



INGENIERÍA DE DETALLES CAMBIO DE MATERIAL LÍNEAS ELECTROLITO INTERPLANTA A HDPE MEL

REVISADO



BPI17009

☐ SIN COMENTARIOS

☒ CON COMENTARIOS

FECHA: 20.10.17 POR: R. Barra

ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE TUBERÍA PARA LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DE ELECTROLITO POBRE Y RICO

BPI17009-H-6000-GR005 Rev. B

B	11-08-17	Aprobación Cliente	C. Alfaro	H. Oberg	G. Acevedo		
A	31-07-17	Coordinación Interna	C. Alfaro	H. Oberg	G. Acevedo		
REV.	FECHA	EMITIDO PARA	POR	L.D.	J.P.	REV.	APR.
BRASS							
 BRASS Chile S.A. Tecnología de punta en transporte de fluidos							

CLIENTE
BRASS Chile S.A.
Tecnología de punta
en transporte de fluidos

CONTROL DE PRODUCTOS

Revisado por: R. Barra

Fecha: 12/18/17

ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE TUBERÍA PARA LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DE ELECTROLITO POBRE Y RICO

BPI17009-H-6000-GR005 Rev. B

CONTENIDO

1	GENERALIDADES	7
1.1	INTRODUCCIÓN	7
1.2	OBJETIVO	7
1.3	LÍMITE DE BATERÍA	7
1.4	UNIDADES	8
1.5	IDIOMA	8
1.6	REFERENCIAS	8
1.7	EXCLUSIONES	9
2	BASES GENERALES DE DISEÑO	10
2.1	CÓDIGOS Y ESTÁNDARES	10
2.2	VIDA ÚTIL DEL PROYECTO	10
3	BASES DE DISEÑO DE PROCESO-HIDRÁULICA	11
3.1	FLUJOS DE DISEÑO	11
3.2	CARACTERÍSTICAS FLUIDO A TRANSPORTAR POR CADA SISTEMA	11
3.3	CARACTERIZACIÓN TRAZADO SISTEMAS DE TRANSPORTE	11
3.4	CARACTERIZACIÓN TUBERÍAS SISTEMAS DE TRANSPORTE	13
3.5	DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE BOMBEO ESTACIONES	13
4	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO HIDRÁULICO	14
4.1	MÁXIMA PRESIÓN ADMISIBLE	14
4.1.1	Máxima Presión Admisible en Tuberías de Acero	14
4.1.2	Máxima Presión Admisible en Tuberías de HDPE	15
4.2	FACTORES DE SEGURIDAD	16
4.3	HOLGURAS OPERACIONALES	17
4.4	CRITERIO DE DISEÑO DE LAS INSTALACIONES	18

5 CRITERIOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS__ 19

5.1.1 Bases de Evaluación Económica	19
5.1.1.1 Partidas	19
5.1.1.2 Precios Unitarios	19
5.1.1.3 Carácter de la Estimación	21

6 ANÁLISIS SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITO POBRE _____ 22

6.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS..... 22

6.1.1 Caso Base, Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	24
6.1.1.1 Caso Base 1	24
6.1.1.2 Caso Base 2	26
6.1.1.3 Caso Base 3	27
6.1.2 Caso 1, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ASTM)	29
6.1.2.1 Caso 1 – 1	29
6.1.2.2 Caso 1 - 2	31
6.1.2.3 Caso 1 - 3	32
6.1.3 Caso 2, Diseño con HDPE (Norma ISO).....	34
6.1.3.1 Caso 2 – 1	34
6.1.3.2 Caso 2 - 2	36
6.1.3.3 Caso 2 - 3	37
6.1.4 Caso 3, Diseño con Acero Carbono con Liner	39
6.1.4.1 Caso 3 – 1	39
6.1.4.2 Caso 3 - 2	41

7 EVALUACIÓN ECONÓMICA SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITO POBRE _____ 43

7.1.1 Caso Base, Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	43
7.1.2 Caso 1, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ASTM)	43
7.1.3 Caso 2, Diseño con HDPE (Norma ISO).....	44
7.1.4 Caso 3, Diseño con Acero Carbono con Liner	45

8 ANÁLISIS SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITO RICO _____ 46

8.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS..... 46

8.1.1 Caso Base, Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	48
8.1.1.1 Caso Base 1	48
8.1.1.2 Caso Base 2	50
8.1.2 Caso 1, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ASTM)	51
8.1.2.1 Caso 1 – 1	51
8.1.2.2 Caso 1 - 2	53
8.1.3 Caso 2, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ISO).....	54
8.1.3.1 Caso 2 – 1	54
8.1.3.2 Caso 2 - 2	57
8.1.4 Caso 3, Diseño con Acero Carbono con Liner y HDPE (Norma ISO)	60
8.1.4.1 Caso 3 – 1	60

