APOYO EN LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GEOTÉCNICA PARA LAS REDES DE GASODUCTOS DE PROMIORIENTE PARA EL PROYECTO AVR DE 334 KILÓMETROS.

PRESENTADO A:
MSC. GERARDO BAUTISTA GARCÍA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017

APOYO EN LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GEOTÉCNICA PARA LAS REDES DE GASODUCTOS DE PROMIORIENTE PARA EL PROYECTO AVR DE 334 KILÓMETROS.

ASPIRANTE A TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL
ANDRÉS FELIPE BRAVO LÓPEZ

SUPERVISOR DE LA EMPRESA
MSC. CARLOS ANDRÉS BUENAHORA BALLESTEROS

DIRECTOR PRÁCTICA EMPRESARIAL
MSC. GERARDO BAUTISTA GARCÍA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017

Nota De Aceptación:

MSC. CARLOS ANDRÉS BUENAHORA B.
Tutor Empresarial

MSC. GERARDO BAUTISTA GARCÍA
Tutor Académico

EVALUADOR

EVALUADOR

Bucaramanga, 15 de Octubre de 2017

A Dios por bendecir cada uno de mis pasos.

A mis amados padres, Blanca y José, por ser los principales promotores de este sueño y los verdaderos dueños de cada uno de mis triunfos.

A mis hermanas Maye y Mariajo por ser mis fieles compañeros de vida y las que me han enseñado el verdadero significado de la incondicionalidad.

A toda mi familia por su aprecio, cariño y comprensión.

A mis amigos por cada momento compartido inolvidable y duplicar mis alegrías.

A Ingeotecnia por sus grandes enseñanzas y brindarme su apoyo para crecer profesionalmente.

Este triunfo es de todos aquellos que trabajaron por hacer de mí una persona exitosa.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. OBJETIVOS 9
2.1. Objetivo General. 9
2.2. Objetivos Específicos. 9
3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA 10
3.1. RESEÑA HISTORICA 10
3.2. LOGOTIPO DE LA EMPRESA 11
3.3. E.D. INGEOTECNIA S.A.S 12
3.4. MISIÓN 12
3.5. VISIÓN 13
3.6. POLÍTICA HSEQ 13
3.7. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL 14
3.8. PROYECTOS REALIZADOS 15
4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO 18
4.1. Actividad I 18
4.1.1. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA 19
4.1.1.1 Soluciones Convencionales al Problema 19
4.2. Actividad II 28
4.2.1. MÉTODO IMPLEMENTADO 28
4.3. Actividad III 29
4.3.1. SUPOSICIONES DE DISEÑO 32
4.3.2. SELECCIÓN DE PARAMETROS 33
4.3.3. CÁLCULO DE FUERZAS 35
4.3.3.1 FUERZA RESISTENTE LATERAL (Pu) 35
4.3.3.2 FUERZA RESISTENTE AXIAL (Tu) 37
4.3.3.3 CÁLCULO DE DEFORMACIONES 39
4.3.3.4 CÁLCULO DE VULNERABILIDAD 40
4.3.3.5 CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD GEOTÉCNICA 40
4.4. Actividad IV 42
4.5. Actividad V 48
4.6. Actividad VI 50
4.7. Actividad VII 50
4.7.1. OBSERVACIONES 50
4.8. OTRAS ACTIVIDADES 54
5. APORTE AL CONOCIMIENTO 60
6. CONCLUSIONES 62
7. RECOMENDACIONES 64
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Logotipo de la Empresa 11
Imagen 2 Estructura Organizacional 14
Imagen 3 Tubería como Viga Simplemente Apoyada 19
Imagen 4 Esfuerzo vs Desplazamiento del Tubo 20
Imagen 5 Deformación vs Desplazamiento máximo del Tubo 20
Imagen 6 Desplazamiento para obtener fluencia (0.24%) vs Longitud de deslizamiento 21
Imagen 7 Tubería como Viga Doblemente Empotrada 22
Imagen 8 Esfuerzo vs Desplazamiento del Tubo 22
Imagen 9 Deformación vs Desplazamiento máximo del Tubo 23
Imagen 10 Desplazamiento para obtener fluencia (0.24%) vs Longitud de deslizamiento. 23
Imagen 11 Comparación de los Tipos de Apoyo 24
Imagen 12 Respuesta de la Tubería en Arcilla Compacta 25
Imagen 13 Respuesta de la Tubería en Arcilla Blanda 25
Imagen 14 Resultado Modelo de RAJANI 27
Imagen 15 Diagrama de Metodología 29
Imagen 16 Efecto de un deslizamiento perpendicular a la tubería 30
Imagen 17 Anchura de Zona de Deformación (w)-Análisis de Amenaza. 34
Imagen 18 Fuerza Resistente Lateral (Pu) 35
Imagen 19 Fuerza Resistente Axial (Tu) 37
Imagen 20 Modelación Tubería 38
Imagen 21 Distribución de Vulnerabilidad de acuerdo a Sitios Críticos (Perfiles) 48
Imagen 22 Mapa Tipo Raster de la Vulnerabilidad para Sitios Críticos (Perfiles) por Remoción en Masa 49
Imagen 23 Sitios con información para Cálculo de la Vulnerabilidad 51
Imagen 24 Vulnerabilidad Payoa-Bucaramanga 52
Imagen 25 Vulnerabilidad Gibraltar-Bucaramanga 53
Imagen 26 Definición Perfil 105-Análisis de Infiltración. SEEP/W 54
Imagen 27 Resultados Perfil 105-Análisis de Infiltración. SEEP/W 55
Imagen 28 Definición Perfil 105-Análisis de Estabilidad Estática sin Obra. SLOPE/W 56
Imagen 29 Resultados Perfil 105-Análsis de Estabilidad Estática sin Obra. SLOPE/W 57
Imagen 30 Definición Perfil 105-Análisis de Estabilidad Dinámica sin Obra. SLOPE/W 58
Imagen 31 Definición Perfil 105-Análisis de Estabilidad Dinámica sin Obra. SLOPE/W 59

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Proyectos de la Empresa 15
Tabla 2 Parámetros de Ramberg y Osgood para Tuberías de Acero (ALA, 2001) 39
Tabla 3 Clasificación de Vulnerabilidad 41
Tabla 4 Cálculo de Vulnerabilidad 42
Tabla 5 Distribución de Vulnerabilidad..... 48
Tabla 6 Información Perfiles 51
Tabla 7 Clasificación de Sitios Críticos por Remoción en Masa según Vulnerabilidad 52

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: APOYO EN LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GEOTÉCNICA PARA LAS REDES DE GASODUCTOS DE PROMIORIENTE PARA EL PROYECTO AVR DE 334 KILÓMETROS.

AUTOR(ES): ANDRÉS FELIPE BRAVO LÓPEZ

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): MSC. GERARDO BAUTISTA GARCÍA

RESUMEN

El presente documento, agrupa la información de las actividades realizadas durante el periodo de práctica en la empresa E.D. INGEOTECNIA S.A.S, empresa de consultoría e interventoría especializada en el área de geotecnia; llevados a cabo entre los meses de junio y octubre del año 2017. La práctica empresarial se desarrolló por un periodo de cuatro (4) meses en los cuales, el estudiante sirvió de apoyo en la determinación de la vulnerabilidad geotécnica para las redes de gasoductos de PROMIORIENTE para el proyecto AVR de trescientos treinta y cuatro (334) kilómetros. Durante este tiempo el estudiante desarrolló las actividades propuestas en el plan de trabajo; tales como la investigación de diferentes normas y documentos acerca del análisis de vulnerabilidad geotécnica dada en la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano; igualmente, la información de tesis de maestría “Análisis de la Vulnerabilidad de Tuberías sometidas a Deslizamientos” de Marta Inés González Sánchez, demás información suministrada y tomada como referencia para el Proyecto AVR de PROMIORIENTE, implementación de la metodología de evaluación de la vulnerabilidad, cálculo de la vulnerabilidad, y otras actividades expuestas en este escrito. Este documento evidencia todas las actividades propuestas y desarrolladas permitiendo el cumplimiento satisfactorio de todos los objetivos planteados y adquirir conocimiento nuevos tratados durante la práctica por parte del estudiante.

PALABRAS CLAVE:

Vulnerabilidad, geotécnia, gasoducto, suelos.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: SUPPORT FOR THE DETERMINATION OF GEOTECHNICAL VULNERABILITY FOR PROMISE GAS PIPELINE NETWORKS FOR THE 334 KILOMETER AVR PROJECT.

AUTHOR(S): ANDRÉS FELIPE BRAVO LÓPEZ

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: MSC. GERARDO BAUTISTA GARCÍA

ABSTRACT

The present document, groups the information of the activities carried out during the period of practice in the company ED INGEOTECNIA SAS, consultancy and supervisory company specialized in the area of geotechnics;carried out between the months of June and October of the year 2017. The business practice was developed for a period of four (4) months in which the student served as support in the determination of the geotechnical vulnerability for gas pipeline networks. PROMIORIENTE for the AVR project of three hundred thirty-four (334) kilometers. During this time the student developed the activities proposed in the work plan; such as the investigation of different standards and documents about the geotechnical vulnerability analysis given in the methodological guide for threat studies, vulnerability and risk due to mass movements of the Colombian Geological Service; Likewise, the information of the master\'s thesis \"Analysis of the Vulnerability of Pipes subjected to Landslides\" by Marta Inés González Sánchez, other information provided and taken as a reference for the Project AVR of PROMIORIENTE, implementation of the vulnerability assessment methodology, calculation of vulnerability, and other activities exposed in this writing. This document evidences all the proposed and developed activities allowing the satisfactory fulfillment of all the proposed objectives and acquiring new knowledge treated during the practice by the student.

KEYWORDS:

Soils, vulnerability, geotechnics, gas pipelines, threat.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

La geotecnia es una rama de la ingeniera civil que tiene un alto grado de importancia a la hora de diseñar, ejecutar, construir y analizar un proyecto o un estudio general, que conlleva a la solución de nuevos problemas dados a través del tiempo.

Por este motivo, se destaca la importancia de los estudios de suelos al momento de ejecutar cualquier diseño ya que, estos son la raíz y/o columna vertebral de dichos proyectos y así, son el soporte esencial para que estos se mantengan en pie. En el terreno natural se presenta gran diversidad de tipos de suelos y esto conlleva a que cada proyecto tenga un estudio de suelo diferente, que tienen como fin determinar las propiedades del terreno que ayude a elaborar y definir su respectivo diseño.

En este estudio, la vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad, en este caso geotécnico que enfrenta a una amenaza, debido a la diversificación del relieve que posee nuestro país, Colombia. Dicha vulnerabilidad se constituye como uno de los componentes principales de la evaluación de riesgo ante amenazas naturales.

E.D. INGEOTECNIA S.A.S es una empresa especializada en el área de la geotecnia, que tiene como fin ofrecer soluciones mediante un servicio de consultoría e interventoría, amplio y especializado, aportando herramientas tecnológicas y un excelente equipo de trabajo con experiencia, altos niveles de conocimiento y creatividad, siendo de gran apoyo para impulsar proyectos de investigación.

Esta práctica empresarial permite al estudiante poner a prueba los conocimientos adquiridos en los años de estudio, de igual forma afianzar y ampliar sus conocimientos técnico-prácticos basados en la carrera

profesional, dando cumplimiento a uno de los requisitos exigidos por la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga para optar por el título de ingeniero civil, siendo esta, una de las tres modalidades de trabajo de grado (Prácticas empresariales, tesis de grado o trabajo social) que establece la universidad.

El presente documento, agrupa la información de las actividades realizadas y a realizar durante el periodo de práctica en la empresa E.D. INGEOTECNIA S.A.S, llevados a cabo entre los meses de junio y octubre del presente año. La práctica empresarial se desarrollará por un periodo de cuatro (4) meses en los cuales, el estudiante servirá de apoyo en la determinación de la vulnerabilidad geotécnica para las redes de gasoductos de PROMIORIENTE para el proyecto AVR de trescientos treinta y cuatro (334) kilómetros.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General.

Cumplir con los requisitos exigidos por la universidad realizando el trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial en la empresa E.D. INGEOTECNIA S.A.S., sirviendo de apoyo en la determinación de la vulnerabilidad geotécnica para las redes de gasoductos de PROMIORIENTE para el proyecto AVR de 334 kilómetros.

2.2. Objetivos Específicos.

- Conocer la estructura organizacional de la empresa, su reglamento y actividades a desarrollar.
- Desarrollar los informes técnicos en relación con el avance del proyecto.
- Contribuir con el desarrollo de las actividades relacionadas para la determinación de la vulnerabilidad geotécnica.
- Mantener una constante comunicación durante el proceso con los expertos para que de manera oportuna manifiesten sugerencias o inquietudes que se puedan presentar.

3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

NOMBRE: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.
NIT: 900544243-2
FECHA DE CONSTITUCIÓN: 9 de Agosto de 2012
PÁGINA WEB: www.ingeotecnia.com.co
DIRECCIÓN COMERCIAL: Calle 35C 22C-40, Cañaveral Plaza
TELÉFONO: (57) (7) 638 1004
CELULAR: 313 296 8482- 318 707 0952
REPRESENTANTE LEGAL: Carlos Andrés Buenahora Ballesteros

3.1. RESEÑA HISTORICA[1]

E.D. INGEOTECNIA S.A.S. nació el 9 de agosto de 2012, con el objetivo de ofrecer soluciones geotécnicas integrales. Término que sus fundadores Carlos Andrés Buenahora Ballesteros y Luz Stella Bravo Molina, consiguieron como resultado de la búsqueda de un servicio de consultoría en geotecnia, amplio y especializado, para cada uno de sus clientes, basados en la experiencia de sus fundadores y la promesa de un factor de diferenciación orientado al acompañamiento durante y después de la prestación del servicio, dando como resultados proyectos técnicamente y económicamente viables.

El primer servicio prestado por E.D. INGEOTECNIA S.A.S. fue el diseño del manejo de excavaciones, siendo el proyecto Ararat, un edificio fuera de lo común, ubicado en el barrio Terrazas al oriente de Bucaramanga, el primer proyecto diseñado y construido. En el año 2013, ya contábamos con más de 30 proyectos ejecutados, y donde se destaca el primer contrato de Interventoría Geotécnica y el primer recorrido de línea de un gasoducto.

[1] E.D INGEOTECNIA S.A.S., EROSIÒN Y DESLIZAMIENTOS, (2017), RESEÑA HISTORICA, Manuel de Sistema de Gestión. Consulta: 6 de junio de 2017.

Para el año 2014 sus servicios crecieron, ejecutando 86 proyectos en el área de Ingeniería geotécnica y obteniendo las certificaciones ISO 9001, 14001 y OHSAS 18001. Hacia el año 2015 destaca la primera participación de INGEOTECNIA en una asesoría Internacional y el lanzamiento del servicio de Levantamiento Fotogramétrico con Drone de alta resolución, dando apoyo a un gran proyecto de Evaluación de Amenaza por fenómenos de remoción en masa para 334 KM de gasoductos. El 2016 llega para abrir camino a un naciente grupo empresarial INGEOTECNIA, el cual abarca además de los servicios de Consultoría e Interventoría Geotécnica, los servicios de Ensayos Geotécnicos Especializados y la Construcción de obras de Geotecnia, por medio de las empresas GT S.A.S. y GEODIP S.A.S. respectivamente, siendo mutuo apoyo para impulsar proyectos de investigación con diferentes claustros educativos, mediante su centro de investigación CIED.

