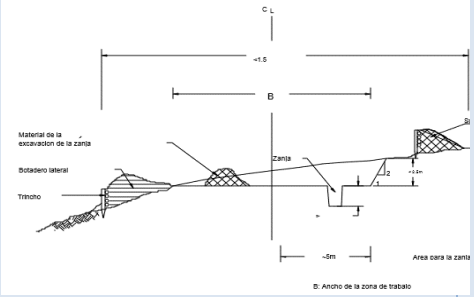
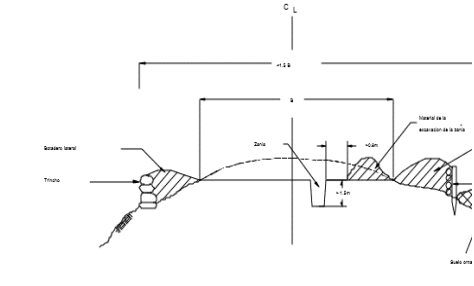
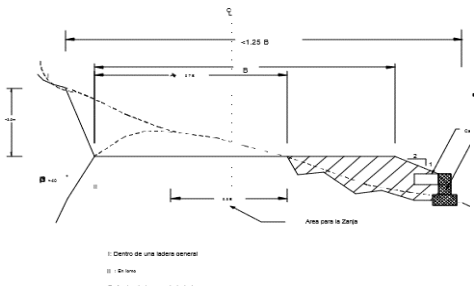
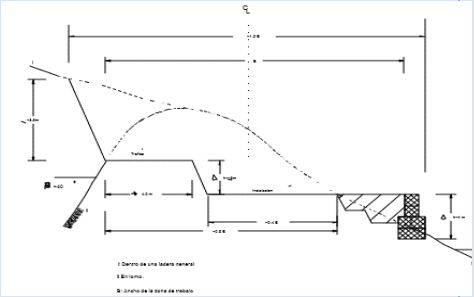
$$B_{ampliada} = B + 2x(\text{Prof a instalar la tubería (a cota clave en m)} - 1.20) \quad \textbf{Ecuación (3)}$$

3. Cuando se tengan los dos factores anteriores simultáneamente, el ancho de la zona de trabajo se estima así:

$$B_{ampliada} = B_{tubo\ mayor} + 0,25B_{tubo\ menor} + 2x(\text{Prof a instalar la tubería (a cota clave en m)} - 1.20) \quad \textbf{Ecuación (4)}$$

4. El ancho de las áreas para disposición de residuos es función de la forma del terreno, de acuerdo a lo indicado en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Tipos de terrenos

Tipo de terreno	Ancho del área para disposición de residuos (F)	Tipo de terreno	Ancho del área para disposición de residuos (F)
<p>Relativamente plano</p>  <p>Figura 1, Apertura del derecho de vía en terreno relativamente plano</p>	<p>< 0.2 B#</p>	<p>Ladera de pendiente suave</p>  <p>B: Ancho de la zona de trabajo</p>	<p>< 0.5 B#</p>
<p>Cuchilla o lomo</p>  <p>B: Ancho de la zona de trabajo</p>	<p>< 0.5 B#</p>	<p>Ladera de pendiente media</p>  <p>I: Dentro de una ladera general II: En lomo B: Ancho de la zona de trabajo</p>	<p>< 0.25 B#</p>
<p>Ladera de pendiente pronunciada</p>  <p>I: Dentro de una ladera general II: En lomo B: Ancho de la zona de trabajo</p>	<p>< 0.20 B#</p>	<p>Donde B# corresponde a B o B ampliada según el caso.</p>	

2.4.4.2 Registro fotográfico

La apertura del DDV en diferentes tipos de terreno (ladera con pendiente suave, terreno plano) se puede evidenciar en las fotografías mostradas en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Registro fotográfico Derecho de vía

	
Apertura de DDV en terreno rocoso y de alta pendiente, Gasoducto 12" Gibraltar-Bucaramanga	Apertura de DDV terreno plano, Gasoducto 20" Provenir-Miraflores
	
Apertura de DDV media ladera	Apertura de DDV Gasoducto 18" Cupiagua-Cusiana.

2.4.4.3 Referencias.

La principal normativa que rige la actividad del derecho de vía se menciona a continuación:

- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y distribución de gas
- Plan de Manejo Ambiental (PMA)
- Medidas de Manejo Ambiental (MMA)

2.4.4.4 Recursos Básicos.

En el Cuadro 10 se identifican los principales recursos que interactúan en la actividad de apertura, adecuación y conformación del derecho de vía.

Cuadro 10. Principales recursos para la actividad de derecho de vía

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo	Flexometro	EPP Básicos
Ingeniero Residente	Bulldozer		
Obreros	Retroexcavadora		
Señalero-Paletero			
Operadores			

2.4.5 Geotecnia Preliminar.

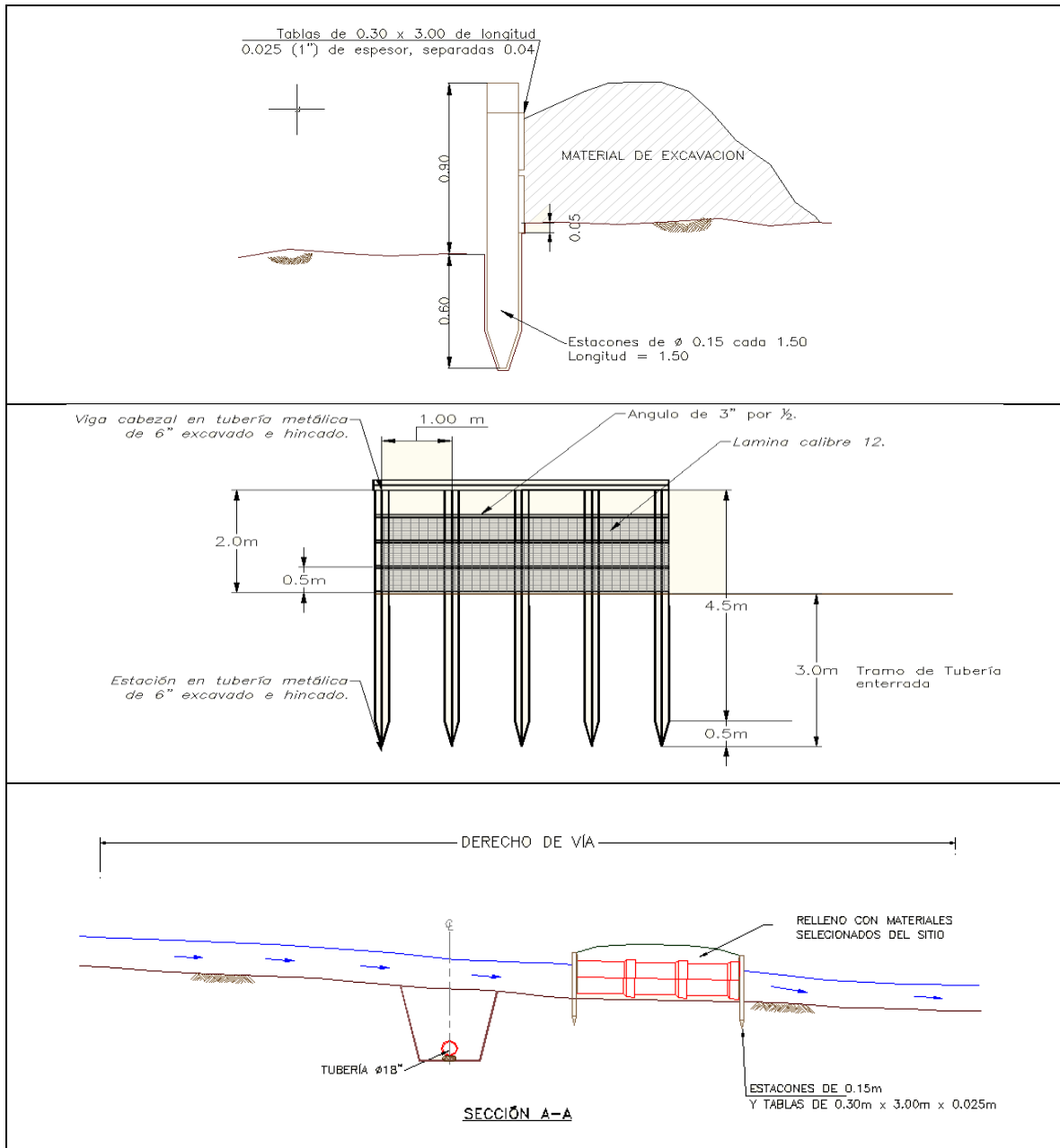
2.4.5.1 Descripción.

Para realizar la estabilización del terreno a medida que se va realizando la apertura del derecho de vía se realizan varias obras como son trinchos metálicos, trinchos de madera, sedimentadores, alcantarillas, entre otros. Básicamente estas obras junto con las de geotecnia definitiva tienen como objetivo impedir impactos ambientales negativos dentro y fuera de las áreas negociadas para el DDV, al igual que evitar contaminación de aguas o recursos naturales que se encuentren cerca en la zona de influencia de la construcción del gasoducto.

Para los trinchos laterales en madera se hace uso del aprovechamiento forestal; en caso de que sea necesario tablonés y madera extra, esta debe contar con el respectivo permiso de explotación y comercialización de las autoridades ambientales. Es importante y deber de quien construye cumplir con la calidad y especificaciones requeridas para los materiales de las obras de geotecnia preliminar, es decir, se debe validar resistencia, características, espesores, etc, aún más cuando muchos de estos materiales deben ser biodegradables por su interacción con el entorno. La altura de los trinchos de madera y la profundidad de enterramiento dependen del tipo de terreno, aunque no se aconseja que sea mayor a 1.80 m. En el caso de los trinchos metálicos la profundidad es mayor debido a que su objetivo es encontrar suelo estable, sin embargo, las dimensiones y separación en los elementos que constituyen los trinchos tanto metálicos como de madera deben ser establecidas en los planos de construcción y en las especificaciones técnicas del proyecto, y quien construya debe respetar los requerimientos que en estos documentos se establezcan. En la Figura 7 se

pueden ver algunas obras de geotecnia preliminar (trinchos en madera, trinchos metálicos y alcantarillas).

Figura 7. Ejemplos de diseño de obras de geotecnia preliminar



Fuente: Especificaciones Técnicas Cupiagua-Cusiana



Se deben construir alcantarillas en los caños o donde se indique en los diseños para evitar represamientos del cauce en cualquier época del año, evitar sedimentaciones en los cuerpos de agua ó simplemente para realizar un manejo de aguas evitando afectación en otras actividades, como por ejemplo, inundación de zanjas.

Es importante mantener estas obras durante la ejecución de la obra, es decir, si por ejemplo, en el caso de las alcantarillas hay reducción de más del 20% de la sección transversal se debe realizar su reposición, los trinchos colmatados deben ser descargados y restaurados de manera que cumplan su fin durante toda la obra. Al finalizar la construcción se deben remover los trinchos de madera, reconfigurar los cauces, caños, quebradas y en general el entorno afectado.

2.4.5.2 Registro fotográfico.

La construcción de obras de geotecnia preliminar como trinchos y alcantarillas se puede identificar en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Registro fotográfico construcción de obras de geotecnia preliminar

	
<p>Construcción de alcantarillas con tuberías ARMCO, Gasoducto Cupiagua Cusiana</p>	<p>Trinchos en madera con polisombra y geotextil a lo largo del DDV, Gasoducto Cupiagua Cusiana</p>
	
<p>Trinchos metálicos en terreno rocoso, Variante Jagüey-Loro</p>	<p>Trinchos de madera colmatados de material proveniente de excavación</p>

2.4.5.3 Referencias.

Las actividades de geotecnia preliminar, las cuales van enfocadas principalmente con la estabilización terreno y cuidado del medio, se rigen principalmente por la normativa ambiental, basados en los siguientes documentos:

- Plan de Manejo Ambiental (PMA)
- Medidas de Manejo Ambiental (MMA)
- Planos aprobados para construcción (APC)

2.4.5.4 Recursos Básicos.

Los principales recursos humanos y materiales empleados para desarrollar geotecnia preliminar se mencionan en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Principales recursos para la actividad de geotecnia preliminar

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo	Flexometro	EPP Básicos
Ingeniero Residente	Retroexcavadora	Calibrador	
Obreros	Hoyadora		
Operadores	Piloteadora		

2.4.6 Zanjado, Bajado y Tapado.

2.4.6.1 Descripción.

Antes de iniciar con el zanjado (excavación) para instalación de la tubería, se debe realizar un recorrido para identificar estructuras existentes, redes de servicio (agua, gas, entre otras), cuerpos de agua, etc., de tal manera que al ejecutar la excavación ya sea manual o con maquinaria no se cause ningún daño a las

mismas. La excavación debe cumplir con el ancho y la profundidad establecida para la correcta instalación de la tubería.

De acuerdo a la NTC 3728 las líneas de transporte de gas deben instalarse a una profundidad no inferior a 100 cm (39,4 in), medidos entre la superficie del terreno y el lomo o clave de la tubería. La anterior dimensión no aplica para terreno rocoso, en caso tal, se debe seguir, las dimensiones expresadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Profundidades de las líneas de transporte de gas en excavaciones en roca

NTC 3728			
Ubicación	Profundidad en cm (pulgadas)		
	Excavación en roca		
	Tamaño tuberías NPS 20 y más pequeñas	Tamaño mayor a 20 NPS	
Clase 1	30 (12)	46 (18)	
Clase 2	46 (18)	46 (18)	
Clase 3	61 (24)	61 (24)	
Diques de drenaje en carreteras públicas y cruces de ferrocarriles (todas las localidades)	61 (24)	61 (24)	
ASME B31.8			
Cobertura en Pulgadas			
Localidad	Para excavación normal	Para excavación en Roca (Nota 1)	
		Tamaño de tubo NPS 20 y menores	Tamaño de tubo mayor a NPS 20
Clase 1	24	12	18
Clase 2	30	18	18
Clases 3 y 4	30	24	24
Zanja de drenaje en cruces de caminos y ferrovías	36	24	24
Nota 1: La excavación en roca, es excavación que requiere voladura con explosivos.			

Cuando por razones justificadas no se pueda respetar las dimensiones de la Tabla 3 y la tubería haya sido diseñada para resistir esfuerzos mecánicos a los que será sometida, se debe interponer entre la tubería y la superficie del terreno losas de hormigón, planchas o camisas que reduzcan las cargas sobre la tubería a valores equivalentes de la profundidad prevista inicialmente. Al igual, se puede hacer uso de encamisados, o pasado a través de un puente de tal manera que se pueda soportar estas cargas externas anticipadas. En las áreas que la agricultura u otras operaciones manejen un arado profundo en zonas sujetas a erosión o donde se pueda presentar nivelación a futuro, como por ejemplo, caminos, carreteras, ferrovías y cruces de zanjas o canales, se deberá proveer protección adicional.

La mínima distancia entre cualquier ducto enterrado y cualquier otra estructura será de 6" (15 cm), cuando esta distancia no se puede respetar, se deberán tomar precauciones para proteger la línea principal, tales como instalación de material aislador o un encamisado. Cuando exista la posibilidad que el agua ingrese a la camisa, los extremos de la misma se deben sellar.

Antes de realizar el bajado de la tubería, la zanja debe estar limpia, libre de material rocoso o cortante que pueda afectar la integridad de la tubería que se va a alojar allí. Para instalar la tubería se debe establecer una cama (colchón) de arena de 10 cm como mínimo medidos luego de la compactación. El fondo de la zanja debe ser emparejada y afinada de tal manera que permita el apoyo uniforme de la tubería. Con los tramos soldados de tubería largos se debe tener cuidados especiales al momento de bajarlos a la zanja, evitando movimientos excesivos o vibraciones que produzcan en la misma deformaciones o curvados permanentes.

Durante el bajado de la tubería y antes del tapado de la misma, se debe inspeccionar la continuidad del recubrimiento, por medio de instrumentos como holiday, donde se pasa a cierto voltaje dependiendo de los mils de espesor que tenga el recubrimiento (Ver ítem de recubrimiento), cualquier discontinuidad detectada debe ser reparada antes de realizar el tapado de la tubería.

