

**CRUCE DIRIGIDO RÍO COLORADO
REEMPLAZO DEL TRAMO DEL OLEODUCTO
PUESTO HERNÁNDEZ-LUJÁN DE CUYO
MEDIANTE EL SISTEMA DE PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA**

Por Ing. Andrés GentileSCO - FLOWTEX HDD S.A.
www.flowtexhdd.com.ar – agentileSCO@flowtexhdd.com.ar

ÍNDICE

1. SINOPSIS.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. DESARROLLO	3
3.1. SITUACIÓN INICIAL	3
3.2. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
3.3. FACTICIDAD DEL PROYECTO.....	4
6.1. FASE DE INGENIERÍA.....	6
6.2. NORMATIVA	6
6.2.1. Normas de Aplicación para la Perforación Horizontal Dirigida.....	6
6.2.2. Normas de Aplicación para la provisión y construcción de la cañería.....	6
6.2.3. Reglas de Práctica y Diseño para la Perforación Direccional,	6
6.3. DISEÑO DE INGENIERÍA PHD	6
9.1. FASE DE ELECCIÓN DE EQUIPAMIENTO	9
9.2. SISTEMA DE GUIADO	10
10.1. EJECUCIÓN CRUCE HDD	10
15. CONCLUSIONES	12
16. Breve CV de Andrés GentileSCO	12

1. SINOPSIS

Los oleoductos en Argentina, particularmente los de transporte, tienen grandes extensiones debiendo atravesar diferentes tipos de interferencias a lo largo de su traza como ser ríos, rutas, FFCC, etc.

Esto suele ser un inconveniente tanto al momento de la instalación, como a la hora de la integridad del ducto.

Históricamente estas interferencias, eran sorteadas a cielo abierto mientras que en la actualidad se evalúan las tecnologías trenchless o sin zanjas.

En los últimos años, la Perforación Horizontal Dirigida es la tecnología más utilizada para la instalación de cañería en longitudes superiores a 300 m y diámetros mayores a 8".

A continuación, se describe la obra del cruce dirigido bajo el Rio Colorado para el reemplazo de Oleoducto Puesto Hernández - Luján de Cuyo (PH-LC) utilizando la tecnología de Perforación Horizontal Dirigida.

2. INTRODUCCIÓN

El proyecto consistió en el reemplazo del tramo afectado, que cruza por debajo del Rio Colorado del oleoducto PH-LC, para reestablecer la integridad del ducto, en una zona crítica y altamente sensible a un riesgo ambiental.

La decisión de emplear perforación horizontal dirigida (PHD), se basó en la experiencia altamente probada de esta tecnología por una empresa nacional especializada.

Para este caso, se implementó una solución innovadora, combinando motores de fondo y guiado electromagnético, lo que permitió evitar los obstáculos geológicos que la traza presentaba como grandes mantos de gravas y rocas basálticas.

La perforación horizontal dirigida (PHD) es una técnica avanzada utilizada en la industria para la instalación de tuberías y otros servicios. Esta técnica es especialmente útil en áreas ambientales sensibles.

Principales características de la perforación horizontal dirigida:

1. Método no invasivo: Minimiza la perturbación de la superficie y las márgenes de los cursos de agua, como así también se utiliza para sortear diferentes interferencias como cañerías, cárcavas, rutas, FFCC, etc.
2. Precisión: Utiliza sistemas de navegación para dirigir la perforación con alta precisión +/- 50 cm, permitiendo alcanzar objetivos específicos bajo tierra.
3. Versatilidad: Puede ser utilizada para instalar una variedad de servicios subterráneos, como tuberías de gas, oleoductos, etc.
4. Eficiencia: Es más rápida y menos costosa en comparación con los métodos tradicionales.
5. El revestimiento de la cañería tal como mantas termocontraíbles, no se ve afectado porque la tubería va flotando dentro del túnel, lo cual reduce completamente la fricción.

Proceso de perforación horizontal dirigida:

1. Perforación piloto: Se realiza un pozo piloto utilizando una broca de perforación dirigida, guiada por un sistema de navegación.
2. Ampliación: El pozo piloto se agranda al tamaño requerido mediante una serie de pasadas con barrenas de mayor diámetro.
3. Instalación: La tubería se instala en el pozo ampliado utilizando un equipo de tiro.

Este cruce tuvo la particularidad de requerir que realizar un movimiento de suelo fuera de lo habitual ya que hubo que remover los sectores de gravas.

