

# **Curso de Supervisión y Monitoreo Geológico - Geotécnico de ductos**

**Estabilidad Física de Gasoductos, Oleoductos, Mineroductos**

# Objetivo del Curso

Consolidar y optimizar con bases técnicas las habilidades del Supervisor para identificar riesgos geológicos y geotécnicos, mediante el desarrollo de aptitudes para reconocer indicios de inestabilidad, tanto en el terreno como en el ducto, familiarizándose con los métodos geotécnicos de corrección de sitios críticos y los instrumentos informáticos que facilitan el monitoreo.

# Temas Abarcados por el Curso



De todas las fases de las industrias hidrocarburífera y minera, este curso abarcará solamente la etapa de TRANSPORTE.

Así que, coherentemente con el objetivo, el curso describirá los cuatro componentes de una exitosa Supervisión de la estabilidad geológica y geotécnica **durante el transporte mediante tubería:**

- I. El **ducto** y su vulnerabilidad.
- II. Las características de los **materiales** del terreno.
- III. Los **riesgos geológicos y geotécnicos**, y una revisión rápida de las **obras y equipos** usualmente funcionales.
- IV. La labor, habilidades e importancia del **Supervisor**, junto con la forma óptima de consignar y transmitir sus observaciones a los departamentos técnicos y ejecutivos, junto con el uso de sistemas informáticos.

# Metodología del Curso

- ▶ Presentación esquemática en diapositivas de Power Point, ilustradas con fotografías y descripciones.
- ▶ Ejercicios y casos reales
- ▶ Evaluaciones por Módulo y Test de Ingreso/Salida
- ▶ Lecturas Complementarias para cada módulo
- ▶ Glosario de Términos



# Contenido del Curso

## ► MÓDULO I

VULNERABILIDAD DE LOS DUCTOS

## ► MÓDULO II

CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

## ► MÓDULO III

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS  
GEOLÓGICOS

## ► MÓDULO IV

MONITOREO GEOTÉCNICO DE DUCTOS

## ► MÓDULO V

ELABORACIÓN DE REGISTROS DE  
HALLAZGO E INFORMES

## ► MÓDULO VI

INSTRUMENTOS DE APOYO A LA  
SUPERVISIÓN -GIS-

## ► MÓDULO VII

MODELOS DE SUPERVISIÓN Y  
CARACTERÍSTICAS DEL SUPERVISOR

# Test de Ingreso

1. De acuerdo con su experiencia, ¿En qué clima es más probable que sucedan daños a una tubería, por causas naturales? \_\_\_\_\_
2. ¿En qué paisajes le parece que los ríos son más agresivos para el derecho de vía? \_\_\_\_\_
3. ¿Qué tipos de terreno le parecen más estables, y por qué? \_\_\_\_\_
4. El trabajo del Supervisor ¿Está supeditado al de otros profesionales que conocen el tema de estabilidad? \_\_\_\_\_
5. ¿En su empresa, quién toma la primera decisión en el caso de un movimiento del terreno y el tubo? \_\_\_\_\_
6. ¿Cómo influye la Geología en la construcción de un ducto? \_\_\_\_\_
7. ¿Qué es una contingencia? \_\_\_\_\_
8. Qué es mas seguro: ¿Un cruce aéreo, o uno subfluvial? \_\_\_\_\_
9. Un buen recorrido del ducto para revisar estabilidad, puede hacerse a la misma velocidad en todos los tramos? \_\_\_\_\_
10. ¿Cuál sería el parámetro para decidir en qué sectores demorarse más tiempo? \_\_\_\_\_
11. Si se sospecha inestabilidad en una abscisa dada, ¿Qué aspectos se deben revisar en ese punto? \_\_\_\_\_
12. ¿Qué tanto puede anticiparse el Supervisor a una contingencia? \_\_\_\_\_
13. Una vez identificado un riesgo, termina el trabajo del Supervisor en ese punto crítico? \_\_\_\_\_
14. ¿Qué puede aportar el Supervisor a quienes diseñan las obras geotécnicas para solucionar un problema de estabilidad? \_\_\_\_\_
15. ¿Qué es un SIG? \_\_\_\_\_

# MÓDULO I



## VULNERABILIDAD DE LOS DUCTOS

# Función de un Ducto

Repasemos:

Los **sitios de extracción** de recursos naturales no renovables están en zonas de difícil acceso, o distantes al **sitio donde serán procesados** y exportados. Esto sucede con el petróleo crudo, el gas y los minerales preciosos. También con los derivados y productos ya refinados.