Gracias a su emprendimiento, E.D. INGEOTECNIA S.A.S. ha logrado posicionarse como una empresa líder en el sector de la Ingeniería Geotécnica, apoyando múltiples proyectos en los sectores de construcción de vivienda, oils & gas, vial, minería, servicios públicos, tránsito y transporte, educativo, industrial, salud, entre otros.

3.2. LOGOTIPO DE LA EMPRESA

Imagen 1 Logotipo de la Empresa

FUENTE: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

3.3. E.D. INGEOTECNIA S.A.S [2]

Empresa de consultoría e interventoría especializada en el área de Geotecnia, que busca satisfacer las necesidades de sus clientes, poniendo a su disposición nuestras herramientas tecnológicas y un equipo de trabajo con experiencia, conocimiento y creatividad para lograr un exitoso desarrollo de sus servicios.

3.4. MISIÓN[3]

"En E.D. INGEOTECNIA S.A.S. contamos con amplia experiencia y conocimiento en el desarrollo de soluciones de consultoría e interventoría geotécnica, que contribuyen al éxito de nuestros clientes, asegurándole la optimización de sus recursos, la viabilidad técnica- constructiva, el cuidado del medio ambiente y un excelente servicio post-venta, apalancados por un talento humano competente, constante innovación tecnológica y la adopción de prácticas seguras en el marco del cumplimiento de la normatividad técnica y legal vigente".

---

[2] E.D INGEOTECNIA S.A.S., EROSIÒN Y DESLIZAMIENTOS, (2017), QUIENES SOMOS, Disponible en: http://www.ingeotecnia.com.co/quienes-somos.php. Consulta: 6 de junio de 2017.

[3] E.D INGEOTECNIA S.A.S., EROSIÒN Y DESLIZAMIENTOS, (2017), QUIENES SOMOS, Disponible en: http://www.ingeotecnia.com.co/mision.php. Consulta: 6 de junio de 2017.

3.5. VISIÓN [4]

“E.D. INGEOTECNIA S.A.S. será reconocida como una empresa líder en servicios de consultoría e interventoría geotécnica a nivel nacional e internacional, garantizando la sostenibilidad financiera por medio de la oferta de soluciones innovadoras y la adopción de un compromiso de convertirnos en el lugar donde nos encante laborar”.

3.6. POLÍTICA HSEQ[5]

“E.D. INGEOTECNIA S.A.S. presta servicios de consultoría e interventoría geotécnica de alta calidad con un equipo de trabajo competente y orientado hacia el mejoramiento continuo.

Se compromete con fomentar un ambiente de trabajo seguro y saludable que prevenga la accidentalidad y las enfermedades laborales, así como la mitigación de impactos ambientales a través de la implementación, ejecución, evaluación y mejora de programas y controles, dando así cumplimiento a los requisitos legales que suscribe la empresa referente a seguridad y salud en el trabajo, gestión ambiental y demás aplicables en la organización”.

---

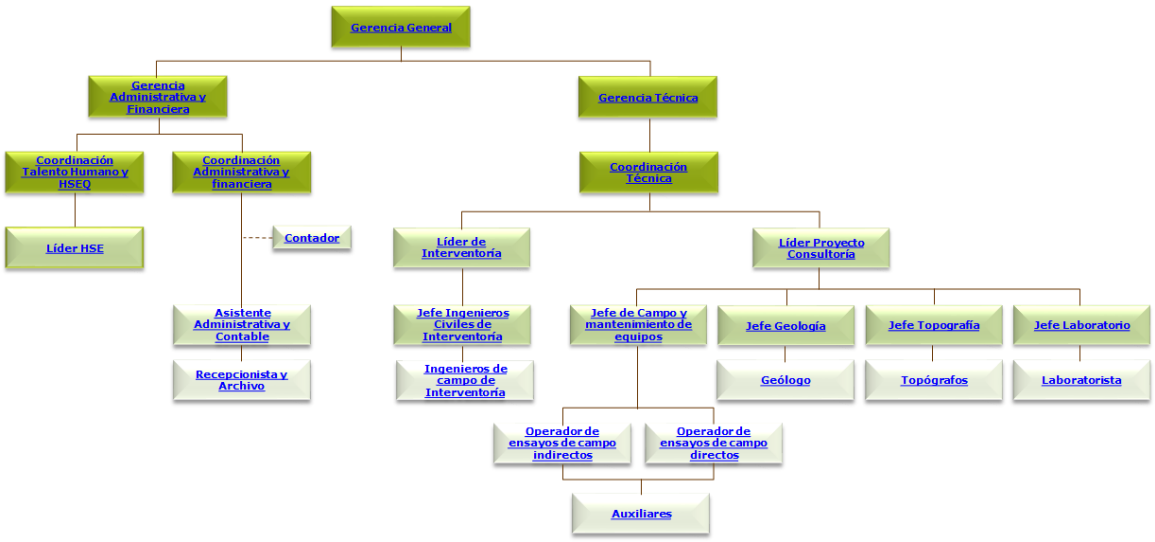
[4] E.D INGEOTECNIA S.A.S., EROSIÒN Y DESLIZAMIENTOS, (2017), QUIENES SOMOS, Disponible en: http://www.ingeotecnia.com.co/vision.php. Consulta: 6 de junio de 2017.

[5] E.D INGEOTECNIA S.A.S., EROSIÒN Y DESLIZAMIENTOS, (2017), QUIENES SOMOS, Disponible en: http://www.ingeotecnia.com.co/politicasgihseq.php. Consulta: 15 de julio de 2017.

3.7. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

En la figura 2, se encuentra la estructura organizacional de la empresa E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

Imagen 2 Estructura Organizacional



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

3.8. PROYECTOS REALIZADOS[6]

En la Tabla 1, se encuentran los proyectos realizados por E.D. INGEOTECNIA S.A.S. en los últimos dos años.

Tabla 1 Proyectos de la Empresa

PROYECTO	EMPRESA	FECHA
Estudio Geotécnico Proyecto: Vereda Santa Bárbara Lote 18 - Floridablanca - Santander	Dennis Elias Nuñez	Junio de 2016
Asesoría Geotécnica Proyecto: Caracterización DDV y áreas de influencia del Sector Paramito Gasoducto Gibraltar - Bucaramanga	Promioriente S.A. E.S.P.	Junio de 2016
Estudio Geotécnico Proyecto Carrera 7 con Calle 12 Esquina - Málaga - Santander	Willian Dario Lizarazo	Junio de 2016
Diseño de las obras definidas en el estudio de Actualización del Estudio de Evaluación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Remoción en Masa e Inundación de un talud Proyecto: Centro de Desarrollo infantil CDI - Café Madrid Bucaramanga - Santander	Constructora Sinatel Ltda	Junio de 2016
Supervisión técnica de verificación una vez demolida la placa de compresor en la estación Santos - Sabana de Torres - Santander	Simmgla Energy Partners	Julio de 2016
Informe de líneas sísmicas Proyecto: Caracterización DDV y áreas de influencias de los sectores San Josecito y Chérela Gasoducto Gibraltar - Bucaramanga	Promioriente S.A. E.S.P.	Julio de 2016
Estudio Geotécnico Proyecto: Monguí - Calle 30 con Carrera 29 Girón - Santander	Gonzalez Puyana Asociados	Julio de 2016
Construcción de la estructura para manejo del control de cauce de la quebradaseca junto a la Universidad Santo Tomás - Floridablanca - Santander	Universidad Santo Tomas de Aquino	Junio de 2016
Estudio Geotécnico Definitivo Proyecto: Construcción del Colegio Ubicado en el Rodadero Etapa 2 - Jamundí - Valle del Cauca	Unión Temporal Educativo Jamundí 2016	Junio de 2016
Fase II Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo: Zonificación detallada AVR y diseño de soluciones de manejo y control de amenazas al DDV.	**Promioriente S.A. E.S.P.**	**EN EJECUCIÒN**
Asesoría Geotécnica en el Sitio del vivero de la Zona Rural del Municipio del Carmen de Chucurí	Parques Nacionales Naturales de Colombia	Julio de 2016

[6] CARLOS ANDRÉS BUENAHORA BALLESTEROS, Miembro del International Erosion Control Association, Hoja de Vida, E.D. INGEOTECNIA S.A.S., Julio de 2017.

PROYECTO	EMPRESA	FECHA
Diseño de las estructuras del manejo de excavaciones del Proyecto la Aurora	CONSTRUCCIONES ARARAT S.A.S	23/09/2016
Estudio geotécnico y levantamiento topográfico Carrera 19 No 11-25	COINVECOL S.A.S	27/04/2016
Asesoría Geotécnica Proyecto: Estación Metrolínea Girón - Consorcio Portal Girón 2015	CONSORCIO PORTAL DE GIRON 2015	04/10/2016
Estudio Hidrogeológico y Amenaza por movimientos en masa para el proyecto Parque Relleno Sanitario Chocoa	Entorno Verde S.A. E.S.P.	08/11/2016
Levantamiento fotográfico con Drone Áreas rurales Santa Rosa de Osos - Antioquia	DYNAMI GEOCONSULTING SAS	09/10/2016
Estudio Geotécnico para el proyecto Megacolegio Jamundí	UNION TEMPORAL EDUCATIVO JAMUNDÍ 2016 - INGECAR	02/11/2016
Análisis hidrológico e hidráulico proyecto Monteverdi	Inacar SA	
Visita de asesoría geotécnica para los problemas de aguas subterráneas Proyecto de Torre Spinosa Sumas	PERALTA INGENIERÍA S.A.S.	24/10/2016
Revisión estudios geotécnicos Portal Piedecuesta del Sistema de transporte Masivo Metrolínea	PRADA ARQUITECTOS S.A.S.	01/10/2016
Estudio Geotécnico Bodega mármol, Anillo vial	GRANITOS Y MARMOLES SA	01/11/2016
Monitoreo Geotécnico 8 Sitios Críticos, PK 74 + 100 (Álvaro Villamizar), PK 12+000 (Belén), PK 53+900 - PK 55+400 - PK 56+200 (Chona), PK 48+500 (La Vega), PK 63+200 (San (Cubugón) Gasoducto Gibraltar - Bucaramanga, Josecito II), PK 4+400 Gasoducto Chitagá - Bucaramanga	Promioriente S.A. E.S.P.	En Ejecución
Diseño de las estructuras del manejo de excavaciones del proyecto Carrera 19 No 11-25	COINVECOL S.A.S	02/11/2016
Estudio Geotécnico Lote Piedecuesta - ARQ. YURI MANTILLA	SONIA MELENDEZ	15/11/2016
Visita de Supervisión Geotécnica Proyecto Aquarium - GRUPO URBATEQ	GRUPO URBATEQ	15/11/2016
Análisis y Diseño de Taludes Proyecto: Portal Metrolínea Girón - Girón - Santander	CONSORCIO PORTAL DE GIRON 2015	24/12/2016
Actualización Estudio Geotécnico, Diseño de muros de contención y diseño de pavimentos Portal Piedecuesta	PRADA ARQUITECTOS S.A.S.	23/12/2016
Sistema transporte masivo Metrolínea.		
Análisis de asentamiento para la Actualización del Estudio Geotécnico Proyecto Reserva del Palmar	GRUPO LEGO SAS	18/11/2016

PROYECTO	EMPRESA	FECHA
Estudio Geotécnico Coliseo Cancha Colegio Militar - NESTOR MONSALVE	Nestor Monsalve SAS	21/11/2016
Estudio Geotécnico Preliminar Lote El Verde Vía Ruitoque Floridablanca - COL. NUEVO CAMBRIDGE	COL. NUEVO CAMBRIDGE	23/11/2016
Estudio Geotécnico Cra 7 con Calle 9 - Floridablanca - CONSUELO CIFUENTES	Consuelo Cifuentes	01/12/2016
Estudio Geotécnico Cra 22c con Calle 35B, Floridablanca - CONSUELO CIFUENTES	Consuelo Cifuentes	02/12/2016
Estudio Geotécnico Proyecto Patinódromo Lebrija - Lebrija - Santander	AGRELAB SAS	15/12/2016
Levantamiento Fotogramétrico con Drone Proyecto: Sitios Críticos junto a vía nacional entre los municipios de el Playón y San Alberto	Consorcio CQ 019	20/12/2016
Estudio y Diseño Geotécnico de obras lineales Proyecto: Estudio de prefactibilidad para una línea de gasoducto entre Jobo y Medellín	Promioriente S.A. E.S.P.	En Ejecución
Estudio y Diseño Geotécnico de obras lineales Proyecto: Estudio de prefactibilidad para una línea de gasoducto entre Jobo y Medellín	Transmetano S.A. E.S.P.	En Ejecución
Levantamiento Fotogramétrico con Drone Proyecto: Mina San Ramón - Santa Rosa de Osos - Antioquia	DYNAMI GEOCONSULTING SAS	23/12/2016
Asesoría Geotécnico Proyecto: Tanganika - Motoreste - Piedecuesta - Santander	Motoreste Motors	20/01/2017
Diseño de las Estructuras de Contención Proyecto Torres de Monterredondo II - Bucaramanga - Santander	Constructora VSMJ	20/01/2017
Estudio Geotécnico Proyecto: Centro de acopio sobre vía Puerto Wilches Municipio de Sabana de Torres - Santander	ACEITE SA	24/01/2017
Estudio Geotécnico Proyecto La Flora 360 Calle 56 - Carrera 33 Antigua	Urbanizadora Martínez Esparza	30/01/2017
Fase II Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo: Zonificación detallada AVR y diseño de soluciones de manejo y control de amenazas al DDV.	Promioriente S.A. E.S.P.	En Ejecución
Diseño de las Estructuras de Contención Proyecto Montecristo Carrera 39 No. 44 - 203/231 Cabecera del llano - Bucaramanga - Santander	Urbanizadora Martínez Esparza	En Ejecución

Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

La práctica empresarial inicia el día lunes, 12 de junio de 2017 con la bienvenida por parte del gerente general de la empresa, presentación con y de los integrantes que conforman el departamento de ingeniería y geología, y departamento administrativo de la empresa.

Seguidamente se presentan las actividades realizadas por parte del practicante según el cronograma de actividades:

4.1. Actividad I

Investigación del método para la evaluación de la vulnerabilidad de acuerdo al Servicio Geológico Colombiano, tesis de maestría UNAL y demás.

Como parte esencial para el cumplimiento de esta etapa de la práctica empresarial, el practicante se documentó, estudió y adquirió conocimientos acerca del análisis de vulnerabilidad geotécnica dada en la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano; igualmente, la información de tesis de maestría "ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DE TUBERIAS SOMETIDAS A DESLIZAMIENTOS" de Marta Inés González Sánchez, demás información suministrada y tomada como referencia para el Proyecto AVR de PROMIORIENTE.

A continuación, se desplegará los métodos encontrados para la evaluación de la vulnerabilidad geotécnica y así la selección de la metodología utilizada para el análisis del proyecto.