El material usado para el tapado siguiente a la cota clave de la tubería debe realizarse con material suelto (libre de roca o elementos cortantes) de manera que no se cause daño al recubrimiento e integridad como tal de la tubería. En los lugares en los que se inunda la zanja, se debe tener cuidado que la tubería no flote fuera de su firme apoyo en el fondo de la zanja. Al finalizar la actividad se debe dejar el área en condiciones físicas y ambientales iguales o mejores a las que fue encontrada.

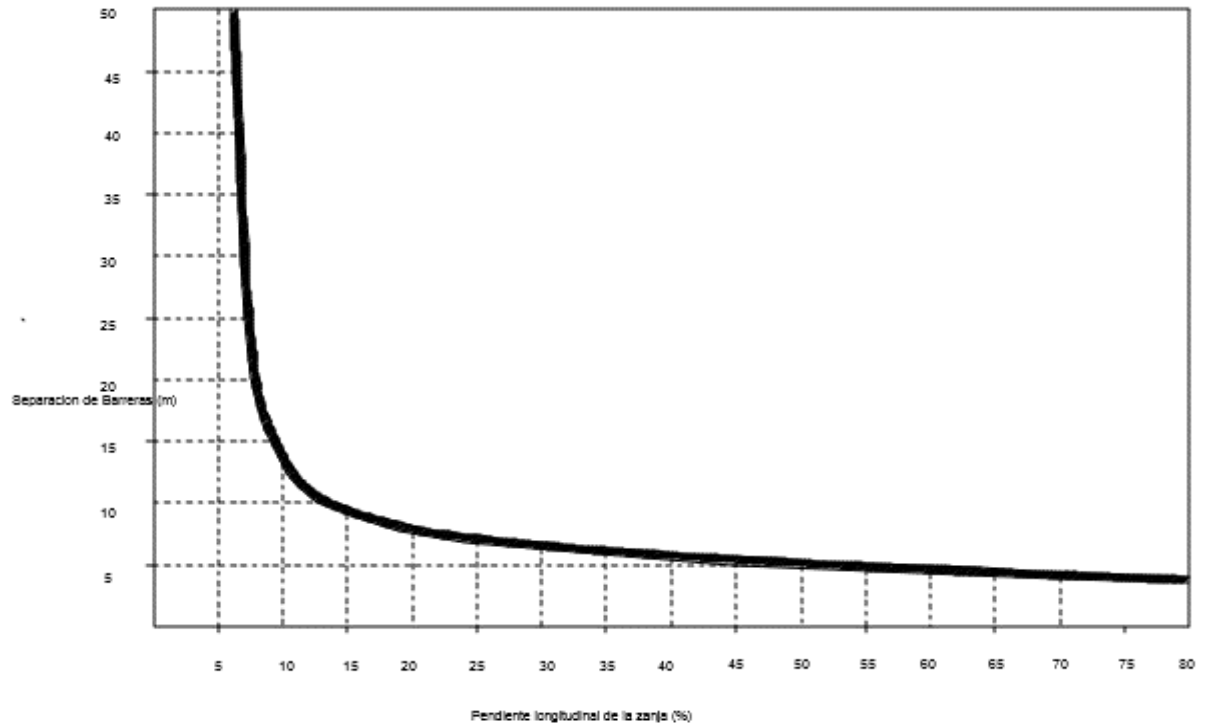
Como buenas prácticas de construcción para esta actividad se ha establecido las siguientes:

- ✓ La zanja no debe permanecer abierta más de 48 horas.
- ✓ De acuerdo a la producción en campo, se recomienda no dejar una distancia mayor a 2 Km entre los frentes de alineación y soldadura y el de apertura de zanja, lo anterior para poder dar cumplimiento a la anterior recomendación.
- ✓ El ancho promedio de la zanja se recomienda de 2,5D dejando centrada la tubería en la zanja. Mínimo se debe dejar entre el borde de la tubería y las paredes de la zanja una distancia de 30 cm.
- ✓ El material proveniente de la zanja se recomienda dejarlo a un lado de la zanja a una distancia aproximada a 1m para evitar producir cargas en los extremos de la zanja que provoquen el derrumbe de la misma y al igual se

debe dar manejo para que las escorrentías no realicen el barrido de este material.

- ✓ Más que una recomendación es un deber, en caso de ser necesario el uso de explosivos, para apertura de la zanja, esta actividad debe ser realizada por personal competente y con los debidos permisos.
- ✓ Se recomienda dar a los taludes de la zanja una inclinación de 1H:2V
- ✓ Por seguridad e integridad del personal cuando la excavación supere 1.20 m de profundidad se deberá tomar las medidas para la contención del terreno, como por ejemplo, entibados, apuntalamientos, entre otras.
- ✓ Se recomienda para evitar daños en la tubería y su recubrimiento, antes de realizar el tapado de la tubería, realizarlo con una capa de material suelto libre de piedras ó arena de 30 cm, posteriormente si se podrán colocar piedras de mayor tamaño.
- ✓ Se debe compactar el terreno al finalizar el tapado, generalmente se realiza con la oruga del bulldozer y/o retroexcavadora.
- ✓ En terrenos con pendientes considerables, se construyen barreras para contener el material de relleno y evitar erosión del terreno. En la Gráfica 2 se presenta la manera para determinar la distancia entre barreras.
- ✓ Por seguridad se acostumbra a instalar aproximadamente a 40 cm de la rasante del terreno una cinta de señalización plástica de 0,2 m de ancho, color amarillo con letras negras indicado el fluido, en este caso, GAS y el nombre de la empresa operadora.

Gráfica 2. Separación entre barreras



Fuente: NIO 0606

2.4.6.2 Registro fotográfico

En el Cuadro 13 se evidencia la maquinaria, elementos de izaje y disposición de la zanja para realizar el zanjado, bajado y posteriormente el tapado de tubería.

Cuadro 13. Registro fotográfico de la actividad de zanjado, bajado y tapado

	
<p>Bajado de tubería de 18" Gasoducto Cupiagua-Cusiana</p>	<p>Maniobras para bajado de tubería de 20" Gasoducto Llenadero-Cusiana</p>
	
<p>Apertura de zanja en media ladera, Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga</p>	<p>Tapado de tubería de 8" Variante Jagüey-Loro con material suelto</p>
	
<p>Construcción de barreras, Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga</p>	<p>Pretapado con saco suelos, en terreno rocoso, alta pendiente y difícil acceso.</p>

2.4.6.3 Referencias.

Los siguientes documentos son los principales que rigen la actividad de zanjado, bajado y tapado de tubería en la construcción de Gasoductos.

- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y distribución de gas

2.4.6.4 Recursos.

Para desarrollar la actividad de zanjado, bajado y tapado de tubería se requiere principalmente los recursos mencionados en el Cuadro

Cuadro 14. Principales recursos para la actividad de zanjado, bajado y tapado

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo	Flexometro	EPP Básicos
Ingeniero Residente	Retroexcavadora	Holiday detector	
Obreros	Bulldozer	Medidor de espesores	
Operadores			
Rigger-Paletero			

2.4.7 Cruces especiales.

2.4.7.1 Descripción.

Entiéndanse como cruces especiales, pasos de la tubería por vías, por corrientes de agua, e interferencia entre ductos.

Como buena práctica se realizan los cruces de vías principales tanto a cielo abierto como perforación dirigida, los cruces de vías férreas la excavación se realiza por perforación dirigida y finalmente los cruces secundarios se realizan a cielo abierto. En caso de realizarse la excavación por medio de la perforación dirigida la tubería debe llevar un recubrimiento adicional (de sacrificio) que sea el que se sacrifique para proteger el recubrimiento que protegerá a la tubería de la corrosión, ese recubrimiento adicional puede ser concreto de una resistencia de 3000 PSI con espesor de 2”.

La tubería instalada en los cruces con ferrocarriles y carreteras debe cumplir con una cobertura mínima establecida en API-RP-1102, y las cuales se indican en la Tabla 4.

Tabla 4: Profundidades establecidas en API-RP- 1102 para cruces de ferrocarriles y carreteras

Locación	Cobertura Mínima
Cruces de Ferrocarriles	
Vías, con excepción de vías secundarias e industriales	5.5 ft (1.7 m)
Vías secundarias e industriales	4.5 ft (1.4 m)
Dentro del DDV o zanja	3 ft (0.9 m)
Tuberías de HVL	4 ft (1.2 m)
Cruces de carreteras	
Carretera	4 ft (1.2 m)
Dentro del DDV	3 ft (0.9 m)
Tuberías de HVL	4 ft (1.2 m)
Nota: Si estas profundidades medidas desde la cota clave de la tubería hasta la superficie del terreno no se pueden cumplir, se debe proveer protección mecánica a la tubería.	

El relleno debe ser compacto lo suficiente para prevenir hundimientos en el cruce o daños posteriores a la tubería. Se debe instalar el relleno en capas de 12 in o menos, generalmente en los diseños se establece una compactación del 95% del proctor modificado. El relleno puede ser el mismo material proveniente de la zanja siempre y cuando este permita alcanzar los requerimientos de compactación.

Otros cruces que se pueden presentar al momento de instalar tubería para transporte de gas, son los cruces subfluviales, tanto de corrientes principales como de corrientes secundarias, para los primeros se recomienda en caso de cauce con lecho rocoso instalar la tubería a una profundidad mínima de 1 m por debajo del cauce, en caso contrario se aconseja mantener la profundidad mínima de 2.5 m; respecto a los segundos con una profundidad mínima de 2 m por debajo del lecho. Sean las condiciones que se presenten la tubería siempre debe quedar instalada por debajo del nivel de socavación natural del cauce.

Por la dificultad que se tiene para corregir defectos de la tubería dentro del cauce, se tiene como buena práctica realizar END al 100% de las juntas que se van a instalar y realizar prueba hidrostática al tramo de tubería antes que se baje en el cauce. Es importante realizar un predoblado y doblado de tubería preciso de acuerdo al terreno y profundidad requerida, con el fin de no generar sobreexcavaciones en los márgenes del cuerpo de agua, las cuales al finalizar el cruce deben ser restituidas y protegidas con enrocados y obras de geotécnica definitiva que garanticen la estabilidad del cruce.

Tabla 5. Distancia mínima entre tuberías de acuerdo a NTC 3728

Trayectoria de tuberías	Diámetro de tubería	Protección catódica por corriente impresa				Protección catódica por corriente impresa			
		Tricapa	F.B.E	Alquitran de hulla y ceras para aplicar en caliente	Cintas	Tricapa	F.B.E	Alquitran de hulla y ceras para aplicar en caliente	Cintas
Cruce de tuberías	Tuberías hasta 10"	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	0,8	0,9	0,8
	Tuberías de 12" a 24"	1,0	1,0	1,2	1,2	0,8	0,8	1,1	1,0
	Tuberías mayores de 24"	1,2	1,2	1,5	1,5	1,2	1,2	1,1	1,0
Tuberías paralelas	Tuberías hasta 10"	0,6	0,6	1,0	0,8	0,5	0,6	1,0	0,8
	Tuberías de 12" a 24"	0,8	0,8	1,0	0,8	0,6	0,6	1,0	0,8
	Tuberías mayores de 24"	0,8	0,8	1,2	1,0	0,8	0,8	1,2	1,0

De acuerdo a lo establecido en la NTC 3728, el espacio entre tuberías depende del diámetro, material, fluido transportado, revestimiento, pero sobretodo los requerimientos para ejecución de los mantenimientos rutinarios sobre la tubería o su sistema de protección contra la corrosión, sin embargo, se recomienda que los

cruces de tubería pasen por debajo de la ya existente y durante la ejecución de estos trabajos se deberá informar al dueño/operador de esta última. En la Tabla 5 se puede visualizar la distancia mínima que deben guardarse entre dos tuberías:

Cuando no sea posible respetar las distancias de la Tabla 5, se pueden reducir a un máximo de 0,3 m, siempre y cuando se realice el respectivo estudio de los sistemas de protección catódica y se implementen las medidas de mitigación en caso de que las hubiere.

Cuando sea necesario usar encamisados, para proteger las líneas, se pueden usar, siempre y cuando sus especificaciones le permitan soportar las cargas externas a las cuales van a estar sometidas. El diámetro interno del tubo usado para encamisar debe tener el tamaño suficiente que permita facilitar la instalación de la línea, y no transita cargas externas a la misma, la Tabla 6 ilustra unas dimensiones adecuadas:

Tabla 6. Diámetro interno de camisas, de acuerdo a NTC 3728

Diámetro de la línea a encamisar	Diámetro de la camisa
Menor o igual de 2"	Diámetro de la línea más 2"
Mayor a 2"	Diámetro de la línea más 1"

2.4.7.2 Registro fotográfico

Los cruces especiales demandan gran cantidad de maquinaria, en algunos casos maquinaria especial como es el caso de los cruces perforados. En el Cuadro 15 se

pueden identificar fotografías donde se realizan cruces a cielo abierto, cruce subfluviales y cruces perforados.

Cuadro 15. Registro fotográfico de la actividad de cruces especiales

	
<p>Cruce de vía industrial, Planta de Cusiana para instalación de Gasoducto de 20”.</p>	<p>Cruce Río Cusiana, cielo abierto. Línea de Gas de 18”.</p>
	
<p>Cruce río chiquito, cielo abierto, Línea de Gas de 18”</p>	<p>Cruce perforado vía Atalaya para instalación tubería de 18”</p>

Cuadro 15. (Continuación)

	
<p>Cruce río Valegra para Gasoducto de 12" a cielo abierto.</p>	<p>Cruce de tuberías de gas de 18" con tuberías de servicio.</p>
	
<p>Cruce de ductos perpendiculares tubería de Gasoducto de 20" con Oleoducto de 30"</p>	<p>Cruce de ductos paralelos y perpendiculares -Planta Cusiana.</p>

2.4.7.3 Referencias.

A continuación se relacionan las principales normas que rigen la actividad de cruces especiales:

- API RP 1102, Recommended Practice for Liquid Petroleum Pipelines Crossing Railroads and Highways.
- Resolución 1050 de 2004. Por la cual se adopta el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclo rutas de Colombia del Ministerio de Transporte
- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y distribución de gas

2.4.7.4 Recursos.

En el Cuadro 16 se presentan los principales recursos que demandan la actividad de cruces especiales para la construcción de un Gasoducto.

Cuadro 16. Principales recursos para la actividad de cruces especiales

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo	Flexometro	EPP Básicos
Ingeniero Residente	Retroexcavadora	Detector de tubería	Chalecos salvavidas
Obreros	Buldozer	Estación topográfica	Líneas de vida
Operadores	Tuneleadora	Nivel abney	
Topógrafo	Vibrocompactador		
Rigger	Saltarín		
Paleteros			
Director de maniobras			
Ingeniero ambiental			

2.4.8 Lastrado de tubería.

2.4.8.1 Descripción.

Como se ha mencionada en los anteriores párrafos se lastran la tuberías para protegerlas de la abrasión y/o el impacto en los cruces perforados o para evitar el fenómeno de flotación de la tubería en cruces subfluviales. Cuando el lastrado incluye más de un tubo, la junta de unión entre los dos tubos debe ser inspeccionada previo al lastrado, al igual que la tubería, es decir, se debe realizar inspección visual de la soldadura, END de acuerdo a lo especificado en las especificaciones técnicas del cliente, liberación del recubrimiento por holiday, entre otros.

Para el lastrado de la tubería se debe validar los parámetros indicados en el diseño entregado para construcción en cuanto a la resistencia del concreto, el cual generalmente mínimo es 3000 PSI, los diámetros de las varillas corrugadas, los espacios en el hierro, y demás parámetros civiles que aseguren la funcionalidad del lastrado. Los principales parámetros a controlar en el concreto es el asentamiento y la resistencia, para el primero se debe contar en obra con un cono de Abraham para poder determinar el asentamiento de acuerdo a la remisión de la concretera o si es en obra verificar el requerimiento establecido en las especificaciones técnicas y diseño de mezcla, por otro lado para determinar la resistencia se usan camisas para confinar muestras del concreto premezclado o elaborado en obra, y fallarlo a los 7, 14 y 28 días para validar la resistencia de diseño, en caso de no cumplir se falla a los 56 días de edad del concreto un testigo ó se proceden a realizar ensayos destructivos como toma de núcleos, si incumplimiento de la resistencia persiste se debe demoler el concreto.

