

**ANÁLISIS DE LAS DISTINTAS ACCIONES PREVENTIVAS Y
CORRECTIVAS PARA CONTROLAR EL FENÓMENO GEOLÓGICO, DE
MOVIMIENTOS DE TIERRAS "SECTOR CRÍTICO DE BRICEÑO"
GASODUCTO CENTRORIENTE**

JORGE EDUARDO LINERO GÓMEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-QUÍMICAS
POSTGRADO INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA
2006**

**ANÁLISIS DE LAS DISTINTAS ACCIONES PREVENTIVAS Y
CORRECTIVAS PARA CONTROLAR EL FENÓMENO GEOLÓGICO, DE
MOVIMIENTOS DE TIERRAS "SECTOR CRÍTICO DE BRICEÑO"
GASODUCTO CENTRORIENTE**

JORGE EDUARDO LINERO GÓMEZ

**Monografía presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Ingeniería del Gas**

Director
Emiliano Ariza León
Especialista en Ingeniería del Gas

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-QUÍMICAS
POSTGRADO INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA
2006**

DEDICATORIA

A la Empresa Colombiana de Gas - ECOGAS

AGRADECIMIENTOS

El autor manifiesta sus más sinceros agradecimientos a:

Empresa Colombiana de Gas - Ecogas

Universidad Industrial de Santander - UIS

Ingenieros Jose Heli Gomez Higuera, Jaime Castellanos, Fredi Lopez y Carlos Gomez; quienes como mis superiores en la empresa Colombiana de Gas - ECOGAS, tuvieron un invaluable aporte en mi crecimiento profesional.

A Salazar Ferro Ingenieros, Firma líder en el monitoreo geotécnico

A Nini Catalina Moreno Torres, por su valiosa e incondicional colaboración

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	9
2	DESCRIPCIÓN GASODUCTO CENTRO ORIENTE.....	10
3	TEORÍA BÁSICA PROPIEDADES BÁSICAS DE MATERIALES	11
3.1	PRUEBA DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN	11
3.2	EL DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACION UNITARIA.....	12
4	ILUSTRACIÓN DEL FENÓMENO	17
4.1	COMPLEJIDAD DEL FENÓMENO	17
4.2	Instrumentación geotécnica - Instrumentación estructural.....	18
4.3	Efectos sobre la tubería	19
5	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA	20
5.1	UTILIDAD DE LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA.....	20
5.2	EL CASO ESPECÍFICO DEL SECTOR 8 Y LA RUTINA DE MANTENIMIENTO	21
5.3	FUNCIONAMIENTO DEL INCLINÓMETRO Y CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO CON EL CUAL SE REALIZARON LAS LECTURAS	22
5.4	FUNCIONAMIENTO DE LOS PIEZÓMETROS DE HILO VIBRÁTIL - EQUIPO DE LECTURA.....	26
5.5	METODOLOGÍA IMPLEMENTADA MIENTRAS SE CONSTRUÍA LA VARIANTE	27
6	MONITOREO DEFORMACIÓN MULTIPLE.....	30
6.1	PROCEDIMIENTO DE ALIVIO DE ESFUERZOS	39
7	OTRAS SOLUCIONES.....	81
8	CONCLUSIONES	86
	BIBLIOGRAFÍA.....	90

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DE LAS DISTINTAS ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS PARA CONTROLAR EL FENÓMENO GEOLÓGICO, DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS “SECTOR CRITICO DE BRICEÑO” GASODUCTO CENTRO ORIENTE. *

AUTOR: JORGE EDUARDO LINERO GÓMEZ **

PALABRAS CLAVES: Monitoreo estructural, Briceño, Alivio de esfuerzos, Deslizamiento de tierra sobre la tubería.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO

Esta monografía muestra como los esfuerzos pueden relacionarse con las deformaciones unitarias usando métodos experimentales para determinar el diagrama esfuerzo deformación - unitaria de un material específico y como estos pueden usarse para controlar el fenómeno geológico de movimiento de tierras sobre una tubería.

EFFECTOS SOBRE LA TUBERÍA

El efecto práctico de este fenómeno de deslizamiento de tierra sobre la tubería, se refleja en esfuerzos de tensión y compresión a lo largo de la tubería, que al superar el mínimo esfuerzo de fluencia, cambia las condiciones físico – mecánicas de la tubería permanentemente, produciéndose de este modo concentraciones de esfuerzos que ocasionan la ruptura del gasoducto.

PROCEDIMIENTO DE ALIVIO DE ESFUERZOS

Alcance. Establecer el conjunto de actividades para ejecutar los trabajos de Alivio de Esfuerzos, a partir de los resultados de monitoreo estructural del sector Briceño, mediante la ejecución de los trabajos de localización, materialización de puntos de corte, excavación y cambio de tubería en los Sectores Críticos cumpliendo con las normas de construcción y la posterior normalización del gasoducto.

TRABAJOS DE REPARACIÓN MECÁNICA EN EL SECTOR BRICEÑO.

Realice los cortes de tubería y prepare los biseles para insertar la nueva sección de tubería.

Desmagnetización de la tubería.

Alineación y soldadura de tubería según procedimiento WPS-002, utilizando soldadores debidamente calificados.

No permitir el ingreso de semovientes y/o personas ajenas a los trabajos durante el desarrollo de los trabajos.

Solución Intermedia de variantes cortas, pasos áreas en quebradas y sectores con tubo superficial.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Especialización en Ingeniería del Gas. Director: Ing. Emiliano Ariza León

GLOSARY

TITULO: ANALYSIS OF THE DIFFERENT PREVENTIVE AND CORRECTIVE ACTIONS TO CONTROL THE GEOLOGICAL PHENOMENON, OF MOVEMENTS OF LANDS " BRICEÑO'S CRITICAL SECTOR " GAS PIPELINE CENTER EAST. *

AUTHOR: JORGE EDUARDO LINERO GOMEZ

KEY WORDS: Structural monitoring; Briceño, Effort of fluency, Efforts relief, landslide on the tubing, landslide on the tubing

DESCRIPTION OF CONTENT

This monograph shows how the efforts can relate to the unit deformations using experimental methods to determine the deformation effort diagram - unit of a specific material And since these they can be used to control the geological phenomenon of movement of lands on a pipeline.

EFFECTS ON TUBING

The practical effect of this phenomenon of landslide on the tubing, reflects itself in efforts of tension and compression along the tubing, that when it surpasses the most minimum effort of fluency, changes the physico – mechanical conditions of the tubing permanently, Producing concentrations of efforts that cause the break of the pipeline.

EFFORTS RELIEF PROCEDURE

Reach. Establishing the assembly of activities to execute the Efforts Relief works, from the results of structural monitoring of the Briceño sector, by means of the execution of the works of localization, cut points materialization, excavation and change of tubing in the Critical Sectors complying with the norms of construction and the subsequent normalization of the gas pipeline.

WORK OF MECHANICAL REPAIR IN THE BRICEÑO SECTOR.

1. Carry out the cuts of tubing and prepare the bevels to insert the new section of tubing.
2. Demagnetization of the tubing.
3. Alignment and welding of tubing, utilizing welders properly qualified.
4. Do not permit the income of animals and/or people who are not involved during the development of the work.
5. Intermediate solution of variant short, steps areas in grooves and sectors with superficial pipe.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Especialización en Ingeniería del Gas. Director: Ing. Emiliano Ariza León

1 INTRODUCCIÓN

El mundo de hoy presenta retos cada vez más grandes para el transporte de hidrocarburos, que exigen la toma de decisiones oportunas y acertadas para mantenerse a la vanguardia en la industria, prestando un servicio confiable, seguro y con altos estándares de calidad.

Una decisión tardía puede ocasionar que se tenga que incurrir en gastos que inicialmente no eran necesarios, así como también podría ocasionar accidentes que causarían no solo sobre costos en la atención de la emergencia, sino también lucro cesante, pérdida de producto y contaminación.

Por otra parte decisiones desesperadas, tomadas con gran incertidumbre, ocasionan grandes costos innecesarios en infraestructura que no generan nuevos ingresos, sino que por el contrario originan incremento de los costos de administración, operación y mantenimiento.

Lo anterior crea la necesidad para el ingeniero de contar con información suficiente que le permita generar aumento de los ingresos optimizando el uso de los recursos que estén a su disposición.

2 DESCRIPCIÓN GASODUCTO CENTRO ORIENTE

Propiedad de Ecogás, es el principal activo de esta Empresa. Está conformado por un primer sector desde Barrancabermeja hasta Neiva y un segundo sector desde Vasconia hasta Cogua, en cercanías de Zipaquirá. El primer sector suministra Gas Natural a 18 municipios de los departamentos de Caldas, Cundinamarca y Tolima; a través del Centro Operacional de Sebastopol al Gasoducto Sebastopol-Medellín; a las plantas de generación eléctrica de Termocentro, Termodorada, Termomerilétrica, Termosierra, y en Mariquita al Gasoducto de Occidente. El segundo sector alimenta a 18 municipios de los departamentos de Cundinamarca, Santander y Boyacá y a la capital del país.

Cuenta con una Estación de Compresión en el Centro Operacional de Barrancabermeja (COGB), con lo cual la capacidad de transporte de este gasoducto es de 200 mpc/d. La extensión total del gasoducto es de 759 kilómetros, en sus dos troncales principales: Barrancabermeja - Neiva (553 kilómetros) y Vasconia - Cogua - Bogotá (208 kilómetros)

El problema que se presenta en el Tramo P.K. 20+000 al P.K 32+000 (Tramo la Belleza – Cogua) de 22” consiste en la desestabilización geológica y reptamiento de grandes masas de coluvión con varios componentes direccionales que generan esfuerzos de tensión y compresión sobre la tubería causando colapso y ruptura en tres abscisas (P.K.) definido.

3 TEORÍA BÁSICA PROPIEDADES BÁSICAS DE MATERIALES

Una vez estudiados los conceptos básicos de esfuerzo y deformación unitaria, mostraremos en este capítulo como los esfuerzos pueden relacionarse con las deformaciones unitarias usando métodos experimentales para determinar el diagrama esfuerzo deformación - unitaria de un material específico.

3.1 PRUEBA DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN

La resistencia de un material depende de su capacidad para soportar una carga sin deformación excesiva o falla. Esta propiedad es inherente al material mismo y debe determinarse por experimentación. En consecuencia, se han desarrollado varios tipos de prueba para evaluar la resistencia del material bajo cargas estáticas, cíclicas, de duración prolongada o producida por impulsos. En el curso de los años, cada una de estas pruebas se ha estandarizado, de modo que pueden compararse los resultados obtenidos por diferentes laboratorios. En Estados Unidos, la American Society for Testing and Materials (ASTM) ha publicado pautas o lineamientos para llevar a cabo tales pruebas y proporciona los límites dentro de los cuales es aceptable el uso de un material determinado.

Entre las pruebas más importantes están las pruebas de tensión y compresión. Aunque con estas pruebas pueden determinarse muchas propiedades mecánicas de un material, se utilizan principalmente para determinar la relación entre el esfuerzo normal promedio y la deformación normal unitaria en muchos materiales utilizados en ingeniería sean de metal, cerámica, polímeros o compuestos. Para llevar a cabo esta prueba, se

prepara un espécimen o probeta de forma y tamaño estándar. Antes de la prueba, se imprimen con un punzón a la probeta dos marcas pequeñas a lo largo de ésta. Estas marcas se colocan lejos de los extremos de la probeta porque la distribución del esfuerzo en los extremos es un tanto compleja debido al agarre de las conexiones cuando se aplica una carga. Se toman mediciones tanto del área de la sección transversal del espécimen, "A_o" como de la distancia "L_o" de la longitud calibrada entre las marcas del punzón.

La máquina se diseña para que se pueda leer la cara requerida para mantener este alargamiento uniforme.

Durante la prueba, y a intervalos frecuentes, se registran los datos de la carga aplicada "P" a medida de que se leen en la carátula de la máquina. También puede medirse el alargamiento " $\delta = L - L_0$ " entre las marcas que se hicieron en la probeta con el punzón usando ya sea un calibrador o un dispositivo óptico o mecánico llamado extensómetro. Este valor δ (delta), se usa luego para determinar la deformación unitaria promedio de la muestra.

3.2 EL DIAGRAMA ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA

A partir de los datos de un ensayo de tensión o de compresión, es posible calcular varios valores del esfuerzo y la correspondiente deformación unitaria en el espécimen y luego graficar los resultados. La curva resultante se llama esfuerzo-deformación unitaria y hay dos maneras de describirlo.

3.2.1 Diagrama convencional de deformación. Usando los datos registrados, podemos determinar el esfuerzo nominal o de ingeniería dividiendo la carga P aplicada entre el A_o de la sección transversal original

de la muestra. Este calculo supone que el esfuerzo es constante en la sección transversal y en toda la región entre los puntos calibrados. Tenemos:

$$\sigma = P/A_0$$

De la misma manera, la deformación nominal o de ingeniería se determina directamente leyendo el calibrador o dividiendo el cambio en la longitud calibrada σ , entre la longitud calibrada original de la probeta L_0 , Aquí se supone que la deformación unitaria es constante en la region entre los puntos calibrados. Entonces:

$$\epsilon = \sigma/L_0$$

Si se grafican los valores correspondientes de σ y ϵ , Con los esfuerzos como ordenadas y las deformaciones como abscisas, la curva resultante se denomina diagrama convencional de esfuerzo – deformación unitaria. Este diagrama es muy importante en la ingeniería ya que proporciona los medios para obtener datos sobre la resistencia a tensión (o compresión) de un material sin considerar el tamaño o forma geométrica del material. Sin embargo, debe ser claro que nunca serán exactamente iguales dos diagramas esfuerzo – deformación unitaria para un material particular, ya que los resultados dependen entre otras variables de la composición del material, de imperfecciones microscópicas, de la manera en que esté fabricado, de la velocidad de carga y de la temperatura durante la prueba.

Comportamiento Elástico. Se dice que la probeta responde elásticamente si retorna a su longitud o forma originales cuando se retira la carga que actúa sobre ella.

Fluencia. Un ligero aumento más allá del límite elástico o para nuestro caso mínimo esfuerzo de fluencia.

En el caso del acero con que están fabricadas la tubería el mínimo esfuerzo de fluencia es un valor inferior al límite real de fluencia que se denomina máximo esfuerzo de fluencia. Sin embargo es el SMYS el que se toma como referencia para emitir la alarma.