4.1.1. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA

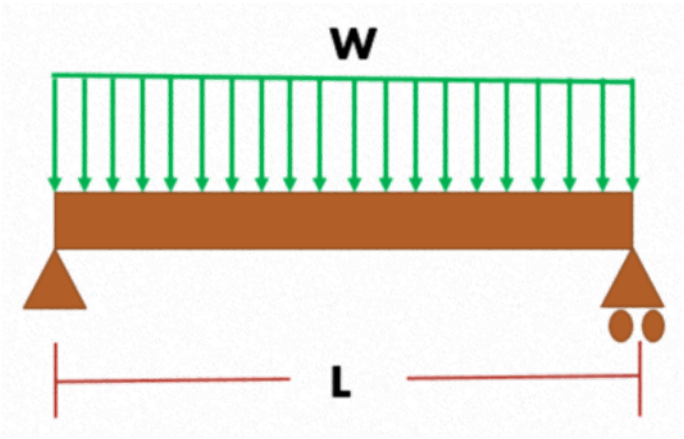
Previo a la selección de la metodología, se estudió los diferentes métodos posibles para evaluar la respuesta de la tubería ante deslizamientos del terreno. Dentro de estos métodos, se encuentran métodos analíticos y métodos simplificados desarrollados para el análisis de tuberías rectas en el rango elástico.

4.1.1.1 Soluciones Convencionales al Problema[7]

4.1.1.1.1 Viga Simplemente Apoyada

La línea de gas se analiza como una viga simplemente apoyada como se observa en la imagen 3.

Imagen 3 Tubería como Viga Simplemente Apoyada

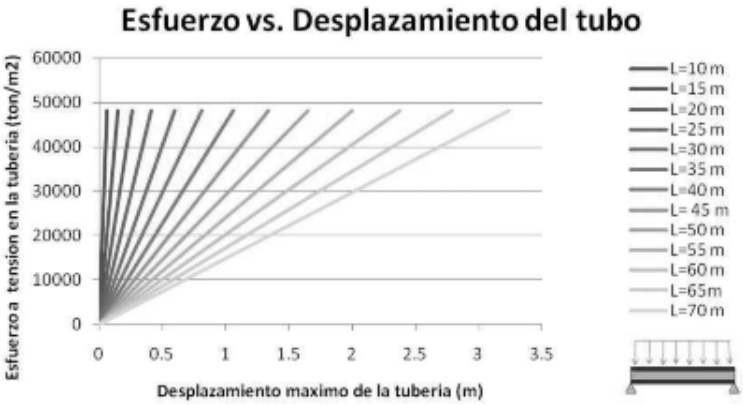


Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

[7] MODELACIÓN NUMÉRICA DE INTERACCIÓN SUELO-TUBERÍA EN DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, Modelos Convencionales, Mauricio Pereira Ordoñez, Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, 2009, página 33, Consulta: Agosto de 2017.

En la siguiente figura se presenta los valores de esfuerzo por flexión en la tubería contra la deflexión de la misma. Se infiere que a mayor longitud del deslizamiento se necesita mayor deflexión en la tubería para alcanzar el esfuerzo de fluencia.

Imagen 4 Esfuerzo vs Desplazamiento del Tubo



Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

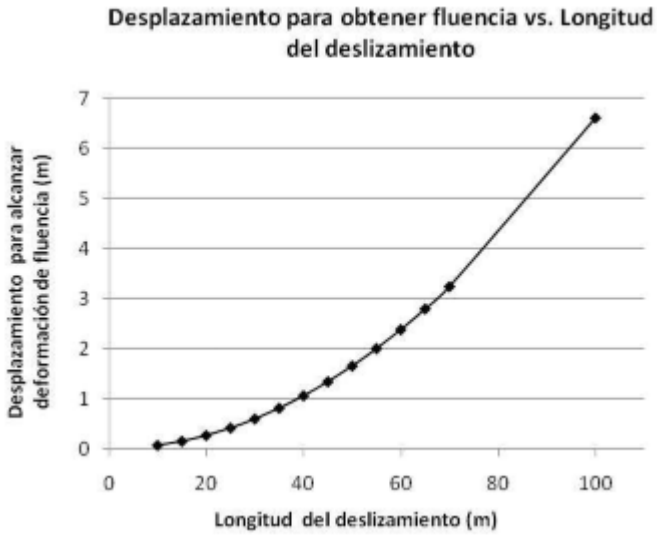
La imagen 5 muestra los valores de deformación en la tubería para las diferentes longitudes de deslizamiento.

Imagen 5 Deformación vs Desplazamiento máximo del Tubo

Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

La gráfica representa el método de análisis de la tubería como simplemente apoyada, se observa a mayor longitud de deslizamiento, mayor desplazamiento para alcanzar la deformación de fluencia.

Imagen 6 Desplazamiento para obtener fluencia (0.24%) vs Longitud de deslizamiento



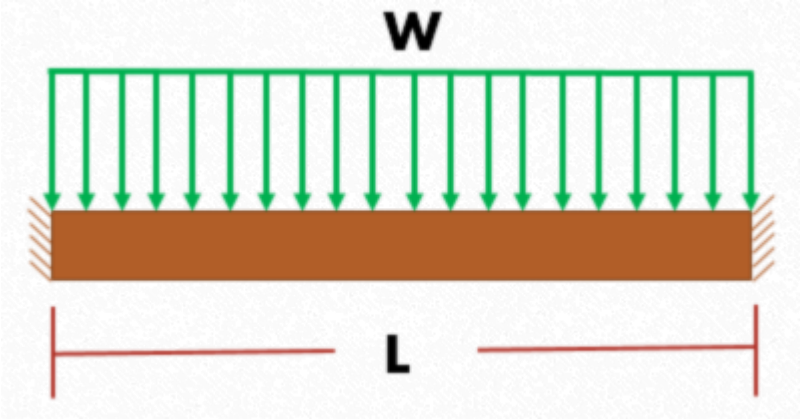
Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

Al analizar la tubería como una viga simplemente apoyada, no se puede representar adecuadamente la interacción suelo-tubería, ya que en este tipo de análisis los momentos en los extremos del deslizamiento son cero (en realidad usualmente los mayores momentos se generan en los extremos del deslizamiento).

4.1.1.1.2 Viga Doblemente Empotrada

La línea de gas se analiza como una viga doblemente empotrada.

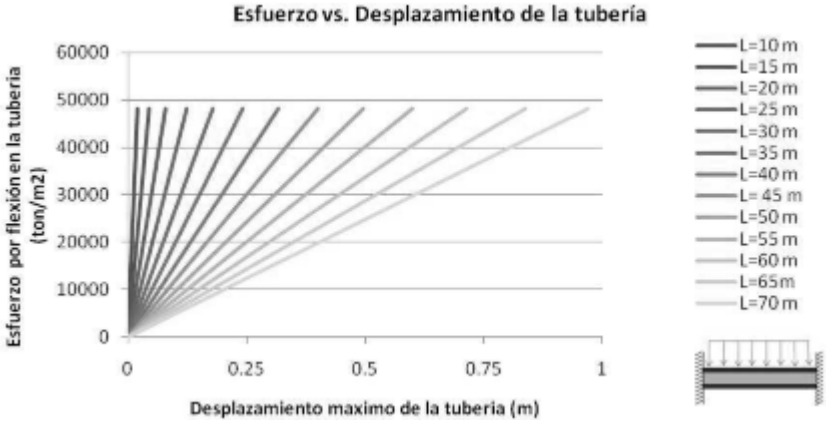
Imagen 7 Tubería como Viga Doblemente Empotrada



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

En la imagen 8, se presenta los valores de esfuerzo por flexión en la tubería contra la deflexión de la misma.

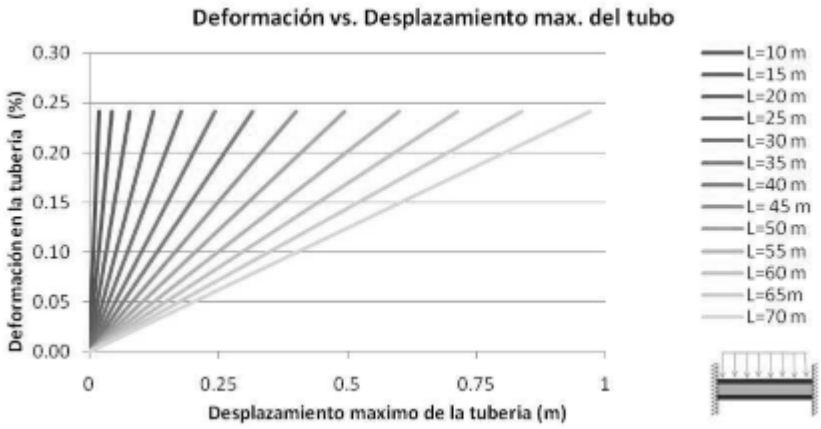
Imagen 8 Esfuerzo vs Desplazamiento del Tubo



Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

La imagen 9, muestra los valores de deformación en la tubería para los desplazamientos máximos, para las diferentes longitudes de deslizamiento.

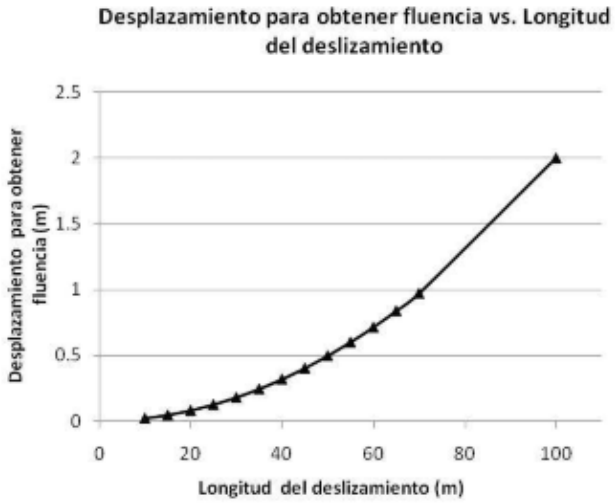
Imagen 9 Deformación vs Desplazamiento máximo del Tubo



Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

La gráfica de la imagen 10, representa el método de análisis de la tubería como viga doblemente empotrada, se observa a mayor longitud de deslizamiento, mayor desplazamiento para alcanzar la deformación de fluencia.

Imagen 10 Desplazamiento para obtener fluencia (0.24%) vs Longitud de deslizamiento.

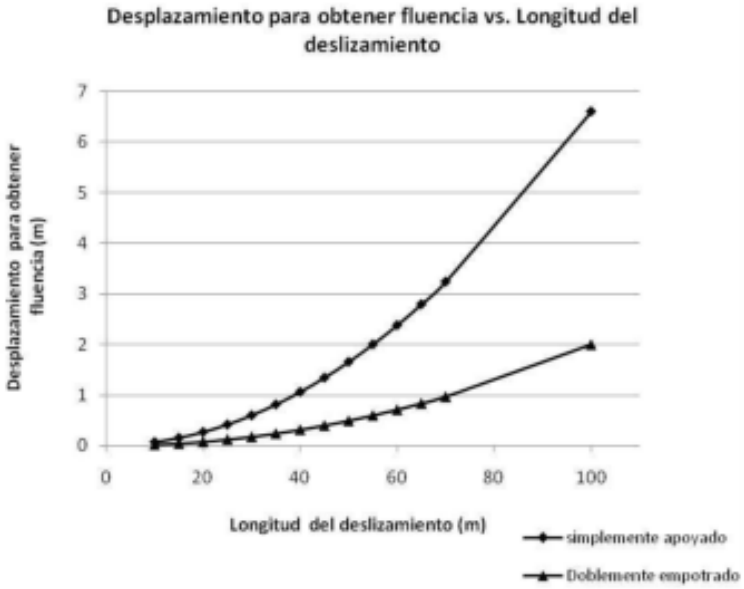


Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

El método permite verificar los esfuerzos y deformaciones de la tubería en el límite del deslizamiento, pero no permite determinar el efecto del suelo en el problema y se encuentra muy conservador pues en realidad la tubería se desplaza más allá de los límites del deslizamiento.

COMPARACIÓN

Imagen 11 Comparación de los Tipos de Apoyo



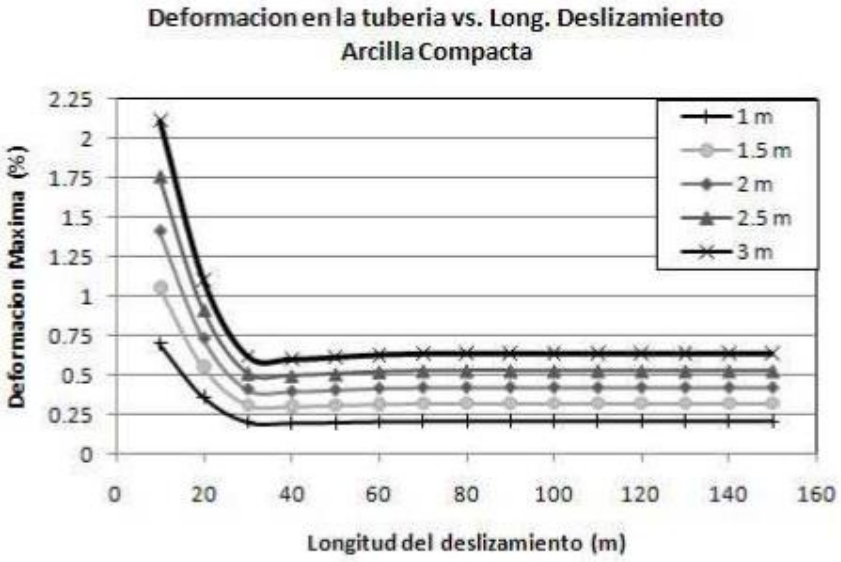
Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

- Para una longitud de desplazamiento dada la tubería soporta más desplazamiento del terreno si es analizada como viga simplemente apoyada.
- Las deformaciones calculadas como viga simplemente apoyada son 3.3 veces más grandes que las deformaciones calculadas como viga empotrada.

Con este tipo de apoyos y análisis, no es posible incluir el cambio en la restricción impuesta por el suelo en los límites del deslizamiento, el cual es función de las características y propiedades del tipo de suelo.

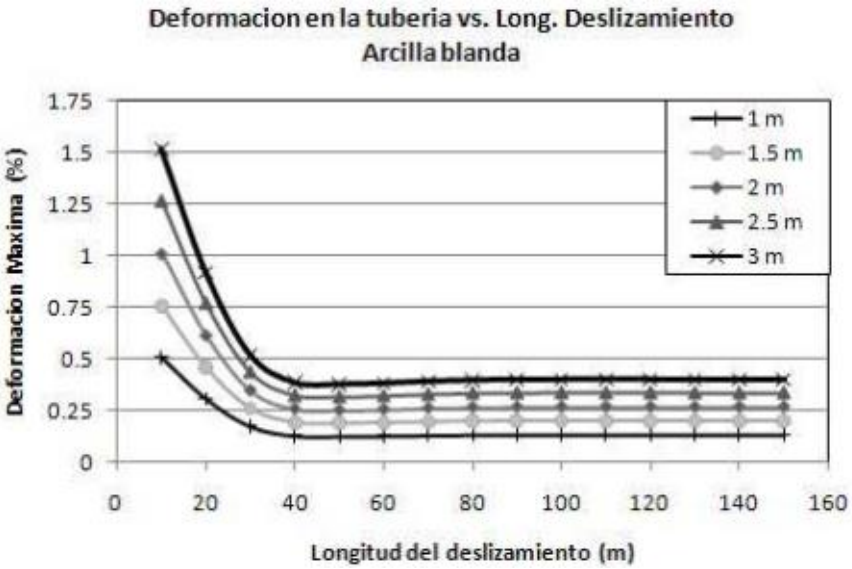
El método permite determinar la deformación máxima en la tubería en función de la longitud de deslizamiento y la resistencia del terreno, para diferentes valores de desplazamiento horizontal como se observa en la imagen 13 y 14.