2.4.8.2 Registro fotográfico

Se puede visualizar en las fotografías del Cuadro 17 los EPP empleados en la actividad de lastrado de tubería, junto con las pruebas para liberarla por calidad.

Cuadro 17. Registro fotográfico actividad de lastrado de tubería

	
Vaciado de concreto para lastrado de tubería	
	
Desencofrado de tubería lastrada.	Armado de hierro para lastrado de tubería.

Cuadro 17. (Continuación)

	
Falla de resistencia de muestras de cilindro a compresión para concreto de 3000 PSI (210 Kg/cm ²)	Validación del asentamiento del concreto, prueba de slump.

2.4.8.3 Referencias.

Básicamente la actividad de lastrado de tubería, está regida por la normativa de concretos:

- Normas Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistentes (NSR-10)
- NTC 550, Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.
- NTC 174 Concretos. Especificaciones de los Agregados Para Concreto
- ASTM C-150. Standard Specification for Portland Cement

- NTC 673 Concretos. Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto
- NTC 396 Método de Ensayo para Determinar el Asentamiento del Concreto
- NTC 454 Concretos. Concreto Fresco. Toma de Muestras

2.4.8.4 Recursos.

Los principales recursos para la actividad de lastrado se identifican en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Principales recursos para la actividad de lastrado de tubería

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo	Cono de Abraham	EPP Básicos
Ingeniero Residente	Retroexcavadora	Flexometro	
Obreros	Trompo	Calibrador	
Operadores	Formaleta	Máquina de compresión	
	Camisas		
	Vibrador de concreto		

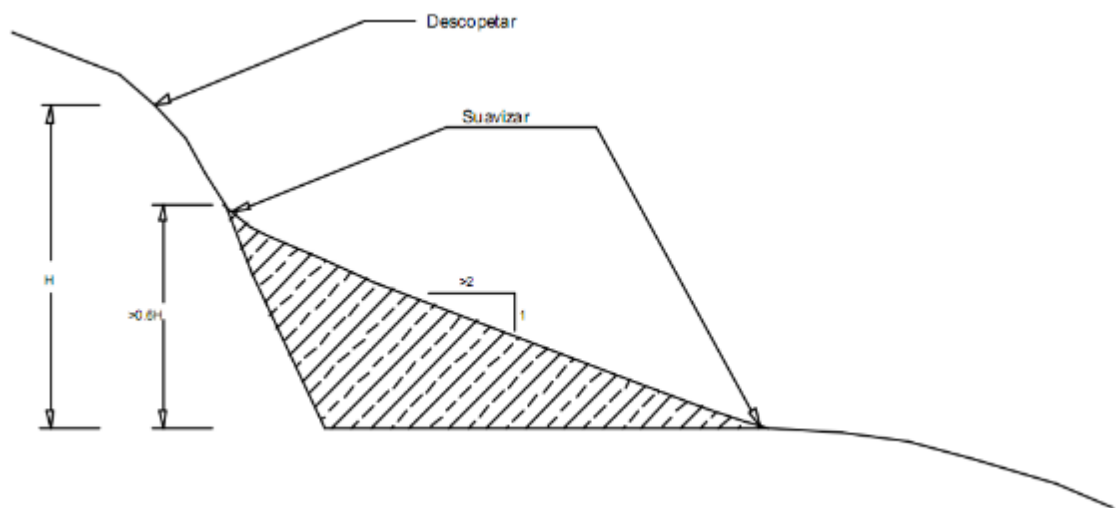
2.4.9 Reconformación.

2.4.9.1 Descripción.

La reconformación del terreno consiste en disponer nuevamente la capa vegetal que ha sido removida durante el descapote y apertura de derecho de vía y lograr

que el perfil del terreno sea igual al que se tenía antes de instalar la tubería. Las patas de los taludes intervenidos durante la construcción del gasoducto deben ser adecuados, si bien no es posible rellenar la totalidad de la zona excavada, se debe tratar de dejar una inclinación conservando la buena práctica de 2H:1V (Ver Figura 8), de tal manera que se suavicen los cortes realizados en los taludes.

Figura 8. Recomendación para reconfiguración de terreno



Fuente: Especificaciones Técnicas Cupiagua Cusiana

Al igual que se restauran las condiciones de los taludes se debe instalar las cercas que han sido removidas, retirar del DDV la totalidad de material sobrante de la construcción, tapan cualquier excavación que pueda generar peligro para los semovientes y comunidad en general, los caminos veredales afectados debe dejarse en iguales o mejores condiciones a las iniciales. Dentro del alcance de la actividad de reconfiguración está la restauración de los márgenes de los cauces, caños o ríos intervenidos. Las estructuras de geotecnia preliminar realizadas para la apertura de DDV deben ser removidas al menos que se acuerde con propietarios y cliente, el dejarlas para estabilización del terreno. El material

reconformado debe ser compactado con la oruga de la máquina (Bulldozer) y ubicado de tal manera que no se genere empozamientos de agua o que contribuyan a la socavación del terreno que termine produciendo destapado de la tubería.

2.4.9.2 Registro fotográfico

En el Cuadro 19 se puede visualizar el terreno intervenido después de reconformar.

Cuadro 19. Registro fotográfico de Reconformación

	
<p>Reconformación de terreno con pendiente alta.</p>	<p>Derecho de vía reconformado</p>

2.4.9.3 Referencias.

La actividad de reconformación se rige básicamente por las indicaciones ambientales contempladas en los siguientes documentos:

- Plan de Manejo Ambiental (PMA)
- Medidas de Manejo Ambiental (MMA)

2.4.9.4 Recursos.

Los recursos que interactúan en la actividad de reconfiguración se presentan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Principales recursos para la actividad de reconfiguración

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo	Decametro	EPP Básicos
Operadores	Retroexcavadora	Flexometro	
Obreros	Bulldozer		

2.4.10 Geotecnia definitiva.

2.4.10.1 Descripción.

Las obras de geotecnia definitiva hacen relación a las obras que deben ejecutarse durante y después de la construcción del gasoducto con el objeto de permitir que el terreno tenga elementos para recuperar, mantener y mejorar las condiciones geotecnicas iniciales en el DDV intervenido, estas obras son permanentes, es decir, no se retiran del DDV. Dentro de las obras de geotécnica más comunes se

encuentran los gaviones, filtros, pilotes metálicos, cortacorrientes, concreto lanzado, colchonetas reno, entre otras.

Generalmente, al terminar la actividad de reconfiguración, se realiza un recorrido por personal competente (especialistas en geotecnia) en donde se marcan las obras que permiten contener el material conformado y que van a permitir prevenir impactos ambientales y prolongar la vida útil del gasoducto. A continuación se mencionan los aspectos más relevantes de las principales obras:

a. Cortacorrientes.

Estas obras se construyen transversalmente al DDV, su cantidad y separación dependen de la pendiente del terreno, la función principal de los cortacorrientes es captar y evacuar las aguas lluvias del DDV, evitando que estas por el recorrido en el DDV socaven o arrastren material. Los cortacorrientes pueden construirse en piedra o sacos suelo cemento. Existen tres tipos de cortacorrientes: tipo I, tipo II, tipo III, como puede visualizarse en la Figura 9.

Figura 9. Tipos de cortacorriente

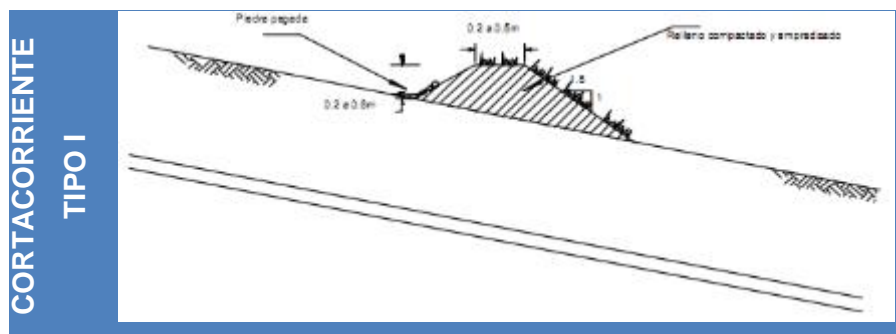
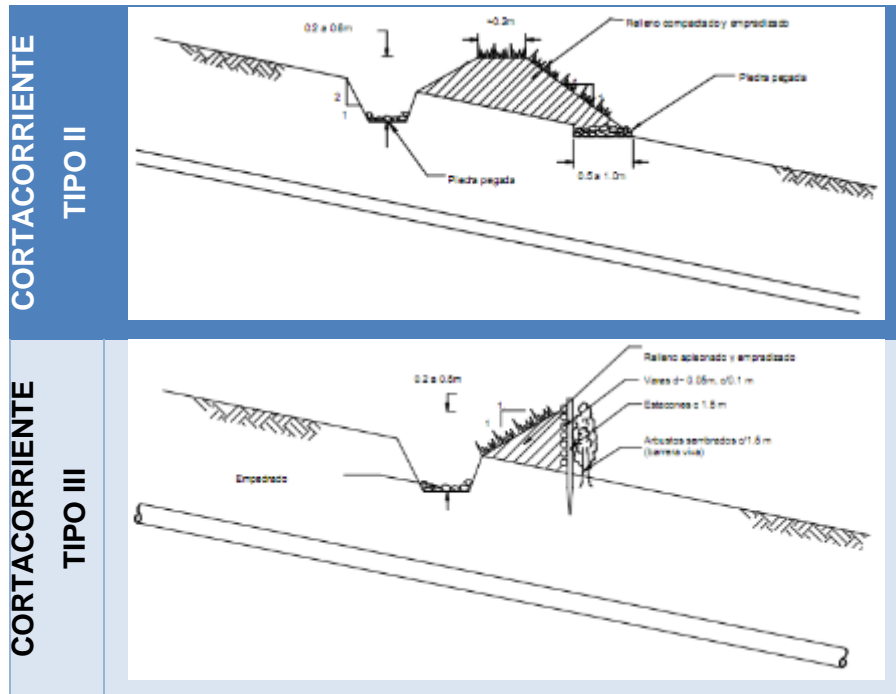


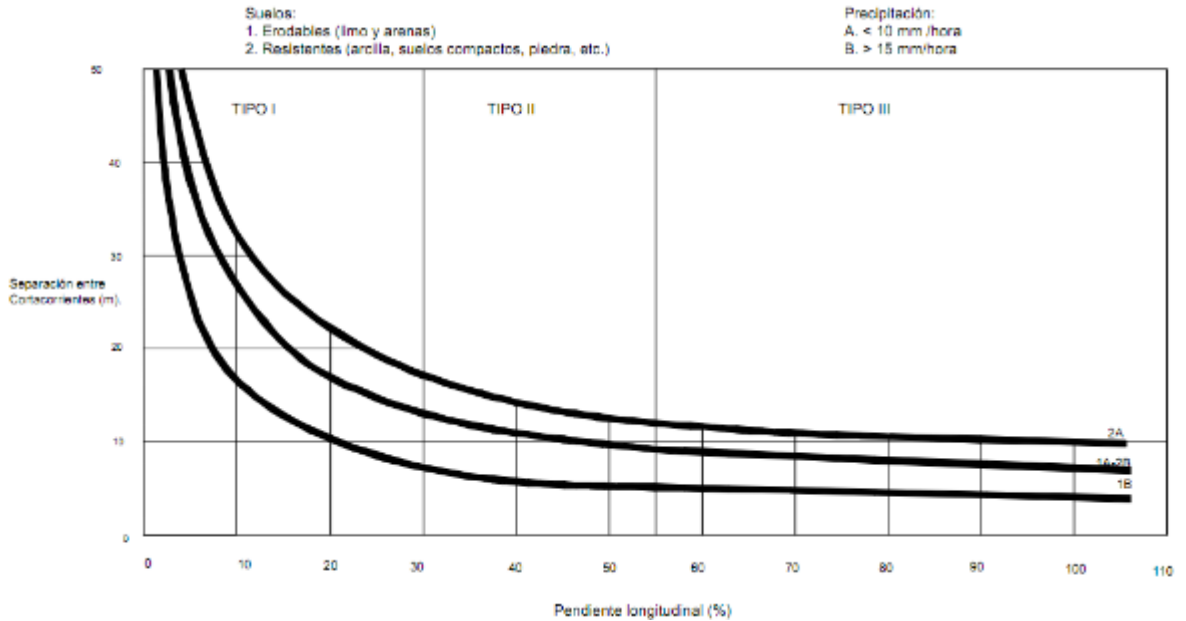
Figura 9. (Continuación)



Fuente: Especificaciones técnicas Cupigua Cusiana

La longitud de los cortacorrientes debe ser a lo ancho del DDV, teniendo presente el descole o canal recolector que permita recolectar las aguas para evitar cárcavas o erosión del terreno, y conducir las hasta cauces, áreas planas o semi-planas donde no se causen ningún impacto del entorno. En la Gráfica 3 se puede determinar la separación recomendada para cada tipo de cortacorrientes.

Gráfica 3. Separación entre cortacorrientes



Fuente: Especificaciones Técnicas Cupiagua-Cusiana

b. Gaviones y Colchonetas reno.

Los gaviones son estructuras que permiten contener material, construidas con malla eslabonada galvanizada que forma unas canastillas las cuales se rellenan con fragmentos de roca o cantos rodados, ó sacos suelos-cemento, ubicados de tal manera que queden la menor cantidad de espacios; al igual se instala en el espaldar del gavión geotextil para evitar que el material se deslice y solo permitir paso de aguas. En los gaviones se colocan tuberías de pvc generalmente de 2" para usarlos como lloraderos. Las dimensiones más usadas de mallas de gavión son 2 m x 1 m x 1 m, 2 m x 1 m x 0,50 m, 1 m x 1 m x 1 m, 1 m x 1 m x 0,50 m, 2 m x 4 m x 0,25 m, con huecos de 8 cm x 8 cm. La disposición de las mallas se acostumbra a denominar cuando se deja en la parte horizontal el lado más largo soga o cuando es el lado más corto tizón.

c. Filtros.

Los filtros permiten proteger el DDV y la tubería de flujos de agua subterráneos que puedan ocasionar deslizamientos, se pueden instalar longitudinales o transversales al DDV, se les construye una caja de inspección o desagüe desde el que conduce las aguas hasta el alcantarillado o corriente de agua cercana. Los filtros se construyen realizando una excavación con longitud igual a la marcada para el filtro con sección coincidente con lo descrito en las especificaciones técnicas, dicha zanja se cubre con geotextil y se rellena con piedras de diámetro indicado en el diseño (generalmente entre ¾” y 4”) colocando en el intermedio de las piedras una tubería de pvc, la cual será recubierta con piedras y envuelta con el geotextil.

d. Pilotes y trinchos metálicos.

Los pilotes y trinchos metálicos son tubería de acero en punta lápiz, la cual se hinca por medio de piloteadoras a una profundidad donde se encuentre terreno firme, los pilotes ayudan a contener las cargas producidas por el tránsito de la maquinaria, y el material proveniente de excavación y reconfiguración, dando estabilidad al terreno y evitando impactos ambientales.

e. Concreto lanzado.

Esta obra se realiza para estabilizar los taludes intervenidos durante la instalación de la tubería de transporte de gas. Para esta actividad es importante respetar las

recomendaciones y pruebas de calidad establecida para los concretos y respetar los parámetros de diseño en cuanto a los pernos de anclaje, tubería de drenaje, resistencia de concreto, espesor de la capa de concreto, separación entre pernos, y materiales.

2.4.10.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 21 se puede identificar obras de geotecnia definitiva como gaviones, cortacorrientes, pilotes, concreto lanzado, entre otros.

Cuadro 21. Registro fotográfico obras de geotecnia definitiva

	
Cortacorrientes transversales en el DDV	Construcción de gaviones para contención de material

Cuadro 21. (Continuación)

	
Instalación del geotextil para filtro	Concreto lanzado sobre talud de cruce aéreo de tubería
	
Soldadura de pilotes metálicos ubicados en berma de vía	Trinchos metálicos a lo largo del DDV

2.4.10.3 Referencias.

A continuación se lista los principales documentos a consultar para direccionar la actividades de geotécnica definitiva.