8.1.4.2	Caso 3 – 2	63
8.1.5	Caso 4, Diseño con Acero Carbono con Liner.....	66
8.1.5.1	Caso 4 – 1	66
9	EVALUACIÓN ECONÓMICA SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITO RICO	68
9.1.1	Caso Base, Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	68
9.1.2	Caso 1, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ASTM)	68
9.1.3	Caso 2, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ISO).....	69
9.1.4	Caso 3, Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i> y HDPE (Norma ISO).....	70
9.1.5	Caso 4, Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i>	71
10	CONCLUSIONES	73

ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE TUBERÍA PARA LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DE ELECTROLITO POBRE Y RICO

BPI17009-H-6000-GR005 Rev. B

TABLAS

Tabla 1: Caudales de Diseño por Sistema.	11
Tabla 2: Parámetros Principales Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico.	11
Tabla 3: Caracterización Tubería Principal Sistemas de Electrolito Pobre y Rico	13
Tabla 4: Caracterización Equipos de Bombeo Sistemas de Electrolito Pobre y Rico.	13
Tabla 5: Relación Presión – Temperatura para Tuberías PE 100.....	16
Tabla 6: Factores de Seguridad.	17
Tabla 7: Resumen Holguras de Diseño.	17
Tabla 8: Precios Unitarios para Movimiento de Tierra.....	19
Tabla 9: Proveedores Utilizados para Estimación de Costo Capital.	20
Tabla 10: Descripción Casos Analizados Sistemas de Transporte Electrolito Pobre	23
Tabla 11: Condiciones de Operación Caso Base 1, Electrolito Pobre.....	25
Tabla 12: Condiciones de Operación Caso Base 2, Electrolito Pobre.....	27
Tabla 13: Condiciones de Operación Caso Base 3, Electrolito Pobre.....	28
Tabla 14: Condiciones de Operación Caso 1 - 1, Electrolito Pobre.....	30
Tabla 15: Condiciones de Operación Caso 1 - 2, Electrolito Pobre.....	32
Tabla 16: Condiciones de Operación Caso 1 - 3, Electrolito Pobre.....	33
Tabla 17: Condiciones de Operación Caso 2 - 1, Electrolito Pobre.....	35
Tabla 18: Condiciones de Operación Caso 2 - 2, Electrolito Pobre.....	37
Tabla 19: Condiciones de Operación Caso 2 - 3, Electrolito Pobre.....	38
Tabla 20: Condiciones de Operación Caso 3 - 1, Electrolito Pobre.....	40
Tabla 21: Condiciones de Operación Caso 3 - 2, Electrolito Pobre.....	42
Tabla 22: Costos de Inversión Caso Base, Electrolito Pobre.....	43
Tabla 23: Costos de Inversión Caso 1, Electrolito Pobre.	44
Tabla 24: Costos de Inversión Caso 2, Electrolito Pobre.	44
Tabla 25: Costos de Inversión Caso 3, Electrolito Pobre.	45
Tabla 26: Descripción Casos Analizados Sistemas de Transporte Electrolito Rico	48
Tabla 27: Condiciones de Operación Caso Base 1, Electrolito Rico.....	49
Tabla 28: Condiciones de Operación Caso Base 2, Electrolito Rico.....	51
Tabla 29: Condiciones de Operación Caso 1 - 1, Electrolito Rico.	52
Tabla 30: Condiciones de Operación Caso 1 - 2, Electrolito Rico.	54
Tabla 31: Condiciones de Operación Caso 2 - 1 - 1, Electrolito Rico.....	55
Tabla 32: Condiciones de Operación Caso 2 - 1 - 2, Electrolito Rico.....	57

Tabla 33: Condiciones de Operación Caso 2 – 2 - 1, Electrolito Rico.....	58
Tabla 34: Condiciones de Operación Caso 2 – 2 - 2, Electrolito Rico.....	60
Tabla 35: Condiciones de Operación Caso 3 – 1 - 1, Electrolito Rico.....	61
Tabla 36: Condiciones de Operación Caso 3 – 1 - 2, Electrolito Rico.....	63
Tabla 37: Condiciones de Operación Caso 3 – 2 - 1, Electrolito Rico.....	64
Tabla 38: Condiciones de Operación Caso 3 – 2 - 2, Electrolito Rico.....	66
Tabla 39: Condiciones de Operación Caso 4 - 1, Electrolito Rico.	67
Tabla 40: Costos de Inversión Caso Base, Electrolito Rico.....	68
Tabla 41: Costos de Inversión Caso 1, Electrolito Rico.	69
Tabla 42: Costos de Inversión Caso 2, Electrolito Rico.	70
Tabla 43: Costos de Inversión Caso 3, Electrolito Rico.	71
Tabla 44: Costos de Inversión Caso 4, Electrolito Rico.	72
Tabla 45: Resumen Alternativas Sistema de Transporte Electrolito Pobre.	73
Tabla 46: Resumen Alternativas Sistema de Transporte Electrolito Rico.	74
Tabla 47: Resumen Costos Globales Alternativas Recomendadas Sistema de Transporte Electrolito Pobre y Rico.	77