Por esta razón, **deben transportarse** a grandes distancias en tuberías, ya sea por bombeo, con la ayuda de estaciones intermedias, o por gravedad.

Lo anterior vale igualmente para yacimientos en la selva amazónica, la zona ártica, los desiertos, la plataforma marina, entre otros: Casi nunca la mina o el pozo están cerca del sitio de procesamiento, que generalmente es una gran instalación industrial de alto costo, con funcionarios que no podrían desplazarse definitivamente al campo.





# Otros sistemas de Transporte



En algunos sitios y en otras épocas, se ha hecho el transporte de crudo por ferrocarril (actualmente en Canadá, por ejemplo)... También es común en auto tanques (como en el Putumayo)...

En algunos sitios se debe hacer mediante barcazas (por ejemplo: las islas Galápagos) ...

Pero la forma más versátil de transportar gas, hidrocarburos y minerales, es **el ducto** (aéreo, enterrado o submarino).



# Tipos de Ductos

## 1. Gasoductos

### TRANSPORTE DE GAS NATURAL

- Distribución de gas natural
- GNV - GNC - GNL
- Instalaciones internas (Tuberías de menor diámetro)
  - Líneas de flujo entre pozos y
  - Dentro de las instalaciones industriales de almacenamiento y refinación

## 2. Oleoductos y Poliductos

PRODUCTOS NO REFINADOS (Desde las facilidades de producción hasta la refinería o exportación)

- Crudo liviano o Crudo pesado

PRODUCTOS REFINADOS (Distribución desde una refinería hacia el puerto de exportación o entre ciudades)

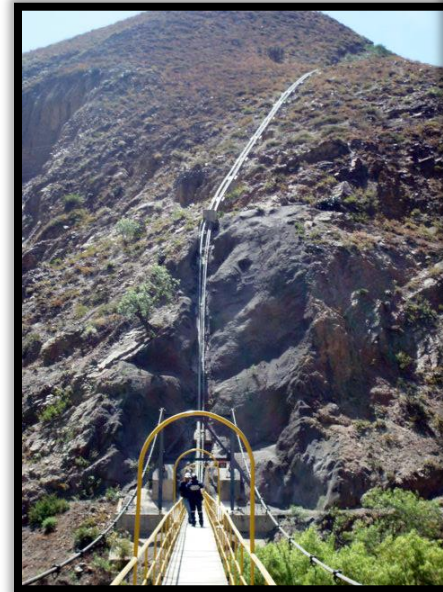
- Gasolina, Gas Oil, Gasolina para Avión.

## 3. Mineraductos

MINERALES EN LODO FLUIDO, provenientes de explotación de minas de cobre, oro, molibdeno y otros.

# Mineroductos

- ▶ Hablar de ductos en la minería tiene relación con el transporte de pulpas o hidromezclas (agua y sólidos) en una tubería cerrada, sin aire, que generalmente opera a presión superior a la atmosférica.
- ▶ En lo que se refiere al transporte de sólidos por tubería, los ductos pueden llevar mineral triturado/molido (mineraductos), concentrado concentraductos) o relaves (relaveductos).



(Iscaycruz - Lagsaura) operación polimetálica ubicada en la provincia de Oyón, en Lima, que conduce concentrados de zinc, plomo y en menor escala, cobre.

# ¿Por qué supervisar los ductos?

Los ductos (superficiales o enterrados), son muy vulnerables a la acción de fenómenos naturales, que pueden causarle rupturas.

## Consecuencias:

- ▶ Pérdida del producto,
- ▶ Daño ambiental,
- ▶ Afectación a infraestructura propia y ajena
- ▶ Afectación a comunidades y
- ▶ Demandas judiciales para la empresa

Por todo ello, es muy importante la labor de supervisión permanente de las condiciones del ducto



# Elementos vulnerables en un Ducto

**Definición:** Circunstancias de un sistema u obra, que la hacen susceptible a los efectos dañinos de una amenaza.

Por ser instalaciones externas al medio natural donde se colocan, la presencia de los ductos y sus accesorios implica una perturbación al ambiente, generando impactos sobre los diversos elementos (suelo, flora, calidad de aguas, solidez del material, entre otros). Lo anterior, y las condiciones climáticas del sitio, colocan a la tubería en posición de vulnerabilidad frente a fenómenos desestabilizantes.