Imagen 12 Respuesta de la Tubería en Arcilla Compacta



Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

Imagen 13 Respuesta de la Tubería en Arcilla Blanda



Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

4.1.1.1.3 Modelo de Rajani Robertson y Morgenstern[8]

Modelo analítico simplificado de interacción suelo-tubería en deslizamientos, es ampliamente reconocido en la práctica. Se emplea para obtener los esfuerzos y deformaciones en la tubería conociendo el máximo valor de desplazamiento del terreno.

❖ Suposiciones del Modelo:

- Considera un movimiento infinito haciendo aplicable este modelo en deslizamientos largos.
- Considera que los esfuerzos y deformaciones máximas en la tubería se encuentran en los límites del deslizamiento.
- Considera que el desplazamiento en el límite del deslizamiento es la mitad del máximo desplazamiento encontrado en el centro del movimiento.
- Emplea el módulo de subrasante del suelo como uno de los datos de entrada.
- Considera el material de la tubería como elástico y el del suelo como elástico perfectamente plástico.

[8] MODELACIÓN NUMÉRICA DE INTERACCIÓN SUELO-TUBERÍA EN DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, Modelos de Rajani Robertson y Morgenstern, Mauricio Pereira Ordoñez, Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, 2009, página 33, Consulta: Agosto de 2017.

❖ Datos de entrada del Modelo:

TUBERÍA

- Diámetro externo (*b*)
- Espesor (*e*)
- Módulo de elasticidad (*E*)
- Esfuerzo de fluencia (σf)
- Profundidad de batea (*h*)

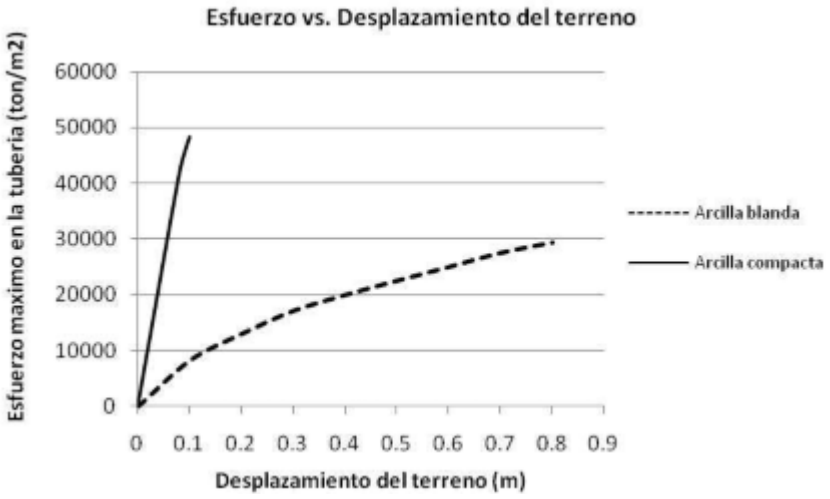
SUELO

- Resistencia al corte no drenado (*Cu*)
- Desplazamiento máximo del terreno perpendicular a la tubería (*w*)
- Módulo de subrasante (*Ks*), depende del tipo de suelo.

RESULTADOS

Muestra como el suelo blando permite mayor desplazamiento de la tubería antes de que este alcance el esfuerzo de fluencia.

Imagen 14 Resultado Modelo de RAJANI



Fuente: Mauricio Pereira, 2009.

4.2. Actividad II

Definición e implementación de la metodología de evaluación de la vulnerabilidad.

En esta actividad, el estudiante cumplió con la tarea de apoyo en la implementación de la metodología aplicada para el cálculo de vulnerabilidad geotécnica y construcción de la herramienta informática (tabla de cálculo en Excel) de ayuda para la evaluación de la vulnerabilidad.

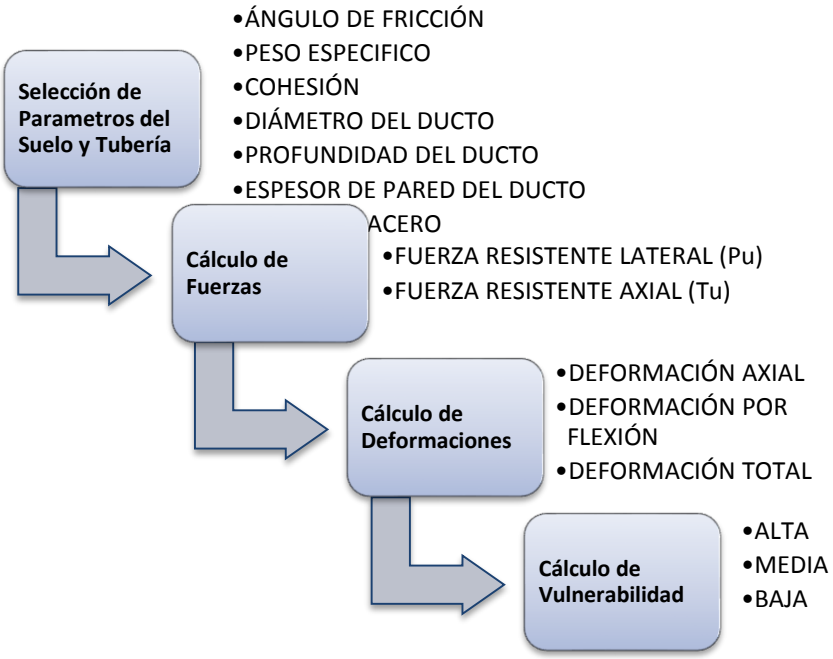
A continuación, se define el método implementado para su respectiva elaboración.

4.2.1. MÉTODO IMPLEMENTADO

En esta determinación, se desplegará el método implementado por Marta Inés González Sánchez para su tesis de maestría “Análisis de Vulnerabilidad de Tuberías Sometida a Deslizamientos”, y de igual forma, la metodología desarrollada en el presente trabajo de acuerdo a la secuencia de la gráfica. Se utilizó esta metodología ya que, es un método simplificado que integra diferentes variables (suelo, tubería, geometría), articula la interacción suelo-tubería y ofrece valores de deformación muy similares a los observados en campo.

La metodología implementada por la tesis de Marta Inés Sánchez González para determinar los desplazamientos causados por la acción de un deslizamiento que actúa en sentido perpendicular al eje de la tubería, se estimó siguiendo la metodología propuesta por Liu y O´Rourke (1997), para una tubería elástica.

Imagen 15 Diagrama de Metodología



Fuente: Propia

4.3. Actividad III

Determinación de los parámetros de entrada para la evaluación a partir de los resultados de la amenaza geotécnica Fase I y II.

Para determinar los parámetros de entrada requeridos para la evaluación de la vulnerabilidad, se realizó un análisis de la respuesta de una tubería a deformaciones permanentes causadas por deslizamientos que afectan a dicha tubería.

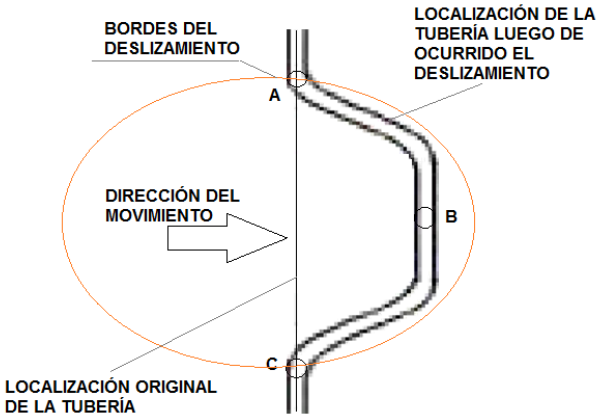
Los ductos enterrados están diseñados para soportar presiones internas de materiales, ya sean gases o líquidos que transporta, los esfuerzos por cambios de temperatura, resistir a daños físico-químicos y físico-

mecánicos. Además, tienen la capacidad de soportar desplazamientos del suelo dentro del rango elástico del metal de su estructura.

Los desplazamientos del terreno son ocasionados por movimientos permanentes o transitorios, reversibles o no reversibles. En este estudio las deformaciones permanentes son causadas por procesos de licuefacción, deslizamientos o movimientos de la corteza terrestre, pero para este análisis, se tuvo en cuenta los posibles procesos de deslizamiento que llegaría a afectar el ducto. Por otra parte, se debe tener en cuenta si las tuberías son afectadas por deformaciones longitudinales, desplazamientos del suelo paralelo al eje de la tubería, y deformaciones transversales, causadas por movimientos del suelo perpendiculares al eje de la tubería.

Imagen 16 Efecto de un deslizamiento perpendicular a la tubería

(Bukovansky, 2002)



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S

Cuando ocurre un movimiento de suelo perpendicular a la tubería se puede llegar a la falla por dos mecanismos diferentes:

- Aumento de las cargas laterales, consecuencia de movimiento horizontal o vertical de la masa del deslizamiento.
- Causada por la remoción de soporto a lo largo de una longitud significativa de tubería después de ocurrir un deslizamiento. Al quedar el ducto sin soporte se genera esfuerzos debidos al peso y a las presiones internas.

Un ducto sometido a esfuerzos laterales tiende a alargarse y a doblarse para acomodarse a la nueva posición causado por el deslizamiento. El modo de falla depende de la tensión axial y del momento flector. Si los esfuerzos de tensión son bajos, el ducto puede doblarse debido a los esfuerzos de flexión. Si las tensiones axiales son grandes, la tubería puede romperse a causa del efecto por los esfuerzos de tensión y de flexión.

La respuesta del ducto depende de los siguientes factores:

- La cantidad de desplazamiento.
- El ancho de la zona de movimiento.
- El patrón de los movimientos del terreno.
- El volumen de la masa deslizada.

4.3.1. SUPOSICIONES DE DISEÑO

En el desarrollo de esta etapa del proyecto se hicieron las siguientes suposiciones básicas para la evaluación de las tuberías sometidas a la acción de deslizamientos:

- Consideración de una tubería de acero, elástica, continua, recta, enterrada. (No se consideran apoyos, ni conexiones).

- Evaluación de una condición estática, en la cual la deformación por sismo es igual a 0.0.

- Deformaciones de operación nulas, es decir que se despreciaron las deformaciones por cambios de temperatura y por efecto de la presión interna de la tubería.

- La única deformación inducida sobre la tubería por movimientos permanentes del terreno será la causada por un deslizamiento que actúa perpendicular al eje de la misma.

- El deslizamiento que actúa sobre la tubería se caracteriza por tener una velocidad de ocurrencia, baja.

4.3.2. SELECCIÓN DE PARAMETROS

La selección de parámetros son los datos de entrada y el punto de partida que se necesitan para el cálculo de la vulnerabilidad y así poder continuar con el procedimiento de la metodología.

- Propiedades del suelo.
- Propiedades de la tubería.
- Geometría general.
- Condiciones iniciales, tales como esfuerzos iniciales, presión de poros, grado de saturación.
- Un campo de desplazamiento.
- Características principales del modelo: diseño del modelo geométrico, tipos de modelos de los materiales, condiciones de frontera y condición inicial de equilibrio del análisis.

Las propiedades del suelo fueron suministradas por E.D INGEOTECNIA S.A.S., gracias al estudio de suelo que se realizó en todo el recorrido del gasoducto, los valores entregados, necesarios para el cálculo de la vulnerabilidad corresponden a:

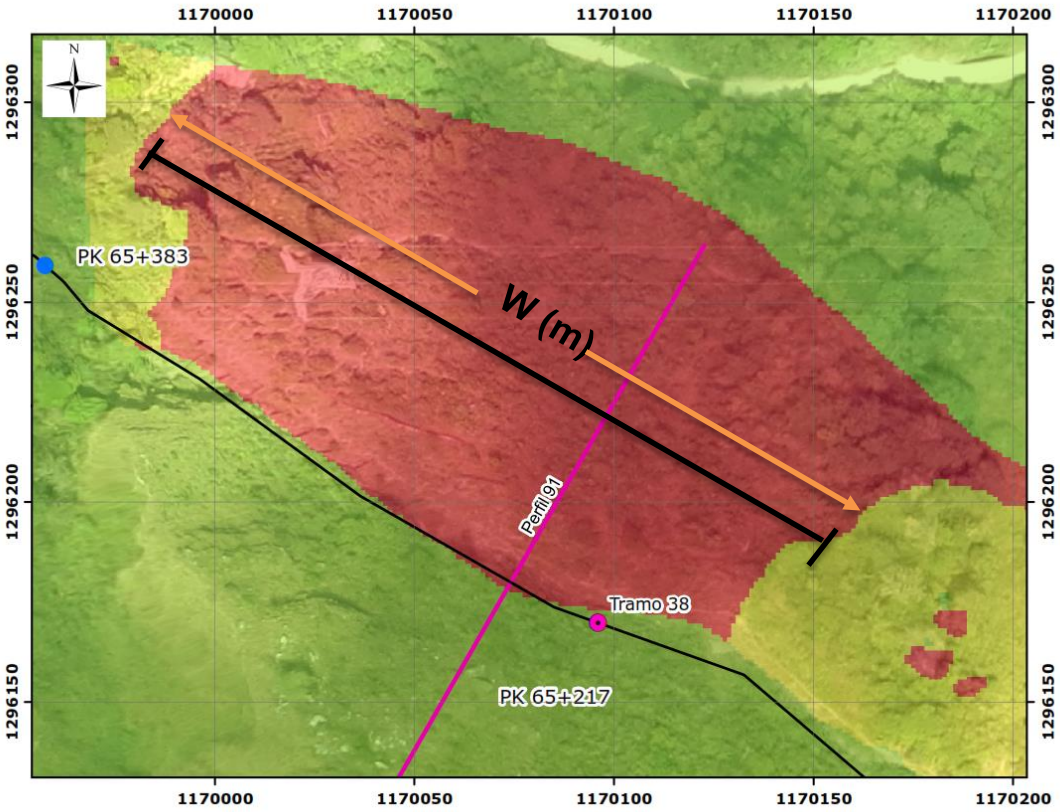
- Ángulo de fricción
- Peso especifico
- Cohesión

Las propiedades del gasoducto fueron proporcionadas por PROMIORIENTE, los valores entregados corresponden a:

- Diámetro de la tubería.
- Espesor de pared de la tubería.
- Grado del acero de la tubería.
- Profundidad de la tubería.

La geometría general corresponde a la posición del ducto y la anchura de zona de posible deformación (W), de acuerdo a la longitud tomada del análisis de amenaza ALTA 1:5000 como se observa en la siguiente imagen.

