

# Prácticas de PHD de última generación

---

Presentado por: Danny Crumpton and Urso Campos Ph.D.



# Conozca a GeoEngineers

Expertos en Ciencia y Tecnología de la Tierra



*Asesores de confianza para clientes que administran los recursos naturales y su entorno.*

# ¿Quiénes somos?

- 15 oficinas en EE. UU.: California, Idaho, Louisiana, Missouri, Oregon, Utah, Washington, South Carolina y Texas
- Equipo de casi 350 empleados
- Una empresa que es propiedad de los empleados
- Sirviendo profesionalmente desde 1980

# ¿Quién es GeoEngineers?

- Durante más de 25 años, nuestro personal experto en GeoEngineers ha ayudado a clientes de todo el mundo a planificar, construir y mantener su infraestructura de tuberías
- Los expertos de GeoEngineers están familiarizados con una variedad de enfoques y técnicas, lo que nos permite adaptar soluciones para sus activos
- Los expertos de GeoEngineers han completado más de 300,000 metros de proyectos sin zanjas y cruces de PHD en todo el mundo
- La revista *Trenchless Technology* (TT) ha nombrado consecutivamente a GeoEngineers una de las 25 principales firmas de diseño de TT del país durante casi una década

# Alcance de Proyecto



# ¿Qué hacemos en GeoEngineers?

Además de nuestra experiencia en el diseño de ingeniería sin zanjas, ofrecemos un equipo talentoso con experiencia

- Diseños Sin Zanjas
- PHD
- Direct Pipe®
- Investigación del sitio
- Estudios de planificación/viabilidad de rutas
- Hidrología e Hidrogeología
- Estudios geológicos
- Análisis de riesgo sísmico
- Diseño de Fundación
- Ingeniería Geotécnica
- Informes y servicios de Observación de Construcción

sólo por nombrar algunos

# Algo de que hablar

- Direct Pipe® para tuberías
- Fractura/fisura hidráulica y pérdida involuntaria de fluidos
- Diseño y monitoreo de proyectos de PHD
- Navegación

# Diseño Direct Pipe®

- Fuerza de tiraje
- Esfuerzos en la tubería (instalación)
  - Tensión, compresión, y carga de pandeo
- Esfuerzos en la tubería (en funcionamiento)

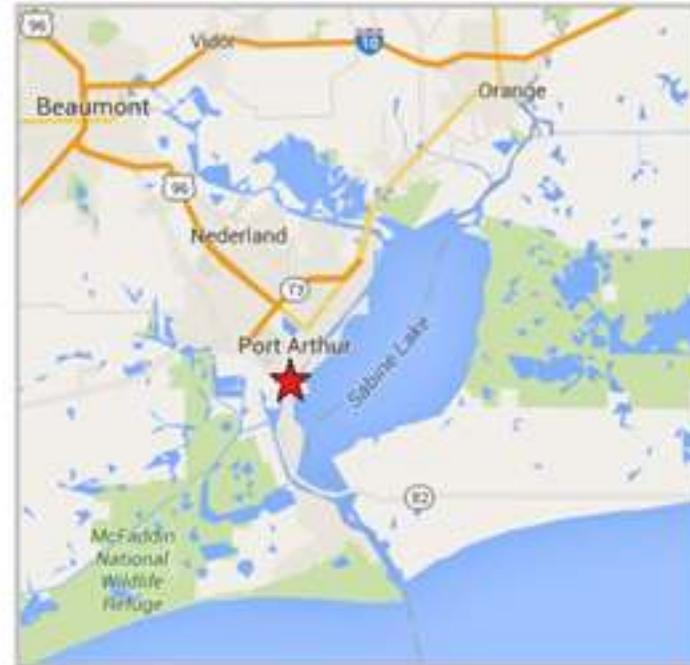


## Diseño Direct Pipe®

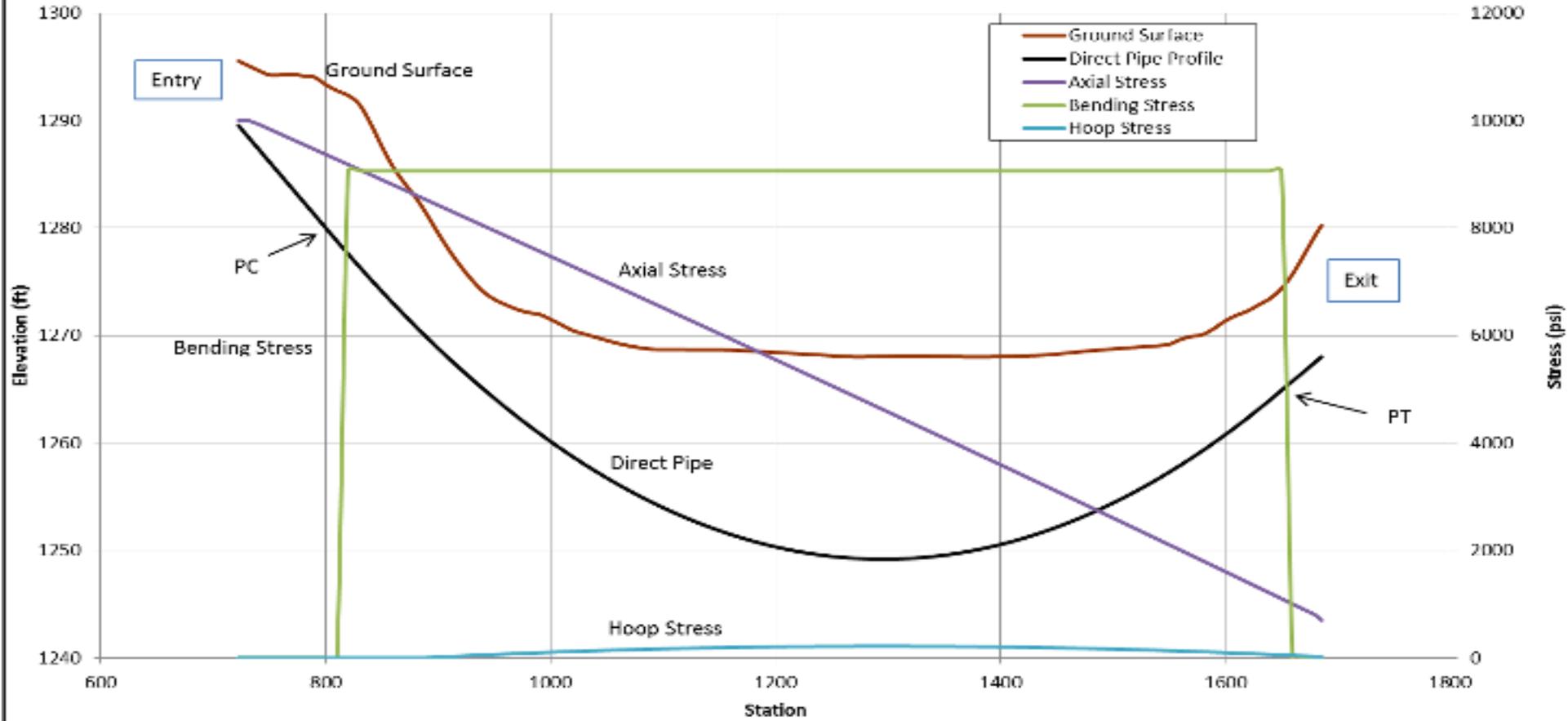




# Ubicación del proyecto



# West Falls Creek Direct Pipe Crossing



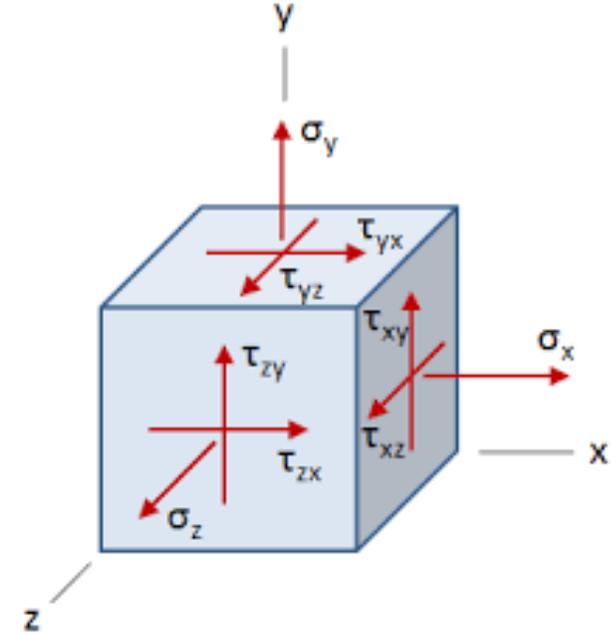
Crossing Length (ft): 968.11  
 MIM Diameter (in): 32  
 Product Pipe: 30" O.D. x 0.625" W.T. API 5L-X70