Endurecimiento por deformación. Cuando la fluencia ha terminado, puede aplicarse mas carga a la probeta hasta llegar a un esfuerzo máximo llamado esfuerzo ultimo, este proceso se denomina endurecimiento por deformación y en esté el material pierde las condiciones originales de fabricación que fueron determinantes en su escogencia en la etapa de diseño del gasoducto.

Debido a este cambio irreversible de las características físico – mecánicas del material, se hace imperativo no superar el límite de fluencia para conservar las condiciones de diseño del gasoducto.

3.2.2 Diagrama real esfuerzo – deformación unitaria. En lugar de usar siempre el área de la sección transversal y la longitud original de la muestra o probeta para calcular el esfuerzo y la deformación unitaria, podríamos haber usado el área y la longitud real de la muestra en el instante en que la carga se esta midiendo. Los valores del esfuerzo y de la deformación unitaria calculados a partir de estas mediciones se llaman esfuerzo real y deformación unitaria real, y un trazado de sus valores se llama diagrama real esfuerzo – deformación unitaria.

Los diagramas convencional y real prácticamente coinciden cuando la

deformación unitaria es pequeña. Las diferencias comienzan a aparecer en la zona de endurecimiento por deformación, donde la magnitud de la deformación unitaria es más significativa.

El sistema de calculo que se usa en el monitoreo de los sectores críticos de Briceño es el convencional.

Sin embargo, siendo nuestro interés que no se supere el limite de fluencia, los valores obtenidos no presentan diferencia importantes a los que se obtendrían con el Diagrama real esfuerzo – deformación unitaria.

3.3 LEY DE HOOKE

En el capitulo 4 se ilustraran los argumentos por los cuales suponemos que la tubería del gasoducto Centro – Oriente, entre Boquemonte y Briceño esta sometida a esfuerzos de tensión y compresión.

En el presente capitulo se determinó la importancia de evitar que el material supere el limite de fluencia. Ahora mostraremos la relación lineal que existe entre el esfuerzo y la deformación, mientras el material presente comportamiento elástico.

En 1676 Robert Hooke, observo que un aumento en el esfuerzo causa u aumento proporcional en la deformación unitaria y expreso matemáticamente este hecho como:

$$\sigma = E \varepsilon$$

Aquí E representa la constante de proporcionalidad, que se llama modulo de elasticidad o modulo de Young, en honor de Thomas Young, quien publico en 1807 un trabajo sobre el tema. E es una propiedad mecánica que indica la rigidez de un material y esta tabulada para muchos de los materiales usados en ingeniería.

Esta ecuación es de vital importancia, por que de esta se desprenden dos principios fundamentales en la aplicación y toma de decisiones del monitoreo de elongación en un ducto para transportes de Hidrocarburos.

1º Principio: Una vez superado el límite de elasticidad o SMYS en nuestro caso, las medidas de deformación unitaria, carecen de sentido y no se deben tomar decisiones con respecto a estas.

2º Principio: Una vez se establezcan las medidas de deformación unitaria en el ducto, podemos conocer el esfuerzo tangencial al que esta sometida la tubería y así tomar decisiones con respecto a disminuir o aumentar la presión de operación.

4 ILUSTRACIÓN DEL FENÓMENO

La tubería del Gasoducto Centro Oriente en el tramo entre Boquemonte y Briceño atraviesa una inestabilidad regional que es anterior a la construcción del Gasoducto. En efecto, el informe respectivo¹ indica que este sitio corresponde a lo que los geólogos denominan como deyección. Por lo anterior, se descarta que haya sido la construcción del gasoducto lo que haya generado la inestabilidad regional tal como lo consideran algunos moradores de la zona.

La inestabilidad corresponde al deslizamiento del suelo (coluvión) sobre la roca (lutita) que es bastante impermeable. Con respecto a este coluvión, aunque incluye bloques gigantescos de roca, desafortunadamente lo que domina el fenómeno son las características mecánicas de la matriz arcillosa que son malas en términos de estabilidad. En cuanto al espesor de esta capa en movimiento, es variable y alcanza a veces valores hasta 40 metros en algunos sitios.

Toda esta información se pudo establecer gracias a la instrumentación geotécnica instalada, no obstante el alcance limitado de dicha instrumentación en términos de poder reflejar el estado de esfuerzos de la tubería que es lo que realmente interesa en primera prioridad a Ecogas.

4.1 COMPLEJIDAD DEL FENÓMENO

La situación de la tubería enterrada en un talud inestable constituye lo que en geotecnia se conoce con el nombre de "Interacción Suelo-Estructura", tema

¹ Informe geológico presentado a Ecogas por Salazar Ferro ingenieros S.A

en permanente investigación y en el cual hay que admitir, se tiene aún hoy en día un gran desconocimiento. SFISA² en colaboración con firmas nacionales y extranjeras ha realizado ensayos debidamente instrumentados cuyos resultados han mostrado no el grado de desconocimiento del comportamiento suelo-estructura sino lo difícil que resulta predecir teóricamente el comportamiento real de lo que se sucede en la interacción suelo-estructura. Y esto aún en este tema tan recurrente como el de los pilotes con alguna similitud con nuestro caso que es aún más complejo (trayectoria no rectilínea, continuidad casi "infinita", suelo no solo en movimiento sino a veces con aceleración. etc).

En razón a todas estas consideraciones, es importante insistir que en el caso del tramo de gasoducto Boquemonte - Briceño, estamos frente a un problema muy complejo, difícilmente modelizable para obtener resultados satisfactorios.

4.2 INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA - INSTRUMENTACIÓN ESTRUCTURAL

Refiriéndolo a esta interacción suelo estructura, la instrumentación instalada en Briceño puede dividirse en dos conjuntos, a saber, la instrumentación inicial instalada en el suelo y la instrumentación posterior instalada en la estructura, que en este caso es el tubo.

Ambas son complementarias, pero la metodología final consistente en realizar intervenciones en el tubo en lugar de implementar intervenciones geotécnicas, la instrumentación estructural posterior adquirió un carácter

² **Salazar Ferro Ingenieros S.A**

principal frente a la instrumentación geotécnica inicial.

Sin embargo, esta metodología de obviar grandes intervenciones geotécnicas en razón al gigantismo del fenómeno no significa, que no se deban realizar pequeñas intervenciones puntuales estratégicas.

4.3 EFECTOS SOBRE LA TUBERÍA

El efecto práctico de este fenómeno de deslizamiento de tierra sobre la tubería, se refleja en esfuerzos de tensión y compresión a lo largo de la tubería, que al superar el mínimo esfuerzo mínimo de fluencia, cambia las condiciones físico – mecánicas de la tubería permanentemente.

Es importante resaltar que en la tubería pueden presentarse todo tipo de esfuerzos puntuales, pero al ser extremadamente complejo simular o anticiparse al movimiento del suelo, es mucho más conveniente reflejar los esfuerzos que se manifiestan a lo largo de la tubería como son los esfuerzos mencionados en el párrafo anterior.

La utilidad de esta suposición se ha demostrado en la práctica durante algo más de dos años y en el contenido de los capítulos posteriores se explicara y analizaran los resultados obtenidos.

La forma mas sencilla de describir el fenómeno sobre la tubería es el de compararla con una cuerda sujeta en sus extremos, cualquier esfuerzo puntual en cualquier punto de la cuerda se traducirá en esfuerzos de tensión y compresión a lo largo del resto de esta.

5 INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

5.1 UTILIDAD DE LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

La información de inclinómetros permitió entre otros, tener certeza del espesor del coluvión en cada caso. De la misma manera, la información de piezómetros de hilo vibrátil permitió conocer el régimen de presión de poros que en épocas de invierno (un aguacero de sola una noche - 110 mm medido en uno de los pluviómetros instalados corresponde al 14% de lo que llueve en un año en Bogotá) reduce aún más los factores de seguridad, factores por demás precarios obtenidos de los análisis de estabilidad (Métodos Bishop y Jambú).

Esta agua no solo significa mayor peso en el coluvión agrietado. Significa además mayores presiones de poros y por ende menores esfuerzos efectivos, lo cual va mermando las características mecánicas del suelo (resistencia al corte). El agua en este caso particular, resulta un problema adicional por cuanto se infiltra por las grietas pero solo hasta el contacto coluvión - lutita que es muy impermeable.

Este contacto así "lubricado" se convierte en una superficie preferencial de deslizamiento, superficie debidamente registrada por los inclinómetros. Para completar este escenario negativo, es necesario subrayar que a medida que se mueve el coluvión, las partículas en esta superficie empiezan a girar entre sí y se produce un efecto que en geotecnia se conoce con el nombre de remoldeo, efecto que merma aún más las características mecánicas del material y que hace de este problema de inestabilidad un fenómeno progresivo.

Si no fuera por los resultados de instrumentación, no se habrían descartado de plano las soluciones tradicionales (muros de contención, tensores, drenes horizontales) para taludes inestables del conjunto de posibles soluciones.

5.2 EL CASO ESPECÍFICO DEL SECTOR 8 Y LA RUTINA DE MANTENIMIENTO

El sector 8, que corresponde al inicio del cono deyección, había al momento de la instalación de la instrumentación estructural, convergencia de flujos incontrolados de escorrentía que no solo empeoraba las condiciones inestables del talud al cual la tubería le estaba sirviendo de pata, sino que además se infiltraban por las grietas del coluvión.

En este sector 8, se realizó de manera previa a la instalación de los extensómetros correspondientes ilustrados en párrafos posteriores, unas obras urgentes que evitaban que se infiltrasen del orden de 100 toneladas de agua en un solo día no lluvioso.

Siguiendo con el sector 8, durante estas obras, se aprovechó para retirar bloques en contacto con la tubería, bloques que muy posiblemente hubieran podido producir punzonamiento en la tubería, ya que son bloques que funcionan como "mordazas" en términos de la interacción suelo estructura.

Para terminar con el caso del sector 8, para este tipo de inestabilidades mayores, soluciones como las de zanjas superficiales en piedra pegada que tienen el efecto perverso de conducir el agua hasta grietas bien definidas, o como soluciones con gaviones (filera del sitio los de pata de talud) que aumentan el peso del talud resultan discutibles.

Sin embargo hay que recordar que antes de la instrumentación estructural (extensómetros de posición múltiple), se instaló y controló en los distintos sectores críticos una instrumentación geotécnica consistente en inclinómetros, algunos de los cuales aún se encontraban en funcionamiento en las últimas lecturas y por lo tanto conviene recordar su funcionamiento:

5.3 FUNCIONAMIENTO DEL INCLINÓMETRO Y CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO CON EL CUAL SE REALIZARON LAS LECTURAS

Empezando por la instrumentación geotécnica que fue la primera que se instaló, se presenta a continuación la explicación del funcionamiento de los inclinómetros y de toma de lecturas del proceso de información el cual se puede ilustrar a partir del proceso de instalación correspondiente, a saber:

Se realiza una perforación hasta la profundidad desde la cual se quiere monitorear. Desde aquí empieza el primer problema, a saber, establecer cual es esta profundidad. En casos como éste en donde la capa que se mueve puede tener espesores de hasta 40 metros, perforar solo 20 metros puede resultar insuficiente por cuanto es posible que no se incluya en ésta la superficie de falla.

Y en casos como el de Briceño, esto puede suceder por cuanto la pauta era profundizar hasta cuando se hubieran perforado 5 metros en roca y desafortunadamente había bloques sueltos de ese tamaño dentro del coluvión.

Se insiste en que la información del inclinómetro es relativa, esto es, si todo

el tubo se mueve en bloque, el inclinómetro no registrará nada. Por lo anterior, dentro de las hipótesis de cálculo que se utilizaron, una de estas tiene que ver con la suposición de que los cinco metros inferiores de la perforación quedan en roca (lutita inferior) y no a un bloque aislado y por lo tanto el extremo inferior del inclinómetro puede considerarse como inmóvil.

Una vez realizada la perforación, perforación que casi nunca queda vertical (y que no es necesario que quede vertical como aparece en determinadas especificaciones de algunos proyectos), se empieza a introducir la tubería ranurada de inclinómetro que debe ser normalizada y exenta de espiralización. Esta tubería se tapona en su extremo inferior y se llena en algunos casos con agua para darle lastre.

La tubería que viene en secciones de 10 pies se une con uniones vinculadas a la tubería mediante remaches. En ciertos proyectos donde se esperan movimientos verticales relativos del suelo (asentamientos) que rodeará la tubería, se especifica colocar las secciones de manera disyunta y colocar remaches frágiles que se rompan en el momento necesario para evitar daño en la tubería. En efecto, en casos como éste, es preferible que se dañe prematuramente un inclinómetro por fricción negativa ejercida por el suelo a que se presenten dudas en la información correspondiente.

Una vez introducida toda la tubería dentro de la perforación, se llena con lechada (mezcla agua cemento) el espacio restante entre la pared de la tubería y la pared de la excavación.

Una vez fraguada la lechada, cualquier deformación lateral del suelo se refleja en la deformación de la tubería.

En cuanto al equipo de lectura, es importante indicar que existen equipos de lectura unidimensionales y otros bidimensionales. Eso explica porqué la tubería tiene 4 ranuras.

En segundo lugar, es importante subrayar que la lectura de un inclinómetro genera una información "voluminosa". Al respecto, existen equipos que graban la información y equipos en los cuales es necesario transcribir a mano, con todo lo que eso significa en términos de generación de errores. En equipos como el que se utilizó para tomar las medidas en Briceño, la consola graba magnéticamente toda la información bidimensional (ángulos del eje del torpedo con respecto a dos planos verticales ortogonales, cada determinado intervalo de profundidad).

En los proyectos mayores como presas, se especifica que las lecturas de inclinómetro deben tomarse en ambos sentidos cada 50 cm. Sin embargo, se puede hacer lecturas cada metro o más, lo que evita deterioro y costos del equipo pero lo que va en detrimento de la calidad de información pues se obtiene una curva con dos veces menos nivel de detalle.

En resumen, para el Proyecto de Ecogas, se instaló tubería Geokon importada idéntica a la instalada en la presa de la Miel, y utiliza la consola informatizada que descarga directamente a un computador igual a la que utiliza en las presas.

Para continuar con el Inclinómetro, hay que subrayar que todo equipo de cualquier marca con el tiempo va presentando un sesgo denominado "zero shift". Conociendo el zero Shift particular a cada equipo que impediría aparentemente hacer comparaciones de lecturas efectuados con equipos diferentes o de diferente marca (10 voltios por grado, 14 voltios por grado). El

software que desarrollo SFISA gracias a la información suministrada por los fabricantes permite realizar comparaciones directas de lecturas de diferente sistema y con diferente zero shift. Esta comparación ya es posible de efectuar en consolas computarizadas, como las de SFISA, en las cuales es posible incluir el zero shift de cada lectura.