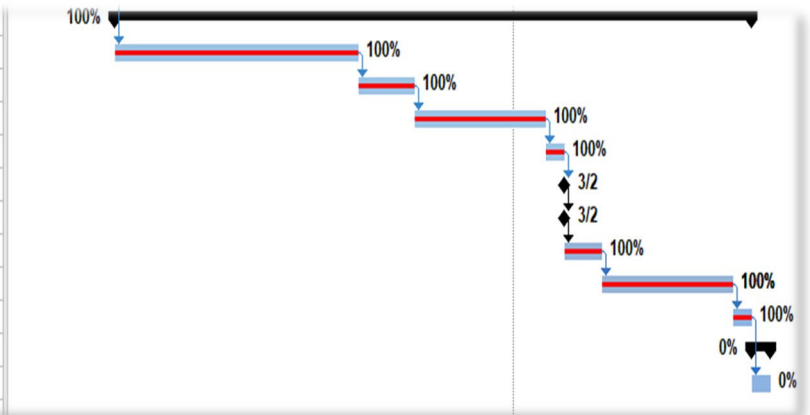
Estos trabajos fueron ejecutados por una contratista local del cliente, enfrentando desafíos en profundidades y remoción de capas de rodados.

La protección de las uniones soldadas se realizó mediante mantas termocontraíbles con núcleo de fibra de vidrio, adaptándose a condiciones climáticas extremas.

El cruce de PHD del Río Colorado, de 830m y 25 m de profundidad, presentó complejidades geológicas (gravas y rocas de origen basáltico) e interferencias con pozos en producción y abandonados.

La instalación de un oleoducto de Ø16" y fibra óptica de Ø3", con especificaciones de alta resistencia, se ejecutó en 34 días desde el inicio de la primera etapa de la perforación.

4 Ejecución Perforación HDD Ø16"+Ø3" - 830 mts	34 días
Perforación Túnel Piloto Ø 9 7/8"	13 días
Desarmado y armado de herramientas	3 días
Ensanche Ø 24"	7 días
Desarmado y armado de herramientas	1 día
Ensanche Ø 27"	0 días
Desarmado y armado de herramientas	0 días
Limpieza de Túnel Ø 24"	2 días
Desarmado y armado de herramientas	7 días
Inserción tubo Ø16"+Ø3"	1 día
Pruebas	1 día
Pasaje de placa calibradora	1 día

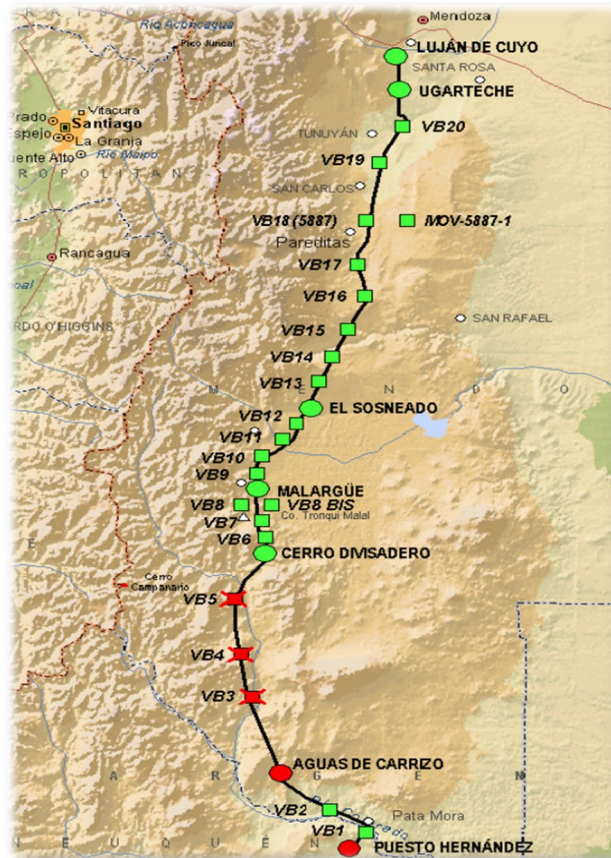


1. Cronograma de obra

3. DESARROLLO

3.1. SITUACIÓN INICIAL

El ducto conecta la cabecera de bombeo de Puesto Hernández en la provincia de Neuquén con la Refinería Luján de Cuyo en la provincia de Mendoza, Argentina. La longitud del mismo es de 580 Km.



2. Traza oleoducto PH-LC

La mayor interferencia que posee esta traza es el Río Colorado en el paraje Pata Mora.