<b>Estimated Stresses in Pipe</b>	
	FIGURE 4

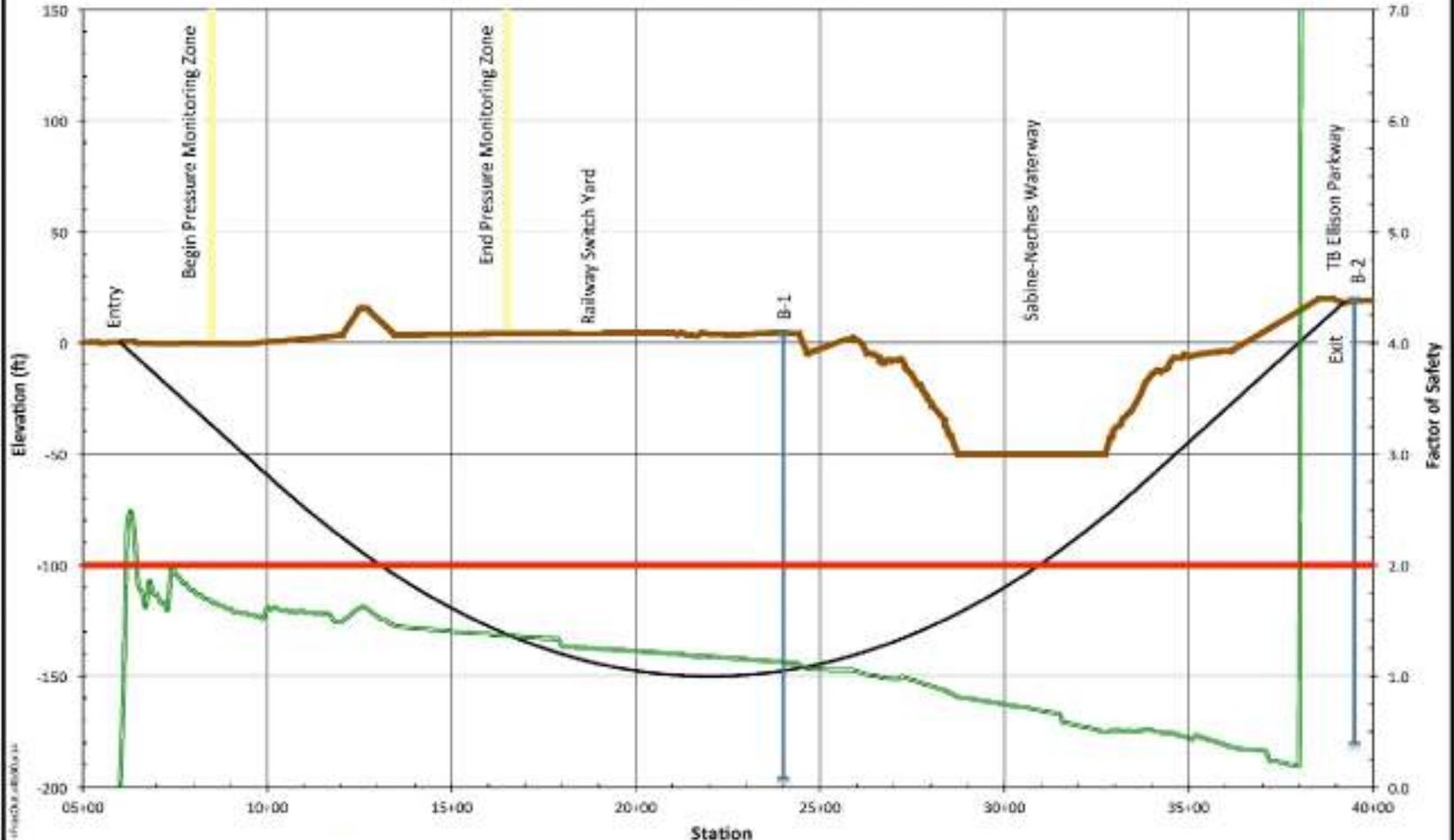
## Esfuerzos

# Resumen del análisis de esfuerzos durante la instalación

1. Geometría crítica : axial, de flexión y tensión combinada
2. Diseño para ganar - fuerza de tiraje permitida vs calculada
3. La distancia entre la abrazadera del propulsor y entrada debe ser considerada - pandeo



PORT ARTHUR - SABINE NECHES WATERLINE HDD



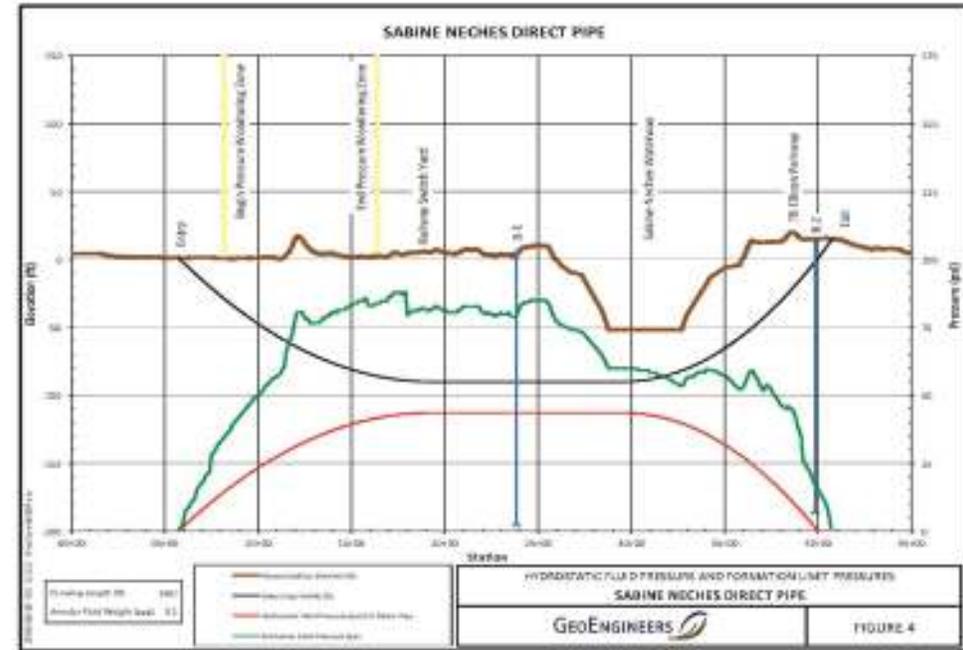
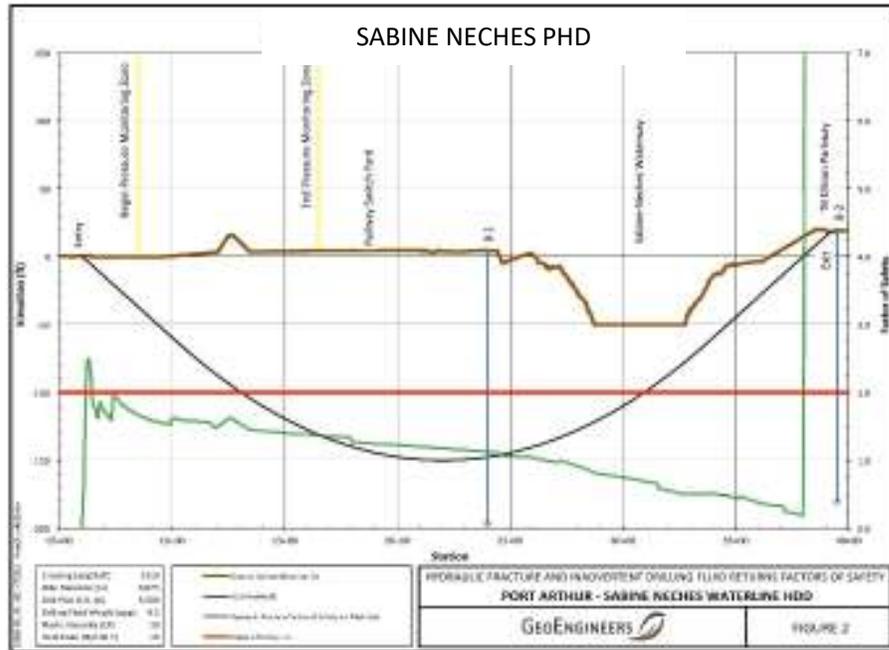
TOMASINI BY JES DESIGN - HYDRAULIC FRACING

Crossing Length (ft)	3320
Hole Diameter (in)	5,875
Drill Pipe O.D. (in)	5,500
Drilling Fluid Weight (ppg)	9.5
Plastic Viscosity (CP)	10
Yield Point (lb/100 ft)	20

	Ground Surface Elevation (ft)
	HDD Profile (ft)
	Hydraulic Fracture Factor of Safety for Pilot Hole
	Factor of Safety = 2

HYDRAULIC FRACTURE AND INADVERTENT DRILLING FLUID RETURNS FACTORS OF SAFETY PORT ARTHUR - SABINE NECHES WATERLINE HDD	
	FIGURE 2

# Comparación – Análisis y diseño: PHD vs Direct Pipe®



# Fractura/Fisura hidráulica y pérdida de fluidos involuntaria



## **Pérdida de Fluido de Perforación hacia la Superficie**

# Fractura/Fisura hidráulica y pérdida involuntaria de fluidos



- La industria está bajo un mayor escrutinio por parte de diversos grupos ambientales y políticos
- La industria del PHD ahora está resaltando por todo el mundo después de haber operado felizmente en una relativa oscuridad durante muchos años
- La industria de PHD necesita definir un mejor enfoque para la ejecución general de proyectos y la mitigación de riesgos

# Asignación de riesgos en proyectos de PHD

- Teoría de la asignación de riesgos
  - Teórica: El riesgo debe ser valorado y adjudicado al que esté mejor posicionada para manejar el riesgo
  - Real: El riesgo debe asignarse en función de lo que se puede negociar en un entorno de contratación competitivo
- En el actual entorno competitivo de PHD, los contratistas a menudo están obligados a asumir riesgos que no están bien posicionados para administrar
- Los propietarios de los proyectos en última instancia tienen el riesgo de entregar proyectos a tiempo y dentro del presupuesto
- La industria necesita trabajar en conjunto para definir un nuevo modelo para ejecutar proyectos de PHD



# Fractura/Fisura hidráulica y pérdida involuntaria de fluidos

- Evaluar el riesgo de **fractura/fisura hidráulica y pérdida involuntaria de fluidos** para proyectos PHD
- Utilizar el método cuantitativo más común, que utiliza la teoría de expansión de cavidad y la ecuación Delft para producir un factor de seguridad contra la fractura/fisura hidráulica