Imagen 17 Anchura de Zona de Deformación (w)-Análisis de Amenaza



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

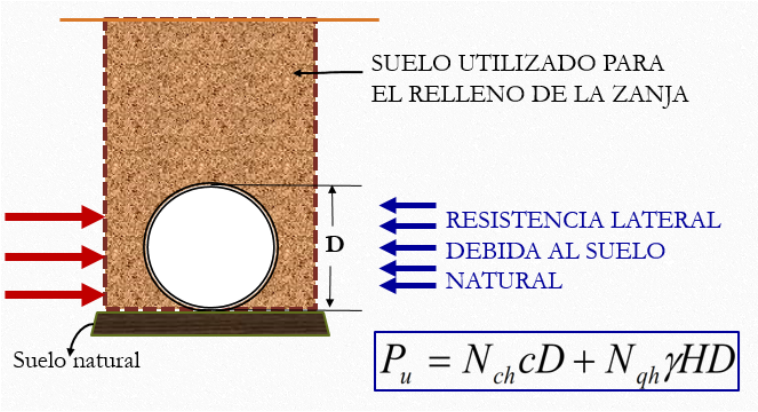
4.3.3. CÁLCULO DE FUERZAS

Las tuberías al ser sometidas a esfuerzos causados por los movimientos del suelo, ejercen una fuerza resistente para mantener su forma y posición original. Estas fuerzas se dividen en fuerza lateral (Pu) y fuerza axial (Tu).

4.3.3.1 FUERZA RESISTENTE LATERAL (Pu)[9]

En la imagen 19, se observa esquemáticamente la fuerza uniformemente repartida que actúa sobre la tubería, generando así, la fuerza resistente lateral (Pu).

Imagen 18 Fuerza Resistente Lateral (Pu)



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

La fuerza resistente lateral es aquella fuerza del suelo natural que ejerce en oposición de la fuerza del movimiento de masa.

$$Pu = N_{ch}cD + N_{qh}\gamma HD$$

[9] ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE TUBERIAS SOMETIDAS A DESLIZAMIENTOS, Fuerza Resistente Lateral (Pu), Marta Inés González Sánchez, Universidad Nacional, Posgrado en Geotecnia, 2010.

$N_{ch} \rightarrow Factor\ de\ capacidad\ portante\ horizontal\ de\ suelos\ cohesivos\ (0\ para\ c = 0)$
$N_{qh} \rightarrow Factor\ de\ capacidad\ portante\ horizontal\ de\ suelos\ arenosos\ (0\ para\ \emptyset = 0)$
$c \rightarrow Cohesión\ del\ suelo\ natural.$
$D \rightarrow Diámetro\ externo\ del\ tubo.$
$\gamma \rightarrow Peso\ efectivo\ del\ suelo\ natural.$
$H \rightarrow Espesor\ del\ suelo\ arriba\ del\ centro\ de\ la\ tubería.$

Para que Pu pueda desarrollarse es necesario que se produzca un desplazamiento Δp mayor o igual a:

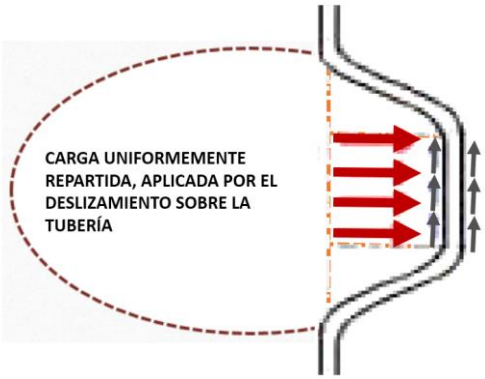
$$\Delta p = 0.04\left(H + \frac{D}{2}\right) \leq 0.01D\ a\ 0.02D$$

Los valores de capacidad portante horizontal para suelos cohesivos y arenosos son factores empíricos de capacidad portante lateral. Dependen del ángulo de fricción del suelo.

4.3.3.2 FUERZA RESISTENTE AXIAL (Tu)[10]

En la imagen 20, se observa esquemáticamente la fuerza uniformemente repartida que actúa sobre la tubería, generando así, la fuerza resistente axial (Tu).

Imagen 19 Fuerza Resistente Axial (Tu)



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

$$Tu = \pi D c \alpha + \pi D H \gamma \frac{1 + k_0}{2} \tan \delta'$$

La fuerza resistente axial (Tu) corresponde a la fricción que se genera entre la tubería y el suelo.

$D \rightarrow Diámetro\ externo\ del\ tubo.$
$c \rightarrow Cohesión\ del\ suelo\ de\ relleno.$
$\alpha \rightarrow Factor\ de\ adhesión.$
$H \rightarrow Espesor\ del\ suelo\ arriba\ del\ centro\ de\ la\ tubería.$
$\gamma \rightarrow Peso\ efectivo\ delsuelo\ de\ relleno.$
$\emptyset \rightarrow Ángulo\ de\ fricción\ interna\ del\ suelo\ de\ relleno.$
$K_0 \rightarrow Coeficiente\ de\ presión\ de\ tierras\ en\ reposo. K_0 = 1 - \sin \emptyset$
$\delta' \rightarrow Ángulo\ de\ fricción\ en\ la\ interface\ tubo - suelo\ de\ relleno.$

[10] ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE TUBERIAS SOMETIDAS A DESLIZAMIENTOS, Fuerzas Resistente Axial (Tu), Marta Inés González Sánchez, Universidad Nacional, Posgrado en Geotecnia, 2010.

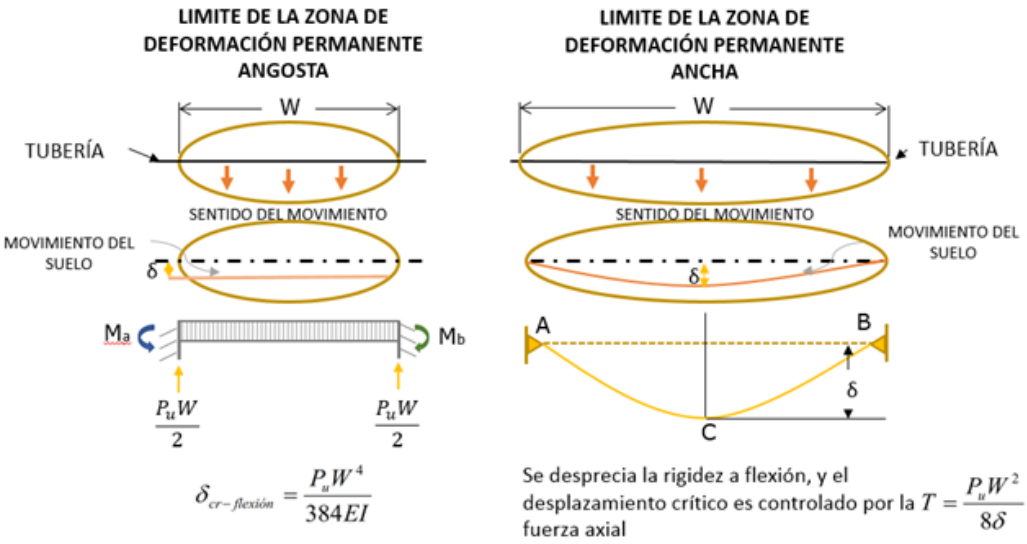
$$\alpha = 0.608 - .0123c - \frac{0.274}{c^2+1} + \frac{0.695}{c^3+1}, c\left(\frac{kPa}{100}\right)$$

Para que Tu pueda desarrollarse es necesario que se produzca un deslizamiento mayor o igual a:

- 3 a 5 mm, para arenas densas a sueltas.
- 8 a 10 mm, para arcillas duras a blandas.

La fuerza resistente axial se modela comparando como una viga simplemente apoyada, tomando su longitud como anchura de zona de deformación (w).

Imagen 20 Modelación Tubería



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S

4.3.3.3 CÁLCULO DE DEFORMACIONES

Las líneas de gas son susceptibles a deformaciones causados por los cambios que sufre la corteza terrestre, por movimientos de masa de suelo, deslizamientos, cambios físicos y procesos químicos que sufre la tubería. Para el desarrollo del cálculo de la vulnerabilidad se tiene en cuenta el comportamiento de la tubería de acuerdo al tipo de acero de fabricación.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}\left[1 + \frac{n}{1+r}\left(\frac{\sigma}{\sigma_y}\right)\right]$$ [11]

$\varepsilon \rightarrow Deformación.$

$\sigma \rightarrow Esfuerzo\ axial\ del\ tubo.$

$E \rightarrow Módulo\ de\ Young$

$\sigma_y \rightarrow Esfuerzo\ de\ fluencia\ del\ material\ del\ tubo$

$n, r \rightarrow Parámetros\ de\ Ramberg - Osgood$

Tabla 2 Parámetros de Ramberg y Osgood para Tuberías de Acero (ALA, 2001)

GRADO DE LA TUBERÍA	Grado - B	X - 42	X - 52	X - 65	X - 70
ESFUERZO DE FLUENCIA DEL MATERIAL DEL TUBO [MPa]	227	310	358	448	517
n	10	15	9	7.8	5.5
r	100	32	10	14.3	16.6

[11] REVISION DE MODELOS NUMERICOS PARA PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DE TUBERIAS ENTERRADAS ANTE SOLICITACIONES SISMICAS, Falla debido al esfuerzo axial, Ecuación de Ramberg-Osgood (1943), Marcelo Giovanni Mella Contreras, Universidad de Chile, Facultad de ciencias Físicas y matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago de Chile, 2013.

4.3.3.4 CÁLCULO DE VULNERABILIDAD

Por último, la vulnerabilidad calculada correspondiente a la susceptibilidad al daño que puede sufrir la tubería ante las amenazas naturales como deslizamientos. Este valor corresponde a cada uno de los puntos de referencia de los tramos dependiendo del grado del material de la tubería.

4.3.3.5 CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD GEOTÉCNICA

La siguiente tabla de clasificación de vulnerabilidad geotécnica se realizó de acuerdo al propio criterio tomado por INGEOTECNIA S.A.S.

Tabla 3 Clasificación de Vulnerabilidad

CLASIFICACIÓN	REDES DE GAS	VALOR DE LA VULNERABILIDAD
ALTA	Rotura inminente de las tuberías. Interrupción del servicio. Es necesario reconstruir el tramo del gasoducto. Las tuberías se deforman por fuera del límite elástico, incluso se pueden llegar a romper. El servicio se ve interrumpido. Es necesario reparar la red luego del evento. Caídos de roca que generan deformación que sobrepasa los límites permitidos para el funcionamiento del ducto. Es necesario reparar la red luego del evento. En el caso de la tubería soportada sobre marcos H. Se desplaza el marco H junto con la tubería causándole deformaciones por fuera del límite elástico. Es necesario reparar la red luego del evento.	0.60 – 1.00

CLASIFICACIÓN	REDES DE GAS	VALOR DE LA VULNERABILIDAD
MEDIA	Las tuberías se desplazan levemente, sin sufrir daños y sin afectar el servicio. Se requiere mantenimiento (retirar la masa de suelo desplazada) para que la tubería retorne a su posición inicial y no acumule deformaciones que la lleven a la rotura. Caídos de roca que generan deformación que no sobrepasa los límites permitidos para el funcionamiento del ducto. En el caso de la tubería soportada sobre marcos H. Se desplaza el marco H, hasta el límite de la holgura. Es necesario remplazar el marco H para evitar que desplace la tubería y cause afectación sobre el tubo que pueda interrumpir el servicio.	0.10 – 0.60
BAJA	Las tuberías se desplazan levemente y recuperan la posición inicial por efecto de la elasticidad, sin sufrir daños y sin afectar el servicio. No requiere mantenimiento. Ante el evento de caída de roca, afectación por animales o fricción con bloques de roca de suelos coluviales se afecta la pintura y es necesario volverla a aplicar.	0.02 – 0.10
	En el caso de la tubería soportada sobre marcos H. Se desplaza el marco H, dentro de la holgura que le permite seguir soportando el tubo sin dañarlo y sin afectar el servicio. No es necesario remplazar el marco H.	0.00 – 0.02

Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

4.4. Actividad IV

Cálculo de la vulnerabilidad para los diferentes sitios

Para el cálculo de la vulnerabilidad se utilizó la programación hecha en previas actividades en E.D. INGEOTECNIA S.A.S. donde muestra el procedimiento con el cual se llega al valor y clasificación de la vulnerabilidad geotécnica.

A continuación, se presenta la tabla 4 cálculos de la vulnerabilidad geotécnica de cada uno de los puntos (perfiles) 1:2000.

Tabla 4 Cálculo de Vulnerabilidad

CÁLCULO DE VULNERABILIDAD (Tubería Elástica)						VULNERABILIDAD	CLASIFICACIÓN
PERFIL	D nominal	D	Pu	tu	W		
	[pulgadas]	[m]	[N/m]	[N/m]	[m]		
1	8	0.2191	4.45E+03	2.01E+03	55	5.62	BAJA
2	8	0.2191	1.70E+04	7.54E+03	45	54.76	MEDIA
3	8	0.2191	1.55E+04	7.10E+03	120	12.19	MEDIA
4	8	0.2191	8.98E+03	4.00E+03	60	7.89	BAJA
5	8	0.2191	9.93E+03	4.50E+03	135	14.97	MEDIA
6	8	0.2191	7.72E+03	3.51E+03	70	6.56	BAJA
7	6	0.1683	1.89E+02	1.00E+00	140	2.40	BAJA
8	6	0.1683	6.12E+03	6.98E+03	230	13.08	MEDIA
9	6	0.1683	6.12E+03	6.98E+03	80	9.21	BAJA
10	6	0.1683	9.82E+03	4.45E+03	60	9.97	BAJA
11	6	0.1683	1.89E+02	1.00E+00	60	2.56	BAJA
12-6"	6	0.1683	3.06E+03	3.51E+03	170	8.21	BAJA
12-8"	8	0.2191	7.62E+03	3.51E+03	170	8.87	BAJA

CÁLCULO DE VULNERABILIDAD (Tubería Elástica)						VULNERABILIDAD	CLASIFICACIÓN
PERFIL	D nominal	D	Pu	tu	W		
	[pulgadas]	[m]	[N/m]	[N/m]	[m]		
13-6"	6	0.1683	5.50E+03	2.56E+03	35	7.19	BAJA
13-8"	8	0.2191	5.40E+03	2.56E+03	35	6.15	BAJA
14-6"	6	0.1683	5.62E+03	2.56E+03	142	9.20	BAJA
14-8"	8	0.2191	5.58E+03	2.56E+03	142	6.82	BAJA
15-6"	6	0.1683	1.22E+04	5.49E+03	256	22.18	MEDIA
15-8"	8	0.2191	1.22E+04	5.49E+03	256	15.28	MEDIA
18-6"	6	0.1683	6.07E+03	2.76E+03	377	17.23	MEDIA
18.8"	8	0.2191	6.07E+03	2.76E+03	377	11.56	MEDIA
30-6"	6	0.1683	5.77E+03	2.76E+03	427	18.36	MEDIA
30-8"	8	0.2191	6.21E+03	2.76E+03	427	12.86	MEDIA
31-6"	6	0.1683	1.28E+04	5.74E+03	408	31.81	MEDIA
31-8"	8	0.2191	1.28E+04	5.74E+03	408	20.93	MEDIA
32-6"	6	0.1683	1.27E+04	5.75E+03	260	23.13	MEDIA
32-8"	8	0.2191	1.21E+04	5.75E+03	260	15.27	MEDIA
33-6"	6	0.1683	4.81E+03	5.49E+03	160	10.93	MEDIA
33-8"	8	0.2191	1.18E+04	5.49E+03	160	11.52	MEDIA
34-6"	6	0.1683	1.20E+04	5.49E+03	260	13.39	MEDIA
34-8"	8	0.2191	1.24E+04	5.49E+03	260	15.54	MEDIA
35-6"	6	0.1683	1.15E+04	5.50E+03	190	17.88	MEDIA
36	8	0.2191	1.20E+04	5.49E+03	115	8.93	BAJA
37-6"	6	0.1683	7.58E+03	4.50E+03	50	38.70	MEDIA
37-8"	8	0.2181	9.93E+03	4.50E+03	100	7.74	BAJA
38	12	0.3239	6.73E+03	2.96E+03	25	3.97	BAJA
39	12	0.3239	1.87E+04	8.27E+03	80	11.43	MEDIA
40	12	0.3239	1.21E+04	5.49E+03	200	10.85	MEDIA
41	12	0.3239	1.45E+04	7.08E+03	310	15.37	MEDIA
42	12	0.3239	1.12E+04	4.99E+03	330	12.97	MEDIA
43	12	0.3239	1.09E+04	4.99E+03	196	10.10	MEDIA