- Plan de Manejo Ambiental (PMA)
- Medidas de Manejo Ambiental (MMA)
- Normas Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistentes (NSR-10)
- NTC 673 Concretos. Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto
- NTC 396 Método de Ensayo para Determinar el Asentamiento del Concreto
- AWS D1.1, Structural Welding code
- API 1104, Welding of pipelines and related facilities

2.4.10.4 Recursos.

Los principales recursos a emplear para la actividad de geotecnia definitiva se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Principales recursos para la actividad de geotecnia definitiva

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo	Decámetro	EPP Básicos
Operadores	Piloteadora	Máquina de compresión	Elementos de protección para altura
Obreros	Retroexcavadora	Flexometro	Careta de esmerilar
Soldador	Bulldozer	Cono de Abraham	Mangas
Personal END	Pizón		Polaina
Coordinador de alturas	Motosoldador		Careta para soldar
Rescatista	Pulidora		Delantal

Esmerilador			
-------------	--	--	--

2.4.11 Revegetalización.

2.4.11.1 Descripción.

La revegetalización tiene como fin restaurar la cobertura vegetal que fue removida en la etapa de descapote y apertura de DDV. Su éxito radica en la disposición que se haya realizado de la capa vegetal y de la reconfiguración realizada al terreno. El tipo de especies sembradas va a depender de los acuerdos que se realicen con los propietarios de los predios y de lo establecido en las especificaciones técnicas, esta actividad (siembra) debe aprovechar la época de lluvia, sin omitir que se debe prestar riego permanente para que las especies sobrevivan. Con esta actividad se brindará un mejor agarre del terreno.

2.4.11.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 23 se visualiza la realización de la actividad de revegetalización.

Cuadro 23. Registro fotográfico actividad revegetalización

	
Siembra y riego de semillas alboleo para revegetalización de talud	Terreno revegetalizado

2.4.11.3 Referencias.

Para la actividad de revegetalización se debe seguir lo indicado en los siguientes documentos, propios de cada proyecto.

- Plan de Manejo Ambiental (PMA)
- Medidas de Manejo Ambiental (MMA)

2.4.11.4 Recursos.

Los recursos indicados en el Cuadro 24 interactúan en la actividad de revegetalización.

Cuadro 24. Principales recursos para la actividad de Revegetalización

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo		EPP Básicos
Obreros	Herramientas menores		

2.4.12 Señalización

2.4.12.1 Descripción.

Para señalar las líneas de transporte de debe señalar con cintas, las cuales deben poseer un ancho mínimo de 10 cm, y poseer una leyenda que indique la compañía distribuidora y la palabra gas. Para los cruces con carreteras, ferrocarriles, ríos, etc, se deben señalar mediante letreros que indiquen la presencia del gasoducto, lo anterior, de acuerdo a lo expuesto en la NTC 3728. La señalización permite visualizar en tierra o por aire el abscisado de la línea; puede realizarse con postes metálicos o postes de concreto, en los cuales se estampa en alto relieve el abscisado de la línea a cadena pisada generalmente cada 500 m, la base de los postes de abscisado se construye en concreto de resistencia mínima 3000 PSI y el cual queda enterrado en el terreno brindando estabilidad al poste. Algunas veces los postes de abscisado sirven como postes de medición de potencial para la protección catódica.

2.4.12.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 25 se identifican fotografías de la señalización realizada en Gasoductos.

Cuadro 25. Registro fotográfico actividad de señalización

	
Instalación de cinta de seguridad avisando línea a presión	Postes de abscisado y de medición de potencial de línea de gas



Postes de abscisado en concreto, indicando la empresa dueña de la línea y el kilómetro de ubicación

2.4.12.3 Referencias.

La actividad de señalización se encuentra enmarcada principalmente en los siguientes documentos:

- Plan de Manejo Ambiental (PMA)
- Medidas de Manejo Ambiental (MMA)
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y distribución de gas

2.4.12.4 Recursos.

Los principales recursos con los que se debe disponer para ejecutar la actividad de señalización se indican en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Principales recursos para la actividad de señalización

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor civil	Vehículo	Cono de abraham	EPP Básicos
Obreros	Herramientas menores	Máquina de compresión	Careta de esmerilar
Soldador	Trompo	Flexometro	Mangas
Esmerilador	Motosoldador	Estación topográfica	Polaina
			Careta para soldar
			Delantal

2.5 ACTIVIDADES MECÁNICAS

A continuación se identificarán las principales actividades mecánicas que interfieren en la construcción de Gasoductos, estableciendo para cada una los mismos aspectos que se realizaron para las actividades civiles: descripción, referencias, registro fotográfico y recursos.

2.5.1 Movilización y desmovilización.

2.5.1.1 Descripción.

La movilización y desmovilización incluye las actividades que se deben realizar para trasladar a los frentes de trabajos el personal, equipos y maquinarias necesarios para ejecutar las diferentes tareas que tienen como fin la construcción de un gasoducto; así mismo el termino desmovilización contempla las actividades de retiro de los recursos (materiales y humanos) de los frentes de trabajo. La movilización se debe realizar previamente al inicio de las actividades y la desmovilización al terminar a satisfacción del cliente las obras.

Se debe tener presente como se mencionaba en el numeral de adecuación y uso de vías, lo importante de realizar un recorrido y valoración de las vías que se van a usar para realizar la movilización y desmovilización respectiva, validando su estado y capacidad, ya que al finalizar las obras estas vías deben entregarse tal y como fueron recibidas o mejorar su estado. Es importante tener presente las dimensiones y peso de las cargas que se deseen movilizar para gestionar ante las autoridades de la región (alcaldía y/o puestos de policía), y seguir las indicaciones establecidas en la ley y decretos mencionados en el ítem 2.4.3 adecuación y uso de vías. Los letreros que informan a los demás ocupantes de la vía la movilización de cargas extradimensionadas, deben ser fabricados conforme a la norma ICONTEC 4739 y al manual de señalización vial. Los equipos para realizar el transporte de la maquinaria, deberán asegurar que cuentan con elementos que brinden estabilidad y espacio adecuado de acuerdo a la carga a movilizar. Los automotores empleados para transporte de personal deben cumplir con el reglamento de tránsito y adicional a las restricciones del cliente, siempre y cuando estas sean de exigencia superior a lo indicado en el código de tránsito.

2.5.1.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 27 se presentan unas fotografías representativas de lo que es la movilización de maquinaria y materiales.

Cuadro 27. Registro fotográfico actividad de movilización y desmovilización

	
Movilización de maquinaria Retroexcavadora en cama baja	Movilización de material a obra y descargue del mismo

2.5.1.3 Referencias.

La normativa que rige la actividad de movilización y desmovilización se presenta a continuación:

- Decreto 1609 de 2002, por el que se reglamente el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
- Ley 769 del 2002. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones.

- Resolución 4959 del 8 de noviembre de 2006. Por la cual se fijan los requisitos y procedimientos para conceder los permisos para el transporte de cargas individuales extrapesadas y extradimensionadas y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte.
- Resolución 4100 del 2004. Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional.
- Decreto 2056 del 2003. por el cual se modifica la estructura del Instituto Nacional de Vías, Invías, y se dictan otras disposiciones.
- Plan de Manejo Ambiental (PMA)
- Medidas de Manejo Ambiental (MMA)
- Resolución 1050 de 2004. Por la cual se adopta el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclo rutas de Colombia del Ministerio de Transporte
- Resolución 001937 de marzo 30 de 1994. En la que se regula las señales temporales de aproximación a los frentes de trabajo, obstáculos y/o peligros
- Resolución 008408 de 1985, por la cual se establece la cantidad mínima de señales temporales a utilizar en calles y carreteras.

2.5.1.4 Recursos.

Los principales recursos que interactúan en la actividad de movilización y desmovilización se presentan en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Principales recursos para la actividad de movilización y desmovilización

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Conductor	Vehículo	Flexometro	EPP Básicos

Supervisor de maniobra	Cama baja	Densimetro	
Operadores de máquinas	Camión grúa		
Rigger			

2.5.2 Transporte de tubería.

2.5.2.1 Descripción.

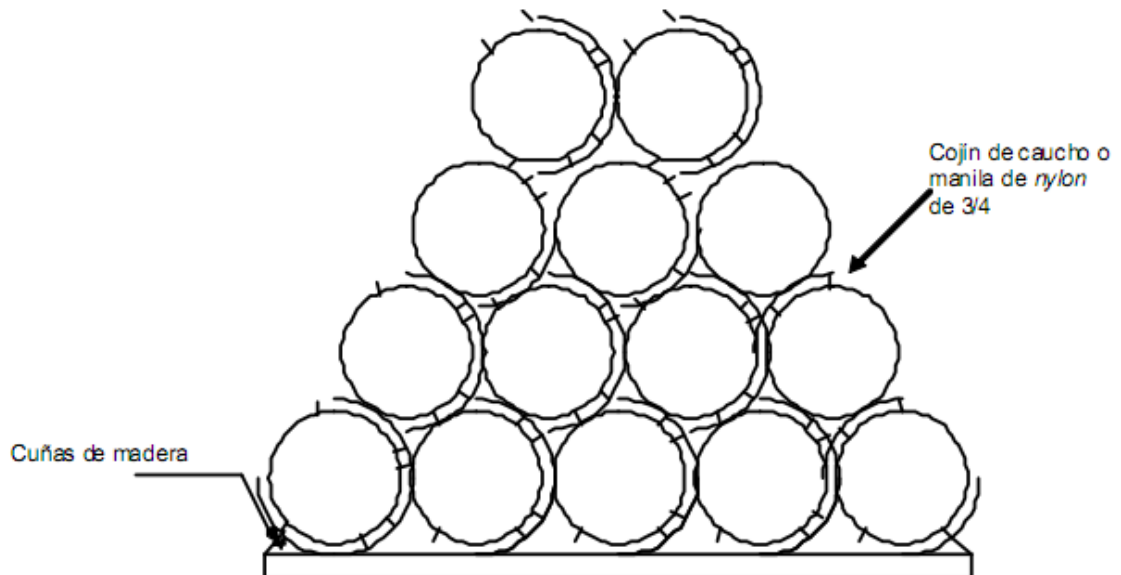
La tubería debe almacenarse en sitios adecuados, usando elementos que protejan el recubrimiento en caso de que la tubería venga con él, o simplemente protegerla si se trata de tubería desnuda. Durante del transporte de la tubería se deben usar los elementos apropiados de tal forma que no se causen daños a los biseles originales, por tal motivo, es indispensable el buen estado y la selección adecuada de los elementos de izaje, cargue y descargue de la tubería.

Por otro lado, las recomendaciones dadas por ASME B31.8 para el transporte (ferrocarril, vías acuáticas interiores o transporte marino) de tuberías que van a ser usadas en gasoductos con una tensión de aro del 20% ó más de la mínima resistencia especificada a la fluencia, y cuya relación del diámetro externo y espesor de pared es de 70 a 1 ó más, deberá ser cargada en conformidad con API RP5L1 ó API RP 5LW. Cuando las anteriores practicas no se puedan establecer, la tubería debe ser probada hidrostáticamente durante por lo menos 2 horas a 1.25 veces la máxima presión admisible de operación si se va a instalar en clase 1, ó 1.5 si se instala en una localidad de clase 2, 3 ó 4.

Previo al transporte de la tubería, y donde sea recibida se debe realizar una inspección de la misma, donde se identifiquen los datos de trazabilidad (numero, colada, espesor, diámetro, material, longitud, entre otros) y el estado, es decir, daños en el recubrimiento, rayaduras, ovalamiento, abolladuras, biseles dañados, etc.

Durante el transporte de la tubería en las cama altas, tractomulas o camión grúa se recomienda realizar la disposición de la tubería de manera que no se generen cargas excesivas sobre las mismas provocando deformaciones o daños en el recubrimiento. En la Figura 10 se puede observar una disposición recomendada para acomodar la tubería durante su transporte. En la cama alta ó tracto mula se debe instalar parales, mínimo 3 que permitan asegurar la tubería y evitar accidentes en las vías. Durante el transporte se debe validar el aseguramiento de la tubería, en caso de requerirse ajustes, realizarlos.

Figura 10. Disposición recomendada de la tubería durante el transporte,



Fuente: Especificaciones Técnicas Cupiagua Cusiana

En la Tabla 7 se presentan los valores recomendados de las variables a tener en cuenta cuando se moviliza tubería:

Tabla 7. Variables a considerar en la movilización de tubería.

Variable	Valor
Ancho	2,6 m
Altura útil	4.4 m (incluyendo remolque)
Longitud útil	12.2 m (para mayores longitudes se deben tramitar permiso de acuerdo al código de transporte)
Carga	26,5 Toneladas

Para el acopio de la tubería es importante tener presente que se debe adecuar un área para esto, donde las licencias y permisos ambientales lo permitan. La tubería no debe estar en contacto directo con el suelo, ya que puede contribuir a la formación de corrosión en la misma, para esto se pueden usar polines de madera o sacos rellenos con cascarilla de arroz, no se debe permitir el roce entre las tuberías para esto como buena práctica se acostumbra a usar manilas de nylon de ½”, no se deben apilar en alturas superiores a 2m porque se pueden producir ovalaciones en la tubería, especialmente la que se dispone en la primera fila.

2.5.2.2 Registro fotográfico

En el Cuadro 29 se visualiza la actividad de transporte de tubería durante su izaje y acopio.

Cuadro 29. Registro fotográfico de la Transporte de tubería

	
Izaje de tubería API 5L para transporte al DDV	Acopio de tubería de 8" API 5LX65

2.5.2.3 Referencias.

Para la actividad de transporte de tubería se debe contemplar lo indicado en los siguientes documentos:

- API RP 5L1: Recommended Practice For Railroad Transportation of Line Pipes.
- API SPC 5L Specification for line pipe
- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y distribución de gas

2.5.2.4 Recursos.

Los principales recursos empleados en el transporte de tubería se relacionan en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Principales recursos para la actividad de transporte de tubería

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor	Retroexcavadora	Flexometro	EPP Básicos
Operadores	Tractomula	Caibrador	EPP trabajo en alturas
Rigger	Cama alta	Holiday	
Obrero	Side boom	Kit de soldadura	
	Pipe car		

2.5.3 Tendido de tubería.

2.5.3.1 Descripción.

Previo a la ejecución de las actividades de alineación y soldadura se debe realizar el riego por el DDV de la tubería a instalar. La tubería debe ubicarse a un costado del DDV respetando el paso por caminos existentes, dejando espacio para el paso de personas y tránsito de maquinaria y un espacio considerable que permita maniobrar al personal para poder realizar la alineación de la tubería previa a la soldadura de los mismos. En terrenos que presenten pendientes se debe suministrar los mecanismos que eviten el deslizamiento de la tubería, como por ejemplo, cuñas de madera o de acero, aseguramiento de la tubería con manilas, entre otras. La tubería debe apoyarse por lo menos en tres puntos para evitar deflexiones y contacto directo con el suelo, par esto puedo emplearse polines ó sacos de cascarilla de arroz.

Debido a la restricción de enfrentar las venas de la tubería que viene con costura, se acostumbra como una buena práctica ir realizando el riego de la tubería en el DDV con un tubo dejando la vena entre las 12 y 3 y el siguiente entre las 12 y las 9, de tal manera que no se crucen ni que queden en el cuadrante inferior.

2.5.3.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 31 se muestran fotos de la actividad de tendido de tubería.

Cuadro 31. Registro fotográfico tendido de tubería

	
Tendido de tubería en el DDV	Localización de los abscisados para la tubería tendida

2.5.3.3 Referencias.

Los siguientes documentos direccionan la actividad de tendido en materia normativa:

- API RP 5L1: Recommended Practice For Railroad Transportation of Line Pipes.
- API SPC 5L Specification for line pipe
- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y distribución de gas

2.5.3.4 Recursos.

Los principales recursos para la actividad de tendido de tubería se relacionan en el Cuadro 32.