El torpedo que se introduce en cada lectura puede esquematizarse como un tubo rígido de una pulgada de diámetro con dos troques articulados en sus extremos cada uno con dos ruedas todas éstas en un mismo plano, troques que se pueden ecualizar y ajustar mediante resortes de tal manera que garantizan el contacto entre la rueda y las ranuras de la tubería, permitiendo así hacer coincidir el eje del torpedo con el eje de la tubería. Dentro del tubo anterior hay dos servoacelerómetros perpendiculares entre sí, los cuales miden la inclinación del torpedo con respecto a la vertical geográfica en los dos planos paralelos de los acelerógrafos. La señal es enviada por cable a la consola que se localiza en el extremo superior de la tubería. Tomando lecturas de los ángulos cada 50 cm (es el operario quien va subiendo manualmente el torpedo guiándose con las marcas en el cable), se puede construir la gráfica correspondiente al perfil de la tubería o se puede calcular el cambio de perfil o lo que es lo mismo la deflexión entre dos lecturas.

De cada profundidad, una consola informatizada como la de SFISA obliga a la toma dos lecturas de cada ángulo, la segunda girando el torpedo 180 grados, que son las que aparecen en los archivos como A+ A- y B+y B-

El cálculo del inclinómetro se puede hacer con cualquier hoja electrónica utilizando la ecuación correspondiente. Simplemente, a partir del fondo del inclinómetro se va construyendo la curva de deflexión vertical utilizando los dos valores de ángulo medidos por el instrumento cada cincuenta

centímetros.

Para inclinómetros con otro azimut diferente al de trabajo, es necesario realizar el cambio de coordenadas correspondiente.

Se insiste en que la información de inclinómetros es relativa y que para el proyecto de Briceño se asume que el extremo inferior permanece inmóvil lo cual puede ser inexacto. Al respecto, para este caso, desafortunadamente, cualquier control de la boca del inclinómetro (topografía, GPS) tiene una precisión demasiado inferior a la precisión de la información de inclinómetros.

5.4 FUNCIONAMIENTO DE LOS PIEZÓMETROS DE HILO VIBRÁTIL - EQUIPO DE LECTURA

En lo que se refiere a la presión de poros, se instalaron piezómetros de hilo vibrátil que son los mismos con los que se controlan en proyectos como Miel 1 o Porco 2. Para su instalación también se perforó hasta encontrar por lo menos 5 metros de roca, aunque el piezómetro se instaló en el contacto suelo-roca rodeado de arena y obturado mediante un sello de bentonita.

El piezómetro de hilo vibrátil puede esquematizarse como un tubo metálico, cerrado en uno de sus extremos, con diafragma en el otro y con un hilo entre ambas caras. Al aumentar o disminuir la presión de poros, el diafragma se deforma, lo cual genera un cambio en la longitud y en la tensión en el hilo. Al excitar el hilo para hacerlo vibrar mediante un electroimán, la frecuencia natural de vibración del hilo cambia en función del cambio de presión de poros, y esta señal viaja por cable hasta la unidad de lectura.

Dependiendo del tipo de material, el diafragma esta rodeado de un filtro que permite el paso de líquidos, de gases, o de ambos.

Como la deformación del diafragma es proporcional a la cabeza de presión, el cálculo del cambio de presión entre dos lecturas consiste simplemente en restar ambas lecturas y multiplicarlas por la constante de proporcionalidad que es propia de cada piezómetro y sumar la ordenada al origen que es corresponde a la lectura al aire en el sitio. Finalmente hay que indicar que tanto para el piezómetro como para cualquier instrumento de hilo vibrátil, es necesario realizar una pequeña corrección de la frecuencia por efectos de temperatura, tal como lo indican los manuales correspondientes.

Para concluir con lo correspondiente a los piezómetros de hilo vibrátil, es importante indicar que éstos no presentan problemas desfase en el tiempo (éstos funcionan en "tiempo real") y de lecturas como los piezómetros Casagrande instalados en otros proyectos.

No obstante la utilidad de la instrumentación geotécnica antes ilustrada, ésta resultaba insuficiente para predecir esfuerzos intolerables en la tubería. Por lo anterior, mientras se construía esta nueva variante, era necesario implementar alguna metodología que permitiera seguir suministrando gas a Bogotá bajo la inclemencia del fenómeno anticipándose en la medida de lo posible a explosiones mediante la metodología que se ilustra a continuación.

5.5 METODOLOGÍA IMPLEMENTADA MIENTRAS SE CONSTRUÍA LA VARIANTE

Esta metodología que fue diseñada y puesta en práctica de común acuerdo

entre Ecogas y SFISA, consistió en mantener el gasoducto en funcionamiento pero controlando principalmente las deformaciones de la tubería de una manera económicamente viable, tratando de anticiparse a explosiones de dicha tubería mediante la realización de cortes programados de relajación en función de los resultados de una instrumentación estructural.

Aunque esta metodología, resultó satisfactoria en el sentido en que no se volvió a presentarse explosión alguna, no obstante la ejecución de varios cortes de relajación, esta metodología no estaba desprovista de inconvenientes por varias razones:

La primera de éstas tiene que ver con el grado de exhaustividad espacial. En efecto, solo se tiene controlada una parte de cada uno de los ocho sectores identificados como sectores críticos (10 sectores incluyendo el siete prima y el de válvulas) y la longitud de todos los ocho sectores críticos sumados es pequeña frente a la distancia que separa Boquemonte de Briceño. Por lo anterior, dada la continuidad de la tubería y la regionalidad del fenómeno, no se puede garantizar con la metodología actual que no se presenten explosiones en otros sitios.

En efecto, el calificativo de regional no significa que todo se mueva a una misma velocidad. Por el contrario, en razón a la pendiente topográfica y a la pendiente de la superficie de la roca (que no es la misma) algunos tramos tienden en general a deslizarse más rápido que otras zonas, aunque se recuerda, el movimiento no solo depende de la pendiente topográfica sino de muchos otros factores geotécnicos.

Sean cuales fueren estos factores, lo que resulta desafortunado es que el terreno avanza en algunos sitios más rápido (y acelerado en épocas de

invierno) que en otros tramos, tramos éstos últimos, que en términos relativos de movimiento, significan sitios de freno.

Por lo anterior, aunque el fenómeno es regional, las velocidades y aceleraciones variables en el terreno generan en la tubería una sucesión alternada de tramos a tensión y tramos a compresión. También dependiendo del trazado y del nivel de esfuerzos, existe la posibilidad de que se presenten tramos sometidos a efectos combinados (flexión y en algunos casos pandeo).

Por lo anterior, si se pudiera dejar que se moviera el terreno sin que se moviera el tubo sería ideal. Y esta desvinculación del tubo del terreno era la filosofía tanto de la solución con la tubería Armco como de la solución de cascarilla de arroz, ambas implementadas en el pasado por Ecogas en este tramo Briceño Boquemonte. Y en este mismo sentido, la idea de descubrir el tubo resultaba interesante.

Una solución parcial de esta alternativa consistía en dejar ciertos sitios descubiertos de tal manera que el tubo pudiera desplazarse "a sus anchas" de manera a relajar esfuerzos en estos sitios descubiertos. Y esta (alternativa es más o menos lo que se tiene actualmente en los sitios críticos en los cuales se instaló la instrumentación estructural, a saber los extensómetros de posición múltiple, los cuales se ilustran a continuación.

6 MONITOREO DEFORMACIÓN MÚLTIPLE

Tal como se subrayó anteriormente, la instrumentación geotécnica resultaba insuficiente para predecir los esfuerzos en la tubería que, a la larga, es lo que importa en términos de explosión de la tubería de gas. Por lo anterior, se instaló un primer extensómetro en el sector 3, y una vez comprobada su efectividad, se instalaron con posterioridad extensómetros en los demás sectores críticos.

Con respecto a estos sectores críticos, se recuerda que inicialmente se habían establecido 3 sectores críticos y que esta lista posteriormente se amplió a 10 sectores críticos. Con respecto a las consideraciones anteriores, siempre será discutible la elección de los sectores críticos. Para el establecimiento de estos sectores críticos, se tuvieron en cuenta, entre otros, criterios como la topografía (cambios notorios entre terreno inclinado y terreno más llano), las marcas de inestabilidades singulares (escarpes, grietas a nivel de superficie y demás indicios de inestabilidad). Estos criterios se fueron completando con la información proveniente de la instrumentación geotécnica (inclinómetros y piezómetros y toma de muestras correspondientes durante la instalación) y con los eventos correspondientes (explosiones o fugas en algunos de estos sectores).

Sin embargo, se insiste, no se puede garantizar en el sentido estricto, con la información de la que se dispone, que no existan otros sitios en el tramo inestable entre Boquemonte y Briceño que no puedan catalogarse como críticos.

Aunque en la práctica se ha demostrado que los sectores tomados como críticos, corresponden a los sitios en los cuales ocurren acumulaciones de

esfuerzos no se descarta que con el tiempo nuevos sectores puedan verse afectados, ya que como describimos antes el fenómeno en cuestión es progresivo.

Es más, la topografía no uniforme, la continuidad de la tubería y demás condiciones particulares (presión de poros en el suelo, presencia de bloques en vecindad a la tubería, etc.) generan tal como se indicó en párrafos anteriores una sucesión de tramos a compresión y tramos a tensión, sucesión que hace que los grandes esfuerzos en la tubería pueden trasladarse en el tiempo de un sitio a otro o aumentar hasta niveles intolerables en determinado sitio en época de un invierno severo.

Obviamente un mayor nivel de exhaustividad de la instrumentación estructural siempre redundará en mayor información y por ende menor riesgo de daño en el gasoducto cuyo control en este tramo corresponde a un caso concreto de toma de decisiones en condiciones de incertidumbre.

Se subraya que en este caso de extensómetros de posición múltiple el nivel de exhaustividad en cuanto a instrumentación corresponde, no solo se refiere a la relación entre extensión instrumentada y extensión del tramo inestable, sino que cobija además el número de posiciones horarias, el número de direcciones controladas por sección instrumentada y el número de sitios de control por unidad de longitud.

Con respecto a lo anterior, en el gasoducto se tienen tres posiciones horarias (la clave y ambos costados en forma de triángulo equilátero). Al respecto, en tuberías como la de Chingasa, se controló las deformaciones unitarias en cuatro posiciones (clave, batea y ambos costados). En este caso, se optó por las tres posiciones con la intención de evitar tener que dejar en algún

momento la tubería en el aire.

Siguiendo con la comparación del proyecto GOT 60 proveniente de Chingaza, se controló en cada posición horaria no solo la deformación unitaria longitudinal sino además la deformación unitaria tangencial. En el proyecto de Briceño, tan solo se controla deformación unitaria longitudinal por cuanto la dirección del deslizamiento coincide en muchos casos con la dirección del eje de la tubería lo que induce en algunos sitios efectos de compresión, lo cual es bastante desfavorable desde el punto de vista del efecto de pandeo que se puede presentar ante esfuerzos elevados de compresión.

No obstante lo anterior, resultaría deseable el control de deformación tangencial dados no solo la componente aunque menor, del movimiento en el sentido perpendicular al eje de la tubería y la posible deformación de la tubería en el sentido transversal por efecto de la presión interna.

También, y aunque en cada sector crítico se tienen 3 posiciones horarias y en cada posición, 6 puntos de control para un total de 18 sitios de control de deformación unitaria en cada sector crítico, es posible que la deformación unitaria máxima longitudinal en algún punto supere alguna de las deformaciones unitarias máximas informadas.

Por lo anterior, se subraya que la instrumentación instalada solo permite conocer de manera discreta (es decir, de manera no continua) la deformación unitaria en la dirección longitudinal y no informa de las deformaciones unitarias en la dirección tangencial o radial. Se subraya que para conocer el régimen de deformación en un punto del material de la tubería se requeriría la instalación de tres medidores de deformación unitaria colocados en

posición ortogonal entre ellos (en las tres direcciones principales).

La excavación que se realizó para colocar la instrumentación en los sitios instrumentados permite que la tubería pueda desplazarse y deformarse más libremente que en los sitios en los cuales continúa enterrada. Por lo anterior, es posible que los esfuerzos de la tubería en las zonas enterrada se liberen en parte y se trasladen hacia estos sitios descubiertos en los cuales es probable que se presenten concentraciones de esfuerzos.

Sin embargo, así se presente o no esta liberación y traslado de esfuerzos en los sitios instrumentados, no se puede permitir deformaciones intolerables así sea puntuales (en cualquier punto de control) en estos sitios descubiertos, máxime si se trata de deformaciones de compresión por cuanto al estar descubiertos no hay suelo que pueda contribuir a contener el pandeo.

En estos sitios de control, el régimen de deformaciones y por ende de esfuerzos, es complejo pues pueden coexistir en una misma sección o lo largo de un mismo eje longitudinal, esfuerzos de compresión, de tracción de torsión, en razón a la trayectoria no rectilínea (curvatura tanto horizontal como vertical de la tubería) y a las condiciones de frontera en los extremos del sitio descubierto, entre otros.

En razón a la complejidad del régimen de esfuerzos, resulta difícil sobre todo cuando se tienen lecturas de los extensómetros no homogéneas (tensión en unos, compresión en otros) prever con exactitud lo que sucederá en la sección de un corte de relajación después de efectuado éste. Nótese que en ciertos cortes se ha manifestado torsión a lo largo del eje del tubo, torsión que no es posible establecer con deformímetros instalados en la sola dirección longitudinal como es nuestro caso.

Suponiendo un tramo descubierto con trayectoria absolutamente rectilínea recta sometido únicamente a compresión simple el sitio donde tiende a iniciarse el pandeo coincidiría muy probablemente con el centro del sitio descubierto. Esto podría explicar, en parte, la mayor deformación unitaria presentada en los extensómetros más cortos de lado y lado de la caja de lecturas.

Asumiendo un tramo descubierto con trayectoria absolutamente rectilínea recta sometido únicamente a tracción simple, es probable que los esfuerzos en el tramo instrumentado se extiendan a lado y lado en los sitios no descubiertos de dicho tramo en longitudes que no se conocen. Por lo anterior, asumiendo la hipótesis de trabajo tan solo permitiría predecir un mínimo de desplazamiento relativo al momento del corte de relajación de esfuerzos.