CÁLCULO DE VULNERABILIDAD (Tubería Elástica)						VULNERABILIDAD	CLASIFICACIÓN
PERFIL	D nominal	D	Pu	tu	W		
	[pulgadas]	[m]	[N/m]	[N/m]	[m]		
44	12	0.3239	4.41E+03	2.01E+03	328	6.91	BAJA
45	12	0.3239	1.60E+04	6.98E+03	191	12.65	MEDIA
46	12	0.3239	1.54E+04	6.98E+03	50	10.34	MEDIA
47	12	0.3239	1.37E+04	6.22E+03	346	15.47	MEDIA
48	12	0.3239	2.47E+04	1.11E+04	365	24.34	MEDIA
49	12	0.3239	2.61E+04	1.17E+04	66	12.04	MEDIA
50	12	0.3239	1.67E+04	7.54E+03	93	9.68	BAJA
51	12	0.3239	1.87E+04	8.42E+03	98	11.64	MEDIA
52	12	0.3239	1.87E+04	8.42E+03	152	12.89	MEDIA
53	12	0.3239	1.36E+04	6.16E+03	140	10.40	MEDIA
54	12	0.3239	1.36E+04	6.16E+03	233	12.48	MEDIA
55	12	0.3239	1.36E+04	6.16E+03	107	9.89	BAJA
56	12	0.3239	1.36E+04	6.16E+03	110	9.93	BAJA
57	12	0.3239	1.36E+04	6.16E+03	174	11.09	MEDIA
58	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	81	9.65	BAJA
59	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	106	9.83	BAJA
60	12	0.3239	1.01E+04	4.59E+03	189	9.48	BAJA
61	12	0.3239	1.32E+04	5.98E+03	200	11.46	MEDIA
62	12	0.3239	2.27E+04	1.02E+04	60	12.52	MEDIA
63	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	80	9.65	BAJA
64	12	0.3239	2.25E+04	1.01E+04	220	17.00	MEDIA
65	12	0.3239	2.31E+04	1.04E+04	68	12.66	MEDIA
66	12	0.3239	2.31E+04	1.04E+04	65	12.64	MEDIA
67	12	0.3239	1.30E+04	5.89E+03	35	9.03	BAJA
68	12	0.3239	1.95E+04	8.78E+03	80	11.67	MEDIA
69	12	0.3239	1.95E+04	8.78E+03	120	12.37	MEDIA
72	12	0.3239	1.36E+04	6.16E+03	250	12.91	MEDIA
73	12	0.3239	1.00E+04	4.54E+03	160	8.96	BAJA

CÁLCULO DE VULNERABILIDAD (Tubería Elástica)						VULNERABILIDAD	CLASIFICACIÓN
PERFIL	D nominal	D	Pu	tu	W		
	[pulgadas]	[m]	[N/m]	[N/m]	[m]		
74	12	0.3239	8.01E+03	3.64E+03	230	8.77	BAJA
75	12	0.3239	1.16E+04	5.25E+03	200	10.53	MEDIA
76	12	0.3239	4.87E+02	1.00E+00	260	3.67	BAJA
83	12	0.3239	3.80E+04	1.69E+04	330	31.17	MEDIA
84	12	0.3239	2.32E+04	1.04E+04	350	22.64	MEDIA
85	12	0.3239	1.90E+04	8.57E+03	81	11.53	MEDIA
86	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	77	9.65	BAJA
87	12	0.3239	4.87E+02	1.00E+00	200	4.11	BAJA
88	12	0.3239	2.61E+04	1.17E+04	300	62.37	ALTA
89	12	0.3239	1.12E+04	5.09E+03	101	68.87	ALTA
90	12	0.3239	1.12E+04	5.09E+03	80	8.80	BAJA
91	12	0.3239	1.35E+04	6.11E+03	201	11.64	MEDIA
92	12	0.3239	1.35E+04	6.11E+03	206	11.76	MEDIA
93	12	0.3239	1.12E+04	5.09E+03	46	8.80	BAJA
94	12	0.3239	1.12E+04	5.09E+03	160	9.61	BAJA
95	12	0.3239	1.12E+04	5.09E+03	115	8.99	BAJA
96	12	0.3239	1.12E+04	5.09E+03	200	10.34	MEDIA
97	12	0.3239	1.12E+04	5.09E+03	130	9.15	BAJA
98	12	0.3239	2.18E+04	9.81E+03	150	14.14	MEDIA
99	12	0.3239	1.90E+04	8.58E+03	135	12.58	MEDIA
100	12	0.3239	1.90E+04	8.58E+03	102	11.83	MEDIA
101	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	110	9.88	BAJA
102	12	0.3239	8.99E+03	4.08E+03	165	8.47	BAJA
103	12	0.3239	1.46E+04	6.61E+03	294	14.73	MEDIA
104	12	0.3239	4.87E+02	1.00E+00	62	2.40	BAJA
105	12	0.3239	1.12E+04	5.09E+03	108	8.92	BAJA
106	12	0.3239	1.25E+04	5.66E+03	300	13.36	MEDIA
107	12	0.3239	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00	BAJA

CÁLCULO DE VULNERABILIDAD (Tubería Elástica)						VULNERABILIDAD	CLASIFICACIÓN
PERFIL	D nominal	D	Pu	tu	W		
	[pulgadas]	[m]	[N/m]	[N/m]	[m]		
108	12	0.3239	1.37E+04	6.10E+03	82	7.65	BAJA
109	12	0.3239	5.71E+03	2.59E+03	267	7.49	BAJA
110	12	0.3239	4.87E+02	1.00E+00	110	4.14	BAJA
111	12	0.3239	1.14E+04	5.17E+03	200	10.43	MEDIA
112	12	0.3239	2.25E+04	1.01E+04	300	20.13	MEDIA
113	12	0.3239	2.20E+04	9.92E+03	200	16.02	MEDIA
114	12	0.3239	2.20E+04	9.92E+03	180	15.29	MEDIA
115	12	0.3239	1.00E+04	4.54E+03	352	12.50	MEDIA
116	12	0.3239	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00	BAJA
117	12	0.3239	1.00E+04	4.54E+03	150	8.82	BAJA
118	12	0.3239	1.98E+04	8.94E+03	115	12.38	MEDIA
119	12	0.3239	1.98E+04	8.94E+03	105	12.16	MEDIA
120	12	0.3239	2.02E+04	9.12E+03	200	15.15	MEDIA
121	12	0.3239	1.69E+04	7.62E+03	22	8.07	BAJA
122	12	0.3239	1.12E+04	5.09E+03	190	10.14	MEDIA
123	12	0.3239	1.24E+04	5.60E+03	50	9.27	BAJA
124	12	0.3239	1.24E+04	5.60E+03	80	9.23	BAJA
125	12	0.3239	3.80E+04	1.69E+04	200	23.18	MEDIA
126	12	0.3239	2.31E+04	1.04E+04	200	16.52	MEDIA
127	12	0.3239	2.25E+04	1.01E+04	180	15.49	MEDIA
128	12	0.3239	1.90E+04	8.58E+03	160	13.28	MEDIA
129	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	200	11.61	MEDIA
130	12	0.3239	2.13E+04	9.58E+03	200	15.65	MEDIA
131	12	0.3239	1.68E+04	7.58E+03	140	11.78	MEDIA
132	12	0.3239	4.87E+02	1.00E+00	130	4.35	BAJA
133	12	0.3239	0.00E+00	0.00E+00	200	0.00	BAJA
134	12	0.3239	1.62E+04	7.31E+03	70	10.57	MEDIA
135	12	0.3239	4.87E+02	1.00E+00	100	3.94	BAJA

CÁLCULO DE VULNERABILIDAD (Tubería Elástica)						VULNERABILIDAD	CLASIFICACIÓN
PERFIL	D nominal	D	Pu	tu	W		
	[pulgadas]	[m]	[N/m]	[N/m]	[m]		
136	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	80	9.65	BAJA
137	12	0.3239	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00	BAJA
138	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	120	10.01	MEDIA
139	12	0.3239	2.26E+04	1.02E+04	200	16.29	MEDIA
140	12	0.3239	4.89E+02	1.00E+00	200	4.12	BAJA
141	12	0.3239	2.55E+04	1.15E+04	200	17.69	MEDIA
142	12	0.3239	1.62E+04	7.31E+03	200	13.08	MEDIA
143	12	0.3239	2.55E+04	1.15E+04	200	17.69	MEDIA
144	12	0.3239	2.01E+04	9.07E+03	200	15.09	MEDIA
145	12	0.3239	2.01E+04	9.07E+03	106	62.29	ALTA
146	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	120	10.01	MEDIA
147	12	0.3239	1.35E+04	6.10E+03	300	14.09	MEDIA
148	12	0.3239	2.26E+04	1.02E+04	140	14.13	MEDIA
149	12	0.3239	2.26E+04	1.02E+04	80	12.64	MEDIA
150	12	0.3239	1.44E+04	6.52E+03	200	12.12	MEDIA
151	12	0.3239	1.40E+04	6.33E+03	220	12.39	MEDIA

4.5. Actividad V

Análisis de resultados

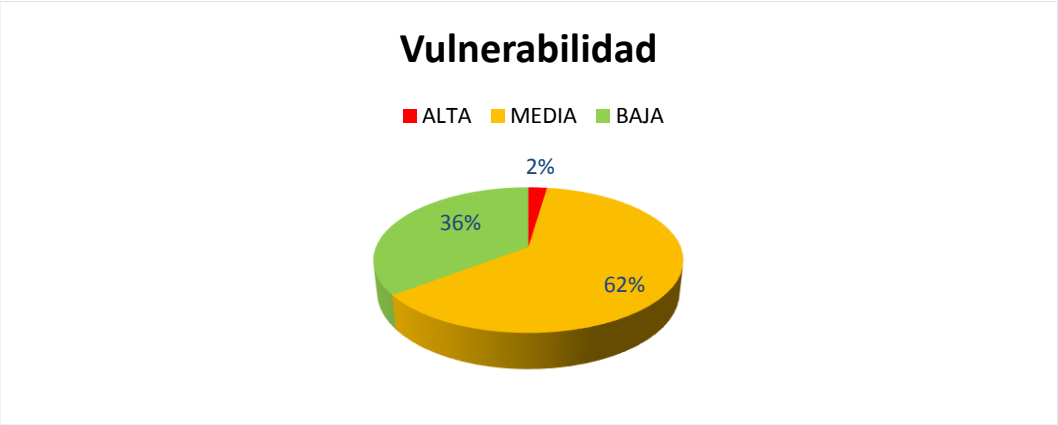
Los perfiles 88, 89 y 145 se les asignó una clasificación de vulnerabilidad ALTA, ya que, en los antecedentes de esas zonas, el ducto ha presentado deformaciones de gran magnitud llegando a la ruptura.

De la totalidad de sitios críticos estudiados, se observa que la mayor cantidad de éstos se clasifica en vulnerabilidad MEDIA, representado un 62% como se observa en la tabla 5. Esto significa que la tubería se desplaza, sin sufrir daños y sin afectar el servicio. Se requiere mantenimiento y recomendación de obras, para que la tubería retorne a su posición inicial y no acumule deformaciones que la lleven a la rotura.

Tabla 5 Distribución de Vulnerabilidad

Vulnerabilidad	Sitios Críticos (Perfiles)	% Zonas con Vulnerabilidad
Baja	46	36
Media	81	62
Alta	3	2

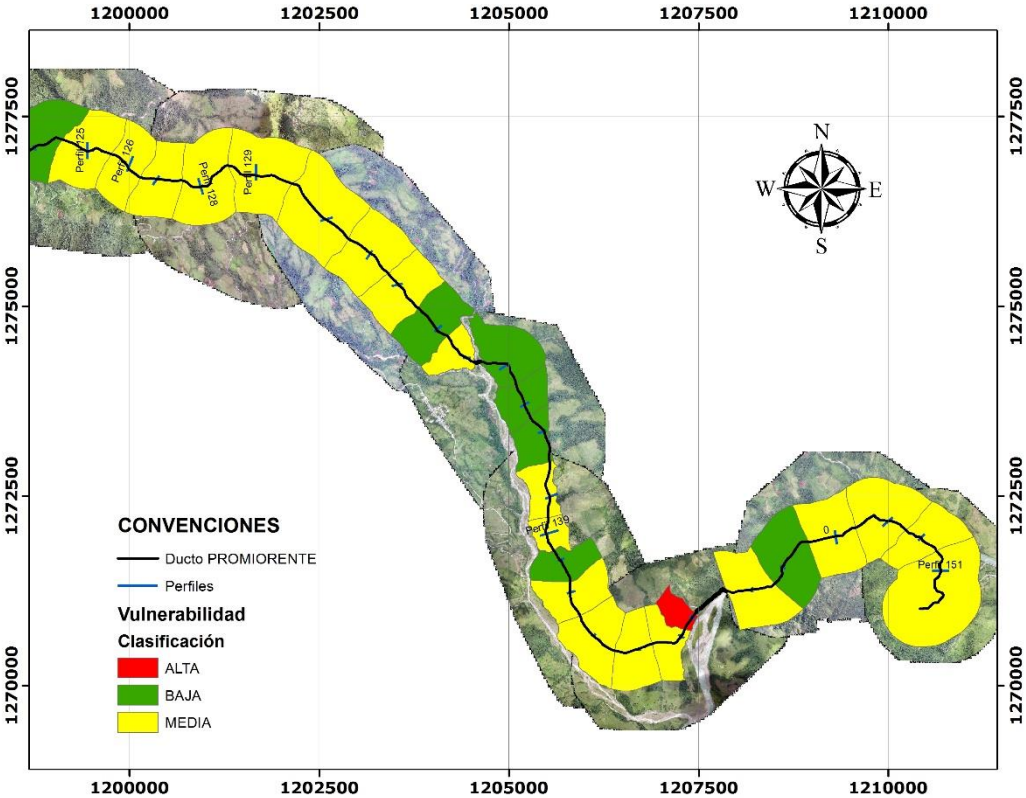
Imagen 21 Distribución de Vulnerabilidad de acuerdo a Sitios Críticos (Perfiles)



FUENTE: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

A continuación, se presenta el mapa tipo raster de la zonificación de la vulnerabilidad geotécnica con su respectiva clasificación, se utilizó el software ArcGis 10.2.2.