Basándonos en la problemática detectada por el Cliente, el ducto comenzaba a presentar inconveniente de integridad debiendo ser este reemplazado.

Dado que ya habíamos llevado a cabo exitosamente otro cruce dirigido de 600 metros, ubicado a 230 metros aguas arriba del puente original sobre el Río Colorado, nos contacta con el objetivo de la evaluación técnica y factibilidad de poder repetir la instalación del ducto por medio de esta tecnología.

3.2. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Después de evaluar diferentes métodos y coincidiendo con autoridades provinciales como el Departamento General de Irrigación en la provincia de Mendoza y el Ministerio de Energía y Recursos Naturales de la Provincia de Neuquén, se optó por la perforación horizontal dirigida como método para la solución a evaluar.

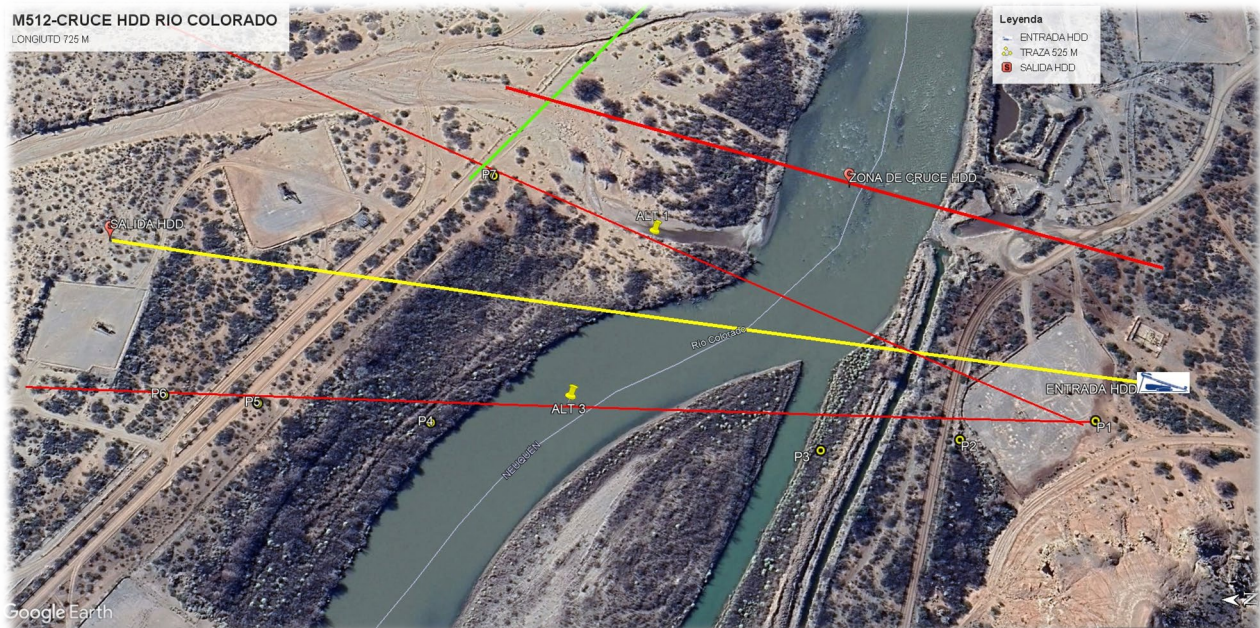
Con el objetivo de construir un nuevo cruce en reemplazo de este tramo afectado, se realizó un estudio completo que analizó los fenómenos morfológicos de la zona.

Otra evolución importante fue definir la traza del nuevo cruce; para ello fue necesario analizarlo cuidadosamente ya que no solo hay que evaluar el posicionamiento del cruce sino también analizar cómo se desarrolla toda la zona de empalmes.