Al respecto, se indica que la deformación unitaria en cada extensómetro se calcula dividiendo el incremento o decremento por el valor de esta longitud monitoreada (resultaría absurdo comparar incrementos absolutos sin dividirlos por la longitudes de referencia correspondientes).

Retomando la complejidad del régimen de esfuerzos, se podría estimar teóricamente el régimen de deformaciones en todo el sitio instrumentado utilizando por ejemplo un modelo de elementos finitos calibrado con las determinaciones empíricas procedentes de la instrumentación estructural, análisis teórico que requerirá de una serie de hipótesis de trabajo (condiciones de frontera, entre otros) con respecto a las cuales quedará desafortunadamente referido el alcance de sus resultados.

Con respecto a estos extensómetros de posición múltiple existen otros tipos de controles para monitorear la deformación unitaria en el tubo:

Por ejemplo la Empresa de Acueducto y Alcantarillado el Bogotá instaló una instrumentación geotécnica y estructural la cual incluye un conjunto de deformímetros puntuales (inicialmente de tipo de la tecnología de resistencia eléctrica y de posteriormente de la tecnología hilo vibrátil) colocados en conjuntos de 8 deformímetros por sección y esto varias secciones de control, directamente sobre la tubería de 60 pulgadas procedente de Chingaza a la entrada a Bogotá en la transición entre la formación rocosa de los cerros orientales y la formación de arcillas blandas de la sabana.

Para el caso del sector 3 del gasoducto, se diseñó, fabricó e instaló, un sistema muy sencillo que corresponde a lo que en la literatura de instrumentación se conoce con el nombre de extensómetros de posición múltiple de núcleo de acero rígido modulado (en Miel 1 de Isagen, SFISA instaló extensómetros de posición múltiple Geokon de núcleo flexible y continuo en fibra sintética).

Este tipo de extensómetros de posición múltiple de núcleo rígido ha sido instalado en proyectos como la presa de Porce II (también de marca Geokon utilizando onda inyectada en este caso de acuerdo con la recomendación del diseñador). En esta presa de Empresas Públicas de Medellín, la lectura de estos instrumentos se diseñó para realizarse de forma automática, a saber, utilizando cabezotes Geokon de lecturas dotadas de sensores telescópicos de hilo vibrátil conectado a multiplexores y éstos a su vez a dataloggers.

Sin embargo, a diferencia de los extensómetros tradicionales implementados en estos proyectos hidroeléctricos, las dimensiones y el tipo de acero

correspondiente a los diseñados e instalados para el gasoducto obedecían a la curvatura tanto horizontal como vertical de la trayectoria tubería.

También, el tipo de ancla correspondiente, se diseñó para fijarse a la pared de la tubería sin ocasionar daño en el recubrimiento. Los materiales utilizados (núcleo de acero inoxidable, funda y espaciadores plásticos, zuncho de acero inoxidable, etc.) obviaban todo tipo de problemas de corrosión intolerable en este caso.

En el caso del gasoducto, hubieran podido instalarse sensores telescópicos de lectura de hilo vibrátil, y realizar un cableado para llevar la señal a multiplexores y éstos a su vez a dataloggers donde se registraría automáticamente las lecturas según la frecuencia programada deseada. La información acumulada en estos dataloggers se descargaría periódicamente a un PC vía la interfase RS232 o bien se podría enviar por satélite utilizando un transmisor similar a los de estaciones meteorológicas.

También, en cuanto al sensor de desplazamiento de lectura de los extensómetros de posición múltiple hay tecnologías de última generación como la basada en una interrupción de fibra óptica (producida por Rocktest Canada -Telemac de Francia) que permite lecturas dinámicas de deformación (la de hilo vibrátil solo permite controles estáticos pues la excitación del hilo requiere algunas fracciones de segundo).

No obstante todas estas posibilidades tecnológicas que permitirían un monitoreo a distancia permanente, en su momento no se justificaba su implementación por varias razones, a saber, el costo correspondiente, el horizonte próximo de la nueva variante, y la posibilidad de vandalismo (gran parte de los extensómetros del sector 6 fueron hurtados).

Por lo anterior, la medición de los extensómetros de Ecogas se realizó mediante una serie de estantillones a los cuales se les puede acoplar un deformímetro de carátula (2 pulgadas de capacidad, 0.001 milésimas de pulgada). Dependiendo de la magnitud del movimiento se utiliza uno u otro estantillón (entre dos estantillones de la serie hay una diferencia en longitud de una pulgada). A título indicativo, este tipo medición mecánico-óptica está siendo utilizada en la actualidad por SFISA en los extensómetros de la intersección de la circunvalar con 63 (el equipo de lectura importado fue suministrado por el contratante).

Independientemente del sensor de lectura, subraya nuevamente que este tipo de medición de deformaciones mediante deformímetros eléctricos o extensómetros no está exenta de problemas adicionales para este caso particular.

En efecto, se supone que después de los cortes de tubería, se relajan totalmente los esfuerzos, lo cual no es estrictamente cierto por cuanto es posible que el material del tubo antes del corte haya alcanzado niveles de esfuerzos superiores al límite de fluencia, niveles de esfuerzos que hagan que, una vez relajado, se presente una deformación permanente no recuperada.

También, es muy posible que se genere una concentración de esfuerzos en la sección de transición entre la condición enterrada de la tubería y la condición descubierta de la tubería, condición desfavorable para estos sitios inestables críticos.

En cuanto al tipo de extensómetro, es simplemente una barra de acero inoxidable compuesta de varios módulos roscados entre sí (rosca maquinada en torno para evitar problemas de unión, totalmente desafortunados en este caso). Esta varilla queda vinculada en este caso particular, fijada mediante bandas de acero inoxidable a la pared del tubo.

En el otro extremo de cada extensómetro individual (el conjunto de extensómetros individuales, cada uno de distinta longitud, se llama extensómetros de posición múltiple), el núcleo puede desplazarse sobre otro soporte maquinado en bronce a manera de cabezote y con respecto al cual se realiza la lectura. El núcleo en acero inoxidable va protegido en toda su longitud por una funda en PVC con soportes tubulares debidamente adosados a la tubería mediante bandas de acero inoxidable.

Para finalizar con estos extensómetros de posición múltiple, es importante subrayar que el efecto de temperatura resulta menor por cuanto la tubería se deforma por este efecto lo mismo que se deforma la barra de acero del instrumento.

Sin desconocer el alcance limitados y demás debilidades ilustradas en párrafos anteriores y los costos de las intervenciones, como cualquier instrumento la capacitación en la instalación de extensómetros de posición múltiple y la toma de lecturas en campo así como un entrenamiento en los cálculos elementales correspondientes resultan indispensables para una adecuada utilización de esta instrumentación, cuya interpretación debe siempre referirse a las consideraciones indicadas en este documento.

6.1 PROCEDIMIENTO DE ALIVIO DE ESFUERZOS

6.1.1 Alcance. Establecer el conjunto de actividades para ejecutar los trabajos de Alivio de Esfuerzos, a partir de los resultados de monitoreo estructural del sector Briceño, mediante la ejecución de los trabajos de localización, materialización de puntos de corte, excavación y cambio de tubería en los Sectores Críticos cumpliendo con las normas de construcción y la posterior normalización del gasoducto.

Adicionalmente y mediante una adecuada planeación ejecutar las actividades programadas, desde el punto de vista técnico, ambiental y social para minimizar los problemas con la comunidad en el sector

6.1.2 Frecuencia. Este procedimiento será implementado cada vez que se reporte un porcentaje de deformación unitaria del 200%.

6.1.3 Responsables. Será responsabilidad del Gerente de O&M coordinar las labores a ejecutar, siendo responsable directo por la implementación de este procedimiento el Coordinador en Campo.

Será responsabilidad del Ingeniero Ambiental y de HSE del Distrito III velar por la seguridad y la protección ambiental durante el desarrollo de las actividades programadas.

El coordinador de campo, el Ingeniero Ambiental y el asistente de relaciones con la comunidad, serán los directos responsables por dar inducción al personal involucrado en los trabajos y en todo momento deberá velar por la

ejecución de los trabajos programados, conservación del Medio Ambiente y mantener buenas relaciones con la comunidad vecina y propietarios de los predios.

El coordinador de campo y el ingeniero ambiental y HSE serán los encargados de analizar y cuantificar riesgos en las áreas de trabajo, donde se modifiquen parámetros de operación o se realicen trabajos en caliente, con el fin de verificar que se cumplan los procedimientos estandarizados.

De igual manera se responsabilizará a la empresa Contratista que realizará los trabajos, por la seguridad y capacidad del personal que presente al sitio para la realización de los trabajos.

El Jefe de Seguridad Corporativa de Ecogás en Bucaramanga y el Jefe de Seguridad del COA del Distrito en la zona serán los responsables de analizar la situación que se está presentando en la zona y realizar las gestiones pertinentes para garantizar la ejecución normal de los trabajos.

6.1.4 Personal, materiales y equipos. Serán aquellos requeridos para la ejecución de las obras mecánicas y que han sido aceptados al Contratista CISDO LIMITADA definidos en conjunto por el COA y ECOGAS para la ejecución de las labores. Los recursos por cada uno de los frentes de trabajo corresponden sin limitarse a:

Personal estimado:

Ingeniero de Gasoductos (1)

Inspector de seguridad industrial (1)
Soldador API (2)
Tubero Alineador Doblador (1)
Supervisor (1)
Ayudantes de soldadura (2)
Obreros (6)
Electricista (1)
Mecánico (1)
Conductores (3)

EQUIPO Y MATERIALES ESTIMADOS

Campero (2)
Maquina de soldar (3)
Motobomba con mangueras (2)
Planta eléctrica de 6 KVA con 6 reflectores (1)
Camión Winche (1)
Carro taller (1)
Compresor con martillos (1)
Una (1) retroexcavadoras
Grapa alineadora de 22" (1)
Cortatubo de 22" con juego de cuchillas (1)
Biseladora para 22" (1)
Equipo de oxicorte (1)
Pulidoras (4)
Detector gas explosímetro (1)
Diferencial de 3 toneladas (1)
Botellas de nitrógeno (2)
Botellas de oxígeno (2)
Botellas de acetileno (1)

Eslingas o bandas para levantar tuberías (2)

Herramienta menor

Carpa para protección (2)

Soldadura 8010 G 5/32"

Soldadura 8010 G 3/16"

Discos abrasivos de 1/8"

Grata circular de 1/8"

Demás consumibles

Los recursos asignados a los trabajos serán verificados en el sitio de los trabajos y se dejará evidencia con el diligenciamiento del Check List de personal y equipos.

6.1.5 Medidas de protección ambiental. De acuerdo a la política ambiental del CONSORCIO OPERADORES ASOCIADOS, durante el desarrollo de las actividades de reparación del Gasoducto se propenderá por no alterar el medio ambiente, para lo cual es necesario establecer medidas de mitigación tendientes a evitar daños al entorno, y en el caso de presentarse, que sean por situaciones de fuerza mayor.

Además de una cuidadosa planeación, se aplica también una serie de medidas normales de mitigación para minimizar los impactos ambientales durante la ejecución de los trabajos de alivio de esfuerzos, entre los cuales figuran: Conservación de la capa vegetal superior y la no-contaminación de los componentes ambientales.

El Ingeniero Ambiental en campo, identificará y señalará al contratista las áreas ambientales de especial cuidado, cruces de agua, humedales,

tomando registro fotográfico y filmico de todos estos lugares en ángulos estratégicos para futuras referencias y comparaciones.

MANEJO DEL ELEMENTO AMBIENTAL "SUELO". Puesto que los terrenos donde se desarrollaran los trabajos son de vocación agrícola y ganadera, los efectos de la ejecución de los trabajos sobre tales terrenos deben reducirse a un período corto y a la aplicación de medidas propias de mitigación y restauración.

Se debe hacer todo lo posible para no interferir con las labores de los propietarios de las tierras.

Se deben instalar cercas temporales aislando la zona de los trabajos, puesto que la zanja va a quedar destapada para la instalación y monitoreo de la instrumentación (deformímetros), para evitar que el ganado entre a la zona de los trabajos. Si a pesar de todo, la finca sufre daños durante los trabajos, se restaura para dejarla en un estado equivalente al que tenía antes de los trabajos (previa autorización de ecogás).

Los trabajos, referente al recurso suelo consistirán en su remoción para lo cual se tendrán los siguientes cuidados:

No talar árboles maderables.

Retirar los brinzales del área de los trabajos y ubicarlos en sitios contiguos, con el objeto de establecer franjas de enriquecimiento de especies nativas.

Retirar la capa vegetal y disponerla en forma segura a un lado del derecho de vía. La capa vegetal debe estar protegida del arrastre por el agua de

escorrentía, mediante trinchos temporales en el sector que es favorecido por la pendiente natural del terreno.

Retirar el suelo inorgánico y colocarlo al otro lado del derecho de vía, realizar las obras geotécnicas preventivas para asegurar el material de la excavación y evitar contaminaciones con este material a zonas adyacentes.

Para el lleno de la zanja deberá colocarse primero el material compresible seguido del suelo inorgánico y posteriormente cubrir con el suelo orgánico.

No contaminar los suelos con Residuos sólidos y Líquidos contaminantes.

Se recuperará la franja afectada por los trabajos, mediante la revegetalización y reforestación con especies nativas, siempre y cuando ecogás apruebe estos trabajos al COA.

Manejo de los residuos de soldadura empleada durante la ejecución de los trabajos.

Manejo de residuos sólidos (basuras) originadas por el consumo de alimentos, cartones, maderas y bolsas de papel.

Una vez se autorice el tapado de la tubería por parte de ecogás, se realizarán las recomendaciones detalladas de las obras geotécnicas necesarias, tendientes a garantizar la estabilidad y a la restitución del derecho de vía.

MANEJO DEL ELEMENTO AMBIENTAL "AGUA". El Consorcio Operadores Asociados conocedor de la importancia que tiene el recurso agua como

elemento vital para la existencia de los seres vivos, exigirá al CONTRATISTA y se compromete a no contaminar las fuentes de agua cercanas.

No se arrojarán desperdicios de la Obra madera, aceites, otros, a los cuerpos de agua.

No se incorporarán a las aguas cuerpos o sustancias sólidas, líquidas o gaseosas que afecten su estado normal.

En los cauces de los ríos se debe remover la menor cantidad de material posible y se deberá colocar lejos del cauce.

Construir estructuras de contención para evitar derrumbes y aporte de sedimentos a las aguas.

Conservar la vegetación ubicada en la franja protectora del cauce.

Establecer acciones que mitiguen la alteración de la dinámica hidrológica del área, la interrupción de cuerpos de agua, la contaminación hídrica y la afectación de las especies hídricas.