# Los costos y causas de las pérdidas involuntarias de fluidos (PI)

- El riesgo de PI es significativo
  - Costo del proyecto
  - Programación del proyecto
  - Percepción pública
  - Pérdida de oportunidades
  - Cancelación de proyectos
- Las causas son sencillas
  - Académico
    - La presión anular de la excavación supera la presión máxima permitida de los suelo
  - En la práctica
    - Diseño de la excavación
    - Formaciones no caracterizadas
    - Ejecución de PHD



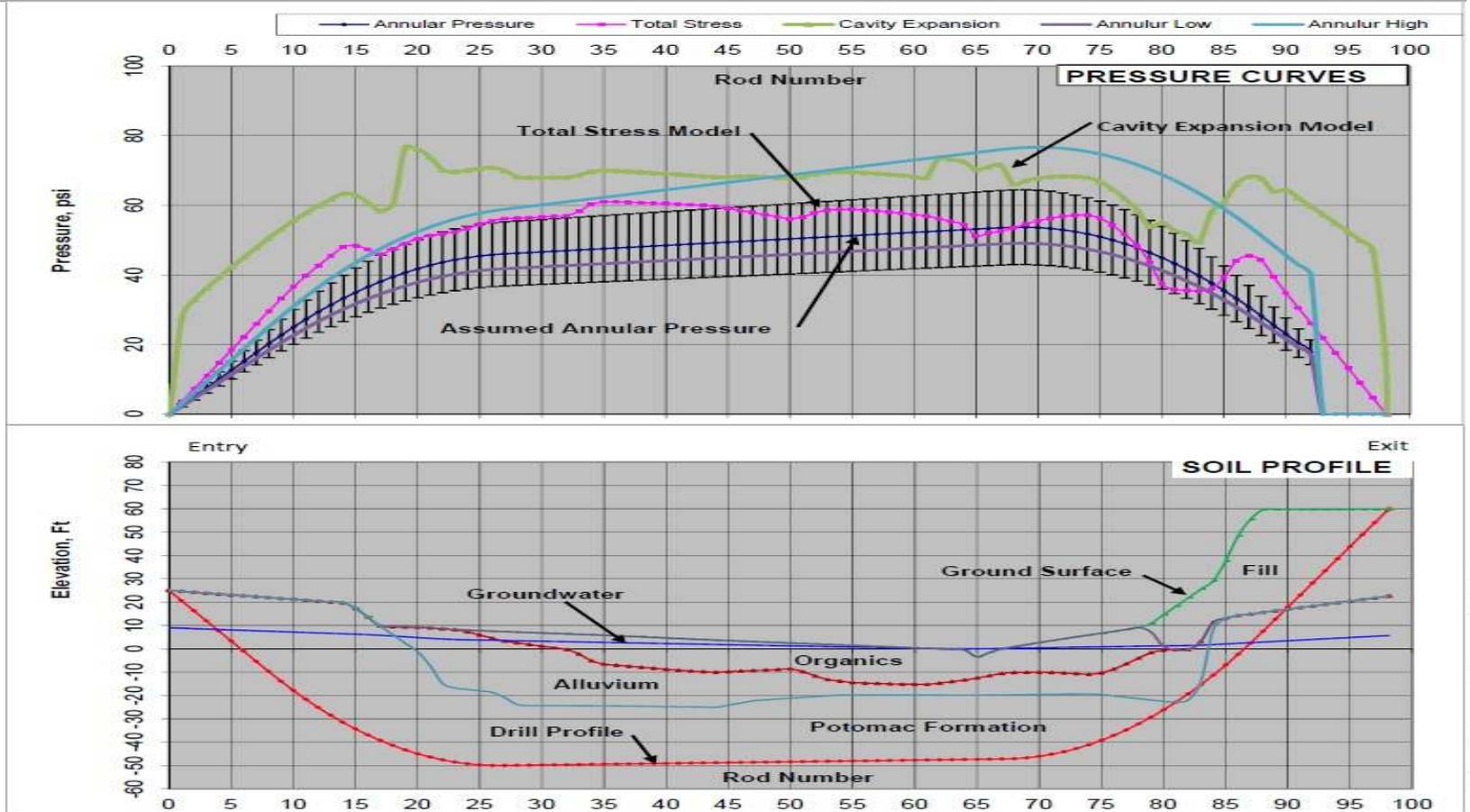
**El costo adicional para la prevención de pérdida involuntaria de fluidos es una fracción del costo de la limpieza ambiental y su valor es incalculable en el contexto de la percepción pública**

# ¿Cómo se puede mitigar el riesgo PI durante el diseño?

## Buenas prácticas

- Seleccione a una firma de ingenieros que se especialice en diseño de PHD
- Realizar un análisis geotécnico adecuado
- Integre la información geotécnica en el diseño de la excavación
- Desarrolle un perfil de presión anular (PPA) para la excavación

## Perfil de presión



# Fractura/Fisura hidráulica y pérdida involuntaria de fluidos

## Solución

- La ecuación de Delft en esencia, es un cálculo de ingeniería geotécnica para el que es necesaria un buen conocimiento de la mecánica del suelos

## Problema

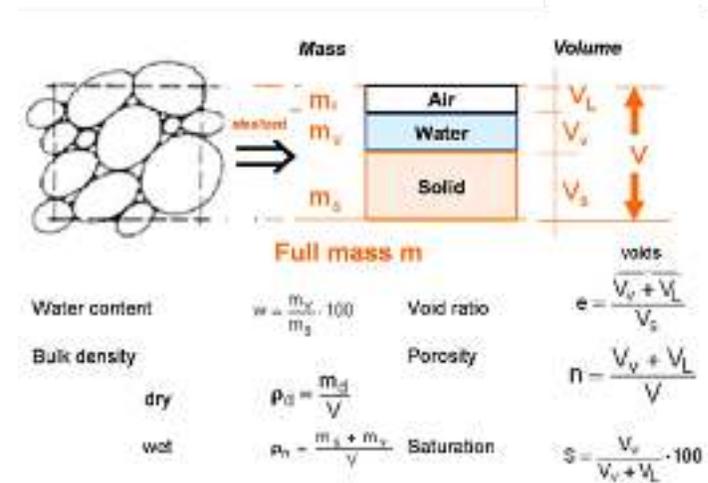
- Los parámetros de entrada de la ecuación Delft son demasiado a menudo malentendidos y malinterpretados y aplicados incorrectamente

## Consecuencia

- La caracterización errónea del riesgo y, a veces una significativa e imprevista, fractura/fisura hidráulica y pérdida involuntaria de fluidos

# Características del suelo

- Todos los suelos están compuestos de partículas del suelo, aire y/o agua)
- Los suelos bien graduados e uniforme son raros
- Los suelos suelen tener múltiples componentes de varias formas y tamaños
- El ingeniero debe juzgar qué componente del suelo domina o controla su comportamiento



# Operaciones de Taladro o Perforación Piloto

- Durante las operaciones de la perforación piloto, el fluido de perforación se introduce en la broca a caudales y presiones suficientes para mantener el flujo y transportar el detritus de vuelta al foso de entrada
- A medida que avanza la perforación piloto, la presión del fluido debe aumentarse para mantener la circulación a distancias crecientes como resultado de pérdidas por fricción
- Puede producirse un pico de presión significativo si el agujero se constriñe a través de una acumulación de cortes en el agujero
- Si la presión del fluido de perforación excede la presión límite de la excavación, es probable que se produzca una fractura/fisura hidráulica del suelo y hasta producirse una pérdida involuntaria de fluidos

# Recomendaciones Para el Diseño en Roca

- Documentar cualquier pérdida de líquido durante las operaciones de perforación de rocas, lo que puede ayudar a proporcionar una visión importante de la naturaleza de la masa rocosa
- Estimar la presión del fluido de perforación anular que se requerirá para mantener la circulación durante las operaciones de perforación
- Diseñar la trayectoria de la perforación para evitar unidades de roca fisurada, laminada, o unidades donde el espacio dentro de la masa rocosa es significativo

# Recomendaciones Para Construcción

- Intentar que la perforación piloto y el ensanchamiento se lleve a cabo desde el punto bajo de la trayectoria cuando sea posible
- Monitorear las presiones del fluido de perforación durante la perforación piloto
- Supervisar la alineación y trayectoria del PHD y las áreas circundantes, potencialmente a unos 60 metros o más de la trayectoria cuando se produce una pérdida parcial o total de fluido de perforación en cualquier etapa de la construcción
- Instalar un pozo de desahogue para reducir las presiones de los pozos y controlar la trayectoria de flujo del fluido
- Tener un plan para contener y desechar el fluido de perforación en caso de que se libere en la superficie

# Diseño y Monitoreo de Proyectos de PHD



# Programa de Diseño y Monitoreo de Proyectos PHD

- PHD es una técnica de construcción especializada que implica muchos riesgos técnicos que pueden ser difíciles de mitigar
- Seleccionar la firma de ingeniería adecuada para diseñar y gestionar es fundamental para el éxito de un proyecto
- Las pérdidas involuntarias de fluidos detienen proyectos mientras el fluido es contenido o limpiado