3.3. FACTICIDAD DEL PROYECTO

Para lograr la factibilidad fue necesario realizar:

- ➔ Estudios geotécnicos
- ➔ Estudios geofísicos
- ➔ Relevamientos topográficos planialtimétricos
- ➔ Relevamiento de la traza a reemplazar del ducto por medio de Drone



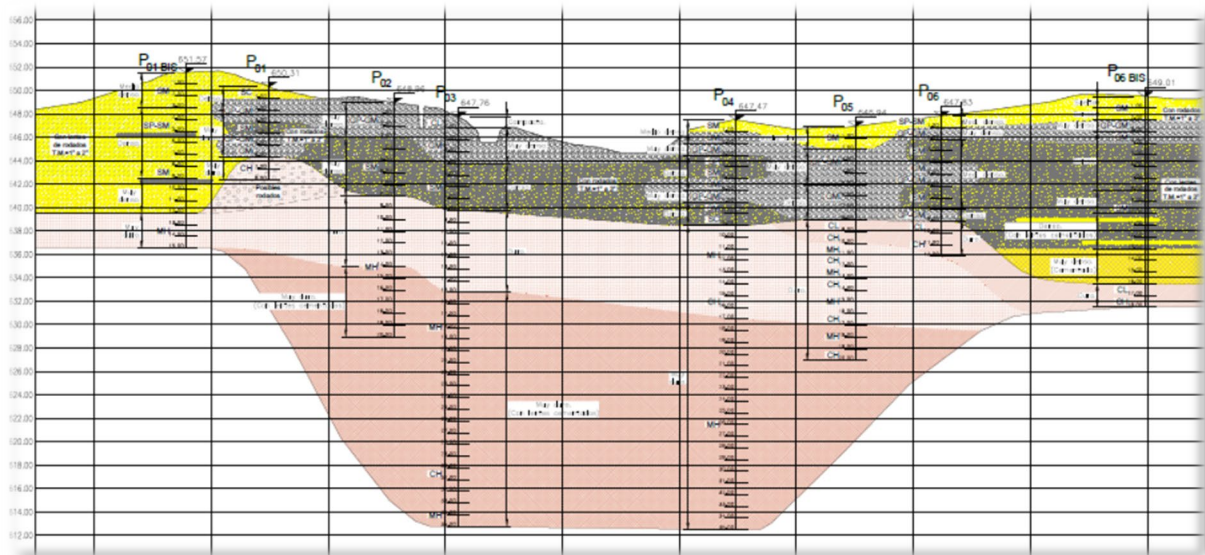
4. Evaluación de la nueva traza

Luego de evaluar diferentes trazas se opta por la línea amarilla por lo siguiente:

- ➔ Optimiza las conexiones con el caño existente
- ➔ Posibilita el desfile de la tubería
- ➔ Bordea las escorrentías naturales de la zona

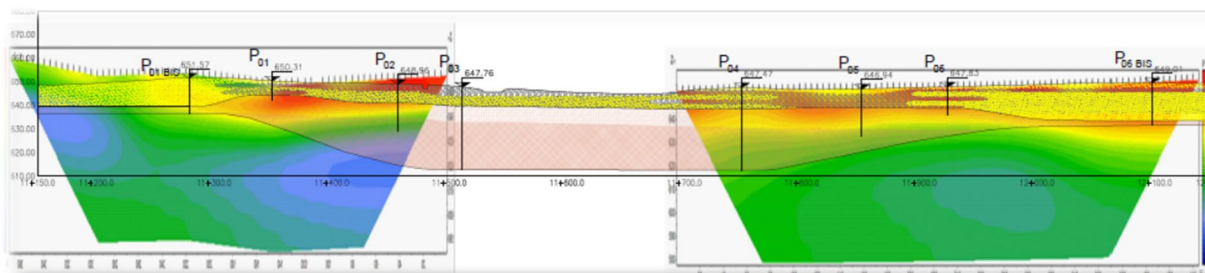
Una vez seleccionada la traza se ejecutaron de los estudios geotécnicos (SPT, perfil geofísico, Clasificación SUCS) para definir:

- ➔ Trazo del cruce a ejecutar
- ➔ Profundidad del cruce
- ➔ Estratigrafía a perforar
- ➔ Herramental a utilizar
- ➔ Plan de fluido



REFERENCIAS	
	MH Limo elástico
	CL Arcilla magra
	CH Arcilla grasa
	SM Arena limosa
	SP Arena pobremente graduada
	SC Arena arcillosa
	SP-SM Arena pobr. grad. limosa
	GP-GM Grava pobr. graduada limosa
	GM Grava limosa

5. Estudio perfil geotécnico



6. Estudio perfil geofísico

6.1. FASE DE INGENIERÍA

Una vez finalizados los estudios se procede a la fase de factibilidad del cruce dirigido y elaboración de la ingeniería.

En esta fase se analiza lo siguiente:

- ➔ Normativa de PHD aplicable
- ➔ Selección de equipos
- ➔ Selección de herramental
- ➔ Selección de método y equipo de guiado
- ➔ Verificación de la cañería
- ➔ Diseño de la traza
- ➔ Programa de fluidos
- ➔ Cálculos de tensiones.