Cuadro 32. Principales recursos para la actividad de tendido de tubería

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor	Retroexcavadora	Flexometro	EPP Básicos
Operadores	Tractomula		
Rigger	Cama alta		
Obrero	Side boom		
	Pipe car		

2.5.4 Doblado de tubería.

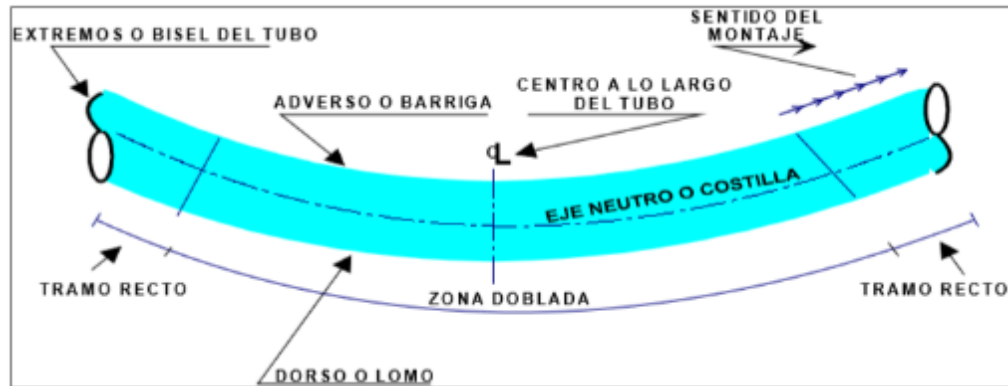
2.5.4.1 Descripción.

Para adaptar la tubería al perfil del terreno en el fondo de la zanja se pueden realizar doblados de tubería. Para realizar una adecuada distribución de los tubos a doblar una cuadrilla de topografía realiza un predoblado donde se define previamente los grados, la longitud de la curva, los vértices y el número de golpes para obtener el doblado requerido. Estos datos son almacenados en carteras de campo para posteriormente ser traspasados a la tubería para indicación de quien realiza la instalación de la misma.

Como buenas prácticas durante la actividad del doblado, se debe respetar una longitud recta de mínimo 1,5 m o 5 diámetros nominales y tener presente en los casos donde la tubería tenga costura longitudinal no hacerla coincidir con el eje de doblado (es decir, el lado comprimido o traccionado) para no generar concentraciones de esfuerzos.

El doblador deberá tener presente las costuras de la tubería para no dejarlas enfrentadas en dos tubos adyacentes curvados, dándole una distancia de 15° pero en ningún caso menor de 4". En la Figura 11 se muestran los principales elementos de un tubo doblado.

Figura 11. Elementos de un tubo doblado.



Fuente: Procedimiento de CCC-PR-CM-008

Existen 4 tipos de curvas que se manejan en la instalación de tubería y los cuales se indican en el Cuadro 33

Cuadro 33. Tipos de curvas en el doblado

CI: Curva inferior	CS: Curva superior
CHD: Curva horizontal derecha	CHI: Curva horizontal izquierda

Cuando la tubería no es doblada en campo sino en patio, es recomendable, marcar sobre el tubo el PK y el consecutivo en el corredor para guiar a quien realice la instalación del mismo.

De acuerdo a lo establecido en la sección 841,231 del ANSI/ASME B31.8, se prohíben los alargamientos, adelgazamientos, arrugamiento o curvaturas indebidas en la pared de la tubería doblada.

Al realizar doblado de tubería debemos considerar las indicaciones establecidas en la NTC 3728:

- El diámetro del tubo no puede reducirse en cualquier punto más del 2,5% del diámetro nominal.
- El doblado no debe perjudicar o limitar la funcionalidad de la tubería.
- El cordón longitudinal de la tubería debe estar cerca del eje neutro del doblado.
- El doblado debe presentar un contorno suave y estar libre de arrugas, pandeo o cualquier otro daño mecánico.

Al igual se debe considerar las recomendaciones establecidas en ASME B31.8:

- Una curva debe estar libre de arrugas, grietas u otras evidencias de daños mecánicos.
- El máximo grado de doblado en una curva fría de campo podrá determinarse por la Tabla 8:

Tabla 8. Máximo grado de doblado de acuerdo a ASME B31.8

Tamaño Nominal de la Tubería	Deflexión del Eje Longitudinal, grados	Radio Mínimo de Doblado en Diámetros de Tubería
Menor a 12	b)	18 D
12	3.2	18 D
14	2.7	21 D

16	2.4	24 D
18	2.1	27 D
20 y mayor	1.9	30 D
<p>a) Curvas en frío pueden tener un radio mínimo más corto que el permitido en la presente tabla, siempre y cuando el espesor de pared después del doblado cumpla con la ecuación de Barlow de diseño.</p> <p>b) Para tuberías menores al NPS 12 se debe cumplir con todos los requisitos mencionados en las anteriores líneas y el espesor de pared después de doblado cumpla con la ecuación de Barlow de diseño.</p>		

- Excepto para los ductos costa a fuera, cuando se tiene una soldadura circunferencial realizada en una sección de doblado o curva, deberá ser objeto de examen radiográfico después de la dobladura.
- Todas las curvas en caliente debe ser realizadas de acuerdo a ASME B16.49
- Las curvas en caliente deberán ser diseñadas para bajos niveles de tensión, cumpliendo con el numeral 841.112 (b) de ASME B31.8: Cuando la tubería que ha sido trabajada en frío para cumplir con la tensión mínima de fluencia especificada es posteriormente calentada a una temperatura mayor a los 900 °F por cualquier período de tiempo, o a más de 600 °F por más de 1 hora, la máxima presión admisible a la cual podrá usarse no deberá exceder el 75% del valor obtenido mediante el uso de la fórmula de Barlow para diseño de tubería de acero.
- Las dobladuras con arrugas, deberán permitirse solamente en sistemas que operen a menos del 30% de la tensión mínima de fluencia especificada. Cuando se efectúen arrugas en tubería soldada, el cordón longitudinal deberá ser ubicado lo más cercano al eje neutro de doblado. Las curvas con arrugas con pliegues agudos

no son permitidas. Las arrugas deberán tener un espaciamiento no menor a una distancia igual al diámetro de la tubería, medido de pico a pico de la arruga a lo largo de la bifurcación. En tubería de NPS 16 y mayor, la arruga no deberá producir un ángulo mayor a 1,5 ° por arruga.

- Respecto a las curvas con inglete se deberán tener las consideraciones del Cuadro 34, adicional del cuidado para la alineación y penetración completa de las juntas de ingletes.
- Los codos de acero forjado, construidos en fábrica o segmentos cortados de ese material se podrán usar siempre y cuando la longitud de arco medida a lo largo de la bifurcación sea por lo menos de 1", en tubería de tamaño NPS 2 y mayores.

Finalmente, para verificar que el diámetro del tubo no se reduzca en cualquier punto más de lo indicado en la norma se pasa por el interior del tubo una platina calibradora de diámetro igual al diámetro nominal disminuido en un 2,5%.

Cuadro 34. Consideraciones para curvas con inglete

Mínima Tensión de fluencia especificada para trabajo (MTF)	Consideraciones
MTF ≥ 40%	No se permiten curvas en inglete. Las deflexiones causadas por mal alineamiento de hasta 3° no se consideran como ingletes
10% ≤ MTF < 40%	El ángulo de deflexión en cada inglete, no debe ser mayor a 12,5°.
MTF < 10%	La mínima medida entre ingletes en la bifurcación deberá ser de un diámetro de la tubería

2.5.4.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 35 se evidencia las pruebas de calidad realizadas a la tubería posterior al doblado.

Cuadro 35. Registro fotográfico doblado de tubería

	
Verificación del diámetro interno de la tubería después de doblado.	Doblador de tubería de 18" Gasoducto Cupiagua Cusiana

Cuadro 35. (Continuación)

	
---	--

Presentación en la zanja de tubería doblada	Marcación de los datos de doblado en la tubería para trazabilidad
---	---

2.5.4.3 Referencias.

Para la actividad de doblado de tubería es importante considerar los aspectos técnicos expresados en los siguientes documentos:

- API SPEC 5L, Specification for Line Pipe Del American Petroleum Institute.
- Norma ES-24, Pipe Bending Tolerances - Minimum Bending Radio - Minimum Tangents, del Pipe Fabrication Institute (PFI).
- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y distribución de gas
- ASME B16.49, Factory-Made, Wrought Steel, Buttwelding Induction Bends for Transportation and Distribution Systems

2.5.4.4 Recursos.

Los recursos que se deben disponer mínimamente en área a la hora de realizar la actividad de doblado se expresan en el Cuadro 36.

Cuadro 36. Principales recursos para la actividad de doblado de tubería

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
----------	------------------------	------------------------	-----

Doblador	Vehículo	Flexometro	EPP Básicos
Topografo	Retroexcavadora	Nivel abney	
Ayudante técnico	Dobladora	Estación topográfica	
Obrero		Platina calibradora	
Vientos			

2.5.5 Alineación y soldadura.

2.5.5.1 Descripción.

La soldadura es la actividad que permite la unión entre tubos hasta lograr la longitud de diseño del Gasoducto.

Para la realización de la soldadura se debe contar con un procedimiento aprobado y debe ser validado mediante pruebas destructivas, para demostrar que la soldadura se puede realizar con propiedades mecánicas adecuadas (tales como resistencia, ductilidad y dureza). Los procedimientos deben ser documentados donde se pueda validar las pruebas realizadas. Los procedimientos de soldadura deben incluir como mínimo y de acuerdo a lo enunciado en la NTC 3728:

- ✓ Proceso: Proceso de soldadura aplicado, por ejemplo, manual, semiautomático, automática, combinado, con gas.
- ✓ Materiales: especificaciones de la tubería, acero al carbón agrupado según el límite mínimo de fluencia.
- ✓ Diámetro y espesor.

- ✓ Diseño de ranuras: forma de la ranura y ángulo del bisel, tamaño de la cara de la raíz y abertura entre componentes a tope, forma y tamaño del cordón, tipo de respaldo.
- ✓ Metal de aporte y número de cordones.
- ✓ Características eléctricas: corriente, polaridad, tensión y corriente para cada electrodo.
- ✓ Características de la llama: neutral, carburizante, oxidante, tamaño del orificio en antorcha tipo
- ✓ Posición
- ✓ Dirección de la soldadura: vertical hacia arriba o hacia abajo.
- ✓ Tiempo entre pases: tiempo máximo entre la terminación del cordón de fondeo y el principio del segundo cordón.
- ✓ Tipo de alineador y remoción del mismo: externo ó interno.
- ✓ Limpieza: herramientas motrices, herramientas de mano.
- ✓ Pre y postcalentamiento.
- ✓ Gas protector
- ✓ Tipo y tamaño del fundente
- ✓ Velocidad de recorrido
- ✓ Dibujos y tablas

El procedimiento de soldadura debe ser recalificado, cuando cambia cualquiera de las siguientes variables que pertenecen al procedimiento previamente establecido:

- ✓ Cambio en el proceso de soldadura
- ✓ Cambio en el material de los tubos
- ✓ Cambio en el diseño de la junta
- ✓ Cambio en la posición
- ✓ Cambio en el espesor de pared del tubo
- ✓ Cambio en el metal de aporte

- ✓ Cambio en el espacio de tiempo entre pases
- ✓ Cambio en dirección
- ✓ Cambio de gas protector
- ✓ Cambio del flujo de gas

Todas las soldaduras en los aceros al carbón deben tener alivio de esfuerzos cuando el espesor de pared sea superior a 3,175 cm (1 ¼ in).

En la Tabla 9 se muestran el número y tipo de probetas que se deben sacar para enviar a ensayos destructivos para calificación del WPS a emplear en producción.

Tabla 9. Tipo y número de probetas para el ensayo de la calificación del procedimiento.

Diámetro exterior del tubo		Número de probetas					
mm	Pulgadas	Resistencia a la tracción	Sanidad	Doblado de raíz	Doblado de cara	Doblado lateral	Total
Espesor de pared ≤ 12,7 mm (½ de pulgada)							
< 60,3	< 2 3/8	0 ^b	2	2	0	0	4 ^a
60,3-114,3	2 3/8 - 4 1/2	0 ^b	2	2	0	0	4
> 114,3-323,9	> 4 1/2-12 3/4	2	2	2	2	0	8
>323,9	>12 3/4	4	4	4	4	0	16
Espesor de pared > 12,7 mm (½ de pulgada)							
≤ 114,3	≤ 4 ½	0 ^b	2	0	0	2	4
> 114,3-323,9	> 4 ½-12 ¾	2	2	0	0	4	8
> 323,9	> 12 ¾	4	4	0	0	8	16
a) Se deben tomar, de cada una de las dos soldaduras de ensayo, una probeta de sanidad y una probeta para doblado de raíz. Para tubos de diámetros menores o iguales a 33,4 mm (1 5/16 de pulgada) se debe tomar una probeta de sección completa para el ensayo de resistencia a la tracción. b) Para materiales con resistencia mínima a la fluencia mayor a 290 MPa (42 ksi), se requiere como mínimo un ensayo de resistencia a la tracción.							

Fuente: NTC 4991

Así como se debe calificar un procedimiento de soldadura, también se debe efectuar la calificación del operador de soldadura (soldador) antes de efectuar cualquier soldadura de producción. Los soldadores deben ser recalificados por lo

menos una vez al año, ó cuando se cuestione la habilidad del soldador ó cuando lleve más de 6 meses sin practicar el procedimiento de soldadura.

Se deberá tener los documentos de soporte de la calificación de los soldadores (WPQ) durante el tiempo que el procedimiento dure en uso, se debe mantener el registro de los soldadores calificados indicando las fechas y los resultados de las pruebas realizadas. Cuando se suelden materiales similares, que tiene requerimientos de precalentamiento diferentes, el material que requiere mayor precalentamiento deberá ser el que use.

El aliviado de tensiones deberá ser realizado a una temperatura de 1100 °F o mayor, para aceros al carbón, y de 1200 °F o mayor para aceros de aleaciones ferríticas. Las partes calentadas deben ser llevadas a la temperatura requerida y mantenida a un periodo de tiempo proporcional, sobre la base de 1 hora por pulgada de espesor de pared de la tubería, pero en ningún caso por menos de ½ hora, después se debe enfriar lenta y uniformemente.

En el Cuadro 37 se identifican tanto las variables esenciales para calificación de procedimiento de soldadura como para calificación de soldador.

Cuadro 37. Variables de calificación para WPS y WPQ

Variables esenciales de calificación	
Para procedimientos	Para soldadores
Proceso de soldadura	Proceso de soldadura: si se da un cambio a un proceso combinado, el soldador debe ser recalificado a menos que se haya calificado en ensayos por separado para cada proceso
Material base: cuando se sueldan materiales de dos grupos diferentes, el procedimiento de soldadura a usar debe ser el del material de	Cambio en la dirección

<p>mayor resistencia. Los materiales son agrupados por resistencia de acuerdo a la NTC 4991 (API 1104):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ De Resistencia a la fluencia mínima especificada menor o igual a 290 MPa (42000 PSI). ✓ De Resistencia a la fluencia mínima especificada mayor que 290 MPa (42000 PSI), pero menor que 448 MPa (65000 PSI). ✓ De Resistencia a la fluencia mínima especificada igual o mayor que 448 MPa (65000 PSI), cada grado debe recibir un ensayo de calificación por separado. 	
<p>Diámetro y Espesor. Algunos ejemplos de grupos son los consignados en las variables de calificación de soldadores expuestos en las posteriores líneas.</p>	<p>Cambio de diámetro exterior. Los grupos definidos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Diámetro exterior de tubería menor a 60,3 mm (2 3/8 in) ✓ Diámetro exterior de tubería desde 60,3 mm (2 3/8 in) hasta 323,9 mm (12 3/4" in) ✓ Diámetro exterior de tubería mayor a 323,9 mm (12 3/4 in)

Cuadro 37. (Continuación)

Variables esenciales de calificación	
Para procedimientos	Para soldadores
<p>Material de aporte: Los siguientes cambios en el metal de aporte constituyen variables esenciales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Un cambio de un grupo de metal de aporte a otro (Ver Tabla 10) ✓ Para materiales base con resistencia mínima a la fluencia igual o mayor a 65000 PSI, un cambio en la clasificación AWS del metal de aporte 	<p>Un cambio de un grupo de espesor de pared a otro. Estos grupos se encuentran definidos como sigue:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Espesor nominal de la pared del tubo menor a 4,8 mm (3/16 in). ✓ Espesor nominal de pared del tubo desde 4,8 mm (3/16 in) hasta 19,1 mm (3/4 in) ✓ Espesor nominal de la pared del tubo mayor a 19,1 mm (3/4 in).
	Cambio en la clasificación del metal de aporte
	Cambio en la posición
	Cambio en el diseño de la junta

Los grupos de agrupamiento de materiales por resistencia, no implican que los materiales pueden ser cambiados indiscriminadamente sin validar la compatibilidad de los materiales base y los metales de aporte desde el punto de

vista de las propiedades metalúrgicas, mecánicas y requisitos de tratamiento térmico.