No se pueden bloquear el flujo normal de las corrientes.

Mantener la calidad del agua (análisis fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos), en el evento si desarrollan trabajos sobre cuerpos de agua.

Cumplir con las vedas establecidas por las autoridades competentes.

Reducir los tiempos de trabajo dentro del cuerpo de agua.

No alterar los cauces naturales de las corrientes hídricas.

Manejo de residuos. El objetivo fundamental de la Política es Impedir o minimizar de la manera más eficiente, los riesgos que para los seres humanos y el medio ambiente ocasionan los residuos sólidos y líquidos, contribuyendo a la protección ambiental eficaz.

Residuos Sólidos:

Prevención y minimización de la generación de residuos.

Establecer charlas sobre los sistemas de eliminación, tratamiento, manejo y disposición final de residuos sólidos.

Identificar los residuos sólidos generados.

Adecuar en el sitio de trabajo los recipientes debidamente señalizados preferiblemente con colores diferentes, de acuerdo con los tipos de desechos a recolectar, en el cual se dispongan todos los desperdicios y desechos sólidos no reciclables generados por las actividades de reparación.

Clasificación de residuos por envases de colores sugerida por el ICONTEC es la siguiente:

Negro: Para los residuos orgánicos, residuos vegetales y animales como desechos de jardinería, comida, papel higiénico, madera.

Verde: Para los residuos inorgánicos como papel y plástico como bolsas,

Cartones, revistas y demás elementos con características reciclables.

Rojo: Para los residuos inorgánicos como metales y vidrio (botellas), Material ferroso, tubos, láminas, sobrantes de soldadura y no ferrosos como latas, cobre, aluminio, pilas, baterías y trozos de tubería.

Amarillo: Para los residuos tóxicos como los hospitalarios.

Establecer un programa de Reciclaje. Para ello se debe disponer de recipientes adecuados y ubicados en sitios estratégicos dentro de las instalaciones. Lo anterior deberá ser puesto en conocimiento del CONTRATISTA.

Efectuar una correcta disposición de los Desechos sólidos, dependiendo del tipo, origen y estado en que se encuentren.

Obtener el respectivo permiso para la disposición de los residuos sólidos en los Rellenos Sanitarios, por parte de la Autoridad Ambiental competente.

Residuos Líquidos. Adecuar un lugar en el sitio de trabajo, recipientes debidamente señalizados preferiblemente con colores diferentes, de acuerdo con los tipos de Desechos a recolectar, en el cual se dispongan todos los desperdicios y Desechos líquidos no reciclables generados por nuestras actividades.

No deberán arrojarse ni esparcirse sobre el suelo los lodos o sustancias extraídas producto de nuestras actividades.

Los aceites residuales provenientes de cambios en motores o los recogidos

en los separadores, deben colectarse en recipientes especiales (canecas de color negro),

Se debe prohibir el lavado de vehículos y maquinaria en áreas cercanas a los cauces de los ríos o dentro de ellos. Los jabones, grasa, aceites, y demás residuos líquidos afectan negativamente la calidad del agua y deterioran el sistema acuático.

Efectuar una correcta disposición de los Desechos líquidos, dependiendo del tipo, origen y estado en que se encuentren.

Realizar la correspondiente inducción a todo el personal sobre el adecuado manejo de residuos líquidos reciclables, no reciclables y peligrosos.

Supervisar que existan recipientes adecuados, señalizados en lugares donde se generen residuos y bien ubicados evitando que queden a la intemperie.

Debido a la situación que se ha estado presentando con la entrada al sistema del gas Cusiana donde se ha detectado la presencia de residuos líquidos, se prevé que en el sector donde se adelantaran los trabajos se presente residuos líquidos, para lo cual se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Mantener en el sitio de los trabajos material para disponer todos los desechos líquidos contaminados encontrados durante el desarrollo de las actividades. Los recipientes para recoger los contaminantes líquidos pueden ser canecas plásticas adecuadas según lo estipula el Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 y se dispondrá de ellos siguiendo las normas que establezcan las autoridades ambientales y/o metálicas debidamente marcadas y rotulados

y debajo de ellas tender un manto plástico hasta el canal colector perimetral.

El personal encargado para realizar las actividades de control del manejo de los residuos líquidos y/o sólidos, debe estar debidamente capacitado, entrenado y dotado de los elementos necesarios para realizar la recolección y clasificación correspondiente de los residuos Líquidos.

Utilizar equipos seguros para el manejo, maniobrabilidad, transporte y disposición final de los residuos contaminantes. El sitio de disposición será en el COGC. Para su posterior tratamiento de los mismos.

Realizar la caracterización del residuo líquido y verificar que los suelos adyacentes no se hayan contaminados.

Disponer de los residuos obtenidos de acuerdo con los lineamientos del Plan de Manejo Ambiental y de los procedimientos aplicables.

6.1.6 Otras consideraciones. Se utilizaran las vías de acceso existentes para la movilización de vehículos y equipos.

No obstaculizar las vías existentes ni interferir con las actividades desarrolladas por los moradores de la región.

No afectar instalaciones del gasoducto o de terceros.

Todas aquellas que tenga a bien sugerir el Ingeniero Ambiental en beneficio de los trabajos.

Se debe presentar un informe ambiental final, con el objeto de ser entregado a las Autoridades Ambientales (Ministerio del medio Ambiente y a la Corporación administradora de los Recursos Naturales).

6.1.7 Medidas de seguridad industrial. El Ingeniero Ambiental y de Seguridad Industrial del Distrito debe estar presente en el sitio de los trabajos a realizar, con el fin de velar por el cumplimiento de las normas de seguridad establecidas en el presente procedimiento y garantizar la integridad de todos los participantes en los trabajos aquí programados. El será el encargado de expedir permisos de trabajo, verificar el cumplimiento de normas de seguridad, hacer inspección preoperacional de equipos y herramientas, revisar check list de equipos y herramientas, verificar que los empleados del contratista tengan sus documentos legales al día (EPS, ARP, Fondo de Pensiones, Contrato Laboral, etc) y que usen los elementos de protección personal adecuados, además de ejecutar la charla de seguridad sobre el gas natural y sus riesgos y verificar que todos los participantes conozcan la forma de operar el equipo contra incendio.

Antes de la iniciación de los trabajos se dará una inducción de seguridad sobre el gas natural y los riesgos que implica trabajar en este tipo de instalaciones, a todo el personal involucrado en la operación (CONTRATISTA y funcionarios del CONSORCIO OPERADORES ASOCIADOS), para garantizar el conocimiento de todas las normas que se deben implementar y advertir sobre los riesgos que implica este tipo de trabajos. De igual forma se entrenará al personal en el uso de extintores y equipo contra incendio. Se debe dejar constancia de esta inducción, mediante un acta firmada por todos los participantes, destacando los temas tratados en ella.

Antes de la iniciación de los trabajos, todos los participantes deben conocer este procedimiento, el cual debe ser difundido mediante reunión previa, de la que se debe dejar constancia por escrito.

Se debe expedir diariamente, el respectivo permiso de trabajo (en frío o en caliente) antes de iniciar las actividades programadas, en cada uno de los frentes de trabajo. Este permiso de trabajo es la garantía de que el sitio de trabajo, los equipos empleados y los procedimientos son los adecuados para garantizar la integridad de todo el personal involucrado y la seguridad y protección de las instalaciones del gasoducto.

Se debe disponer de equipo contra incendio y de primeros auxilios, en cada uno de los frentes de trabajo, El botiquín de primeros auxilios debe estar dotado de material de curación y medicamentos adecuados para estabilizar heridos, desinfectar heridas y aliviar dolencias leves.

El contratista debe tener un plan de emergencias médicas que incluya directorio de centros hospitalarios o de asistencia, a donde puedan ser llevados sus trabajadores en caso de ser necesario.

Cada uno de los grupos de trabajo debe tener Explosímetro o equipo para detección de gas, el cual debe utilizarse según las normas y frecuencias estipuladas en un procedimiento Determinación de atmósferas explosivas

Se debe realizar con anterioridad a la iniciación de las actividades, un check list de los equipos y herramientas a utilizar en cada uno de los frentes de trabajo. Si como resultado de este check list no se dispone de todos los equipos, e instrumentos adecuados y en la cantidad requerida (ejemplo: un explosímetro y un vehículo por cada frente de trabajo) se recomienda no

iniciar las actividades programadas hasta tanto se supere este inconveniente, pues estos equipos y elementos son indispensables para garantizar la seguridad de los trabajos y la integridad de todo el personal involucrado en él.

Se debe hacer inspección pre operacional de equipos y herramientas utilizadas en los trabajos. Si como resultado de esta inspección estos elementos no se encuentran en perfectas condiciones, deben ser reemplazados inmediatamente y bajo ninguna circunstancia se pueden utilizar en los trabajos a ejecutar.

Para el izaje de la tubería se debe tener en cuenta la Norma ASME B30.9 sobre uso de eslingas, usando la eslinga adecuada según el diámetro de la tubería. Antes de la iniciación de los trabajos el Ingeniero Ambiental y de HSE debe hacer inspección a este tipo de elementos, los cuales deben estar en perfectas condiciones operativas, para evitar incidentes como los ocurridos en trabajos anteriores en esta misma área

No debe existir alguna fuente de ignición cerca de los puntos de trabajo, ni cuando se realicen los venteos de gas.

No se deben realizar venteos de gas cerca de líneas de conducción de energía eléctrica, ni en presencia de tormentas eléctricas.

En presencia de tormentas eléctricas deben suspenderse inmediatamente los trabajos que se realicen.

Todos los participantes deberán usar los elementos de seguridad industrial requeridos para este tipo de trabajos (botas de seguridad, casco, guantes,

protectores auditivos, ropa adecuada según el clima y gafas de seguridad), Bajo ninguna circunstancia se puede permitir que el personal labore sin el uso de la dotación de seguridad requerida.

Si la zanja tiene una profundidad igual o mayor a 2 metros, debe entibarse para garantizar su estabilidad y la integridad de todas las personas que laboran dentro de ella.

Se usarán obturadores solo si persiste una saturación alta de gas en los sitios de corte, como reflejo de que existe un pase de gas en las válvulas extremas al sector asilado.

Como la tubería esta sometida a tensión, el primer corte que se haga, debe efectuarse cerca de una pega y las retroexcavadoras utilizadas y el personal deben ubicarse del mismo lado del tubo, en la parte interna de la curva, con el fin de evitar que el posible pateo de la tubería, al cortar, pueda golpear a las personas involucradas en la operación.

La retroexcavadora nunca debe ubicarse sobre la tubería.

Se debe evitar golpear la tubería.

Durante las interrupciones del trabajo se deberán dejar debidamente sellados los extremos cortados de la tubería para garantizar que por lluvia o drenaje de aguas nacidas, haya ingreso de agua al gasoducto.

Se deben mantener los lugares de trabajo en condiciones seguras y saludables durante todo el tiempo que se realicen actividades allí.

Antes de la movilización, el CONTRATISTA responsable del suministro de personal debe presentar al representante de CONSORCIO OPERADORES ASOCIADOS, los siguientes documentos:

- ✓ Lista del personal en orden alfabético (nombre completo), con su número de identificación, y título u ocupación, además de su contrato laboral vigente.
- ✓ Para el personal al cual el CONTRATISTA autorice a manejar durante la ejecución, EL CONTRATISTA proveerá fotocopia del pase de conducción ampliada.
- ✓ Documentos que prueben afiliación de todo el personal a una EPS, AFP y ARP. Bajo ninguna circunstancia se puede permitir que el personal involucrado en los trabajos empiece a laborar sin el cumplimiento total de estos requisitos (Sistema de seguridad social).
- ✓ Equipo de herramientas a ser utilizados en el Sitio de Trabajo.
- ✓ Número de vehículos y sus documentos correspondientes, tarjetas de propiedad y seguros pertinentes, además de los certificados de inspección de seguridad emitidos por representantes de CONSORCIO OPERADORES ASOCIADOS.
- ✓ Para la ejecución de las labores de venteo deberá darse estricto cumplimiento al procedimiento de permisos de trabajo y los procedimientos diseñados para cada actividad.

- ✓ Debe aterrizar adecuadamente las válvulas en las cuales se realice venteo y purga.
- ✓ Todas las actividades deben ser coordinadas con el CPSC.
- ✓ Se debe localizar los vehículos o equipos con motores de combustión interna o circuitos que no sean a prueba de explosión (explosión proof) fuera del área de trabajo.
- ✓ No usar teléfonos celulares en sitios donde haya presencia de gas.
- ✓ Todos los equipos utilizados por el CONTRATISTA deben ser operados por personal idóneo y con amplia experiencia.
- ✓ Seguir todas las indicaciones dadas en el sitio de los trabajos por los coordinadores de las labores desarrolladas y por el representante de seguridad industrial. (Siempre debe estar presente un representante del área de seguridad industrial en cada frente de trabajo).
- ✓ Cualquier incidente debe ser reportado dentro de las 24 horas siguientes a su ocurrencia.
- ✓ Como el proceso de venteo de gas genera altos niveles de ruido, se debe distribuir entre la población vecina a estas áreas de venteo, protectores auditivos desechables, con el fin de disminuir el impacto de este fenómeno en los habitantes del sector.

6.1.8 Terminología especial.

Consortio Operadores Asociados – COA: Empresa contratada por Ecogas para la operación y mantenimiento del Gasoducto Centro – Oriente.

Comunidad: Conjunto de personas que conviven en un área geográfica determinada y que trabajan en pro de un objetivo común.

Derecho de Vía: Es la franja de terreno de 20 metros destinada para realizar las labores de Operación y Mantenimiento del Gasoducto Centro Oriente.

Derechos de Servidumbre: Gravamen que recae sobre un bien inmueble, que se denomina predio sirviente, por medio del cual se le impone la obligación de permitir la ocupación permanente de una franja de terreno, con el fin de transitar por ella. Esta servidumbre para que sea oponible a terceros debe constar por escritura pública y estar registrada en la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos, en la Matricula Inmobiliaria del predio sirviente.

Negociación: Proceso que se establece para llegar a un acuerdo entre dos partes.

Capacitación: Desarrollo de habilidades de diversa índole en un grupo humano.

Residuos Líquidos: Todas las sustancias remanentes después de cumplir su vida útil en un proceso determinado.

Basura: Se entiende por basura todo residuo sólido o semisólido, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se

comprenden en la misma definición los desperdicios, desechos cenizas, elementos del barrido de calles, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios y de plazas de mercado entre otros.