6.2. NORMATIVA

6.2.1. Normas de Aplicación para la Perforación Horizontal Dirigida

- ASME B31.4: American National Standard Code for pressure Piping Liquid Petroleum Transportation Piping Systems
- Resolución 1460 / 2006 de Secretaría de Energía – Reglamento Técnico de Transporte de hidrocarburos líquidos por cañería - Ley N°. 17.319 – Decreto N° 44/199
- ASTM F 1962
- Reglamentaciones vigentes en materia de Higiene y Seguridad en el Trabajo: Ley Nacional N° 19.587 - Decreto Regl. 351/79 - Decreto N° 911/96, Resolución S.R.T: 51/97

6.2.2. Normas de Aplicación para la provisión y construcción de la cañería

- Resolución 120-E Reglamento Técnico para Transporte de Hidrocarburos Líquidos por Tuberías
- API 1104: API - Standard for Welding Pipe Lines and Related Facilities
- SSPC.SP N° 10: Limpieza de cañería por granallado (según patrones visuales)
- API RP 1107: Recommended Pipeline Maintenance Welding Practices
- Normas corporativas: SCOR/MACOR

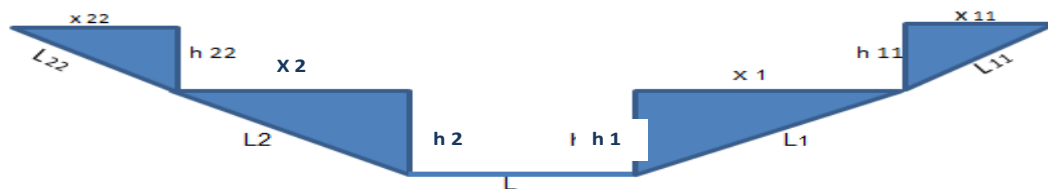
6.2.3. Reglas de Práctica y Diseño para la Perforación Direccional,

- PRCI, N° PR 227-144507-E01, Installation of Pipelines by HDD, an Engineering Design Guide of Pipeline Research Council International, September 2015
- HDD, Good practices guidelines, May 2017
- AGA PR-227-9424: Installation of pipelines by horizontal directional drilling
- DCCA Guidelines for a successful directional crossing bid

6.3. DISEÑO DE INGENIERÍA PHD

A continuación, se detallan las diferentes etapas del cálculo requerido para la evaluación de factibilidad del proyecto.

PROPIEDADES DEL CAÑO				
Material de caño	Acero - API 5L-X		56	16,00 In
Diámetro externo	D	mm		406,4
Espesor de pared	t	mm	0,5	12,7
Diámetro interno	d	mm		381
SMYS (Specified Min.Yield Strength)	SMYS	psi		56000
Área	A	in ²		24,35
Presión de trabajo	MAPO	psi		1707
Modulo de Young	E	psi		29000000
Diferencia Termica	f _{te}	°C	20 °C	40 °C
DATOS DEL TRAZADO				
Elevación de entrada (inserción caño)		mts		-2
Radio de la sección de entrada de la columna	R ₁	mts		600
Radio de la sección de salida de la columna	R ₂	mts		800
Profundidad total desde cero maquina extremo horizontal salida	H	mts		22
Profundidad total desde cero maquina extremo horizontal entrada	H	mts		22
Angulo de entrada de la columna	a _i	degree		9
Angulo de salida de la columna	a _e	degree		12
Altura sección circular de entrada de la columna	h ₁	mts		7,39
Altura sección circular de salida de la columna	h ₂	mts		17,48
Longitud sección horizontal	L	mts		364
Longitud horizontal de la sección circular descendente	X ₁	mts		93,86
Desarrollo de la sección circular descendente	L ₁	mts		94,25
Longitud horizontal de la sección circular ascendente	X ₂	mts		166,33
Desarrollo de la sección circular ascendente	L ₂	mts		167,55
Deflexión por barra para R ₁		mts		0,93
Deflexión por barra para R ₂		mts		0,70
Profundidad de la sección recta de entrada	h ₁₁	mts		12,61
Longitud horizontal de la sección recta de entrada	x ₁₁	mts		79,64
Longitud de la sección recta descendente	L ₁₁	mts		80,63
Profundidad de la sección recta de salida	h ₂₂	mts		4,52
Longitud horizontal de la sección recta de salida	x ₂₂	mts		21,26
Longitud de la sección recta ascendente	L ₂₂	mts		21,73
Longitud horizontal de la traza		mts		725,08
Longitud de la traza soterrada		mts		728,16
Nº de barras	Nº			75
Longitud de la barra		mts		9,74
K = PI/180		ft/m		3,28
PROPIEDADES DEL SUELO Y EL LODO				
Peso del fluido de perforación	WS	kg/m ³	10,00 ppg	198,264
Coeficiente promedio de fricción entre caño y suelo	μ _{soil}	0,21-0,30		0,25
Coeficiente de resistencia de la bentonita sobre el acero 0.05 psi	μ _{mud}	kg/m ²	0,05 psi	35,15
PESO EFECTIVO DEL CAÑO EN EL TÚNEL				
Densidad del acero	ρ _s	kg/m ³		7850
Densidad del agua	ρ _w	kg/m ³		0
Peso del caño	W _e	kg/m		123,31
Peso del caño con agua	W _w	kg/m		0,00
Peso Total /metro	W _T	kg/m		123,31
Empuje del lodo	W _s	kg/m		25,72
Peso resultante	W _s	Lb/ft	97 (kg/m)	65(lb/ft)