Imagen 22 Mapa Tipo Raster de la Vulnerabilidad para Sitios Críticos (Perfiles) por Remoción en Masa



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

4.6. Actividad VI

Elaboración del documento técnico

En esta etapa de la práctica, el estudiante se dedicó a la elaboración del documento técnico donde se encuentra toda la información acerca de la determinación de la vulnerabilidad geotécnica para las redes de gasoductos de PROMIORIENTE para el proyecto AVR de 334 kilómetros.

4.7. Actividad VII

Elaboración de observaciones, recomendaciones y/o conclusiones

4.7.1. OBSERVACIONES

- Para calcular la vulnerabilidad no se contempló la pendiente ni la velocidad, el cálculo se hizo planteando la hipótesis de velocidades de movimiento bajas (movimientos lentos).

- Los perfiles en los que el tubo se encontró a más de 10 metros de la zona donde ocurriría el movimiento más probable se designaron con un valor de vulnerabilidad 0, por tanto, se espera que el movimiento no cause afectación al gasoducto.

- El ancho del movimiento se designó en base a las zonas de amenaza alta y media, determinadas en la amenaza a escala 1:5000.

En la siguiente tabla, se presentan los sitios críticos por remoción en masa que poseen y no poseen información para el cálculo de la vulnerabilidad.

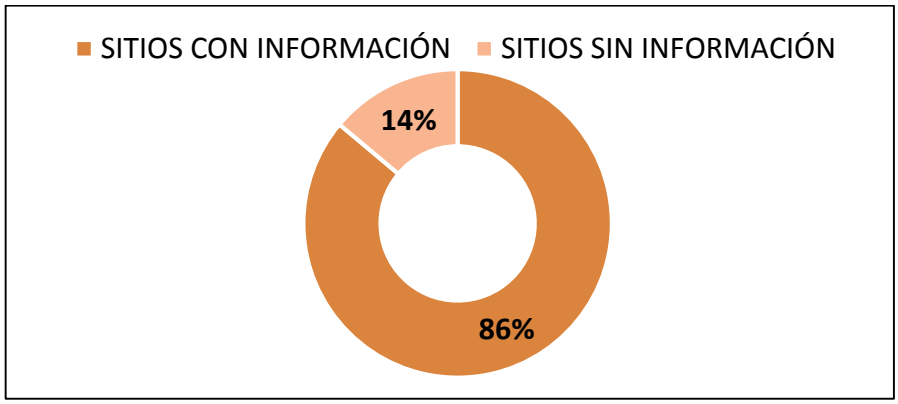
Tabla 6 Información Perfiles

Gasoducto	Perfil	Hay Información	No Hay Información
Barrancabermeja Payoa Bucaramanga	1-15	X	
	16-17		X
	18	X	
	19-29		X
	30-37	X	
Bucaramanga-Gibraltar	38-69	X	
	70-71		X
	72-76	X	
	77-83		X
	83-151	X	

FUENTE: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

En los 55 tramos se definieron 151 sitios críticos para evaluar vulnerabilidad, de los cuales se tiene información de 130 sitios distribuidos en 53 tramos.

Imagen 23 Sitios con información para Cálculo de la Vulnerabilidad



FUENTE: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

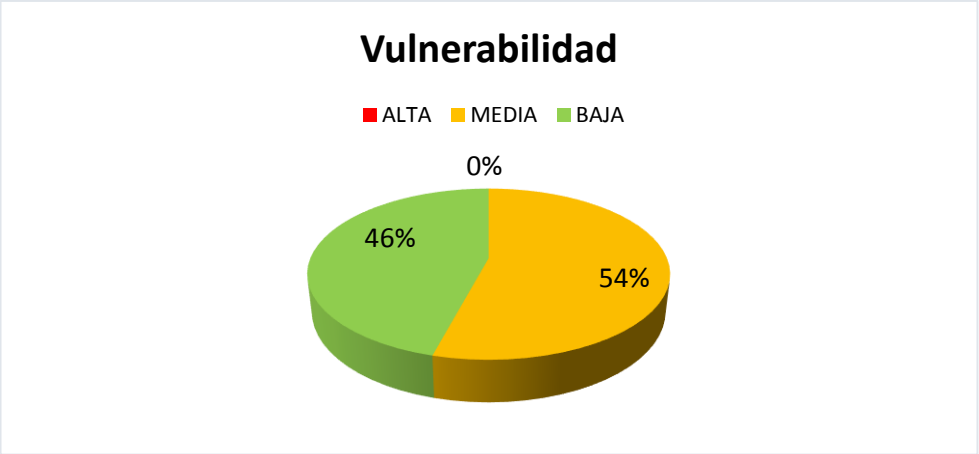
A continuación, se presenta la totalidad de los perfiles con su respectiva clasificación de vulnerabilidad y de acuerdo al tramo.

Tabla 7 Clasificación de Sitios Críticos por Remoción en Masa según Vulnerabilidad

Vulnerabilidad			
Gasoducto	***Alta***	***Media***	***Baja***
Payoa-Bucaramanga	0	13	11
Gibraltar-Bucaramanga	3	68	35
Total, Perfiles	**3**	**81**	**46**

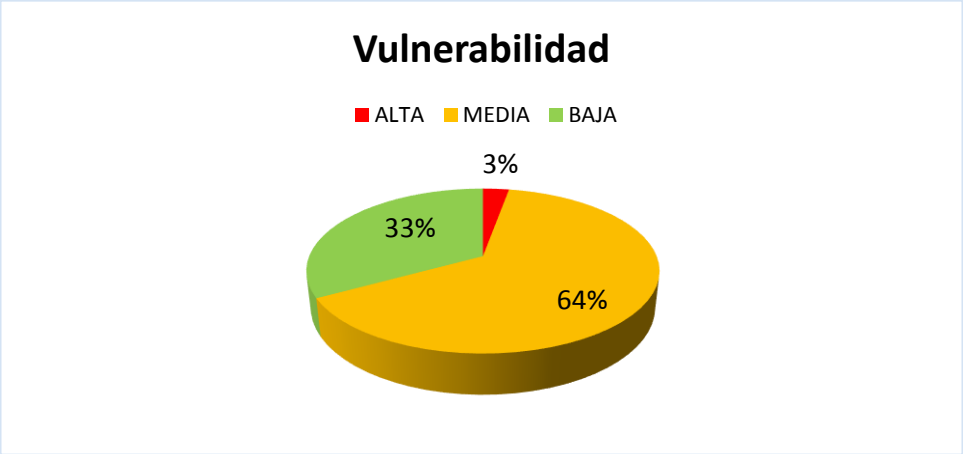
FUENTE: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

Imagen 24 Vulnerabilidad Payoa-Bucaramanga



FUENTE: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

Imagen 25 Vulnerabilidad Gibraltar-Bucaramanga

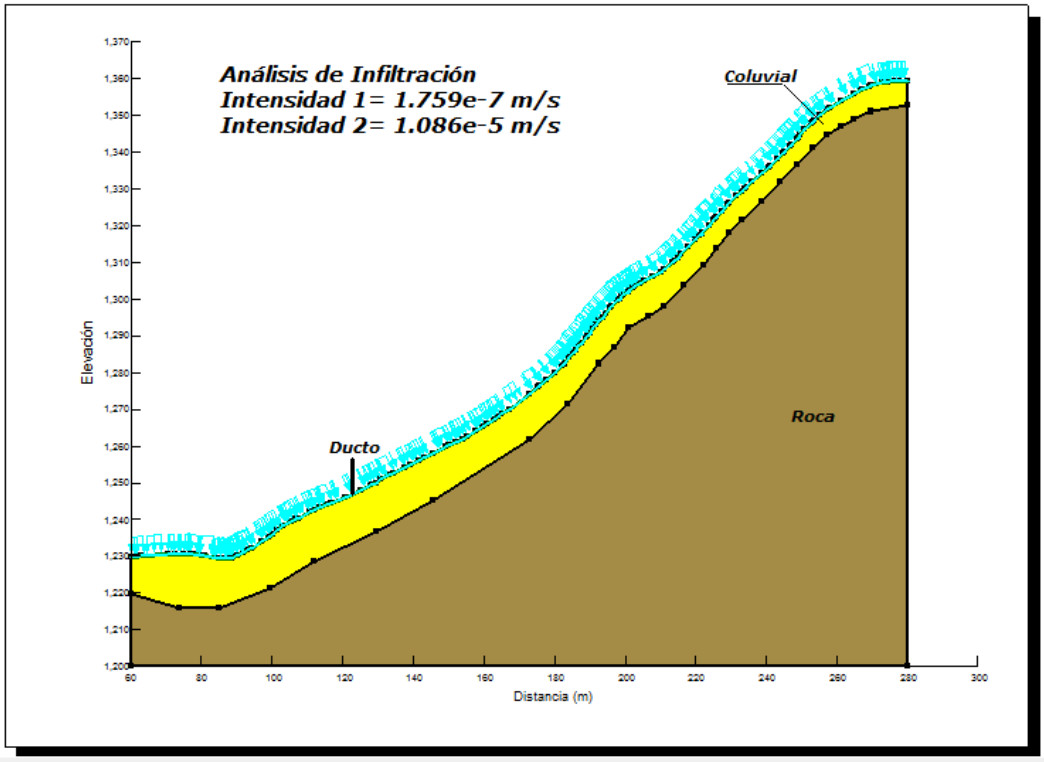


FUENTE: E.D. INGEOTECNIA S.A.S

4.8. OTRAS ACTIVIDADES

- ✓ Realización de análisis de infiltración y estabilidad de taludes de algunos sectores del gasoducto Gibraltar- Bucaramanga, mediante la utilización de la herramienta informática GeoStudio®, tipo de análisis SEEP/W (Análisis de Infiltración) y SLOPE/W (Análisis Estático y Dinámico de Taludes), respectivamente.

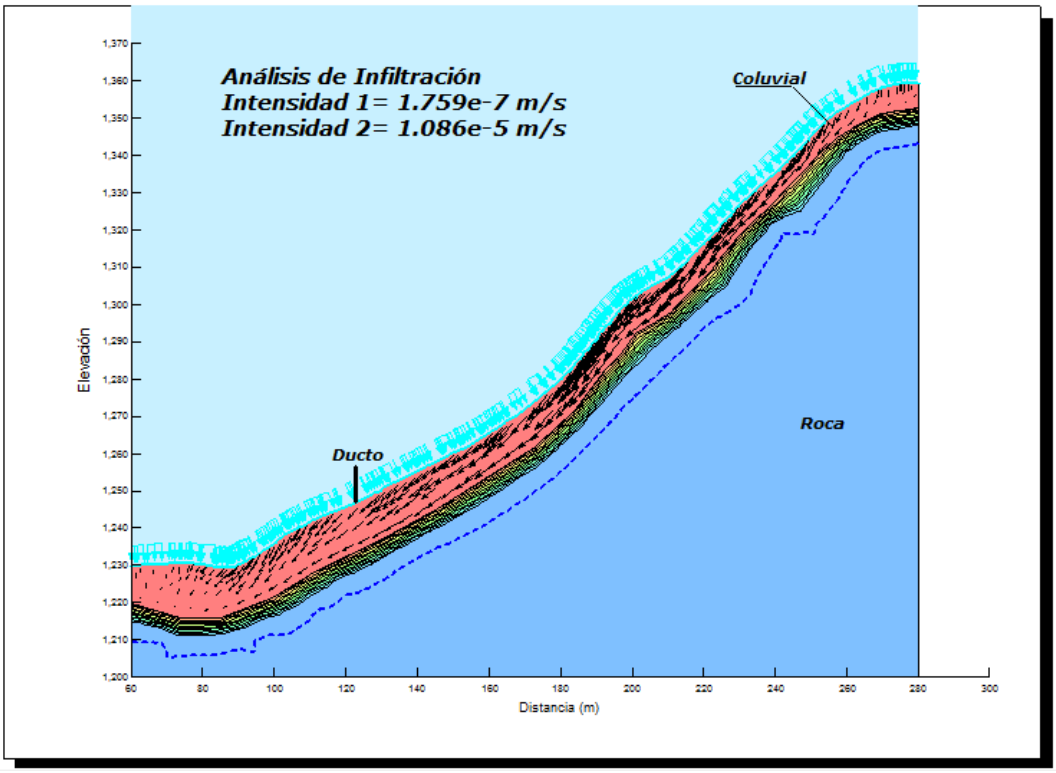
Imagen 26 Definición Perfil 105-Análisis de Infiltración. SEEP/W



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

En la imagen se observa el perfil 105 con la ubicación del ducto, la estratificación del suelo y los parámetros de intensidad (lluvia) correspondiente a esta ubicación.

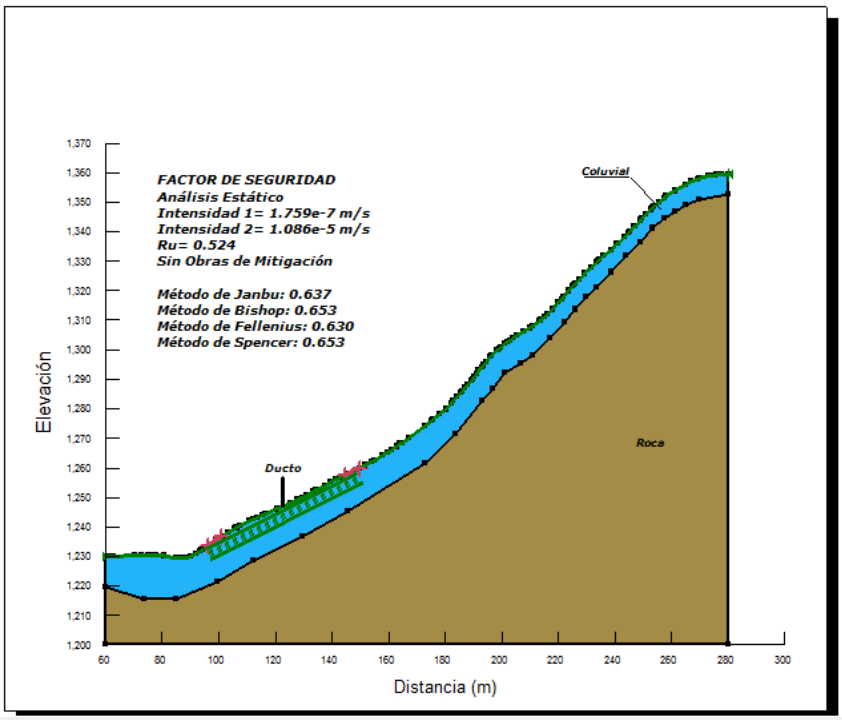
Imagen 27 Resultados Perfil 105-Análisis de Infiltración. SEEP/W



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

De los análisis anteriores del perfil 105, se determina la variación del nivel freático (de existir) y el frente húmedo o zona saturada que se presenta en la parte superior del talud, estas variaciones del nivel freático y las zonas saturadas fueron llevadas al modelo de estabilidad.