Desecho: Cualquier producto deficiente, inservible o inutilizado que su poseedor destina al abandono o del cual quiere desprenderse.

Residuos Sólidos: Se entiende por residuo sólido todo objeto, sustancia o elemento en estado sólido, que se abandona, bota o rechaza.

6.1.9 Información soporte y documentación de referencia.

ISO 9000 VER 2000

Contrato ECG-VIO-00135

ANSI B 31.8 Ultima Revisión

API 1104 Ultima Revisión

ASME Sección V

ASME Sección IX

Procedimiento para desmagnetización de tubería M-318

Procedimiento para permisos de trabajo COA-PR-SISO-001

Procedimiento para detección de atmósferas explosivas. COA-PR-SISO-003

Procedimiento para instalación de Obturadores COA-PR-M-313

COA-PR-OP-018 Procedimiento general para purga y llenado de instalaciones y tuberías para gas natural

Estudios Geotécnicos del sector

Plan De Manejo Ambiental

6.1.10 Gestión con la comunidad. Capacitar al contratista para el manejo asertivo de la comunidad que no incida negativamente durante la ejecución de las actividades programadas. Se diligenciará el formato correspondiente de la actividad y entrega de la respectiva guía.

Reportar por escrito a los CLOPAD's de los municipios de La Belleza, Briceño y Caldas sobre las actividades a ejecutarse.

Informar y entregar a las comunidades aledañas a las válvulas donde se harán los venteos, protectores auditivos como medida de protección y de seguridad.

Mantener informados a los propietarios de predios de los sectores en mención, sobre la ejecución de la actividad.

Establecer labores de campo con la Coordinación de Gestión Social y Gestión de Tierras: Coordinación Social /Coordinación Ambiental y de Tierras

Hacer revisión de la documentación para aplicar en el trabajo de campo:
Asistente Social

Se Apoyará las actividades relacionadas con la gestión de tierras

El Asistente social deberá adelantar mínimo con dos días de anticipación las gestiones necesarias para garantizar el ingreso a los predios donde se realizarán las diferentes actividades programadas.

El Asistente social hará parte del grupo de apoyo durante la ejecución de los

trabajos y estará pendiente del manejo de la comunidad ante una eventual emergencia, así como en el manejo de la misma en el caso de presentarse quejas y reclamos

En lo referente a la ocupación de personal se recurrirá al representante de la vereda, de donde se seleccionará el personal, en procura de beneficiar económicamente a la gente del área de influencia.

Gestión tierras. La Gestión de Tierras durante los trabajos estará encaminada a garantizar la ejecución normal de las actividades programadas en los trabajos de Alivio de Esfuerzos, y al mismo tiempo mantener una armoniosa relación y comunicación permanente con los propietarios de los predios afectados por los trabajos y la comunidad vecina. Para el cumplimiento de lo anterior se deben tener en cuenta las siguientes pautas:

Proceso de Negociación

Identificación del (los) Propietario (s) y/o su representante.

Indagar y conceptuar sobre la legalidad de la propiedad.

Informar sobre las actividades a realizar y del inicio de las mismas.

Identificar y reseñar conjuntamente con el propietario, las servidumbres existentes.

La Gestión de Tierras que adelantara el Ing. Ambiental y el Asistente Social del Distrito III, debe ser implementada como mínimo con dos días de anticipación a la iniciación de las actividades programadas, con el propósito

de garantizar el normal desarrollo de los trabajos de Alivio de Esfuerzos, mediante el diligenciamiento de los siguientes formatos:

Permiso de ingreso al predio (Diligenciado por el Ingeniero Ambiental).

Permiso para uso de vía vereda, si aplica (Diligenciado por el Asistente de Relaciones con la comunidad).

Acta de Acuerdo si aplica (Diligenciado por el Ingeniero Ambiental).

Acta de visita (Diligenciado por el Asistente de Relaciones con la comunidad).

Acta de Inspección de daños (Establecer los precios unitarios para la indemnización de los daños, teniendo como base los precios unitarios acordados para el sector, Diligenciado por el Ingeniero Ambiental).

El Ing. Ambiental y/o el Asistente Social deben estar pendiente durante el desarrollo de los trabajos de cualquier reclamación y/o queja que presenten los propietarios con respecto a la ejecución de los mismos y diligenciar las actas de acuerdo dando las soluciones del caso, definir responsables y las justificaciones pertinentes.

Diligenciar los siguientes formatos con los Propietarios una vez terminen los trabajos:

Acta de Reconocimiento de daños (Diligenciado por el Ingeniero Ambiental)

Paz y salvo final y definitivo suscrito por los propietarios poseedores u otros

de los predios afectados (Diligenciado por el Ingeniero Ambiental)

Recibo de pago (Diligenciado por el Ingeniero Ambiental)

El ingeniero ambiental como responsable de esta gestión debe presentar un informe general final, el cual debe contener como mínimo los parámetros mencionados anteriormente.

6.1.11 Localización de la tubería del gasoducto. Antes de cualquier trabajo, se debe obtener la posición de la tubería con el localizador de tubería (Metrotech) y materializar los puntos de corte en el sitio de la reparación. En el derecho de vía del gasoducto se debe corroborar la existencia de otras tuberías. El Ingeniero Ambiental en campo debe identificar las vías de acceso de utilidad y tramitar los permisos para su utilización, y tener un conocimiento de los recursos de apoyo en el área de influencia.

6.1.12 Actividades preliminares a los trabajos. Verificar el adecuado suministro de gas natural por la variante Puente Guillermo – Chiquinquirá para abastecer los requerimientos de presión y volumen en el COGC.

Movilización de equipos y personal por el CONTRATISTA.

Realizar una lista de chequeo para verificar la disponibilidad de los equipos, materiales y personal requerido por cada frente de trabajo.

Verificar que las válvulas del pk 22+900, (incluyendo la válvula del by pass),

quebrada guayabal vc-11 a y vc-11 b del pk 32+000 (incluyendo su válvula del by pass) tengan sello hermético (no exista pase de gas natural)

Verificar que la tubería que se vaya a utilizar para reemplazar el niple retirado sea nueva y de la misma especificación . en caso de utilizar tubería recuperada pero en buen estado deberá consultarse al ingeniero mecánico y la gerencia del COA.

Movilización de tubería.

Retirar la capa vegetal existente en el tramo a reparar o excavar y disponerla en un sitio distinto al de disposición del subsuelo.

Desconectar los rectificadores del tramo de la referencia, para evitar inconvenientes durante la realización de las soldaduras.

Verificación de la calificación vigente de soldadores de acuerdo a WPS y norma API 1104.

Realizar pruebas de pericia y destreza a los Operadores de las retroexcavadoras y comprobar diariamente su estado de alcoholemia antes de iniciar las labores.

Verificación del rating y grado de las tuberías y accesorios a instalar. verificar que puedan operar como ANSI 600 para la presión de operación de 1200 psi.

Condiciones operativas requeridas

Despresurización sector troncal PK 22+900 (Válvula VC-11 A) – PK 32+000

(Válvula VC-11 B)

A la hora cero (0) de la iniciación de los trabajos, el jefe del distrito dará instrucciones a los grupos No 1 en la trampa de La Belleza, No 2 en la válvula VC-11 A del PK 22+900 (Quebrada Guayabal) y No 3 en la válvula VC-11 B del PK 32+000; de estar listos.

Grupo No 1 (Trampa de La Belleza)

Las condiciones actuales en la trampa de la belleza son:

No hay recibo de gas Guajira.

Gas Cusiana alimentado el sector La Belleza-VC-11^a por el sistema Axial a 400 psig

El Operador de La Belleza debe cerrar el sistema de regulación Axial para evitar la entrada de gas Cusiana al sistema.

Debido a que se tiene una platina colapsada en la válvula de 3 pulgadas del by pass de la válvula VC-11A, será necesario bajar el perfil de presión en el sector La Belleza-VC-11A a un valor de 250 psig. Esta actividad será

Realizada el día anterior a la iniciación de los trabajos mecánicos.

Para bajar el nivel de presión en el sector anterior, se utilizaran los venteos existentes en La trampa de La belleza y el venteo aguas arriba de la válvula VC-11A.

Grupo No 2 VC-11 A

A la hora cero definida por ECOGAS, el grupo ubicado en el PK-22+900, estará disponible en el sitio y debe verificar que la válvula VC-11A y la válvula el bay pass estén completamente cerradas. Se debe colocar a la válvula un aviso de "PROHIBIDO OPERAR". Seguidamente se debe iniciar el proceso de despresurización del sector VC-11A a VC-11B.

Una vez terminado el proceso de despresurización, el venteo aguas abajo se debe dejar abierto para que realice el efecto sifón hacia la parte alta del sector, de tal manera que el aire empiece a desplazar el gas residual.

Paralelo a lo anterior, con la condición de cero presión, se debe poner en funcionamiento el Air Mover en la válvula VC-11B, para succionar en forma rápida el gas residual en el sector. Se recomienda permitir la operación del Air Mover por lo menos unas dos horas antes de realizar los cortes, para sacar la totalidad del gas residual existente.

6.1.13 Cortes de tubería. Luego de las dos horas de espera para la evacuación de la mayor cantidad de gas en el sector, debe iniciarse primero el corte en el sector crítico que se encuentre primero en el sentido de flujo, para facilitar la evacuación y agilizar la velocidad del gas residual a la sección aguas abajo del sector crítico que se encuentre posteriormente en el sentido de flujo. Terminados los cortes en los sectores críticos, debe continuar la operación del Air Mover en la válvula VC-11B.

Grupo No 3 VC-11 B

Como la válvula VC-11B se encuentra cerrada, a la hora cero de los trabajos, se debe iniciar la despresurización del sector VC-11A a VC-11B utilizando el venteo aguas arriba de la válvula VC-11B.

Una vez se tenga cero presión en el sector indicado, se debe colocar en funcionamiento el Air Mover, con una presión de operación estimada de 70 psig

Venteo aguas arriba en forma. El actuador de la válvula VC-11B debe colocarse en forma manual y colocar a la válvula un aviso de “PROHIBIDO OPERAR”.

Si durante la iniciación del proceso de soldadura no existen problemas en el proceso de fusión, debe dejarse el Air Mover en operación (o el venteo aguas arriba abierto), en caso de presentarse el fenómeno debe cerrarse.

Debido a que las válvulas VC-11A y VC-11 B no está integrada al SCADA, durante la despresurización del sector VC-11 A – VC-11 B se debe reportar al CPSC cada hora la presión en el sitio y al finalizar el venteo confirmar al CPSC la hora final de venteo y posición de las válvulas (en lo posible monitorear posibles pases de gas en las válvulas).

Como durante los trabajos de reparación del sector de Briceño se realizará el suministro normal a la empresa Gas Natural S.A. E.S.P. con el gas Cusiana alimentado por la Variante Puente Guillermo – Sucre Oriental en el centro operacional de Cogua, es importante que se coordine el control de las válvulas VC-16, VC-23 y VC-27 y de los City Gates.. El grupo técnico responsable de este monitoreo debe notificar al CPSC.

Tiempo de venteo. De acuerdo a los cálculos realizados, el tiempo requerido para llevar el sector troncal PK 22+900 VC-11 A QUEBRADA GUAYABAL a VC-11 B PK 32+000, desde 200 psig a 0 psig, es de aproximadamente 2 horas.

El coordinador de campo, es la persona responsable de verificar que la presión del sistema en el área de los trabajos esté al nivel deseado, es decir cero presión, además que las condiciones indicadas para las válvulas en la trampa de La Belleza, PK 22+900 VC-11 A y VC-11B en el PK 32+000 fueron cumplidas por el personal responsabilizado en esos sitios. En caso de presentarse tormentas eléctricas durante el venteo, debe suspenderse la actividad en el sitio en que se detecten, hasta tanto el fenómeno haya desaparecido.

A partir de este momento, se darán las instrucciones locales en el frente de trabajo para iniciar las actividades.

6.1.14 Supervisión de los trabajos. Es necesario que el representante designado por el Consorcio Operadores Asociados, en el sitio tenga la competencia para supervisar los trabajos de alivio de esfuerzos. Es su responsabilidad garantizar la integridad del gasoducto y la estabilidad del terreno en todo momento. Los procedimientos deben ser usados como referencia por los ingenieros de campo.

Monitorear durante el desarrollo de los trabajos el sector para estar seguros que no exista presencia de gas.

Supervisar la ejecución de los trabajos en lo que respecta al manejo

ambiental, social y seguridad industrial.

Velar por la realización de los trabajos de acuerdo a los procedimientos establecidos y dentro del programa de trabajo y tiempo aprobado.

6.1.15 Ejecución de los trabajos. Hacer un chequeo de las condiciones del área, que el personal involucrado en la operación esté dotado de los elementos de seguridad y genere el respectivo permiso en caliente.

Se debe monitorear todo el tiempo el área para estar seguro que no existe presencia de gas.

Antes de llevar el equipo a campo verifique su correcta operación.

Presión de operación durante los trabajos de Excavación

Debe quedar claro que este procedimiento es aplicable a los trabajos de alivio de esfuerzos en el SECTOR BRICEÑO PK 30+800 (SC-7A) Y PK 31+580 (SC-8). Este procedimiento para el alivio de esfuerzos incluye las siguientes acciones:

Se debe verificar con el CPSC que la Presión de Operación este en cero.

La Supervisión en el sitio debe ser permanente por parte del Ingeniero Ambiental en campo y verificar en todo momento:

Estado y condiciones del movimiento del terreno.

Procedimiento de la excavación. (En zonas adyacentes a la tubería se debe excavar a mano).

Monitorear durante el desarrollo de los trabajos el sector para estar seguros que no exista presencia de gas.

Supervisar la ejecución de los trabajos en lo que respecta al manejo ambiental y seguridad industrial.

Velar por la realización de los trabajos de acuerdo a los procedimientos establecidos.

Monitoreo y Seguimiento.

El procedimiento para el alivio de esfuerzos está muy influenciado por la excavación que se desarrolle. Este procedimiento es aplicable a la excavación mecánica y manual. Se recomienda despresurizar completamente la tubería antes de empezar cualquier excavación y mantener la presión en Cero durante los trabajos de alivio de esfuerzos. La recomendación es primordialmente para la seguridad del personal en el sitio de trabajo y se basa en que existe un alto grado de incertidumbre acerca del movimiento del terreno con relación a los planos de deslizamiento, la magnitud y dirección de los movimientos y las condiciones del suelo.