7. Cálculo trazado geométrico PHD

CÁLCULO TENSIONES Y TRACCIÓN REQUERIDA EN TRAMO TANGENTE DE INSERCIÓN			
Angulo tangente entrada de inserción	θ	degree	9
Longitud de la tangente	L	ft	264,53
Friction : $W_s * L * \cos \theta * \mu_{soil}$	frict	Lb	4270,78
Drag : $12 * P * D * L * \mu_{mud}$	Drag	Lb	7977,97
Peso de la columna sobre rodillos	T_1	Lb	900,00 mts 61037,10
Tensión de tiro al final de esta sección	T_{2above}	Lb	70580,14
$T_{st.en} : T_1 + \text{frict} + \text{Arrastre} - W_s * L * \sin \theta$	$T_{st.en}$	Lbf	70580,14
Total		Equiv. Ton	32,01
CÁLCULO TENSIONES Y TRACCIÓN REQUERIDA EN EL TRAMO CIRCULAR DESCENDENTE			
Radio de curvatura	R_2	ft	1969
Angulo horizontal al inicio de este tramo	θ_1	degree	9
Angulo al horizontal al final de este tramo	θ_2	degree	0
Angulo incluido	a	degree	9
Angulo promedio	θ	degree	4,5
Deflexión del arco h : $R_2 * (1 - \cos(a/2))$	h	ft	6,07
Momento de inercia	I	In ⁴	365,59
Valor supuesto de T	T	Lb	16881,19
Factor j : $(E * I/T)^{(1/2)}$	j	ft	792,49
Factor U : L_{arc} / j	U	none	4,68
Factor Y : $18 * L_{arc}^2 - j^2 * [1 - 1/\cosh(U/2)]$	Y	In ²	1212731,10
Factor X : $3 * L_{arc} - j/2 * \tanh(U/2)$	X	In	538,66
Esfuerzo de contacto N : $[T * h - W_s * \cos \theta * Y]/X$	N	Lb	-9947,26
Friction : $N * \mu_{soil}$	Frict	Lb	2486,81
Drag : $12 * P * D * L_{arc} * \mu_{mud}$	Drag	Lb	9325,61
Tensión del tramo entrante	T_{2above}	Lb	9543,05
$T_{arcen} : T_{2above} + \text{frict} + \text{Arrastre} - W_s * L_{arc} * \sin \theta$	T_{arcen}	Lbf	19769,21
Total		Equiv. Ton	8,97
CÁLCULO TENSIONES Y TRACCIÓN REQUERIDA EN EL TRAMO HORIZONTAL			
Angulo al horizontal sección recta	θ	degree	0
Longitud del tramo	L	ft	1194,2
Friction : $W_s * L * \cos \theta * \mu_{soil}$	frict	kg	19521,01
Drag : $12 * P * D * L * \mu_{mud}$	Drag	kg	36017,00
Tensión en el tramo entrante	T_{2above}	Lb	19769,21
$T_{st.en} : T_{2above} + \text{frict} + \text{Arrastre}$	$T_{st.en}$	Lbf	75307,22
Total		Equiv. Ton	34,16
CÁLCULO TENSIONES Y TRACCIÓN REQUERIDA EN EL TRAMO CIRCULAR ASCENDENTE			
Radio de curvatura	R_1	ft	2625
Angulo al horizontal inicio de este tramo	θ_1	degree	0
Angulo al horizontal al final de este tramo	θ_2	degree	12
Angulo incluido	a	degree	12
Angulo promedio	θ	degree	6
Deflexión del arco h : $R_1 * (1 - \cos(a/2))$	h	ft	14,38
Momento de inercia	I	In ⁴	365,59
Valor supuesto de Tensión	T	Lb	151540,39
Factor j : $(E * I/T)^{(1/2)}$	j	In	264,50
Factor U : L_{arc} / j	U	none	24,94
Factor Y : $18 * L_{arc}^2 - j^2 * [1 - 1/\cosh(U/2)]$	Y	In ²	5369298,33
Factor X : $3 * L_{arc} - j/2 * \tanh(U/2)$	X	In	1516,88
Esfuerzo de contacto N : $[T * h - W_s * \cos \theta * Y]/X$	N	Lb	-1944,09
Friction : $N * \mu_{soil}$	Frict	Lb	486,02
Drag : $12 * P * D * L_{arc} * \mu_{mud}$	Drag	Lb	16578,86
Tensión en el tramo entrante	T_{2above}	Lb	75307,22
$T_{arcen} : T_{2above} + \text{frict} + \text{Arrastre} + W_s * L_{arc} * \sin \theta$	T_{arcen}	Lbf	96129,13
Total		Equiv. Ton	43,60
CÁLCULO TENSIONES Y TRACCIÓN REQUERIDA EN TRAMO TANGENTE DE SALIDA			
Angulo al horizontal inicio de este tramo	θ	degree	12
Longitud de la recta	L	ft	71,30
Friction : $W_s * L * \cos \theta * \mu_{soil}$	frict	Lb	1139,94
Drag : $12 * P * D * L * \mu_{mud}$	Drag	Lb	2150,21
Tensión al final del tramo	T_{2above}	Lb	96129,13
$T_{st.en} : T_{2above} + \text{frict} + \text{Arrastre} + W_s * L * \sin \theta$	$T_{st.en}$	Lb	100388,48
TRACCIÓN TOTAL REQUERIDA EN LA COLUMNA		Tonf	45,54