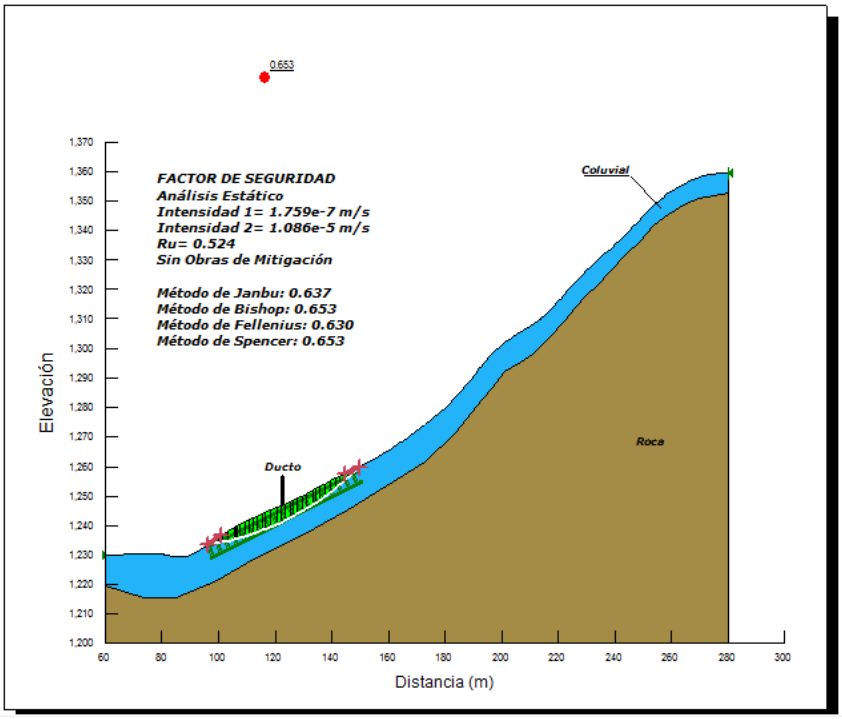
Imagen 28 Definición Perfil 105-Análisis de Estabilidad Estática sin Obra. SLOPE/W



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

En la imagen se observa el perfil 105 con la ubicación del ducto, la estratificación del suelo y los parámetros correspondiente a esta ubicación para el análisis de estabilidad estática del talud sin obras.

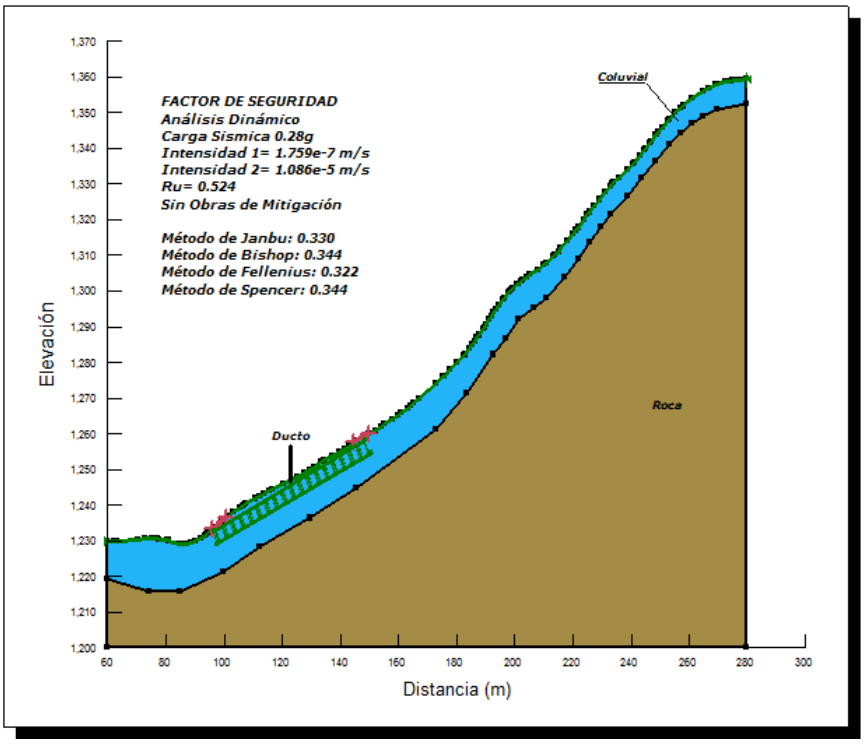
Imagen 29 Resultados Perfil 105-Análsis de Estabilidad Estática sin Obra. SLOPE/W



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

Se observa el análisis de estabilidad estático de taludes sin obra teniendo en cuenta los resultados obtenidos previamente del análisis de infiltración. Se determinan los factores de seguridad de acuerdo a los métodos que desarrolla el programa, en este caso no cumple con el factor de seguridad de diseño mínimo (1.5) según la NSR-10 y se plantean obras para mitigar la vulnerabilidad existente de la zona en estudio.

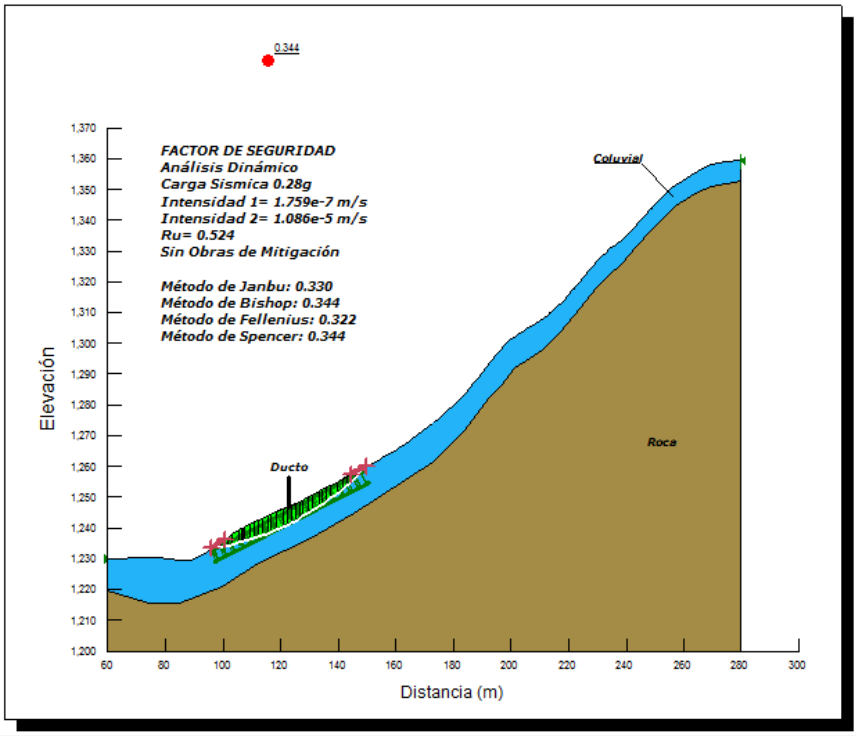
Imagen 30 Definición Perfil 105-Análisis de Estabilidad Dinámica sin Obra. SLOPE/W



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

En la imagen se observa el perfil 105 con la ubicación del ducto, la estratificación del suelo y los parámetros correspondiente a esta ubicación para el análisis de estabilidad dinámica del talud sin obras.

Imagen 31 Definición Perfil 105-Análisis de Estabilidad Dinámica sin Obra. SLOPE/W



Fuente: E.D. INGEOTECNIA S.A.S.

Se muestra el análisis de estabilidad dinámico de taludes sin obra teniendo en cuenta los resultados obtenidos previamente del análisis de infiltración. Se determinan los factores de seguridad de acuerdo a los métodos que desarrolla el programa, en este caso no cumple con el factor de seguridad de diseño mínimo (1.05) según la NSR-10 y se plantean obras para mitigar la vulnerabilidad existente de la zona en estudio.

5. APORTE AL CONOCIMIENTO

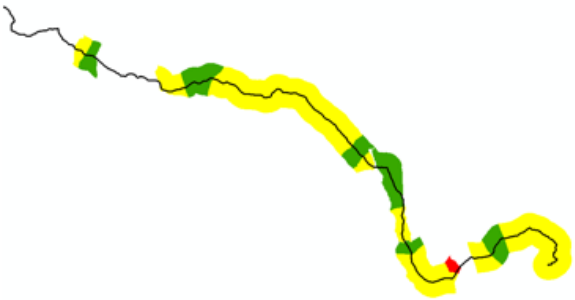
Gracias al estudio en el apoyo de la determinación de la vulnerabilidad geotécnica para las redes de gasoductos de PROMIORIENTE para el proyecto AVR de 334 kilómetros, se proporciona un gran aporte al conocimiento donde E.D. INGEOTECNIA S.A.S. implementa gracias al apoyo por parte del estudiante una metodología acorde a este tipo de proyecto.

Este proyecto es pionero en implementar la nueva guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del servicio geológico colombiano, con ciertas adecuaciones para proyectos de línea de gas, en el cual se trabaja a escala 1:5000 y 1:2000, algo innovador ya que, se ha trabajado solo a escala 1:25000.

El aporte al conocimiento por parte del estudiante en el apoyo que género en la empresa a la hora de implementar la metodología, está representado en la tabla 3, clasificación de la vulnerabilidad, donde describe cada nivel de clasificación con su respectivo valor; de igual forma el informe de vulnerabilidad o informe técnico que se encuentra a cargo de la empresa y el formato para el cálculo de la vulnerabilidad geotécnica.

INFORME DE VULNERABILIDAD

PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO GEOTÉCNICO DE LAS LÍNEAS DE GAS PROPIEDAD DE PROMIORIENTE
FASE II



Nit. 900.544.243-2

VISITE NUESTRA PÁGINA: **WWW.INGEOTECNIA.COM.CO**

PROYECTO: **PR-16-56**

P	15/09/2017	INFORME	A. BRAVO J. DÍAZ E. DUARTE	I.SEPÚLVEDA	C.BUENAHORA
Versión	**Fecha**	**Descripción**	**Preparó**	**Revisó**	**Aprobó**

Fecha de elaboración: Septiembre de 2017

CÁLCULO DE VULNERABILIDAD (Tubería Elástica)						VULNERABILIDAD	CLASIFICACIÓN
PERFIL	D nominal	D	Pu	tu	W		
	[pulgadas]	[m]	[N/m]	[N/m]	[m]		

6. CONCLUSIONES

- Mediante la tabla de programación para determinar la vulnerabilidad de las redes de gasoducto de PROMIORIENTE se puede concluir que la susceptibilidad frente a amenazas de deslizamientos en las diferentes zonas de referencia (perfiles) y de acuerdo al grado de acero correspondiente en dicho punto, tienen una clasificación de MEDIA y BAJA, correspondiendo a un valor de 0.6-0.1 y 0.1-0, respectivamente.

- Los perfiles 88, 89 y 145 se les asignó una clasificación de vulnerabilidad ALTA, ya que, según los antecedentes de estas zonas, el ducto ha presentado deformaciones de gran magnitud llegando a la ruptura.

- La vulnerabilidad calculada en este proyecto hace referencia al efecto de un movimiento sobre el tubo de gas, sin embargo, no se contempla el efecto de la acumulación de los movimientos del talud en el tiempo, por lo tanto, se recomienda monitorear y hacer mantenimiento a los perfiles en los que la vulnerabilidad es mayor del 10%.

- De la totalidad de zonas en las que se calculó la vulnerabilidad, en ninguna se obtuvo un valor de vulnerabilidad alta, sin embargo, los desplazamientos que llega a sufrir la tubería son significativos, se acumulan con el tiempo y se pueden intensificar ante eventos de lluvias y sismos.

- En las zonas de amenaza alta generalmente la vulnerabilidad fue media.

- La tubería tipo HF-ERW y grado API 5L X60, es la que arroja el menor valor de vulnerabilidad comparadas con las demás (API 5L X42, API 5L X52, API 5L X65), porque la tubería X60 permite alcanzar el mayor porcentaje de deformación frente al esfuerzo de rotura.

- A partir de la práctica empresarial los estudiantes tiene la oportunidad de aportar y poner a prueba sus conocimientos generando soluciones innovadoras y rápidas; de igual forma, las empresas apoyan el desarrollo profesional, personal y las capacidades de los estudiantes mediante los tiempos que estos están en sus empresas.

7. RECOMENDACIONES

La importancia de un estudio ingenieril, ya sea de suelos, estructural o cualquier otro tema relacionado con la materia, analizado y trabajado con responsabilidad y dedicación, son los pilares fundamentales para que se mantengan en un estado óptimo en el transcurso de los años; por ello las empresas están encargadas de realizar estudios, conscientes de la magnitud e influencia y las responsabilidades que genera este tipo de proyectos que conlleva al éxito del mismo.

Los estudiantes a la hora de realizar su práctica empresarial deben poseer actitudes y aptitudes que conlleven a un buen desarrollo de sus capacidades donde cada uno demuestre su nivel de conocimiento a la hora de enfrentar su vida profesional.

Mostrar cualidades de desempeño que generen buen rendimiento en el trabajo, investigar e indagar los temas que no estén claros para aumentar los niveles de conocimiento y no entorpecer el trabajo, ser activo, dinámico, tener iniciativa.

Los practicantes deben mantener buena relación y respeto con los compañeros de trabajo y así generar un buen ambiente laboral donde se garantice un buen desempeño laboral.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

E.D. INGEOTECNIA S.A.S.- EROSIÓN Y DESLIZAMIENTOS, [Online], <<www.ingeotecnia.com.co/pqr.php>>

GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, Colección Guías y Manuales, Servicio Geológico Colombiano, MINMINAS, Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia, Mayo, 2015.

EVALUACIÓN CONCEPTUAL DE AMENAZA VULNERABILIDAD Y REISGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA DEL DERECHO DE VÍA DEL GASODUCTO GIBRLTAR-BUCARAMANGA DESDE PK600+000 AL PK118+000, John Harry Forero Gaona, Ingeniero Civil, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Bucaramanga, 2014, [Online], <<www.ingeotecnia.com.co/cied/Evaluacion-conceptual-AVR-DDV-Harry-Forero.pdf>>

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, MINMINAS, [Online], <<www2.sgc.gov.co>>

SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA, Colombian Geotechnical Society, [Online], <<www.scg.org.co>>

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE TUBERIAS SOMETIDAS A DESLIZAMIENTOS, Marta Inés González Sánchez, Universidad Nacional, Posgrado en Geotecnia, 2010.

MODELACIÓN NUMÉRICA DE INTERACCIÓN SUELO-TUBERÍA EN DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, Mauricio Pereira Ordoñez, Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, 2009, Consulta: Agosto de 2017.

AUXILIAR TÉCNICO EN EL DISEÑO Y RECOMENDACIÓN DE ALTERNATIVAS DE CIMENTACIÓN PARA OBRAS CIVIL DE ACUERDO A LOS ESTUDIOS DE SUELOS REALIZADOS EN DIVERSAS ZONAS DE LA REGIÓN CARIBE, POR LA EMPRESA CONSTRUSUELOS S.A.S., Silvia Juliana Rey Naranjo, Práctica Empresarial, Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, Escuela de Ingenierías y Administración, Facultad de Ingeniería Civil, Floridablanca, 2016. Consulta: Julio de 2017.

PROYECTO INTERNACIONAL ANDINO.