- ▶ Ducto y Líneas de Flujo
- ▶ Estaciones de bombeo
- ▶ Facilidades
- ▶ Cruces aéreos y Subfluviales
- ▶ Torres
- ▶ Soportes
- ▶ Obras complementarias





# Circunstancias vulnerables en los Ductos

- ▶ Deformabilidad del ducto sin que se afecten sus propiedades mecánicas.
- ▶ Resistencia a la tracción del material del ducto.
- ▶ Estado de esfuerzos a que está sometido el ducto: presión interna, confinamiento, tensiones longitudinales, empujes laterales.
- ▶ Geometría del ducto con respecto al proceso amenazante, horizontal y vertical.
- ▶ Edad del ducto, referida a la historia de esfuerzos a que ha estado sometido.
- ▶ Condiciones de instalación con respecto al terreno circundante.
- ▶ Condiciones de operación (continua o intermitente), que puede inducir procesos de fatiga del material.
- ▶ Estado mecánico del ducto.
- ▶ Cambios de rigidez, por efecto de aditamentos o recubrimientos en el ducto.

# Amenazas generales sobre los Ductos

Según ASME B31.8 S para gasoductos.

## Dependientes del Tiempo:

- Corrosión externa.
- Corrosión interna.
- Agrietamiento por corrosión.
- Fatiga.

## Independientes del Tiempo:

- Daños por terceros.
- Operaciones incorrectas.
- Clima y fuerzas externas, incluye movimientos del terreno.
- Falla aleatoria de equipos.
- Defectos de manufactura.
- Deficiencias de construcción



# Amenazas Naturales

## Definición de Amenaza Natural

Un fenómeno de origen natural, definido por su naturaleza, ubicación, recurrencia, probabilidad de ocurrencia, magnitud e intensidad (capacidad destructora).

## Tipos de Amenazas Naturales

- ▶ Sísmicas (iniciadas por temblores terrestres o marinos)
- ▶ Tectónicas (por fallas)
- ▶ Geológicas (debidas a movimientos en masa)
- ▶ Hidrológicas (por inundaciones y torrentes)
- ▶ Climatológicas (debidas a la precipitación)
- ▶ Volcánicas (ocasionadas por erupciones y avalanchas)
- ▶ Cambios en niveles de aguas subterráneas y superficiales