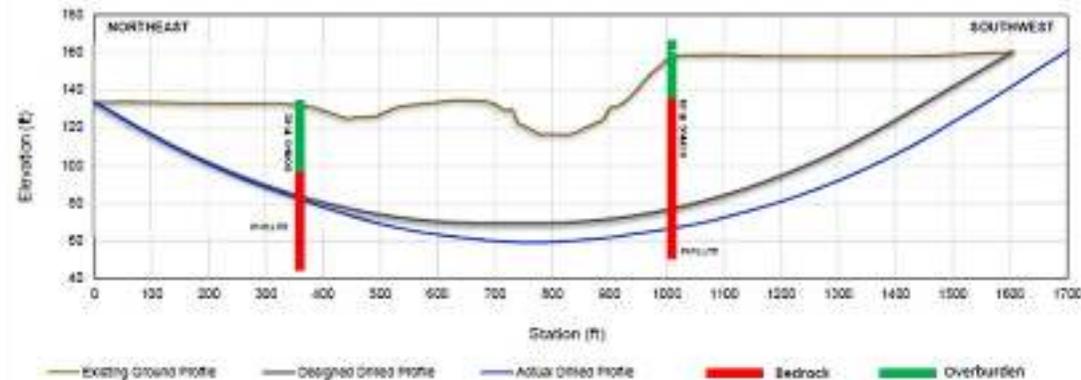
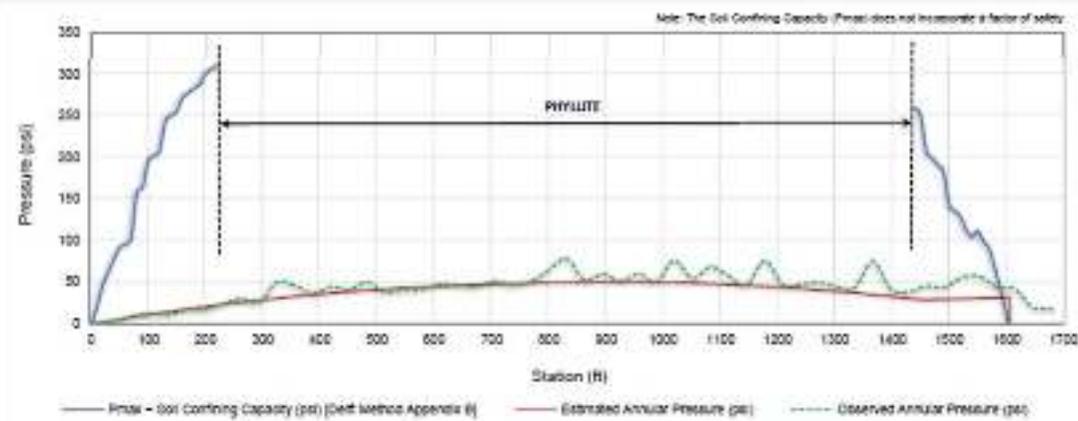
# Programa de Diseño y Monitoreo de Proyectos PHD

- El programa consiste en requisitos autoimpuestos
- Diseñe el PHD con parámetros conocidos, incluyendo muestras geotécnicas de suelo, análisis de esfuerzos en productos, procedimientos de seguridad, procedimientos de extracción, pruebas de cimentación y más
- Un enfoque en la prevención, detección y documentación de los esfuerzos de monitoreo y detección de pérdidas involuntarias de fluidos
- Los componentes principales incluyen:
  - Monitoreo de presión
  - Patrullas de superficie
  - Vigilancia de drones

Un enfoque de "cinturón y tirantes" para garantizar los más altos niveles de responsabilidad ambiental y cumplimiento



# Monitoreo de presión anular



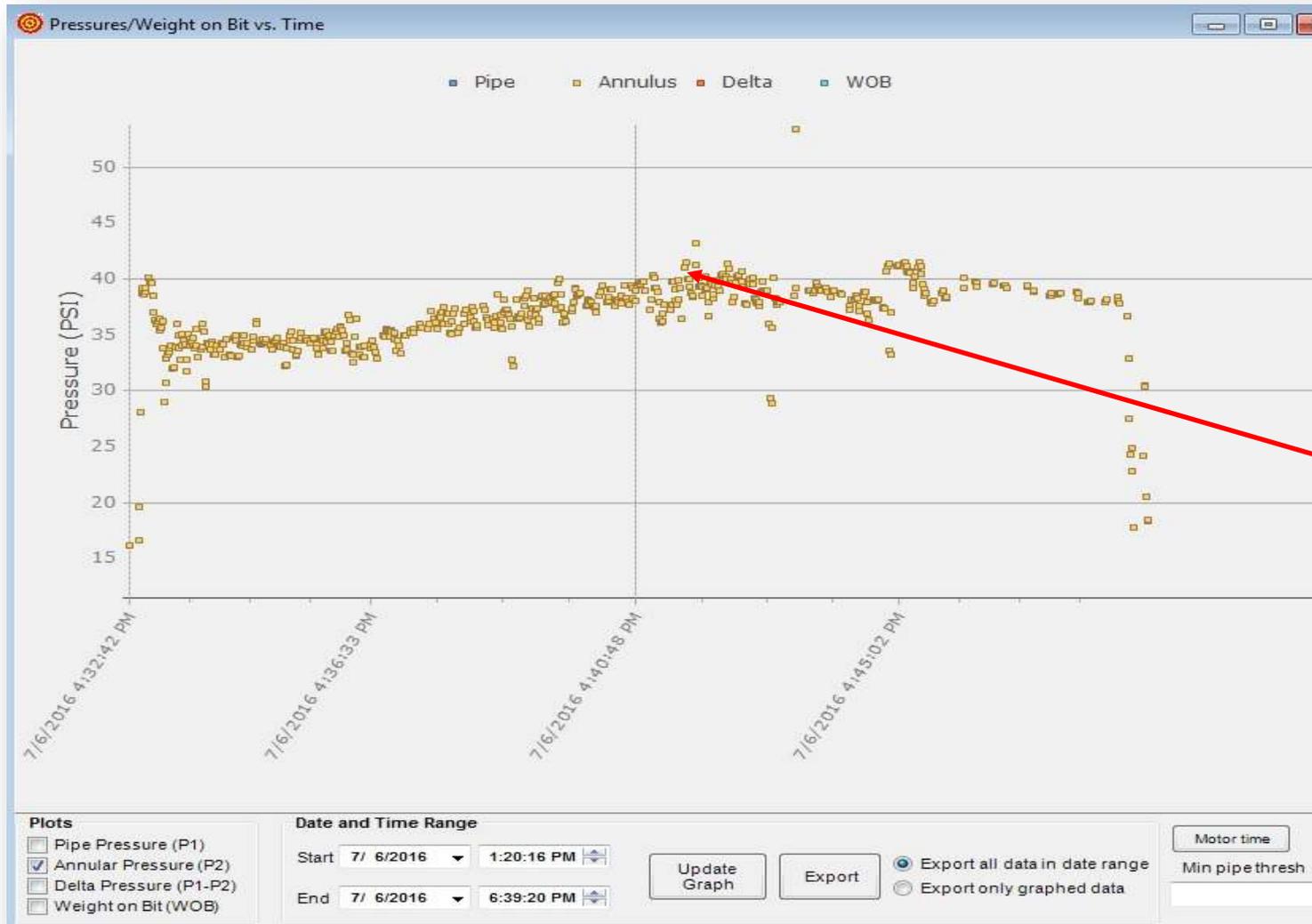
HYDROFRACTURE EVALUATION  
SOIL CONFINING CAPACITY VS. ESTIMATED ANNULAR PRESSURE  
36-INCH TAR RIVER CROSSING  
BY HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING

Date: 11/02/10

Revision: R3

- Monitoreo de presión anular durante la excavación piloto
- Las presiones anulares dentro del orificio se comparan con las presiones teóricas y limitantes calculadas durante el diseño
- Como se indica en el gráfico, la presión anular teórica se superó ligeramente; sin embargo, la presión límite de formación no
- En la práctica, es común ver presiones anulares teóricas excedidas por márgenes relativamente pequeños

# Sistema de monitoreo de presión



Durante un período de 12 minutos, se observó un aumento en presión.

El aumento de presión fue de sólo alrededor de 35 kPa.

Aumento de la presión – riesgo de PI

# ¿Cómo se puede mitigar el riesgo PI durante la construcción?

## Buenas prácticas

- Supervisar los niveles de presión en tiempo real
  - Herramientas de presión
  - RED (Registrador Electrónico de Datos)
  - Supervise otros parámetros de funcionamiento relacionados
- Gestionar y supervisar el programa de fluidos
  - Características del fluido
  - Tasas de bombeo
  - Flujo de fluidos/retornos
- Revisar alternativas con las partes interesadas del proyecto y tomar medidas correctivas

## Herramientas de monitoreo



# Analizar y mejorar los resultados del proyecto



*Note la disminución de la presión de la bomba con los mismos golpes*

*Note la tendencia de aumento de la presión*

*Note: un viaje de 4 articulaciones y que la presión volvió a la normalidad después de un tiempo*

Esto es durante un período de 2 horas.