Los soldadores deben ser identificados desde el momento de las pruebas de calificación con un estampe ya sea en letras o números, este estampe es similar a la cedula de una persona natural, por lo tanto es único. Si los soldadores no pasan las pruebas esos estampes quedan desechados.

En la realización de la soldadura se debe seguir lo estipulado en el respectivo WPS aprobado, si por algún motivo los biseles se encuentra afectados no se podrá realizar la reparación de los mismos con soldadura. El personal que realice la alineación de los tubos debe verificar que el desalineamiento no sobrepase lo permitido por norma (1/16") y que haya buena distribución entre biseles. La alineación se puede realizar con grapa externa o interna, para lo cual se debe tener presente no retirar la grapa externa antes de completar el 50% del pase de raíz o el 100% en caso de ser grapa interna, lo anterior para evitar quebramientos en la soldadura.

Como buena práctica todos los equipos de soldadura deben estar aterrizados con varilla de cobre, lo anterior contribuye a evitar quemones en la tubería, en caso de presentarse se deben retirar sin producir disminución del espesor de la tubería.

Tabla 10. Grupos de metal de aporte.

Grupo	Especificación NTC o AWS	Electrodo	Fundente ^c
1	NTC 2191 (AWS A 5.1) NTC 2253 (AWS A 5.5)	E6010, E6011 E7010, E7011	
2	NTC 2253 (AWS A 5.5)	E8010, E8011, E9010	
3	NTC 2191(AWS A 5.1) NTC 2253 (AWS A 5.5) NTC 2253 (AWS A 5.5)	E7015, E7016, E7018 E8015, E8016, E8018, E9018	
4 ^a	NTC 2677 (AWS A 5.17)	EL8 EL8K EL12 EM5K EM12K EM13K EM15K	F6XZ F6X0 F6X2 F7XZ F7X0 F7X2
5 ^b	NTC 2632 (AWS A 5.18) NTC 2632 (AWS A 5.18) NTC 3570 (AWS A 5.28) NTC 3570 (AWS A 5.28)	ER70S-2 ER70S-6 ER80S-D2 ER90S-G	
6	NTC 3572 (AWS A 5.2)	RG60 - RG65	
7	NTC 4041 (AWS A 5.20)	E61T-GS ^d E71T-GS ^d	
8	NTC 4039 (AWS A 5.29)	E71T8-K6	
9	NTC 4039 (AWS A 5.29)	E91T8-G	

Fuente: NTC 4991

Antes de alinear la tubería se deben preparar los biseles y realizar limpieza al interior de la tubería, como mínimo ½” al interior, si esta superficie dura expuesta al ambiente más de una hora es recomendable volver a realizar la limpieza, recordando que el éxito de no detectar escorias está en la buena limpieza que se realice tanto del interior de la tubería como entre pases. Al alinear el tubero debe validar que las costuras de la tubería (si aplica) no queden enfrentadas produciendo concentradores de esfuerzos y al igual que se localicen en el cuadrante superior.

Todas las soldaduras en campo se deben marcar para dar trazabilidad a las mismas, suministrar información pertinente al momento de realizar los respectivos END, y alimentar el respectivo libro de tubos que debe ser un entregable al

finalizar la construcción del Gasoducto, un ejemplo de la marcación de las juntas se ilustra en el Cuadro 38.

Cuadro 38. Ejemplo de Marcación de juntas para trazabilidad

Fecha						Fecha: 26-05-2012						
PK (Kilometro)		Junta (Consecutivo)				EJEMPLO	PK 22			J26		
PASES	1	2	3	4	N		PASES	1	2	3	4	5
IZQ	ESTAMPE						IZQ	AS	AS	AS	AS	AS
DER							DER	LG	LG	LG	LG	LG

Al finalizar la jornada se recomienda cubrir las bocas de la tubería sin soldar para conservar el bisel y evitar que se introduzca cuerpos extraños a la tubería ya soldadas que afecten posteriormente en las actividades de limpieza y calibración de tubería.

Por calidad del proceso y como buena práctica para mirar el desempeño de los soldadores y detectar factores externos que afecten la soldadura se debe llevar control de las reparaciones y de acuerdo al requisito contractual de cada proyecto realizar las respectivas acciones correctivas y preventivas que permitan satisfacer los requisitos del cliente y suministrar un producto de calidad como es la soldadura de la tubería que compone un gasoducto.

Es importante tener presente lo recomendado, de acuerdo a ASME B31.8 cuando se efectúan actividades en ductos en operación:

1. Mantener un ligero flujo de gas en sentido hacia donde se esté realizando el soldado o corte.
2. Controlar la presión del gas en el sitio de trabajo
3. Después de realizado el corte cerrar inmediatamente los extremos abiertos con materiales adecuados.
4. No se deben permitir que dos aberturas se mantengan sin cubrir al mismo tiempo, aún menos cuando se encuentran a elevaciones diferentes.
5. Las acciones de corte, soldadura u otras que produzcan fuente de ignición no se deben efectuar con aparatos que contengan aire si se está conectado a una fuente de gas, a menos que se tengan los medios para evitar mezclas explosivas. En el caso que se tenga la necesidad de realizar soldadura en instalaciones llenas con aire y gas, y no se pueda realizar lo indicado en las anteriores líneas, ASME B31.8 sugiere lo siguiente:
 - ✓ Purgar el tubo sobre el cual se va a realizar el corte o la soldadura, puede ser con un gas inerte (nitrógeno).
 - ✓ Medición de atmosferas alrededor de la zona de trabajo.
 - ✓ Verificación de las válvulas que aíslan el trabajo de las fuentes de gas, con el objeto de identificar fugas, las cuales no se pueden permitir.
 - ✓ Prohibir fumar y encender llamas abiertas en la zona
 - ✓ Tomar precauciones para prevenir chispas de electricidad estática.
 - ✓ Tener en la zona de trabajo un extintor de incendios del tamaño adecuado, en conformidad con ANSI/NFPA 10.
 - ✓ Instalar conexión metálica alrededor de la localidad de los cortes en tubería

2.5.5.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 39 se visualizan fotos de alineación y soldadura de tubería en construcción de Gasoductos.

Cuadro 39. Registro fotográfico alineación y soldadura

	
Alineación de accesorios (codos) en la línea regular	Alineación de tubería en pendiente alta

Cuadro 39. (Continuación)



Calificación de soldadores en posición 6G.



Soldadura de tubería de 18" para gasoducto Cupiagua-Cusiana



Limpieza entre pases de los cordones de soldadura



Ejecución de soldadura con mampara de protección en excavación profunda y terreno inestable.

2.5.5.3 Referencias.

Par la ejecución de alineación y soldadura de tubería se debe tener presente como mínimo lo expresado en los siguientes documentos:

- ASME SECTION IX, Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators.
- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- API 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities.
- API RP577 Welding inspection and metallurgy.
- AWS A2.4, Symbols for welding and non destructive testing.
- AWS A3.0, Welding terms and definitions.
- ASTNTC-1A American Society for Nondestructive Testing.
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.
- NTC 4991. Soldadura de líneas de tubería y de instalaciones relacionadas.

2.5.5.4 Recursos.

Los principales recursos que interactúan en la actividad de alineación y soldadura se presentan en el Cuadro 40.

Cuadro 40. Principales recursos para la actividad de alineación y soldadura de tubería

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Soldador	Motosoldador	Kit de soldadura	EPP Básicos
Ayudantes Técnicos	Pulidora	Tiza térmica	Careta de esmerilar
Tubero	Esmeriladora	Flexómetro	Mangas
Supervisor mecánico	Biseladora		Polaina
	Equipo oxicorte		Careta para soldar
			Delantal

2.5.6 Inspección por END.

2.5.6.1 Descripción.

Las soldaduras de líneas que operan a menos del 20% de la tensión mínima de fluencia especificada deben ser verificadas visualmente por muestreo y las soldaduras defectuosas deberá ser reparadas o removidas (retiradas) de la línea. Los soldadores que realicen las reparaciones deben estar calificados para ello.

Para líneas que operen al 20% o más de la tensión mínima de fluencia especificada, la calidad de las soldaduras debe ser validada mediante ensayos no destructivos como por ejemplo, radiografía, partículas magnéticas, u otros métodos aceptables. Los siguientes porcentajes son los mínimos establecidos para inspeccionar soldaduras a tope, de acuerdo, a lo manifestado en ASME B31.8:

- 10% de soldaduras en localidades de clase 1
- 15% de soldaduras en localidades de clase 2
- 40% de soldaduras en localidades de clase 3
- 75% de soldaduras en localidades de clase 4
- 100% de soldaduras en estaciones de compresión y en cruces de ríos principales ó navegables, cruces de carreteras principales y cruces de ferrovías. Todas las soldaduras de conexión que no se sometan a pruebas de presión deberán ser examinadas.

Todas las soldaduras que sean inspeccionadas deberán cumplir con los estándares de aceptabilidad de API 1104.

Cuando el tamaño de tubería sea menor a NPS 6 ó cuando el proyecto de construcción comprenda un número limitado de soldaduras que haga impráctica la inspección no destructiva, y la tubería trabaje a 40% o menos de la mínima tensión de fluencia especificada, se podrá realizar inspección visual siempre y cuando, esta sea realizada por personal calificado para ello.

Los criterios de aceptación de los diferentes métodos de inspección de soldaduras se encuentran establecidos en el API 1104, como sigue:

- Numeral 9.3, para radiografía.
- Numeral 9.4, para partículas magnéticas.
- Numeral 9.5, para líquidos penetrantes.
- Numeral 9.6, para ultrasonido.
- Numeral 9.7, para inspección visual.

El personal que ejecute los END debe ser mínimo nivel II en el ensayo respectivo y contar con un procedimiento avalado por el nivel III, tal y como lo recomienda la ASTNTC-1A. En el Cuadro 41 se puede visualizar los métodos de inspección comúnmente usados para detectar los principales defectos de las soldaduras.

Cuadro 41. Métodos de inspección de soldaduras más comunes

DEFECTO	INSPECCIÓN VISUAL	ULTRASONIDO	RADIOGRAFÍA	LÍQUIDOS PENETRANTES	PARTÍCULAS MAGNÉTICAS
Grieta	X	X	X	X	X
Falta de fusión	X	X	X		
Penetración incompleta	X	X	X		
Porosidad interna			X		
Escoria interna			X		
Socavado	X	X	X		
Porosidad externa	X	X		X	X
Acabado de la superficie	X	X			
Concavidad interna	X	X	X		
Exceso de penetración	X	X	X		

2.5.6.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 42 se identifican los principales END en construcción de líneas.

Cuadro 42. Registro fotográfico END

	
Inspección de juntas por ultrasonido	Inspección por radiografía

Cuadro 42. (Continuación)

 A close-up photograph of a metal pipe joint. A red cylindrical cap is placed over the joint. A bright light source is directed at the joint, creating a strong reflection. The background is a rough, rocky surface. A yellow timestamp '01/08/2014 15:25' is visible in the bottom right corner of the image.	 A close-up photograph of a person's hands wearing black gloves, using a green magnetic particle testing tool on a metal pipe. The tool is being applied to a weld joint. The background is a sandy or rocky surface. A red timestamp '08 13 2015' is visible in the bottom right corner of the image.
Inspección por líquidos penetrantes	Inspección por partículas magnéticas

2.5.6.3 Referencias.

Las normas que rigen la actividad de END, se presentan a continuación:

- ASME SECTION IX, Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators.
- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y distribución de gas
- API 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities.
- API RP577 Welding inspection and metallurgy.
- AWS A2.4, Symbols for welding and non destructive testing.
- AWS A3.0, Welding terms and definitions.
- ASTNTC-1A American Society for Nondestructive Testing.
- NTC 4991. Soldadura de líneas de tubería y de instalaciones relacionadas.

2.5.6.4 Recursos.

Los recursos empleados para la actividad de ensayos no destructivos se pueden visualizar en el Cuadro 43.

Cuadro 43. Principales recursos para la actividad de END

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Nivel II certificado	Pulidora	Kit de soldadura	EPP Básicos
Ayudante técnico	Negatoscopio	Equipo de ultrasonido	
		Yoker	
		Fuente radiografica	
		Dosimetro	

2.5.7 Recubrimiento.

2.5.7.1 Descripción.

Las rayaduras, abolladuras, hendiduras, melladuras que se hayan encontrado en la tubería deben ser reparadas. Para esto la tubería debe ser inspeccionada antes de realizar el revestimiento y durante las operaciones de bajado de tubo y tapado de la misma. Los rayones que se identifiquen deben ser examinados cuidadosamente para descartar daños a la tubería propiamente.

Las melladuras o rayas, pueden ser eliminadas por amolado, siempre y cuando el espesor de pared resultante no sea menor al mínimo establecido por la ecuación de Barlow de diseño. Cuando no se pueda realizar la reparación se debe reemplazar la tubería con un tramo en buen estado. Se prohíbe el parchado con inserciones.

La preparación de la superficie debe ser compatible con el revestimiento a aplicar. La superficie debe estar libre de material deletéreo, tales como herrumbre, costras, humedad, suciedad, aceites, lacas y barnices. Se deberán seleccionar revestimientos adecuados, teniendo en cuenta el transporte, almacenamiento, fluido y naturaleza del suelo que estará en contacto con la tubería, adherencia y resistencia dieléctrica.

El revestimiento debe ser aplicado garantizando su adherencia, se deben evitar arrugas, puntos sin revestir (holidays) y el atrapamiento de gas. Se debe tener cuidado con el almacenamiento y transporte de la tubería para evitar dañar el revestimiento de la misma, para esto es conveniente, minimizar al máximo manejar la tubería revestida, usar elementos de izaje amigables con el revestimiento, es decir, eliminar los cables de acero, usar patines acolchados.

Durante la aplicación de recubrimiento se realizan varios controles para liberarlo. En primera instancia se debe verificar que existan las condiciones ambientales adecuadas para aplicar el recubrimiento o sistema de recubrimiento elegido, de acuerdo a lo indicado por el proveedor y respetando la diferencia entre la temperatura de sustrato y la temperatura de punto de rocío de 3 °C. Los químicos que realicen la dosificación y mezcla de las pinturas deberán asegurar el proceso, es decir, controlar cantidades y tiempos de tal manera que no se catalice la pintura

antes de su aplicación. Como control más de quien aplica el recubrimiento, se realiza mediciones de espesor de película humedad para verificar el cumplimiento posteriormente del espesor de película seca requerido, para esta medición el pintor debe tener en cuenta el porcentaje de sólidos de la pintura para tantear a cuantos mils debe aplicar para cuando cure la pintura cumpla el requerimiento contractual de espesor.

A continuación se relaciona las ecuaciones con las que se puede relacionar el espesor de película seca con película humedad:

$$WFT = \frac{DFT}{\% SPV} \text{ Sin diluyente} \quad \textbf{Ecuación (5)}$$

$$WFT = \frac{DFT}{\frac{\% SPV}{100\% + \% DILUYENTE}} \text{ Con diluyente} \quad \textbf{Ecuación (6)}$$

Donde:

WFT: Espesor de película humedad

DFT: espesor de película seca

SPV: Sólidos por volumen

Figura 12. Muestras de distintos grados de preparación de superficie



Fuente: CYM Materiales

Previamente a la aplicación del recubrimiento, se debe preparar la superficie realizando limpieza de la superficie para retirar la calamina, óxidos, pinturas y cualquier contaminante que afecte la adherencia y funcionalidad del recubrimiento.