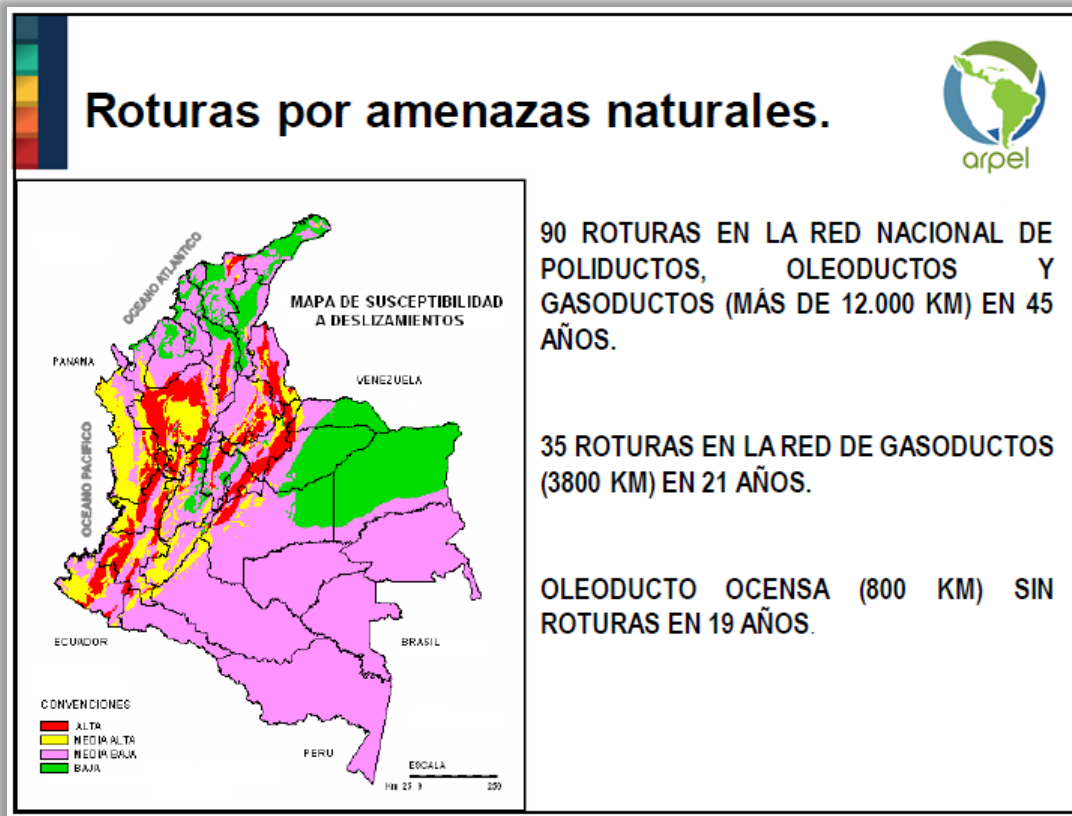


# Evaluación de las Amenazas Naturales

Para la amenaza proveniente del **clima y fuerzas externas, incluyendo movimientos del terreno**, se debe evaluar la incidencia de los procesos naturales sobre una potencial rotura, las obras de mitigación o refuerzo del terreno que se hayan puesto en práctica, la probabilidad de ocurrencia de dichos procesos naturales y la capacidad del ducto para soportar los efectos de los procesos naturales.

- Muchos de los procesos naturales, en sí mismos no afectan la integridad de los ductos, sin embargo, pueden detonar otros procesos que involucren movimientos del terreno, que eventualmente imponen empujes a los ductos.
- Desde el punto de vista geotécnico, se tiene la cultura de evaluación de la amenaza, especialmente de deslizamientos, donde los análisis involucren la resistencia y variabilidad de los parámetros, los factores o procesos detonantes (lluvias, sismos) con su probabilidad de ocurrencia, el efecto de las obras de refuerzo y se calcula la probabilidad condicional de que se genere el proceso amenazante, durante un periodo de tiempo.

# Ejemplo: Caso colombiano



## Estudio de Caso:

# Gasoducto en las estribaciones del Nevado del Cocuy Colombia

- Gualdrón O. O, 2015, ANALISIS DE VULNERABILIDAD MEDIANTE SEGUIMIENTO FOTOGRAFICO Y USO DE METODOLOGIA PARA EVALUAR VULNERABILIDAD DE TUBERÍAS (CASO DE ESTUDIO). Universidad de Santander, Facultad de Ingenierías, Especialización en Geotecnia Ambiental, Bucaramanga

El día 31 de julio de 2012 se presentó un desprendimiento desde la parte alta de la ladera que se convirtió en un flujo de lodos (Ilustración 7, 8 y 9) que paso sobre la vía, afectando los sistemas de transporte especialmente (por sus evidencias fáciles de detectar) la tubería sobre marcos H que transporta gas. Para el sistema enterrado no fueron evidentes afectaciones a la integridad de la tubería.

El evento registrado fue resultado de diversos factores:

- Cambios de uso de suelo en los últimos años.
- Precipitaciones acumuladas superiores a los promedios medios anuales y mensuales del sector.
- Pobre drenaje natural y altos niveles de infiltración por escorrentías sin control.

# Una Definición de Riesgo

Probabilidad de consecuencias perjudiciales, como resultado de las interacciones entre **amenazas** y condiciones de **vulnerabilidad** de personas, un sistema o un bien.

De manera general, el Riesgo (R) depende de la Vulnerabilidad (V) y la Amenaza (A), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$R = A \times V$$



# Fórmula de Evaluación del Riesgo

Con mayor detalle y contando con más información, se puede decir que :

$$R = P_a \times V \times C$$

Donde:

- ▶ R: riesgo a que está expuesto el sistema, en unidades de costo (\$),
- ▶  $P_a$ : probabilidad de ocurrencia de la amenaza, durante el tiempo de exposición del sistema a dicha amenaza,
- ▶ V: vulnerabilidad del sistema a la amenaza, expresado en la fracción de daño esperado,
- ▶ C: consecuencia, expresada como el costo del daño o su reparación (\$).