Excavación (si aplica)

De llegar a requerirse, los trabajos de excavación mecánica y manual en el SECTOR BRICEÑO PK 30+800 (SC-7A) y PK 31+580 (SC-8) se realizará a

lado y lado de la tubería, y sobre esta se excavará hasta unos 30 ó 50 centímetros de la cota clave del tubo y a sus costados en una sobre excavación de unos 20 centímetros de la cota batea de esta.

Si la profundidad de la zanja supera los 2 metros, esta deberá entibarse garantizando la integridad de los trabajadores. no se permitirán trabajos sin esta protección debido a la inestabilidad del terreno.

Durante la excavación mecánica se recomienda que la retroexcavadora no debe ubicarse sobre la tubería; esta siempre debe estar a un lado del ducto.

Toda la excavación debe empezar de arriba abajo, para compensar los posibles movimientos de tierra hacia arriba.

La retroexcavadora es ubicada para excavar en cualquier lado de la zanja y se excava de acuerdo sin cambiar su localización a lo largo del eje del tubo.

La retroexcavadora se mueve hacia el otro lado de la zanja sin cambiar su posición a lo largo del eje del tubo y continúa con la excavación.

La Retroexcavadora durante sus movimientos de posición (vuelta al lado de la zanja) debe hacerlo lo más lejos como se requiera cuesta abajo a lo largo del eje del tubo.

Seguidamente y ayudado por la excavación manual se va retirando la capa de suelo que cubre la tubería deslizándola hacia los lados para posteriormente retirarla con la retroexcavadora.

El perfil de la zanja; es de 1,5 metros a cada lado de la tubería, (Ancho: 3.51

metros) OJO, en le sector crítico 8, para hacer cumplir esto se requiere realizar un movimiento de tierra considerable debido a que el terreno presenta el inicio de la falla en la corona, (ver foto enviada a JUrueta) , Profundidad: hasta encontrar la tubería y como mínimo 0.20 metros por debajo de la cota base de la zanja por la longitud indicada para este sector, la cual será definida en localización (aguas arriba y/o aguas debajo de la zanja existente) y longitud definida en el sitio.

Una vez realizada la excavación y teniendo la tubería totalmente expuesta, se procede a realizar la inspección de la tubería, verificar su estado y tomar las acciones pertinentes, seguidamente se realiza los trabajos de alivio de esfuerzos, realizando los cortes de la tubería, con el objeto que ella libere los esfuerzos a que ha sido sometida por los desplazamientos del terreno e instalar el niple de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas en la norma y restablecer el flujo a las condiciones normales de operación.

6.1.16 Trabajos de reparación mecánica en el sector Briceño.

A continuación se describen las pautas (sin limitarse a ellas) que deben seguirse durante las actividades de reparación de tubería y alivio de esfuerzos. Se debe entonces considerar la siguiente secuencia:

Los trabajos no serán realizados como mantenimiento correctivo de emergencia. Es un mantenimiento correctivo programado, de los cuales el CONTRATISTA entregara el Programa Detallado de Trabajo y no estará sujeto al cumplimiento de las 36 horas máximas de suspensión de flujo de gas natural

Mantenga abierto los venteos agua abajo de la VC-11 A y aguas arriba de la

VC-11 B con el objetivo de mantener efecto sifón que continúe desplazando el gas natural remanente en la tubería.

Realice los cortes de tubería y prepare los biseles para insertar la nueva sección de tubería. Deben considerarse que debido al efecto de tensión muy probable que durante el primer corte de tubería, esta se rompa, por lo cual deberán tomarse las medidas preventivas del caso como el anclar las máquinas o anclar la tubería con material del terreno para evitar su movimiento brusco.

Si luego de realizar los cortes existe alta concentración de gas, es importante esperar que los sitios de corte hagan efecto de tiro y realizar mediciones para mirar el descenso de la concentración de gas.

Luego de verificar que no existe concentración de gas, se procede con la inyección de un bache de nitrógeno a ambos lados, y se realiza la perforación del tubo con el equipo de oxicorte para colocar los couplings de 1 pulgada. La ubicación de los couplings debe hacerse a una distancia tal que permita la instalación de un obturador en el caso de requerirse (1,0 metro como mínimo de la cara interna del obturador). Estas soldaduras de filete deberán ser inspeccionadas utilizando tintas penetrantes.

Previamente haga las mediciones necesarias y calibre distancias.

Prepare el niple de reemplazo con sus biseles.

Si llega a ser necesario, instale internamente un obturador en el diámetro requerido (22") y verifique que quedo con la presión adecuada. Realice prueba de contaminación de gas, para verificar que no existe pase a través

de él. Repita esta actividad para la otra sección.

Haga monitoreo de presión a través de los couplings, para tener un concepto de su nivel (ponga encima una hoja de papel para determinar si existe expansión de posibles hidrocarburos al interior del sistema).

Desmagnetización de la tubería.

Alineación y soldadura de tubería según procedimiento WPS-002, utilizando soldadores debidamente calificados.

Realizar pruebas de calidad al 100% de las juntas soldadas según técnicas del código ASME V y criterios de calificación API 1104.

Acondicionar bien la tubería en la zanja, colocando como soporte sacos para evitar el daño del revestimiento. En el bajado de la tubería deberá utilizarse bandas especiales que eviten el daño del revestimiento.

Aplicar material protector en las juntas Soldadas (manguitos).

Reconformación. La tubería debe estar protegida de movimientos verticales, mediante la instalación de tabiques temporales en material seleccionado de la excavación, distanciados cada 15 metros. (Posterior a la reinstalación de los deformímetros)

En los lugares que la tubería sea susceptible de ser golpeada por piedras de tamaño relativo, se hará un pretapado.

Cuando en el fondo se detecte roca se debe recubrir con una capa de arena

o suelo desmenuzado o con bolsas llenas de arena o suelo de por lo menos 10 cm. de espesor.

El fondo de la zanja debe ser conformado en forma uniforme y quedar libre de rocas y/o materiales extraños que puedan afectar la tubería.

Adicionalmente y como medida de protección temporal de la tubería se deben instalar sacos de fibra natural rellenos con suelo seleccionado de la excavación alrededor de la tubería. (Requiere aprobación de ecogás).

La Longitud a tratar con este procedimiento es para los sitios que presenten rocas tanto confinadas como no confinadas.

Aislamiento del área. Como es conocido por parte del CONTRATISTA, en el área donde se desarrollaran los trabajos la tubería se encuentra destapada y como medida de seguridad los tramos se aislaron mediante la instalación de una cerca temporal (postes de madera y alambre de púa), para evitar la entrada de semovientes y/o personas ajenas al proyecto. Para lo cual el Contratista deberá tener en cuenta lo siguiente.

Retiro del tramo de cerca temporal por donde ingresaran los equipos y el personal que adelantará los trabajos.

No permitir el ingreso de semovientes y/o personas ajenas a los trabajos durante el desarrollo de los trabajos.

Una vez finalicen los trabajos de alivio de Esfuerzos en cada uno de los sitios críticos el Contratista deberá restaurar la cerca temporal dejándola igual o en mejores condiciones a las encontradas.

Si el CONTRATISTA decide adelantar las actividades antes mencionadas con el Propietario de los predios y/o con personal de la región, al terminar los trabajos, debe diligenciar el respectivo Paz y Salvo Final por todo concepto con el propietario y con el visto bueno del Ing. Ambiental, responsable de la Gestión de Tierras (aplica para accesos utilizados por el CONTRATISTA, acopios para materiales, equipos, celadurías, proveedores, etc)

En ningún momento se efectuara el llenado de la tubería con gas natural sin que por lo menos se hallan instalado presillas o tabiques de material de la zanja cada quince (15) metros que impidan que la tubería se levante del fondo de la zanja en el momento de realizar el llenado y presurización con gas natural.

Debe controlarse que el contratista retire todos los desechos del sitio de trabajo, la tubería retirada sea almacenada en el acopio del pk 25 o donde se disponga y se realice adecuadamente la reconfiguración final y limpieza del área de trabajo.

Purga, llenado y presurización. Cuando el Coordinador de campo obtenga información satisfactoria del avance de los trabajos y verifique que finalizaron los trabajos mecánicos en el SECTOR BRICEÑO, pondrá en alerta a los grupos de trabajo ubicados en la Trampa de Raspadores de La Belleza, PK-22+900 VC-11 A (QUEBRADA GUAYABAL) y VC-11 B PK 32+000, comprometidos con el arranque del sistema y con el CPSC.

Debido a los continuos cierres que se han presentado en los City Gates del sector Sucre Oriental – Cogua por la entrada de gas Cusiana en la variante Puente Guillermo – Sucre Oriental sin regulación de presión, se habilitará a

presión de operación el sector La Belleza – Sucre Oriental de 22”, manteniendo como respaldo la variante de 20” Puente Guillermo – Sucre Oriental.

Para esta operación los grupos técnicos ubicados en las válvulas trabajaran de la mano con el operador del CPSC, quien hará seguimiento paso a paso al proceso de purga, llenado, presurización y normalización del gasoducto así:

El operador del CPSC coordinará con el CDG de Ecogás, previo a la finalización de los trabajos en el SECTOR BRICEÑO PK 30+800 (SC-7 A) Y PK 31+580 (SC-8), el alistamiento de la producción del Campo Cusiana y de la planta de deshidratación; para alistar el gasoducto Cusiana-La Belleza.

Grupo de la Trampa de Raspadores de la Belleza

Para efectos de conseguir una normalización rápida del gasoducto La Belleza-Cogua, se dará soporte inicialmente con Gas Guajira, para lo cual utilizaremos el by pass del sistema de regulación operándolo en forma suave para no afectar la operación de la válvula VC-04 (Río Minero); y paralelamente el operador Horacio Vega ir alineando el gas Cusiana.

El operador de COA en la Belleza, no suministrará flujo de gas hasta tanto no se hayan abierto las válvulas VC-11B y VC-11A. El operador del CPSC le confirmará el inicio de la transferencia

Este grupo notificará cada hora al CPSC las condiciones operativas existentes en ese punto de salida.

Grupo del PK-22+900 Quebrada Guayabal. Dado que no fue retirada la

platina existente aguas abajo de la válvula del by pass en la válvula VC-11A, este grupo realizará la purga del sector de acuerdo al procedimiento de purga y llenado; y estará pendiente cuando se presente la condición de tener presiones iguales a cada lado de la válvula, para proceder con su apertura utilizando el sistema hidráulico.

Cuando suceda la apertura de la válvula VC-11A, le notificará en forma inmediata al CPSC para que coordine la presurización del gasoducto.

Grupo de la válvula VC-11 B PK 32+000. Por la condición mecánica existente en el by pass de la válvula VC-11A, este grupo hará la purga y presurización del sector intervenido en reversa, hasta que se igualen las presiones en la válvula VC-11ª..

Cuando en la válvula VC-11B en el PK 32+000 exista un diferencial de presión de 15 psig, dar apertura con el sistema hidráulico y avisar en forma inmediata al operador del CPSC.

El CPSC debe estar muy atento a los niveles de presión, para dar instrucciones de aumentar o disminuir el despacho de gas en la trampa de la belleza, para facilitar la apertura de las válvulas.

6.1.17 Responsabilidad de normalización operativa en el área.

El coordinador de operación (Ingeniero Jefe de Distrito o Ingeniero de Soporte y Control o Coordinador de actividades asignado por la Gerencia) en el área de los trabajos, no abandonará el sitio hasta tanto haya reportado al CPSC que las válvulas VC-11 A y VC-11 B quedaron abiertas y en condición manual transitoriamente hasta que se recupere los niveles de operación

normal. Una vez que se tenga la operación normal, el técnico del distrito debe colocar en posición automática los actuadores de las válvulas mencionadas.

El CPSC, será el responsable de monitorear y coordinar las acciones operativas para normalizar la entrada del gas Cusiana.

Los actuadores se ajustarán a la condición automática cuando se tenga un perfil de presiones adecuado y será autorizado por el centro principal de control.

De acuerdo a instrucciones de Ecogas, una vez se encuentre estabilizado el sector La Belleza Cogua, (se deben ajustar los sistema de regulación del gas Cusiana y Gas Guajira en La Belleza, para trabajar con el esquema antes de entra la variante), se debe proceder a sacar de servicio el sector Puente Guillermo-Sucre Oriental; para lo cual deben cerrarse dichas válvulas de línea.

6.1.18 Actualización de este procedimiento. Este Procedimiento tendrá revisiones antes de la ejecución de las labores de acuerdo a las modificaciones ó adiciones que se puedan presentar.

6.1.19 Registros

- Acta de Reunión
- Acta de Visita
- Permiso de Ingreso al Derecho de Vía
- Acta de Inspección de Daños

- Acuerdo de Reconocimiento de Daños
- Formato de Paz y Salvo
- Registro Fotográfico y Fílmico
- Check List de equipos, personal y materiales
- Registro de calificación de soldadores
- Registros (placas) radiográficos
- Cantidades de personal y equipos utilizados
- Cantidades de obra
- Bitácora del CPSC
- Bitácora de campo
- Informe final de la emergencia el cual tendrá como contenido básico:
 - ✓ Introducción
 - ✓ Objetivo
 - ✓ Identificación y localización del área afectada
 - ✓ Antecedentes
 - ✓ Vías de acceso
 - ✓ Clase de Localización
 - ✓ Eventos Geológicos - geotécnicos
 - ✓ Cronología de eventos para la ejecución de los trabajos de reparación / mantenimiento correctivo programado
 - ✓ Recursos utilizados (personal / equipos y maquinaria / materiales)
 - ✓ Análisis de las causas y análisis de falla
 - ✓ Procedimientos y registros utilizados y diligenciados
 - ✓ Cantidades de obra ejecutadas firmadas por el COA, ECOGAS y el CONTRATISTA
 - ✓ Cantidades de obra recomendadas y pendientes de ejecución (geotecnia)
 - ✓ Valor final de los trabajos

- ✓ Registros de calificación de soldadores
- ✓ Registro de inspección de soldaduras
- ✓ Isométrico de trabajos ejecutados
- ✓ Registros de calificación de soldaduras por END
- ✓ Certificados de materiales utilizados
- ✓ Diagnostico Ambiental de la Emergencia / Mantenimiento Correctivo Programado
 - Recurso Hídrico
 - Recurso Aire
 - Recurso suelo
 - Recurso Florístico
 - Recurso Fauna
- ✓ Informe Gestión Social
 - Reporte al Comité Local / Regional de Emergencias
 - Actividades de gestión social
 - Identificación y determinación de la propiedad del predio
 - Identificación y determinación de daños a la propiedad
 - Permisos de ingreso al DDV y a propiedad privada
 - Análisis del impacto de la emergencia / mantenimiento correctivo programado
 - Intervención con organizaciones de base en el área de la emergencia (JAC, JAL, etc)
- ✓ Informe Gestión Seguridad Industrial
 - Reporte de tiempo trabajado (número de horas – hombre de personal de COA y contratistas)
 - Reporte de accidentes / incidentes

- Estadísticas de accidentalidad
- Evaluación del desempeño en Seguridad Industrial del contratista
- ✓ Registro de evaluación del CONTRATISTA
- ✓ Conclusiones y recomendaciones
- ✓ Registros fotográficos.