En la Figura 12 se pueden observar varios tipos de preparación de superficie de acuerdo al estado inicial de la tubería, normalmente en la industria se trabaja la limpieza a metal casi blanco SSPC-SP10 y limpieza a metal blanco SSPC-SP-05.

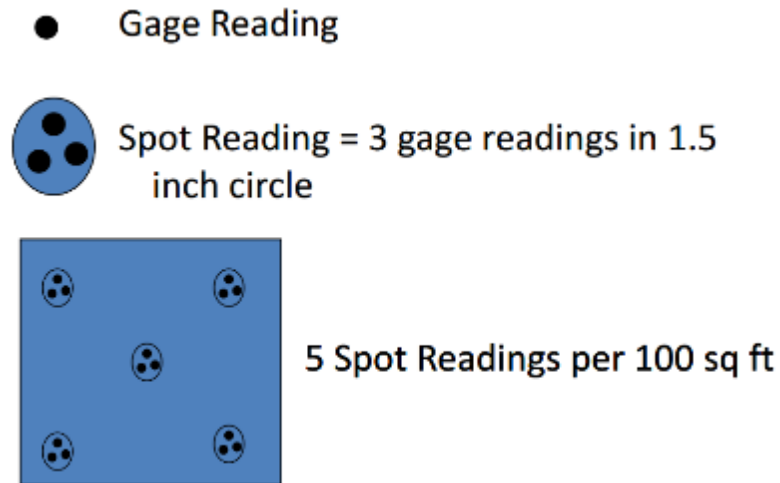
Dependiendo del tipo de abrasivo usado para la preparación de la superficie se va a tener un perfil de rugosidad, el cual es medido en campo con cinta replica para posteriormente realizar la medición con un aparato de medición llamado rugosímetro. Generalmente se solicitan perfiles de anclaje entre 2,5 mils y 4 mils. Una vez el recubrimiento tenga su curado total se proceden a realizar las mediciones de espesor de película seca, siguiendo las instrucciones dadas en la *SSPC-PA-2 Medición del espesor de recubrimientos secos con medidores magnéticos*. Como aspectos relevantes en la medición de espesores de película seca, se mencionan los siguientes:

- ✓ Para estructuras que no excedan los 300 ft² se realizan 3 spot por cada 100 ft².
- ✓ Para estructuras que no exceden los 1000 ft² se seleccionan al azar 3 áreas de 100 ft² para prueba.
- ✓ Para estructuras que exceden los 1000 ft², se seleccionan 3 áreas de 100 ft² para prueba en los primeros 1000 ft² y por cada 1000 ft² adicional se toma un área de 100 ft².
- ✓ Para calcular el número de áreas de prueba, se puede hacer uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Número de áreas a inspeccionar} = 3 + \left(\frac{\text{FT}^2 \text{ área} - 1000}{1000} \right) \text{ Ecuación (7)}$$

- ✓ Número de lecturas es igual al producto de área a inspeccionar multiplicado por 5.
- ✓ El número de puntos de medición es igual al número de lecturas por 3. En la Figura 13 se puede ver los tipos de mediciones de espesor de película seca.

Figura 13. Representación gráfica de las mediciones de espesor de película seca



Fuente: SSPC-PA-2

Una vez verificado el espesor promedio se procede a liberar la continuidad del recubrimiento verificando ausencia de hole que produzca puntos de inicio y aceleración de corrosión de la tubería, por ausencia de protección química con el recubrimiento. Para esto y siguiendo lo indicado en la norma NACE 0188 de acuerdo al espesor se pasa el holiday a cierto voltaje sobre el recubrimiento (Ver Tabla 11), al igual recomienda aproximadamente 100V/mils de espesor de película seca.

Finalmente y para probar la adherencia del recubrimiento al sustrato y la cohesión entre las capas del sistema de recubrimiento se realiza prueba de adherencia.

Tabla 11. Voltajes sugeridos para prueba de continuidad de recubrimiento

Suggested Voltages for High-Voltage Spark Testing

Total Dry Film Thickness		Suggested Inspection (V)
(μm)	(mils)	
200 to 280	8 to 11	1,500
300 to 380	12 to 15	2,000
400 to 500	16 to 20	2,500
530 to 1,000	21 to 40	3,000
1,010 to 1,390	41 to 55	4,000
1,420 to 2,000	56 to 80	6,000
2,060 to 3,180	81 to 125	10,000
3,200 to 4,700	126 to 185	15,000

Fuente: NACE 0188

2.5.7.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 44 se puede visualizar las diferentes sub actividades que comprende el recubrimiento de tubería y los diferentes controles de calidad que deben ser realizados durante la actividad.

Cuadro 44. Registro fotográfico recubrimiento.

	
<p>Preparación de superficie con chorro abrasivo-sandblasting</p>	<p>Aplicación manual de base coat para protección de juntas</p>
	
<p>Superficie preparada a metal casi blanco SSPC-SP-10, realización de toma de perfil de anclaje con cinta replica.</p>	<p>Validación de las condiciones ambientales previo a la aplicación del recubrimiento</p>
	
<p>Inspección con holiday a tubería de 12" a 9500 voltios</p>	<p>Ejecución de prueba de adherencia con equipo mecánico</p>

2.5.7.3 Referencias.

La actividad de recubrimiento se rige principalmente por los siguientes documentos:

- NTC 3728
- ASME B31.8
- NACE RP-02-75
- SSPC-SP5 Limpieza con chorro abrasivo a metal blanco
- SSPC-SP10 Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco
- SSPC-V1S1 Guía y referencia con fotografías para superficies de acero preparadas con limpieza por soplado con abrasivo en seco SSPC-PA-2
- SSPC-PA-2 Medición del espesor de recubrimientos secos con medidores magnéticos
- NACE RP 0188 Prácticas para prueba de discontinuidad de recubrimientos no conductivos sobre sustratos metálicos.
- NACE RP028 Medición de campo de perfil superficial de acero limpiado con abrasivo usando cinta replica.
- ASTM D1186, Métodos de prueba para mediciones no destructivas del espesor de películas secas de recubrimientos no magnéticos aplicados a bases ferrosas.
- ASTM D4285 Método de prueba para indicar aceite o agua en aire comprimido.
- ASTM D4417, Método de prueba para mediciones en campo de perfiles de superficies de acero limpiadas con abrasivo.
- ASTM D4541, Método de prueba de resistencia al desprender recubrimientos usando un probador portátil de adherencia.

- ASTM D5162, Practicas para pruebas de discontinuidad de recubrimientos no conductivos sobre substratos metálicos.
- ASTM E337 Método de prueba para medir humedad con un psicrómetro.

2.5.7.4 Recursos.

En el Cuadro 45 se identifican los principales recursos para ejecutar la actividad de recubrimiento.

Cuadro 45. Principales recursos para la actividad de recubrimiento

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Sandblastero	Equipo de sandblasting	Termohigrometro	EPP Básicos
Pintor	Compresor	Termómetro de contacto	Tyvek
Ayudantes técnicos	Pulidora	Rugosimetro	Mascarilla con filtro
Supervisor mecánico	Escareadora	Medidor de espesor	
		Medidor de adherencia	
		Holiday detector	

2.5.8 Limpieza interna y calibración de tubería.

2.5.8.1 Descripción.

Antes de operar la línea es necesario realizar la limpieza interior de la tubería, para retirar cualquier elemento externo como rebabas, escoria, tierra, agua, basura que hayan quedado dentro de la línea, entre otras. Normalmente se realiza con aire a presión, aunque algunas veces se realiza con agua dejando de una vez la línea llena para la prueba hidrostática.

Durante la calibración de la tubería se pretende identificar imperfecciones y daños causados a la tubería, en los cuales se ha reducido el espesor y diámetro originales de la tubería. Algunos defectos llamados abolladuras, en los cuales se produce una depresión en la pared del tubo, deben ser medidos como el espacio entre el punto más bajo de la abolladura y una prolongación del contorno original de la tubería, en cualquier dirección. Las abolladuras por ser concentradores de esfuerzos, al igual que las rayaduras, quemaduras de arco, etc., razón por la cual deben ser retiradas mediante la reposición de la parte afectada.

Todas las abolladuras que excedan una profundidad de $\frac{1}{4}$ " en tuberías de NPS 12 o menores, o el 2 % del diámetro nominal en toda la tubería mayor a NPS 12, no se deben permitir en líneas que operen al 40% o más de la mínima tensión de fluencia especificada. Se prohíbe la reparación mediante el parchado con inserciones y el golpeado de las abolladuras.






Las hendiduras metalúrgicas pueden producir concentraciones de tensiones aún más severas que las hendiduras mecánicas y deben ser evitadas en los ductos. Estas hendiduras deben ser eliminadas mediante amolado, sin reducir el espesor a menos del mínimo permitido.

Para realizar la limpieza y calibración de la tubería se deben realizar la construcción de cabezales de envío y recibo para los raspadores, el primero para inyectar presión al raspador y el segundo para recibir el raspador y los desechos que durante el su recorrido de la línea transporte. De acuerdo a la cantidad de productos que salgan en la primera corrida del raspador se debe volver a realizar otros envíos hasta asegurar la limpieza de la línea, previo a su calibración y prueba hidrostática.

De acuerdo, a lo indicado en las líneas anteriores en donde se solicita por ASME B31.8 no reducir el diámetro en más del 2%, se fabrica una platina de diámetro del 98% del diámetro interior menor existente en el tramo de la tubería a probar, con espesor regularmente de 3/8" si es de aluminio ó de 3/16" si es de acero, con ranuras separadas cada 60° y de ancho 3/16" a menos que las especificaciones contractuales especifiquen otras condiciones. En la Figura 14 se pueden observar algunos de los tipos de raspadores empleados en la industria.

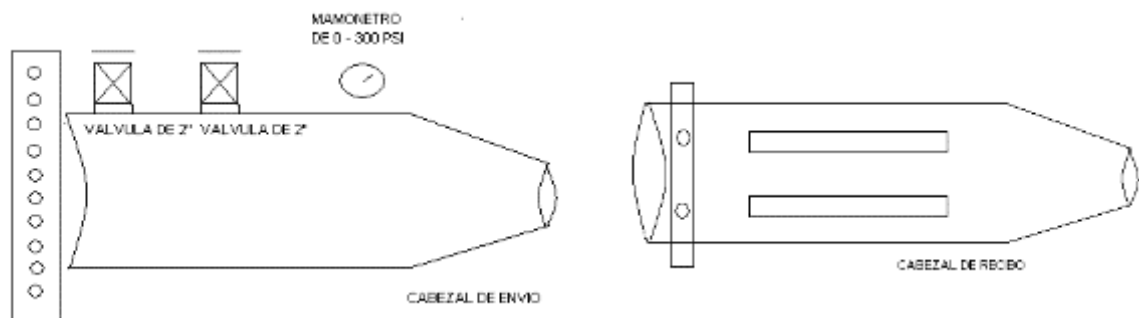
La platina empleada para calibrar los tramos de tubería deben ser marcadas antes de introducirlas junto con en el raspador en la tubería, para posteriormente en el cabezal de recibo (Ver Figura 15) verificar el estado en el que llego para determinar la integridad en cuanto a diámetro de la tubería; si la platina llega a presentar golpes se debe verificar en qué punto se encuentra el daño para corregirlo antes de realizar la respectiva prueba hidrostática y por lo tanto quedara rechazada la calibración de la tubería hasta tanto no se reciba la platina de calibración tal y como fue enviada, es decir, sin golpes.

Figura 14. Esquemas de los principales raspadores

Herramienta de limpieza	Esquema
Polly Pig Baja densidad (YCC- Yellow Criss-Cross).	
Polly Pig de media y alta densidad: RCC- Red Criss Cross: Media densidad. SCC- Scarlet Criss Cross: Alta densidad.	
Raspador Bidireccional (BD) de Discos, con dos conjuntos de: un disco guía y tres discos de limpieza.	
Raspador bidireccional (BDW) con cepillos axiales montados sobre resorte, con dos conjuntos de: un disco guía y tres discos de limpieza.	
Raspador de limpieza especial para picaduras	

Fuente: Especificaciones técnicas y de diseño Jagüey y Loro

Figura 15. Esquemas recomendados de cabezales,



Fuente: procedimiento limpieza y calibración de tubería Cupiagua-Cusiana

La velocidad a la que se envié la platina calibradora con el raspador de capelas debe ser tal que no produzcan en la llegada una afectación de la mima por el impacto contra los retenedores de los cabezales de recibo, para mitigar la llegada se acostumbra a ubicar en el cabezal de recibo sacos de arena o tamo de arroz de tal manera que se minimice el impacto. Durante la prueba nadie debe ubicarse por seguridad al frente del cabezal de recibo.

2.5.8.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 46 se muestran fotos de la platina empleada para calibrar tubería y los cabezales que permiten el envío y recibo del marrano para limpieza y calibración.

Cuadro 46. Registro fotográfico limpieza interna y calibración de tubería

	
<p>Llegada de platina de calibración impulsada por agua</p>	<p>Validación de la profundidad de la abolladura</p>

Cuadro 46. (Continuación)

	
<p>Validación de las dimensiones de la platina calibradora de acuerdo a las especificaciones del proyecto.</p>	<p>Introducción de polipig con platina calibradora en el cabezal de envío.</p>
	
<p>Cabezal de envío, con manómetro para verificación de presión.</p>	<p>Recibo e platina calibradora con golpes se debe validar en que PK se produjo el daño</p>

2.5.8.3 Referencias.

La actividad de limpieza y calibración de tubería se encuentra relacionada con los siguientes documentos:

- API RP 1110 Pressure Testing of Steel Pipelines for the Transportation of Gas, Petroleum Gas, Hazardous Liquids, Highly Volatile Liquids or Carbon Dioxide.
- ASME B31.8S Managing System Integrity of Gas Pipelines
- ASME SECTION IX, Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators.
- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- API 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities.
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.
- NTC 4991. Soldadura de líneas de tubería y de instalaciones relacionadas.

2.5.8.4 Recursos.

Los principales recursos que se deben disponer en el área para realizar limpieza y calibración de tubería se relacionan en el Cuadro 47.

Cuadro 47. Principales recursos para la actividad de limpieza y calibración de tubería

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor	Pulidora	Kit de soldadura	EPP Básicos
Ingeniero de pruebas	Motosoldador	Flexometro	Mascarilla de humo
Operador	Compresor	Calibrador	Polainas
Soldador	Retroexcavadora	Manometro	Careta de esmerilar
Alineador			Careta para soldar
Ayudante técnico			

Obrero			
--------	--	--	--

2.5.9 Prueba hidrostática.

2.5.9.1 Descripción.

La tubería destinada para transporte de gas y que en operación pueda generar esfuerzos circunferenciales mayores o iguales al 30% del límite de fluencia mínimo especificado para el material, deber ser probada a ensayos de verificación mecánica durante un tiempo no inferior a 2 h a las presiones indicadas en la Tabla 12 de acuerdo a la localidad correspondiente a cada sección específica de tubería de 1,6 Km (1 milla).

Tabla 12. Presiones de ensayo y agentes de prueba para tuberías metálicas.

Clase de localidad	Agente de prueba	Presión de ensayo		MPOP (El menor de los valores indicados)
		Mínima	Máxima	
1	Agua	1.1XMPOP	Ninguna	(1)PE/1.10 (2)PD
	Aire	1.1XMPOP	1.1XPD	
	Gas	1.1XMPOP	1.1 XPD	
2	Agua	1.25XMPOP	Ninguna	(1)PE/1.25 (2)PD
	Aire	1.25XMPOP	1.25XPD	
3	Agua	1.40XMPOP	Ninguna	(1)PE/1.40 (2)PD
4	Agua	1.40XMPOP	Ninguna	(1)PE/1.40 (2)PD

PE: Presión de ensayo
PD: Presión de diseño
MPOP: Máxima presión de operación permisible

Fuente: NTC 3738

Los datos de la Tabla 12 para localidades 3 y 4 no serán aplicables si se presentan las siguientes condiciones:

- 1) La temperatura del suelo sea igual o inferior a 0°C (32 °F) o pueda descender a estas temperaturas antes de que se logre terminar el ensayo.
- 2) No se encuentra en el sector disponible una cantidad suficiente de agua de calidad tal que no permita la acumulación de residuos sólidos en la tubería, ni la corrosión en la misma.