8. Cálculo de tensiones y tracción PHD

ESTRÉS ANÁLISIS SEGÚN RP2A-WSD				
Radio de curvatura (Radio mínimo)	R	ft		1968,5
Tensión circunferencial $\leq$ (72% de SMYS)	f _{hoop}	psi	VERIFICA	26712,1
Tensión Longitudinal por temperatura	ft	psi		-3770,00
Tensión longitudinal por Flexión $\leq$ (70% de SMYS)	f _b	psi	VERIFICA	9821,33
Tensiones combinadas $\leq$ -1	f _{long}	psi	VERIFICA	-5577,71
Tensión cortante $\leq$ (45% de MSYS)	f _v	psi	VERIFICA	16144,89
MAXIMA TENSIÓN DE FLUENCIA REQUERIDA		%		28,83

PRESIÓN DE COLAPSO, Según código API-RP 1111-1999				
Pe = Presión de colapso elástico de la cañería, psi				
t = espesor de pared de la cañería, in				
D = Diámetro exterior, in				
E = Modulo de elasticidad, psi				
v = Relación de Poisson				
Pe: $(2E/(1-v^2))*(t/D)^3$	Pe	psi		3612,3
PY = Presión de fluencia de colapso, psi				
SMYS: Tensión de fluencia mínima especificada, psi				
Py: $2*(t/D)*SMYS$	Py	psi		3500
PC = Presión de colapso de la cañería				
Pc: $Py*Pe/Raíz(Py^2+Pe^2)$	Pc	psi		2514

PANDEO LOCAL, Según código API-RP 1111-1999				
La teoría para pandeo local debido a una presión de colapso debe guardar la siguiente relación:				
$(Po-Pi) \leq (Fo*Pc)$:	psi	34,08	VERIFICA	1508,2
Po: Presión externa (Hidrostática)				
Pi: Presión interna 0,00 psi				
Fo: Factor de colapso 0,6				
Pc: Presión de colapso				

PROPAGACION DE PANDEO,DNV-OSF101 – 2000				
Las ecuaciones para determinar dichas presiones según :				
Presión para iniciar el Pandeo:	Pinicio de pandeo: $1,5 * Pp$:	Pip	VERIFICA	296,4
Propagación de pandeo:	Ppandeo: $1,15*Pi()*SMYS*(t/D)^2$:	Pp	VERIFICA	197,6
Donde:				
Pip: presión de inicio de pandeo longitudinal				
Pp: presión de propagación				
SMYS: Tensión de fluencia mínima especificada, psi				
t: espesor de tubería				
D: diámetro exterior de la tubería				

9. Verificaciones de cálculo PHD

9.1. FASE DE ELECCIÓN DE EQUIPAMIENTO

Habiendo finalizado la fase de ingeniería se procede a la fase de elección del equipamiento necesario para realizar la perforación.