# Patrullas de superficie de detección de fluidos



- Requiere que los Inspectores y el personal de PHD realicen patrullas regulares
- La intención de estas patrullas es identificar PI cuando los volúmenes son pequeños y manejables
- El tiempo y ubicación observados durante las patrullas se apuntan en los informes diarios
- Si se observa una PI, se procede a controlar la situación conforme a lo previamente establecido en el plan de construcción

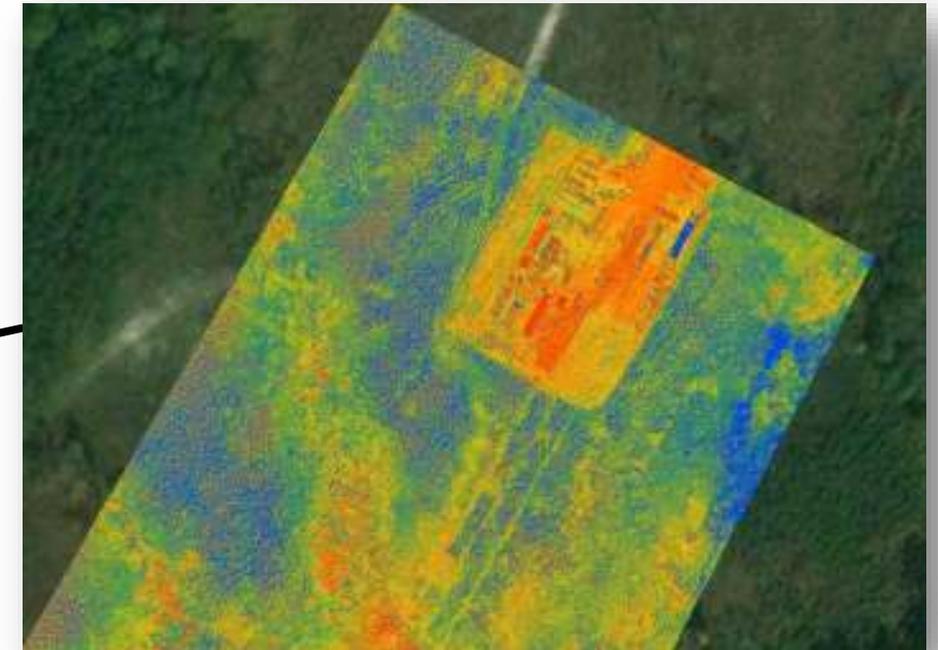
# Vigilancia de drones para detección de fluidos



- Utilización de drones configurados con cámaras y sensores multispectrales
- Las imágenes fotográficas y multispectrales de los vuelos de drones se archivan
- Foto e imágenes multispectrales son georreferenciadas y marcada por tiempo

# Vigilancia de drones para detección de fluidos

Muestra de imágenes multispectrales



# Seguridad durante el PHD

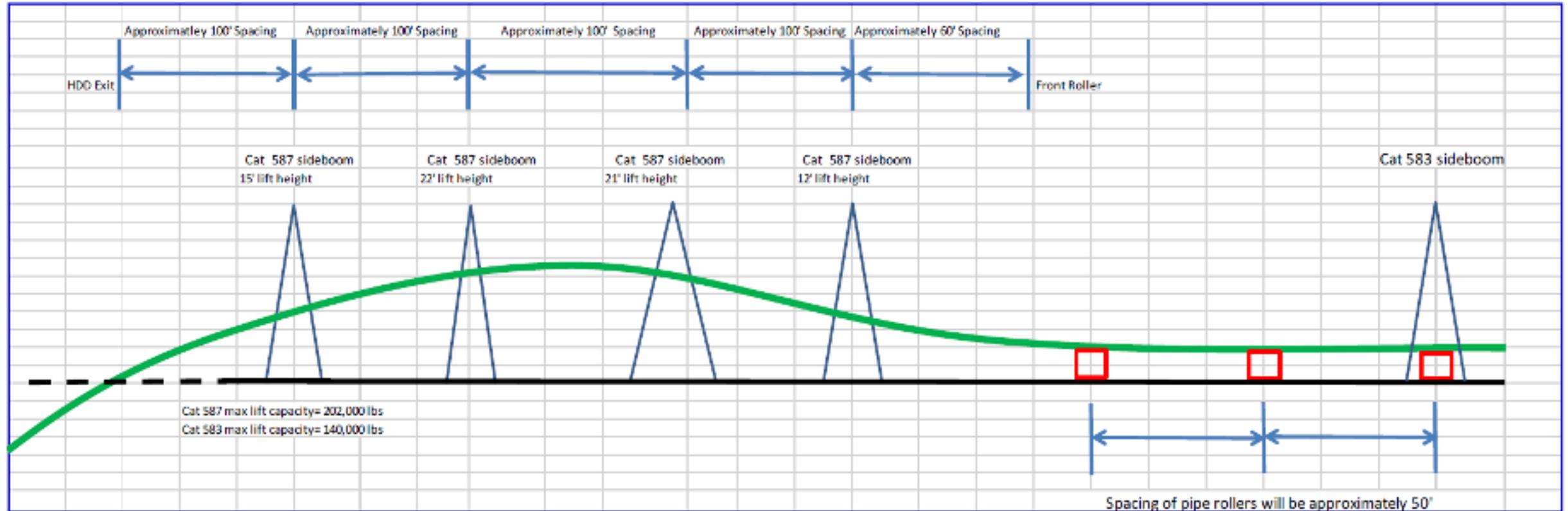


- El subcontratista se adherirá al Programa de Seguridad de Gestión Planificada
- Todos los empleados deben seguir los requisitos de seguridad minimizando las lesiones típicas relacionadas con el proyecto
- Reunión semanal de seguridad los días lunes por la mañana antes de que comience el trabajo
- Se discuten riesgos y peligros previstos en el campo, durante la reunión de seguridad cada mañana

# Planes de tiraje y suspensión de PHD



# Planes de tiraje y suspensión de PHD

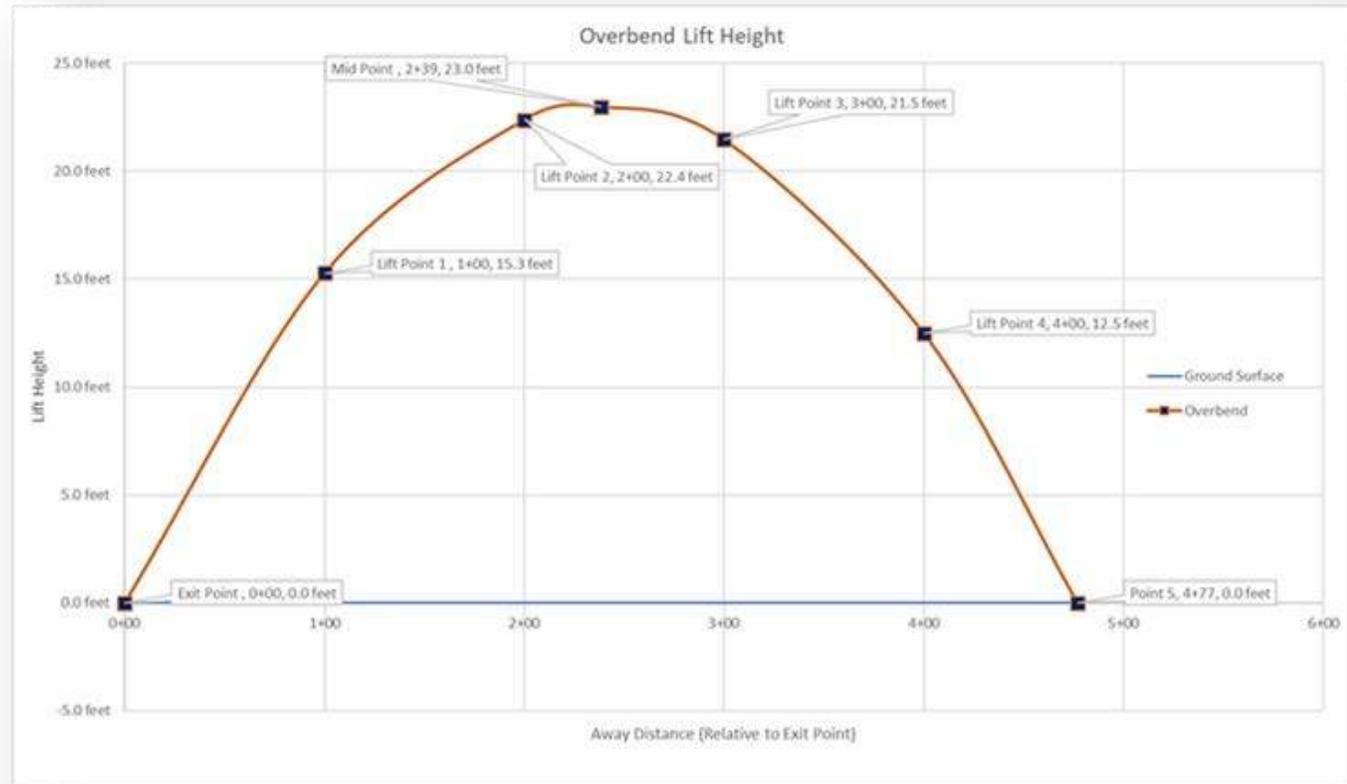


# Planes de tiraje y suspensión de PHD

INPUT	
Project and Crossing	ACP/Tar River HDD
Curve Radius	1250 feet
Exit Angle	11 ° 0.19 radians
Pipe Diameter	36 inch
Pipe Wall Thickness	0.741 inch
SMYS	70,000 psi
Modulus of Elasticity	29,000,000 psi
Distance Between Sidebooms	100 feet

CALCULATED VALUES	
$\Delta$	22 ° 0.38 radians
Long Chord Length	477.0 feet
Long Chord Mid-point (Relative to Exit	2+39
Middle Ordinate Height	25.0 feet
Length of Curve	479.97 feet
Pipe Weight in Air	279.04 lbs/foot
Total Weight of Suspended Pipe	133927.42 lbs
Bending Stress	34,800 psi 50% SMYS OK