En tales casos, el sistema de tuberías debe ser ensayados con aire como agente de prueba, a una presión equivalente a 1.1 veces la MPOP.

Para las redes de transporte que trabajen con esfuerzos menores al 30% del límite de fluencia mínimo especificado se deben guiar por la Tabla 12, excepto:

- a) En las localidades de clase 1, solo será necesario practicar ensayos de hermeticidad, realizado con aire o gas hasta 100 PSIG o hasta el valor necesario para generar un esfuerzo circunferencial equivalente al 20% del límite de fluencia prescrito para el material.
- b) En las localidades de las clases 2,3 y 4 se podrá usar aire o gas como agente de prueba, en vez de agua, siempre y cuando las presiones de ensayo no generen esfuerzos superiores a los indicados en la Tabla 13:

Tabla 13. Máximo esfuerzo circunferencial permisible durante el ensayo,

Agente de prueba	Clase de localidad		
	2	3	4
	% del límite de fluencia mínimo especificado		
Aire	75%	50%	40%
Gas	30%	30%	30%

Fuente: NTC 3738

En la Tabla 14 se presenta los valores de presión de prueba recomendados por ASME B31.8 de acuerdo a la clase de localidad.

Tabla 14. Requerimientos de prueba para ductos y líneas principales que operen a tensiones de aro de 30% ó más, de la mínima tensión de fluencia especificada de la tubería.

Clase de localidad	Fluido de prueba permitido	Presión total prescrita		Máxima presión admisible de operación, la menor entre
		Mínima	Máxima	
1, División 1	Agua	1.25XMPO	Ninguna	PP/1.25
1, División 2	Agua	1.1XMPO	Ninguna	PP/1.1 ó PD
	Aire	1.1XMPO	1.1XPD	
	Gas	1.1XMPO	1.1XPD	
2	Agua	1.25XMPO	Ninguna	PP/1.25 ó PD
	Aire	1.25XMPO	1.25XPD	
3 y 4	Agua	1.25XMPO	Ninguna ó PD	PP/1.40 ó PD
PD: Presión de diseño MPO: Máxima presión de operación (no necesariamente la máxima presión admisible de operación) PP: Presión de prueba				

Fuente: ASME B31.8

En las localidades 3 y 4 podrá usarse aire siempre y cuando se aplique lo siguiente:

- ✓ La máxima tensión de aro durante la prueba es menor al 50% de la mínima tensión de fluencia especificadas en localidades clase 3 y menos del 40% de la mínima tensión de fluencia especificada en localidades clase 4.
- ✓ La máxima presión a la cual operará el ducto o la línea principal, no excede el 80% de la máxima presión de prueba usada en campo.

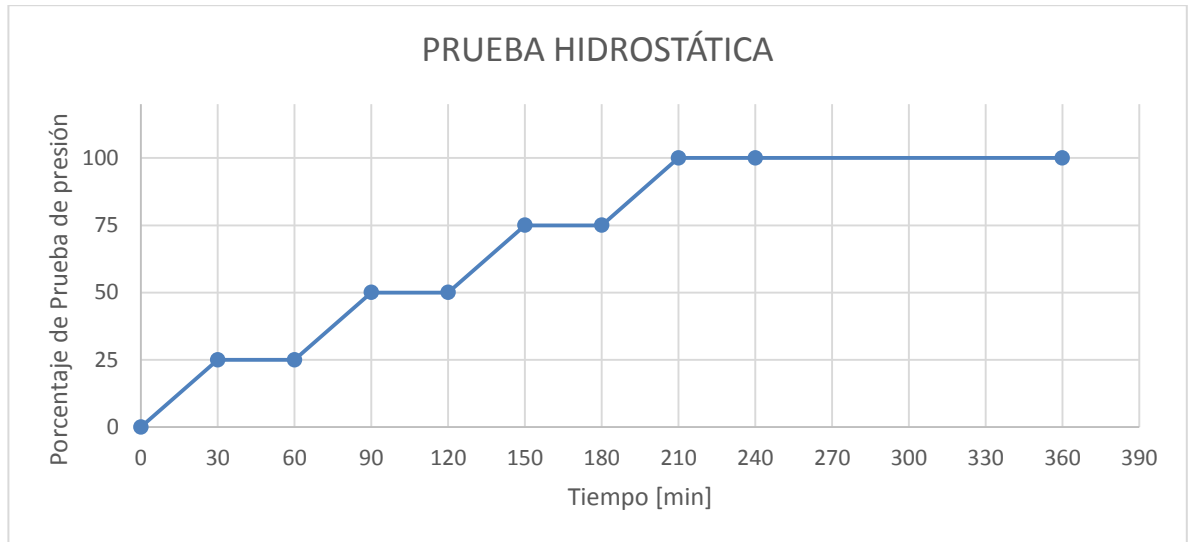
- ✓ Tubería nueva con un factor de unión longitudinal establecido en la Tabla 841.115A de ASME B31.8 igual a 1.

En los puntos donde se realice cruces de vía o de caudales, debe realizarse previamente la prueba hidrostática a este tramo con el objeto de verificar previamente la integridad de las soldaduras y hermeticidad de la tubería antes de instalarla, debido a que cualquier corrección posterior a su instalación generara reprocesos que se traducirán en aumento de tiempos y costos. La prueba hidrostática no debe preceder en ningún caso a los END de las soldaduras, con excepción de las llamadas juntas de oro (juntas de los empalmes) y a las cuales generalmente se les realizará radiografía al finalizar las soldaduras y se repite nuevamente pasadas 24 horas, sobre todo en aquellas que usan electrodos de alto hidrogeno.

Como buena práctica se recomienda no levantar la presión inicialmente a la presión de prueba si no realizarlo secuencialmente para verificación y mantenerlo 30 minutos, es decir, inicialmente al 25%, 50%, 75% y finalmente al 100% de la presión de prueba, de esta manera se va validando a la menor presión posible las fugas y corregirlas en dado caso que se presenten sin afectar la integridad de los involucrados en esta actividad. Lo anterior se puede evidenciar en la Gráfica 4.

El agua empelada en la prueba hidrostática debe tener su respectivo análisis físico químico y en caso de captar agua de alguna fuente natural se debe contar adicionalmente con el respectivo permisos de captación previo a su uso y para su disposición final se debe contar con el respectivo permiso de vertimiento, asegurando la integridad física y química del agua por medio de análisis del agua.

Gráfica 4. Presión de prueba Vs tiempo recomendada para el levantamiento de presión



La prueba de presión se considera aceptable si la presión a la cual se realizó la prueba se mantiene estable por el tiempo establecido y las caídas de presión que llegasen a presentarse son sustentables con los respectivos cambios de temperatura, los cuales para el caso de usar agua como fluido de prueba, se pueden calcular mediante las siguientes ecuaciones:

$$B = \frac{-64,268 + 17,0105T - 0,20368T^2 + 0,0016048T^3}{1 \times 10^6} \quad \text{Ecuación (8)}$$

$$dP = \frac{B - 2a}{\left(\frac{D(1-V^2)}{Et}\right) + C} \quad [\text{psig}/C] \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

B: Coeficiente de expansión del agua

dP: Cambio de presión interna por cada °C

D: Diámetro externo en pulgadas

a: Coeficiente de expansión del acero

V: Relación de Poisson

E: Modulo de elasticidad del acero
t: Espesor de pared en pulgadas
T: Temperatura de prueba en °C
C: Factor de compresibilidad del agua

Una vez finalizada la prueba de presión, se debe realizar el desalojo de agua de la tubería para ello nuevamente se hará uso de raspadores impulsados con aire comprimido, posteriormente se debe realizar el paso de espumas de alta densidad para realizar el secado de la tubería, tantas veces como sea necesario para garantizar el secado total de la línea, en algunas partes tienen como buena práctica determinar el número de veces de paso de espumas cuando el peso inicial de las mimas y su estado físico es igual al final, y la penetración de la espuma por residuos sea 25 mm o menos, otra manera es medir el punto de rocío y determinar que la línea se encuentra seca cuando este es igual a 0°C.

Durante la ejecución de la prueba hidrostática se debe llevar registro de presión y temperatura de la totalidad del tiempo que dure la prueba. Los instrumentos empleados para realizar estas pruebas de presión deben estar calibrados, es recomendable que esta calibración no sea superior a 6 meses. Para los manómetros que se empleen se recomienda por seguridad que la escala de lectura de presión se encuentre entre el 50% y 75% de la escala total del manómetro.

2.5.9.2 Registro fotográfico.

En el Cuadro 48 se presentan fotografías de alistamiento y ejecución de pruebas hidrostáticas en tuberías.

Cuadro 48. Registro fotográfico Prueba hidrostática

	
<p>Instalación de cabezales de Prueba hidrostática</p>	<p>Cambio de la carta de registro de presión y temperatura del registrador grafico durante la PH.</p>
	
<p>Alistamiento y verificación en el cabezal de prueba de presión</p>	<p>Nivelación de presión de prueba en el peso muerto</p>

2.5.9.3 Referencias.

Las pruebas de presión en Gasoductos se rigen principalmente por los siguientes documentos:

- API RP 1110 Pressure Testing of Steel Pipelines for the Transportation of Gas, Petroleum Gas, Hazardous Liquids, Highly Volatile Liquids or Carbon Dioxide.
- ASME B31.8S Managing System Integrity of Gas Pipelines
- ASME SECTION IX, Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators.
- ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
- API 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities.
- NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.
- NTC 4991. Soldadura de líneas de tubería y de instalaciones relacionadas.

2.5.9.4 Recursos.

En las pruebas hidrostáticas es importante contar con personal calificado e instrumentos de medición con calibración vigente, debido al riesgo que presenta para el personal que la ejecuta y el que está alrededor. En el Cuadro 49 se pueden identificar los principales recursos para esta actividad.

Cuadro 49. Principales recursos para la actividad de prueba hidrostática

PERSONAL	EQUIPOS- MAQUINARIA	EQUIPOS DE MEDICIÓN	EPP
Supervisor	Pulidora	Kit de soldadura	EPP Básicos
Ingeniero de pruebas	Motosoldador	Flexometro	Mascarilla de humo
Operador	Compresor	Calibrador	Polainas
Soldador	Retroexcavadora	Manómetro	Careta de esmerilar
Alineador	Bomba de alta y baja	Medidor de peso muerto	Careta para soldar
Ayudante técnico		Registrador de	

		presión	
Obrero		Termómetro	
		Cronometro	

3. CONCLUSIONES

1. El conocimiento y la aplicación de la normatividad vigente que aplica para la ejecución de cualquier actividad mitiga el impacto de las obras no conformes, ya que establece parámetros de referencia que permiten al constructor validar y asegurar las obras de un Gasoducto.
2. Los gasoductos permiten unir comunidades, brindando un mecanismo para suministro de un servicio público como es el Gas Natural, es por esto, que las obras realizadas durante la construcción de Gasoductos cobran importancia.
3. Como actores que intervenimos en la cadena del Gas debemos asegurar desde la fase de construcción la durabilidad y estabilidad de las obras, para de esta manera contribuir con el sector energético.
4. Toda actividad realizada siempre deberá contribuir y respetar el medio ambiente y sociedad con la que interactúe, mitigando los posibles impactos que se puedan presentar por malas prácticas de construcción de Gasoductos.
5. El Plan de inspección y ensayos como medio de control de construcción permitirá sintetizar los requerimientos y criterios de aceptación de cada una de las actividades seleccionadas en la presente monografía.

BIBLIOGRAFÍA

1. API 1104, Welding of pipelines and related facilities
2. API RP 1102, Recommended Practice for Liquid Petroleum Pipelines Crossing Railroads and Highways.
3. API RP 1110 Pressure Testing of Steel Pipelines for the Transportation of Gas, Petroleum Gas, Hazardous Liquids, Highly Volatile Liquids or Carbon Dioxide.
4. API RP 5L1: Recommended Practice For Railroad Transportation of Line Pipes.
5. API RP577 Welding inspection and metallurgy.
6. API SPEC 5L, Specification for Line Pipe Del American Petroleum Institute.
7. ASME B31.8, Sistema de tubería para transporte y distribución de gas
8. ASME SECTION IX, Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators.
9. ASTM D4417, Método de prueba para mediciones en campo de perfiles de superficies de acero limpiadas con abrasivo.
10. ASTM E337 Método de prueba para medir humedad con un psicrómetro.
11. ASTNTC-1A American Society for Nondestructive Testing.
12. AWS A2.4, Symbols for welding and non destructive testing.
13. AWS A3.0, Welding terms and definitions.
14. AWS D1.1, Structural Welding code
15. COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 769 del 2002. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Bogotá DC., 2002.
16. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Decreto 1609 de 2002, por el que se reglamente el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. Bogotá D.C., 2002.
17. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 001937 de marzo 30 de 1994. En la que se regula las señales temporales de

aproximación a los frentes de trabajo, obstáculos y/o peligros. Bogotá D.C., 1994.

18. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 008408 de 1985, por la cual se establece la cantidad mínima de señales temporales a utilizar en calles y carreteras. Bogotá D.C., 1985.
19. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1050 de 2004. Por la cual se adopta el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclo rutas de Colombia del Ministerio de Transporte. Bogotá D.C. 2004
20. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 4100 del 2004. Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional. Bogotá D.C., 2004.
21. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 4959 del 8 de noviembre de 2006. Por la cual se fijan los requisitos y procedimientos para conceder los permisos para el transporte de cargas individuales extrapesadas y extradimensionadas y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte. Bogotá D.C., 2006.
22. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Decreto 2056 del 2003. por el cual se modifica la estructura del Instituto Nacional de Vías, Invías, y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., 2003.
23. Ecopetrol S.A. Especificaciones técnicas Línea de transferencia de Gas Cupiagua Cusiana, 2011.
24. Ecopetrol S.A. Especificaciones técnicas para construcción de ductos para transporte de hidrocarburos de Ecopetrol S.A.
25. Ecopetrol S.A., Gasoductos y campos de gas natural en Colombia [En línea],
<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=358&conID=42585>
[Fecha de consulta: 11 de octubre del 2014]

26. FLÓREZ, M, ANÁLISIS, DOCUMENTACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE LA DIRECCIÓN COMERCIAL DE LA EMPRESA COLOMBIANA DE GAS ECOGÁS. Universidad Industrial de Santander, Proyecto de grado Ingeniería Industrial, Bucaramanga 2006.
27. GUERRERO, F.; LLANO, F, GAS NATURAL EN COLOMBIA - GAS e.s.p. En Universidad Icesi, Especialización en administración de empresas, Abril 2003, N°87 9-11p.
28. ICONTEC. NTC 174 Concretos. Especificaciones de los Agregados Para Concreto
29. ICONTEC. NTC 3728, Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.
30. ICONTEC. NTC 396 Método de Ensayo para Determinar el Asentamiento del Concreto
31. ICONTEC. NTC 396 Método de Ensayo para Determinar el Asentamiento del Concreto
32. ICONTEC. NTC 454 Concretos. Concreto Fresco. Toma de Muestras
33. ICONTEC. NTC 4991. Soldadura de líneas de tubería y de instalaciones relacionadas.
34. ICONTEC. NTC 550, Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.
35. ICONTEC. NTC 673 Concretos. Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto
36. Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética. La cadena de gas natural en Colombia. ISBN: 958-97885-9-1. Colombia: UPME
37. NACE RP 0188 Prácticas para prueba de discontinuidad de recubrimientos no conductivos sobre substratos metálicos.
38. NACE RP028 Medición de campo de perfil superficial de acero limpiado con abrasivo usando cinta replica.

39. Norma Internacional ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad-
Requisitos
40. Normas Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistentes (NSR-
10)
41. SSPC-PA-2 Medición del espesor de recubrimientos secos con medidores
magnéticos
42. VEGA, Didier Augusto. Fases y estrategias de construcción para transporte
de hidrocarburos. Trabajo de grado. Especialista en Ingeniería de Gas.
Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías
Físico mecánicas, 2012.

ANEXOS

Anexo A. Plan de inspección y ensayos de actividades civiles y mecánicas para la construcción de Gasoductos enterrados en Colombia