Para este caso el equipamiento utilizado fue:

- ➔ Máquina Taladro HDD de 220 TN capacidad de tiro
- ➔ Bombas triples de alta presión 650 GL/MIN – 1500 PSI
- ➔ Sistema de reciclado de fluido 600 GL/MIN
- ➔ Buffer Tank
- ➔ Tanque de maduración de lodos bentónicos
- ➔ Bombas Barreras
- ➔ Trépanos, Reamers especiales para la geología a perforar.

9.2. SISTEMA DE GUIADO

Para poder realizar el guiado en este cruce se debió utilizar el sistema de guiado Electromagnético Paratrack Gyro Module, ya que permite poder realizar la navegación en zonas de rocas basálticas y con interferencias magnéticas, como en este caso.



10. Sistema de guiado

10.1. EJECUCIÓN CRUCE HDD

Habiendo finalizado la fase de ingeniería detallada, se propone una geometría adecuada para la traza de la perforación horizontal dirigida entre los dos extremos propuestos anteriormente. Para garantizar la precisión del trazado, se implementó una innovadora solución utilizando motores de fondo combinados con un sistema de guiado electromagnético mediante girocompás, evitando así los efectos perjudiciales de los campos magnéticos geológicos y otros conductos cercanos.



11. Emplazamiento de Planta PHD aproximadamente 3000 m2

Los movimientos de suelo para la construcción de accesos, locaciones y zanjas de ataque fueron realizados por una empresa constructora contratista del Cliente. Las zanjas de ataque, fundamentales para llegar a los estratos de arcillas en ambas márgenes, alcanzaron profundidades de 12 m en el lado de Neuquén y 16 m en el lado de Mendoza. Durante este proceso, se removieron capas espesas de rodados y bloques, con un volumen total de aproximadamente 68.000 m³.



12. Locación de Rig Side



13. Locación de Pipe Side aproximadamente 1200 m²

Simultáneamente, se construyó la columna de cañería de Ø16" para el oleoducto y la cañería de Ø3" para la fibra óptica, desplazándolas sobre una pista ubicada detrás de la zanja de recepción de la perforación. Las uniones soldadas se protegieron con mantas termocontraíbles que incluyen un núcleo de fibra de vidrio, junto con cierres circunferenciales y longitudinales para garantizar una protección efectiva.



14. Desfile de cañería soldada y revestida

15. CONCLUSIONES

El cruce por PHD del Río Colorado fue particularmente complejo por su formación geológica de gravas y rocas basálticas, requiriendo un análisis exhaustivo de la estructura geológica para definir la traza. Se consideraron no solo las condiciones geológicas, sino también las interferencias existentes, como la proximidad a un pozo horizontal petrolero abandonado y la salida entre dos pozos petroleros en operación. Las dimensiones del cruce alcanzaron un largo de 830 m y una profundidad aproximada de 25 m desde el cero máquina. Se instalaron un oleoducto de Ø16" API 5L – X52 con un espesor de pared de 12,5 mm, y una fibra óptica de Ø3" de acero al carbono con costura longitudinal y uniones soldadas, con un espesor de pared de 11,13 mm.

La ejecución de la obra se llevó a cabo en un período de 34 días desde el inicio de la perforación piloto.

16. Breve CV de Andrés GentileSCO



Ingeniero Civil – UTN Facultad Regional Venado Tuerto

Me he desempeñado como Ingeniero Consultor para diferentes empresas nacionales e internacionales:

NT INGENIERÍA, Argentina

Ingeniero Consultor: UDS Atlantic, Australia

Ingeniero Consultor: Consorcio CICE, Medellín Colombia

Ingeniero de Proyecto: COARCO S.A.

Ingeniero de Proyecto: MASPyMA, Región Hídrica Sur – Santa Fe – Arg.

Desde 2013 me desempeño en FLOWTEX HDD S.A. como Gerente de Operaciones siendo responsable de los proyectos que desarrolla la empresa en Perforación Horizontal Dirigida.