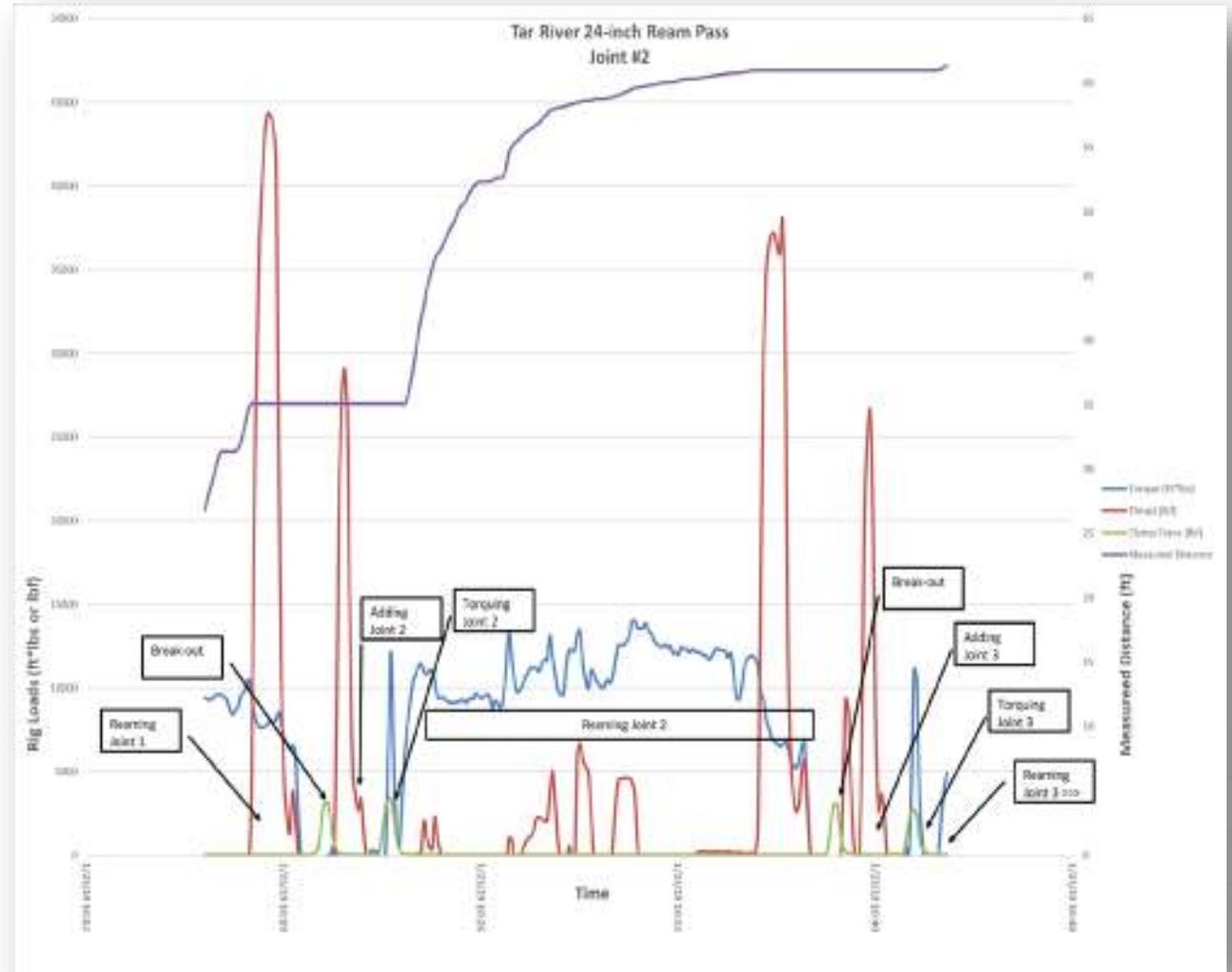


Los análisis de tiraje y suspensión son indispensables para tener un Proyecto PHD exitoso



# Registrador Electrónico de Datos ("RED")

- El valor real asociado con el Sistema RED probablemente no se realizará hasta que el proyecto experimente un fallo u otra ocurrencia catastrófica
- Los datos se pueden utilizar para admitir un "Análisis de causa"
- Los parámetros de perforación se registran en intervalos de cierre de tal manera que la persona que realiza el análisis puede evaluar sistemáticamente y hacer tendencia de los parámetros de perforación potencialmente hasta el punto de falla
- La perforación en tiempo real se puede evaluar para hacer cambios en el plan de perforación, aumentando la producción o evitando problemas
- Las tendencias se pueden observar en patrones de perforación donde se registra la presión anular para prevenir



# Navegación

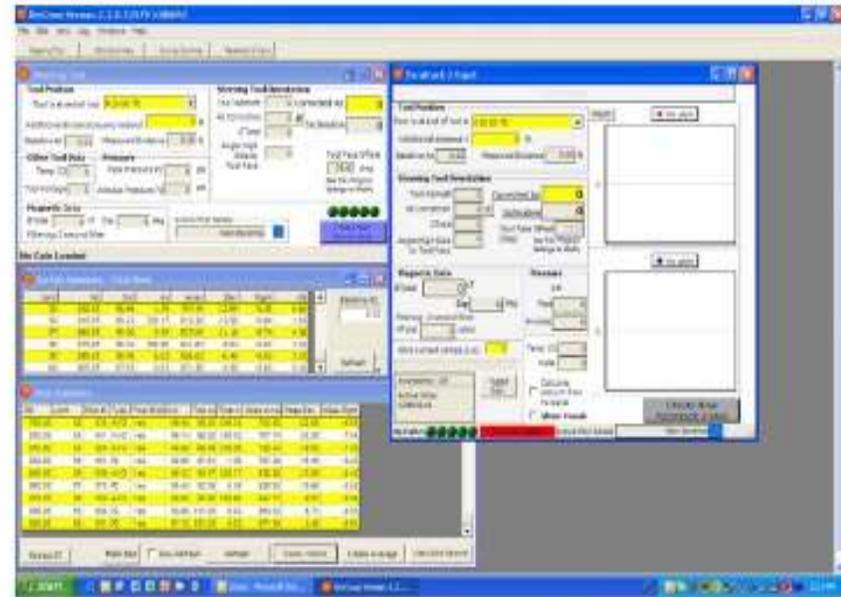
# Dos tipos de sistemas de navegación de uso común

Magnético

Giroscopio



# La sonda de herramienta de dirección magnética proporciona:



- Acimut
- Inclinación
- Cara de herramienta
- Temperatura
- G-Total
- B-Total o H-Total
- Angulo de entrada

# Sonda de herramienta de dirección magnética G-Total

Todas las sondas de navegación utilizan un acelerómetro para calcular la inclinación.

Una vez que se tenga las 3 fuerzas, se puede calcular una inclinación. Este proceso puede ocurrir 100 veces por segundo. Posteriormente, los datos se promedian durante un intervalo de un segundo.



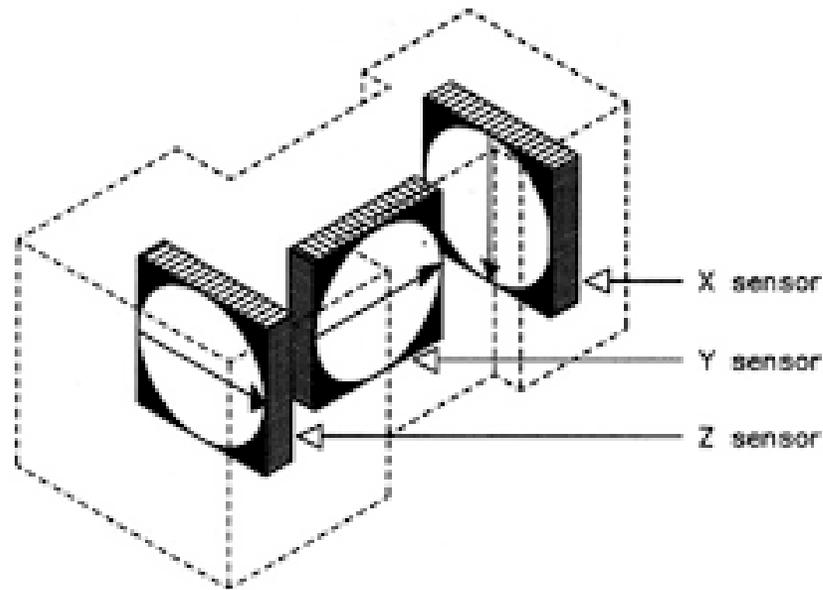
Su teléfono utiliza un acelerómetro



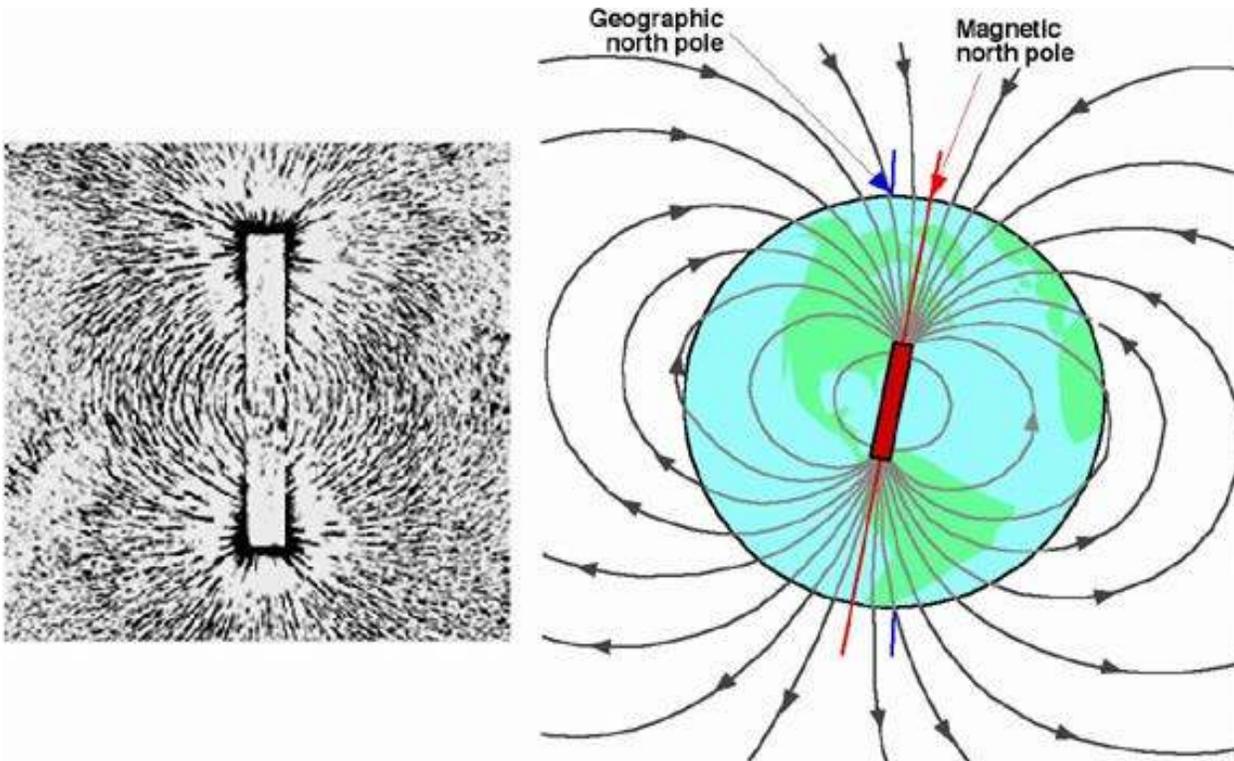
# Sonda de herramienta de dirección magnética

## B-Total H-Total

Los sistemas de guía magnética tienen magnetómetros. Cada uno medirá un solo campo en la dirección en la que se coloca en la sonda. Eje X-Y y Z.