# Componentes de la fórmula anterior



1. Determinar las existencia y localización de los procesos amenazantes, así como sus causas y detonantes y evaluar la probabilidad de que se presenten dentro de la zona de influencia de los ductos. (Pa)
2. Evaluar las características del ducto y su relación con el proceso amenazante, para determinar el potencial de daño que pueda sufrir (indicarlo como fracción de la unidad (V) de 0 a 1, cero soporta, 1 falla).
3. Determinar los costos de las consecuencias de la pérdida de contención del ducto, sobre el entorno, los vecinos, la infraestructura regional y el Sistema de transporte. (C)

# Control del Riesgo

## CONTROL DE LA AMENAZA:

- Conocimiento de la amenaza a que puede estar sometida la conducción.
- Evitar los sitios de amenaza en el trazado de la conducción.
- Minimizar la afectación del terreno durante la construcción.
- Reforzar el terreno con obras.
- Evaluar la evolución de los procesos considerados como amenaza

## CONTROL DE LA VULNERABILIDAD:

- Evaluar las características de la conducción y su capacidad de soportar la amenaza.
- Vigilar el comportamiento de la conducción.
- Mantenimiento del sistema para adecuarlo a los cambios de la amenaza.

## CONTROL DE LAS CONSECUENCIAS:

- Reducir los elementos expuestos en el área de influencia del ducto.
- Evitar cambios en el uso del suelo
- Hacer gestión permanente de predios.
- Seccionamiento de la conducción.

# Contingencias

SON EVENTOS NO DESEADOS, PERO PROBABLES  
ESTADÍSTICAMENTE, EN OPERACIONES A LARGO PLAZO.

Para anticiparse al cansancio del material que causa roturas o filtraciones, existe el monitoreo de espesores y de soldaduras... por ejemplo.

Pero...

Para los eventos naturales que pueden causar grandes daños al ducto, **¡Está la supervisión geológica y geotécnica!**

El Supervisor de estabilidad del ducto debe ser capaz de prever las contingencias naturales, para dar la voz de alerta y tomar las medidas preventivas y correctivas pertinentes, antes de un derrame de crudo o lodo o una explosión de gas:





# Denuncias de la Comunidad



Además de las pérdidas de la empresa, las denuncias de afectados le causarían graves problemas jurídicos, legales y económicos.

Y es un hecho, que cada vez más las comunidades se están oponiendo, -y con más fuerza-, a la industria Hidrocarburífera y a la Minería.

Por ello es necesaria una Operación de Transporte IMPECABLE, que a nivel de estabilidad física se logra previniendo la mayor parte posible de los riesgos.

¡Esa es labor del SUPERVISOR!



Estudio de Caso:

## Evaluación conceptual de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por fenómenos de Remoción en Masa al derecho de vía del Gasoducto Gibraltar- Bucaramanga desde el PK60+000 al PK118+000.

FORERO G. J., 2014, UIS, Bucaramanga

El gasoducto Gibraltar-Bucaramanga es uno de los proyectos más importantes del sector gas en Colombia, el cual abastece las redes de distribución industrial, comercial y domiciliaria de Lebrija, Bucaramanga, Floridablanca y Girón, llevando gas remanente hasta Barrancabermeja, lo cual hace que los procesos geotécnicos sean de vital importancia para preservar la integridad del sistema.

Una de las principales causas que perturban el gasoducto son los fenómenos de remoción en masa, estos procesos han requerido la inversión de una gran cantidad de presupuesto para el manejo de los problemas causados por las afectaciones a la tubería y al derecho de vía.

# Lecturas Complementarias

- ▶ Capítulo de Análisis de Riesgos de un Estudio de Impacto Ambiental real de un oleoducto.

# Evaluación

1. ¿Qué tipos de ductos conoce? \_\_\_\_\_
2. ¿La corrosión de la tubería es una contingencia? \_\_\_\_\_
3. ¿Por qué? \_\_\_\_\_
4. ¿Qué es una amenaza? \_\_\_\_\_
5. ¿Qué es un riesgo? \_\_\_\_\_
6. ¿En el caso de un pueblo cerca de un río. Cuál es el elemento vulnerable? \_\_\_\_\_
7. ¿Cuál es el riesgo? \_\_\_\_\_
8. ¿Cuál es la amenaza? \_\_\_\_\_
9. ¿En qué tipo de ducto se puede dar una explosión? \_\_\_\_\_
10. En cuál tipo de ductos se puede contaminar un río? \_\_\_\_\_
11. En qué fase de la Industria petrolera se encuentra la Supervisión de ductos? \_\_\_\_\_
12. En el caso estudiado, por qué no se evaluó el riesgo de deslizamiento? \_\_\_\_\_

# Bibliografía

- ▶ Servicio Geológico Colombiano y Minminas, 2015. GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA. Bogotá.
- ▶ Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas. Anexo B.GESTIÓN DEL RIESGO.
- ▶ Cantillo R., C., 1998, MARCO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTOS EN MASA, Sociedad Colombiana de Geotecnia, Bogotá.