7 OTRAS SOLUCIONES

El conjunto de soluciones cubre desde la solución de no hacer nada, hasta las soluciones integrales consistente en construir una variante o colocar la tubería sobre marcos H. En este caso particular, cualquier solución intermedia en este caso preciso constituye desafortunadamente tan solo un paliativo.

Dado este escenario, el "paliativo mayor" (zanjas filtrantes), se basaba en admitir que la magnitud de la masa de suelo en movimiento es tal, que por simple conservación de la cantidad de movimiento (igual al producto de la masa por la velocidad), no era posible contenerlo, no obstante la velocidad baja, y por lo tanto, la única manera de mermar la progresión del fenómeno consistía en extraer agua del coluvión, lo que no es ni sencillo ni barato (tal como lo demuestran experiencia en países como Francia donde se han implementado estos sistemas de grandes zanjas filtrantes).

Dentro de esta gama de soluciones intermedias incluidas dentro del abanico de posibilidades, se incluían aquéllas implementadas en Briceño, a saber aquélla de la tubería Armco y aquélla de la cascarilla de arroz, solución ésta última, bastante interesante aunque no dejaba de ser un paliativo a cierto plazo.

Dado el precio y los efectos ambientales (deseccación superficial) de las zanjas filtrantes diseñadas, se optó por la solución integral consistente en construir una nueva variante, desconociéndose la posibilidad de colocar la tubería existente sobre marcos H, pero se implemento una metodología que permitiera entretanto, seguir suministrar gas a Bogotá mientras se construía la variante.

La solución de colocar la tubería sobre marcos H no se tuvo en cuenta argumentando razones de tipo de orden público, con lo cual no estamos de acuerdo por que la experiencia demostró que a pesar de que el recorrido del gasoducto en el sector crítico de Briceño y las zanjas ahí existentes son fácil visualización desde zonas altas, nunca se presento un atentado.

Otra de las bondades de colocar la tubería sobre marcos H es la disminución de algunos costos fijos de Operación como es el de la energía consumida por la necesidad de corriente impresa para la protección catódica.

Definitivas: Se planteó 3 viabilidades. 1) variante eludiendo el coluvión (14 Km aprox.). 2) Variante eludiendo la zona del problema, conectando el Gasoducto al que viene del Porvenir punto diferente a la Belleza (35 Km aprox.). 3) solución Intermedia de variantes cortas, pasos áreas en quebradas y sectores con tubo superficial.

Convivir con el coluvión. Encamisar en tubo corrugado, cajas o zanjas de inspección, profundizar tubo en la Q. Guayabal, manejo de aguas superficiales y subterráneas y muros de contención. Después de las obras se debe monitorear los movimientos: Medición distancia entre revestimiento al borde de la caja de inspección e inspección visual de la deformación de la tubería.

Variantes. Las alternativas consideradas han sido de dos tipos: un grupo de ellas están localizadas en vecindades al corredor actual del Gasoducto: Y en un segundo grupo, se ha establecido una variante regional, saliendo directamente del Gasoducto Porvenir – La Belleza.

En la alternativa regional, se ubicó un corredor entre el Hatillo y Chiquinquirá, saliendo del antiguo tubo de la línea Central de los Llanos en un punto ubicado aproximadamente entre 2 y 3 Km al sur-este de la población El Hatillo (Santander).

Para el estimativo de costos de las alternativas, se adelantó un conteo detallado de las cantidades de obras, incluyendo las de geotécnia. Por costo y tiempo se dejó como solución a largo plazo, mientras se establece un presupuesto y se tramita la negociación de predios, tubería y facilidades de superficie a la fecha se está trabajando como proyecto para el año 2002.

ALTERNATIVA	LONGITUD DE OBRA (Km de Cadena Pisada)	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TRABAJOS DE REPARACION	Puntuales	- Menor inversión Inicial	- La solución es parcial
VARIANTE EN MARCHOS H.	11.4	- Inversión Inicial inferior a opción con zanjado - No requiere adelantar excavaciones Permite acomodar la solución a los movimientos del suelo	- requiere tubería nueva La tubería queda superficial. Inseguridad - Se convive con el problema
VARIANTE GLOBAL EN BRICEÑO	16.52	- Es una solución que evita casi todos los coluviones - La posibilidad de falla queda acotada al comportamiento de 590 metros.	- Requiere de tubería nueva - Quedan 590 metros con marcos H y coluvión - Requiere adquisición de predios y aprobación ambiental.
VARIANTE GENERAL EL HATILLO A CHIQUINQUIR A	32.96	- Es una solución que evita todos lo coluviones Se elimina la posibilidad de falla	- Requiere tubería nueva Requiere la mayor longitud y costo - Requiere mayor adquisición de predios

El estudio contemplo en todos los casos, cartografía geológica y geomorfológica del sector, levantamiento de campo de los corredores, estudio de suelos (Puntos estratégicos), cantidades de obras y análisis de costos, recomendación de soluciones. El trabajo se efectuó con fotointerpretación, reconocimiento de campo, planteamiento de alternativas, evaluación de alternativas y costo de cada una.

Encamisado de tubería de 22” con tubo tipo ARMCO de 36”.

De acuerdo con las recomendaciones del estudio Geológico – Geotécnico se procedió a instalar en noviembre de 1999 un encamisado con tubo tipo ARMCO de 36” en las tres zonas que se establecieron como críticas en el análisis de tramos.

- P.K. 22+980 al 23+900 Cruce Quebrada Guayabal
- P.K. 26+750 al 27+100 Quebrada el Diamante
- P.K. 30+430 al 31+430 Garganta del Coluvión.

Para evitar el problema que genera el contacto del encamisado con la tubería en el sistema de protección Catódica se utilizó en el anular medio de las 2 tuberías un anillo aislante PSI INSULATOR, que a la vez mantenía centrado un tubo respecto al otro y evitaba su contacto y desplazamiento.

Baja Presión. Debido a que durante las rupturas se presentaron fuertes estallidos, que afortunadamente en ningún caso provocaron lesiones personales ni daños materiales, se tomo como solución operativa, anexo a la búsqueda de soluciones mecánicas, bajar la presión de trabajo del tramo, pasando de presiones de 700 psig a 850 psig, en promedio en la zona hasta un valor bajo de 450 psig para entregar gas a Bogotá a 350 psig, con lo cual,

se garantizaba las entregas y se manejaban presiones más bajas para eventuales rupturas.

Resultados de Alivio de Esfuerzos (camisas – cascarilla de arroz).

Fecha Rupturas	Camisas Nov. 1999	Cascarilla de Arroz 2001
Enero 12 de 1999	2000 sin problema	2001 sin problema
Mayo 15 1998, Mayo 31 1999	2000 sin problema	2001 sin problema
Octubre 3, 1999	2000 sin problema	Por Evaluar
Noviembre 29, 1999	2000 sin problema	Por Evaluar

La solución del encamisado con tubería ARMCO de 36” como el alivio con la cascarilla de arroz (Alivio de Esfuerzos) ha evitado rupturas o fisuras desde Noviembre de 1999, cuando se presentó el último evento (colapso de tubería) hasta el 13 de julio de 2001 cuando es presentado este artículo para publicación y con la certeza que no se presentarán los daños como emergencia, sino con un monitoreo continuo, se puede restablecer las condiciones de alivio y evitar cualquier ruptura a tiempo.

8 CONCLUSIONES

Cuando se enfrenta un problema como el que se ilustra en este trabajo deben tenerse presente, estudiarse y compararse todas las posibles alternativas de solución al problema que van desde obras adicionales de geotecnia hasta la construcción de una variante que evite el paso sobre el área que presente movimientos de tierras (coluvión).

Dentro de las soluciones posibles hay que enumerar: Obras de geotecnia de contención y de alivio, alivio de esfuerzos, uso de materiales biodegradables que absorban la energía ocasionada por el movimiento de la tierra, tubería descubierta, tubería sobre marcos H y construcción de una variante.

En cuanto a la construcción de variantes, hay que tener en cuenta que el crecimiento de la demanda, el descubrimiento de nuevos yacimientos, la accidentada geografía de nuestra región (América Latina) y la necesidad de conectar los nuevos y antiguos centros de producción con nuevos centros de consumo, obligarán a la industria a enfrentar, en vez de evitar, cada vez con más frecuencia problemas como los ilustrados en este trabajo.

El uso de material biodegradable debe llevar consigo el estudio de los mismos para escoger el material asertivamente de acuerdo a la capacidad de éste para absorber la energía y su tiempo de vida útil.

Obras de Geotecnia adicionales podrían no solo resultar en costos ineficaces, sino que podrían agravar la situación, sin embargo no deben descartarse como soluciones puntuales y adicionales a las otras mencionadas.

El alivio de esfuerzos debe verse como una solución, cuya eficiencia depende del conocimiento que se tenga del fenómeno, la instrumentación disponible, medidas adicionales como la apertura de zanjas y obras adicionales de geotecnia, la experiencia, capacitación y capacidad de decisión de los funcionarios encargados del problema

Tanto la solución de la tubería destapada como sobre marcos H, dependen de un estudio exhaustivo de riesgos, ya que se permitiría mayor interacción de la comunidad y el gasoducto, sin embargo como regla general esta solución es posible en clases de localidad 1 y 2.

Aunque la escogencia de la mejor solución, como se mencionó antes depende de análisis económicos y de riesgos, para el caso específico ilustrado en este trabajo, la mejor solución habría sido la tubería sostenida sobre marcos H, ya que era más económica que la variante y la experiencia demostró en las secciones descubiertas donde se realiza el monitoreo de la deformación de la tubería, que no se incrementaban las fallas debido a las actividades humanas.

Para la solución de tubería descubierta se tendría que contemplar, aunque en menor proporción a la que se tiene en los sectores críticos de Briceño, el monitoreo de la deformación de la tubería y el alivio de esfuerzos, mientras que con la solución en marcos H se aísla la tubería del problema.

Para el estudio del fenómeno se debe buscar como socio una empresa con experiencia en instrumentación geotécnica y estructural, pero nunca se debe renunciar a la responsabilidad de tomar las decisiones, la empresa asociada (contratada) debe ser un generador de conocimiento y un asesor a la hora de

tomar decisiones.

Tanto la empresa asociada (contratada) para el estudio como el personal de la empresa encargado del proyecto debe ser seleccionado con especial cuidado, especialmente si se selecciona como solución o parte de ésta, el monitoreo y el alivio de esfuerzos, ya que cambios a la mitad del proceso, generan retrocesos y por lo tanto se cometen errores del pasado incurriendo en gastos innecesarios, que afectan la credibilidad de la empresa y del proceso.

Los funcionarios de la empresa que tiene el problema, deben involucrarse, entendiendo y participando en el proceso de instrumentación, interpretación de datos y deben permanecer presentes en el grupo de trabajo de las posibles soluciones implementadas. Las consecuencias de que la empresa no se involucre en el proceso de instrumentación e interpretación de datos se ven en el incremento de los costos por un manejo inadecuado del riesgo a la hora de toma de decisiones, en el caso de Ecogás el alivio de esfuerzos se realizaba cuando la deformación de la tubería estaba en el 100%, una vez Ecogás se involucró en el proceso de interpretación de datos, el alivio se realizaba en el 200% disminuyéndose drásticamente los costos de reparación y producto perdido y aumentando la confiabilidad y seguridad del servicio.

Por otra parte debe tenerse en cuenta que la empresa asociada, conoce y tiene suficiente experiencia en la instrumentación y la interpretación de datos necesarios para casos como el ilustrado en este trabajo, pero quien más conocimiento y experiencia tiene en el sistema de transporte y sus necesidades es la empresa propietaria del gasoducto.

La no participación de los funcionarios involucrados en la instrumentación e interpretación de datos en el grupo de trabajo de la implementación de las posibles soluciones puede traer como consecuencia que durante la ejecución de la solución o durante los preparativos previos aparezcan circunstancias que se analicen equivocadamente al no tener en cuenta la experiencia adquirida llevando a la empresa a invertir en infraestructura innecesaria que también aumentara los costos de administración, operación y mantenimiento.

Una vez superado el límite de elasticidad o SMYS en nuestro caso, las medidas de deformación unitaria, carecen de sentido y no se deben tomar decisiones con respecto a estas.

Una vez se establezcan las medidas de deformación unitaria en el ducto, podemos conocer el esfuerzo tangencial al que está sometida la tubería y así tomar decisiones con respecto a disminuir o aumentar la presión de operación.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS ASME B 31.8 GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS ULTIMA EDICION.

NORMA API – SPECIFICATION 5L “SPECIFICATION FOR LINE PIPE” 2000

MATERIAL DE CAPACITACION FIRMA SALAZAR FERRO. MONITOREO GEOTECNICO 2004

PIPELINE DESIGN E CONSTRUCTION A PRACTICAL APPROACH. M MONHITPOUR, H GOLSHAN A MURRAY, SEGUNDA EDICION. 2003

SALAZAR FERRO INGENIEROS. INFORMES DE MONITOREO. 2003-2004

NORMA TECNICA COLOMBIANA – NTC 3838 “GASODUCTOS PRESIONES DE OPERACIÓN PERMISIBLES PARA EL TRANSPORTE, DISTRIBUCION Y SUMINISTRO DE GASES COMBUSTIBLES”. 1999

NORMA TECNICA COLOMBIANA – NTC 4991 “SOLDADURA DE LINEAS DE TUBERIAS PARA TRANSPORTE DE GAS Y PETROLEO Y DE INSTALACIONES RELACIONADAS”. 2001

NORMA TECNICA COLOMBIANA – NTC 5254 “GESTION DEL RIESGO”. 2004

NORMA TECNICA COLOMBIANA – NTC 3728 “GASODUCTOS LINEAS DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE GAS”. 2001

ECOGAS. INFORMES DE ALIVIO DE ESFUERZOS SECTORES CRITICOS DE BRICEÑO”. 2004