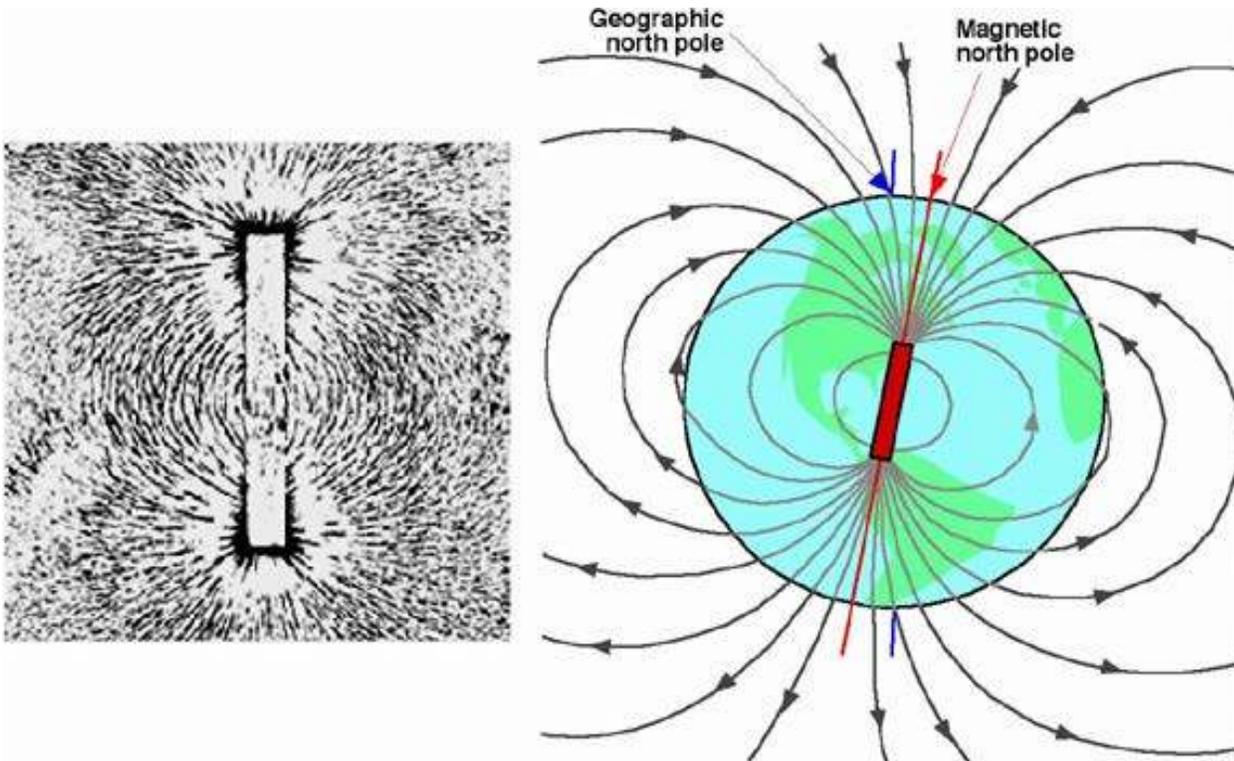


# Sonda de herramienta de dirección B-Total, H-Total



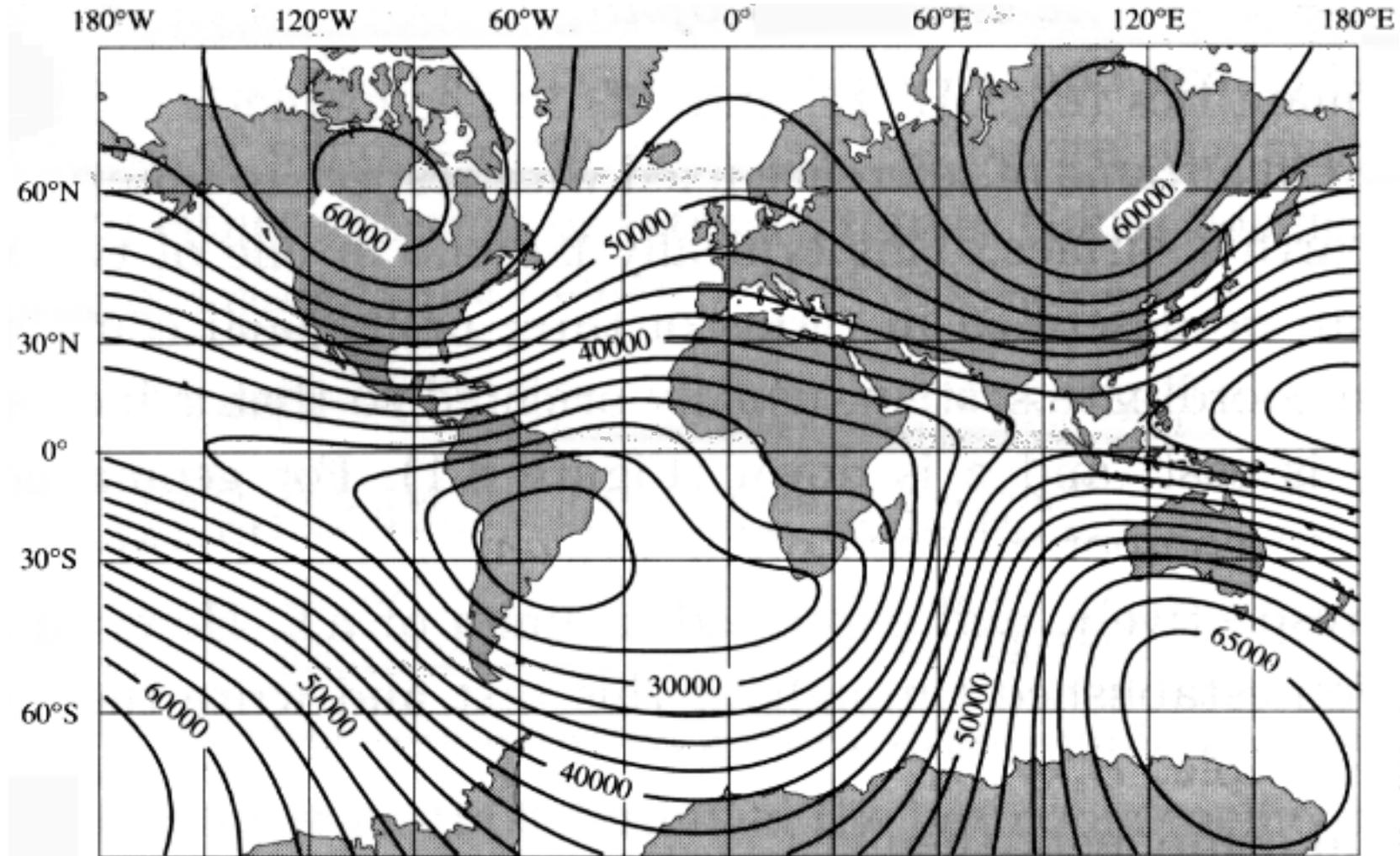
Los **magnetómetros** miden los campos magnéticos de la Tierra al entrar en la sonda. El campo magnético de la tierra irradia hacia afuera y hacia adentro desde los polos de la tierra.

# Sonda de herramienta de dirección B-Total, H-Total



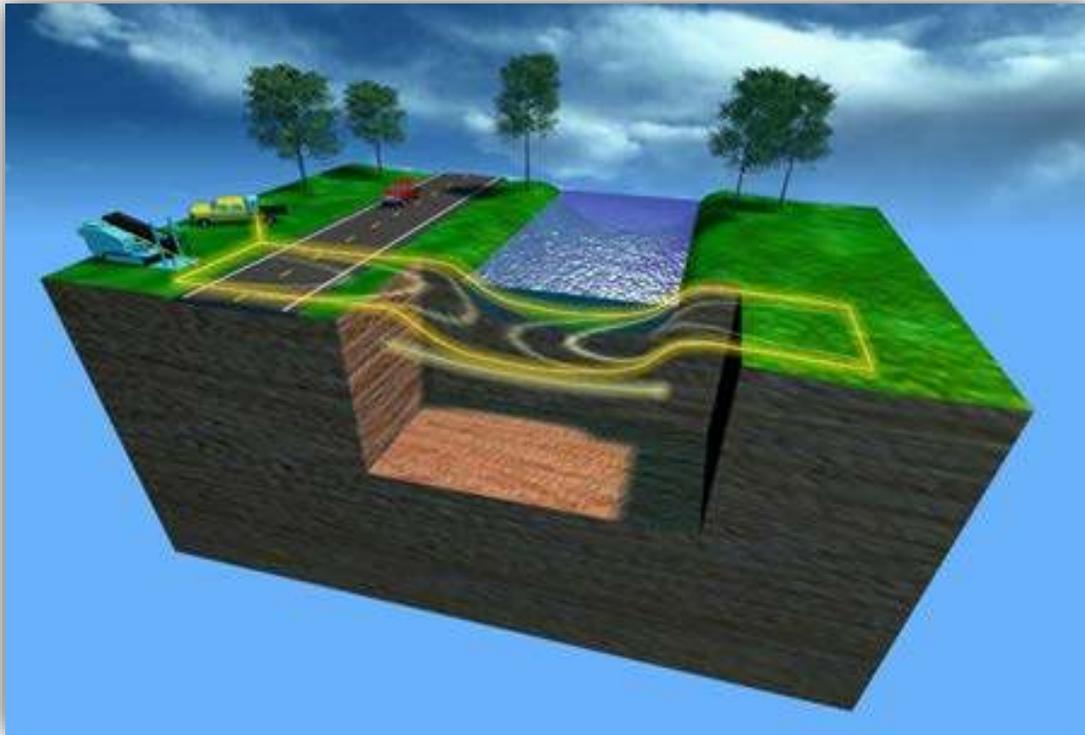
Los **magnetómetros** también se utilizan para medir el ángulo de entrada/salida en la sonda. Estas mediciones pueden calcular la dirección de Acimut

# Fuerza de campo magnético



La fuerza puede determinar la interferencia

# Bobinas de Navegación



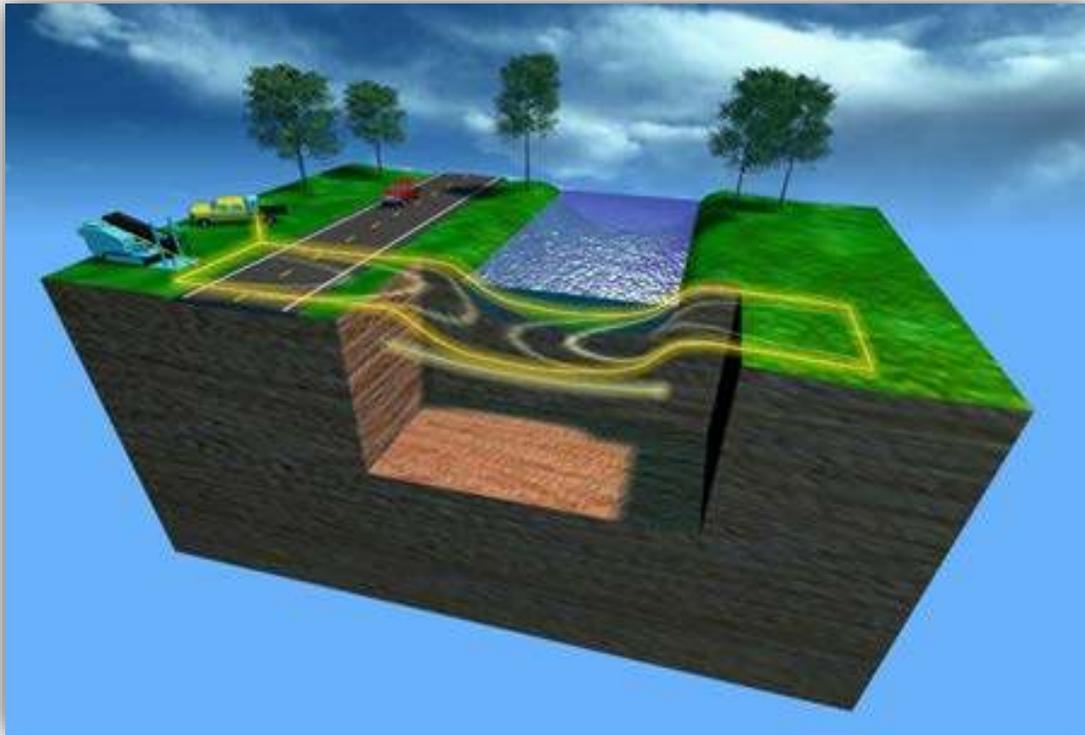
En nuestra industria se utilizan dos tipos de bobinas. Alimentación de CA y CC.

Ambos tienen ventajas.

CA tiene más formas de poner una bobina hacia fuera.

CC puede sobrealimentar alguna interferencia magnética.

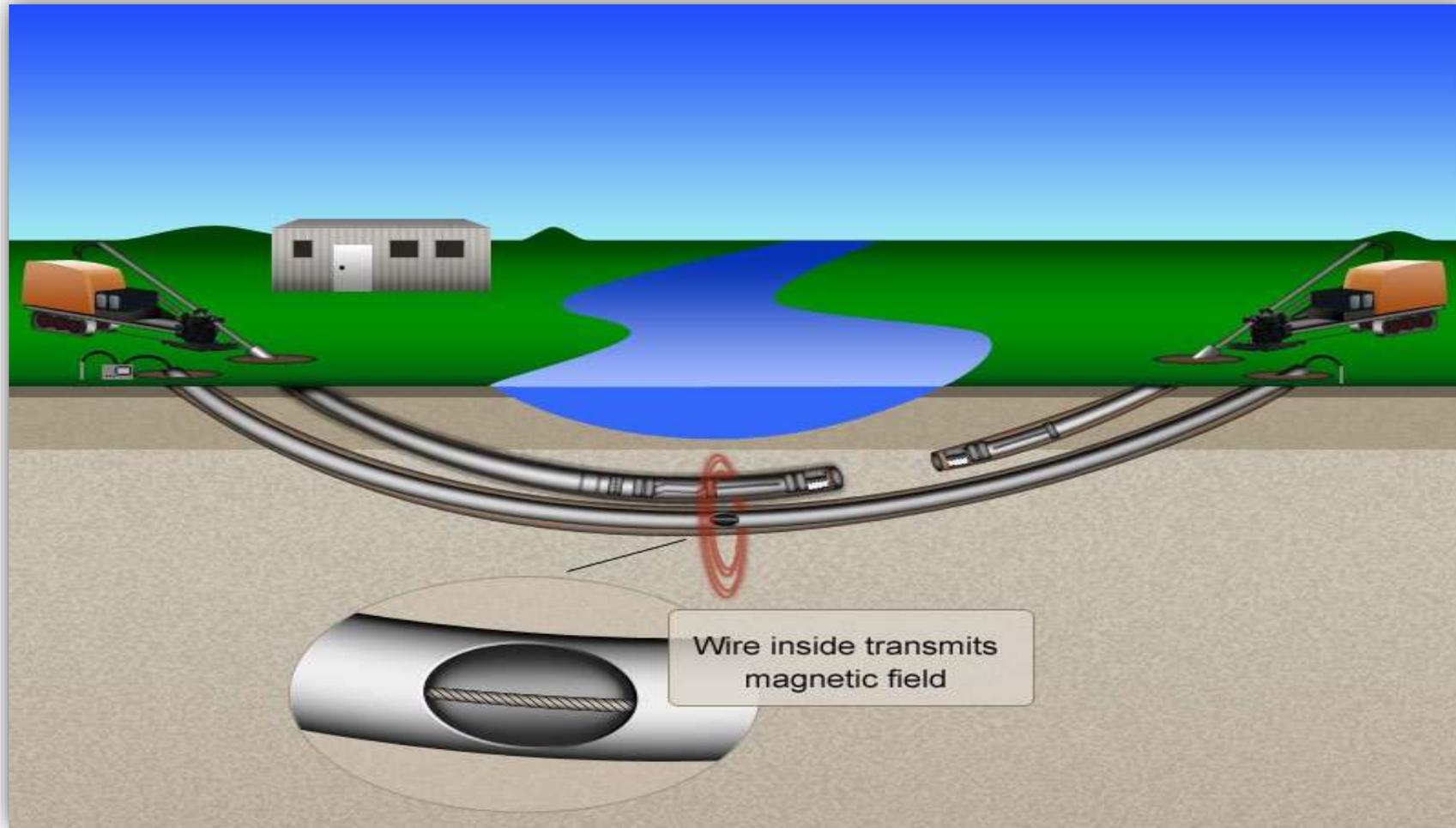
# Bobinas de Navegación



Ambas bobinas están puestas en la superficie en relación con la excavación. La bobina debe ser inspeccionada con precisión en relación con la excavación.

La aplicación de corriente a la bobina crea un campo magnético que luego se mide por la sonda en la excavación.

# Bobinas de alambre simple de un sistema de CA



Los sistemas de CA permiten bobinas de un solo cable. Pero, este tipo de bobinas son específicas para cada ubicación. No funcionan en todas partes.

# Sistema de seguimiento de balizas

El sistema de seguimiento de balizas (ParaTrack) permite el seguimiento "CC" del agujero de hasta 100 metros de ida y vuelta.



# Giroscopio



El **giroscopio** es un dispositivo utilizado para medir o mantener la orientación y la velocidad angular.

# Giroscopio



Los **giroscopios** utilizan exactamente los mismos acelerómetros que las herramientas de dirección magnética estándar. La principal diferencia es la medición del acimut.

# Giroscopio



Debido a que un **giroscopio** está girando a una alta velocidad, tiene la capacidad de mantener su orientación en los tres ejes.

Esto permite que las mediciones de cambio determinen la dirección.

Los giroscopios no se ven afectados por interferencia magnética.

# Giroscopio



Los giroscopios pueden ser muy pequeños.



Este es el giroscopio en tu iPhone.

# Pros y Contras

Ambos sistemas de orientación tienen sus Pros y Contras

Ubicación

Interferencia magnética

Grandes masas de agua

Longitud

Tamaño

Costo



# Preguntas