FIGURAS

Figura 1: Perfil Longitudinal de Sistema de Transporte de Electrolito Pobre.	12
Figura 2: Perfil Longitudinal de Sistema de Transporte de Electrolito Rico.	12
Figura 3: HGL Caso Base 1, Electrolito Pobre.....	25
Figura 4: HGL Caso Base 2, Electrolito Pobre.....	26
Figura 5: HGL Caso Base 3, Electrolito Pobre.....	28
Figura 6: HGL Caso 1 - 1, Electrolito Pobre.....	30
Figura 7: HGL Caso 1 - 2, Electrolito Pobre.....	31
Figura 8: HGL Caso 1 - 3, Electrolito Pobre.....	33
Figura 9: HGL Caso 2 - 1, Electrolito Pobre.....	35
Figura 10: HGL Caso 2 - 2, Electrolito Pobre.....	36
Figura 11: HGL Caso 2 - 3, Electrolito Pobre.....	38
Figura 12: HGL Caso 3 - 1, Electrolito Pobre.....	40
Figura 13: HGL Caso 3 - 2, Electrolito Pobre.....	41
Figura 14: HGL Caso Base 1, Electrolito Rico.....	49
Figura 15: HGL Caso Base 2, Electrolito Rico.....	50
Figura 16: HGL Caso 1 - 1, Electrolito Rico.....	52
Figura 17: HGL Caso 1 - 2, Electrolito Rico.....	53
Figura 18: HGL Caso 2 – 1 - 1, Electrolito Rico.	55
Figura 19: HGL Caso 2 – 1 - 2, Electrolito Rico.	56
Figura 20: HGL Caso 2 – 2 - 1, Electrolito Rico.	58
Figura 21: HGL Caso 2 – 2 - 2, Electrolito Rico.	59
Figura 22: HGL Caso 3 – 1 - 1, Electrolito Rico.	61
Figura 23: HGL Caso 3 – 1 - 2, Electrolito Rico.	62
Figura 24: HGL Caso 3 – 2 - 1, Electrolito Rico.	64
Figura 25: HGL Caso 3 – 2 - 2, Electrolito Rico.	65
Figura 26: HGL Caso 4 - 1, Electrolito Rico.....	67

ANEXOS

ANEXO I: HOJA DE DATOS EQUIPOS DE BOMBEO SISTEMAS DE TRASNPORTE DE ELECTROLITO POBRE Y RICO.....	78
ANEXO II: ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN ALTERNATIVAS DE TUBERÍA PARA LOS SISTEMAS DE ELECTROLITO POBRE Y RICO	79
ANEXO III: COTIZACIONES PROVEEDORES (<i>VENDOR</i>)	80

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

“Minera Escondida Limitada, en adelante MEL, ha solicitado a Brass Chile S.A., en adelante BRASS, el desarrollo de una Ingeniería de Detalles denominada “Cambio de Material Línea Electrolito Interplanta a HDPE”.

Actualmente el Electrolito Rico, obtenido en la planta de Sulfuros, es impulsado hasta el Estanque de Electrolito Rico ubicado en la planta de Óxidos; el sistema impulsa a través de un “pipeline” de aproximadamente 16,8 km, constituido por cañerías de acero inoxidable. De forma paralela y en sentido inverso, el Electrolito Pobre obtenido en la planta de Óxidos, es impulsado hacia la Planta de Sulfuros por un pipeline de igual longitud y mismo material.

El proyecto original de MEL contemplaba el uso únicamente de tuberías de acero inoxidable, que con el transcurso del tiempo, han presentado reiterados problemas de fugas atribuibles aparentemente a problemas de corrosión. Estos problemas han significado que las Líneas de Interplanta se encuentren actualmente, en algunas zonas, con un grado de deterioro importante, que ha significado realizar reemplazos de tuberías de acero inoxidable por tuberías de HDPE.

Con información proporcionada por MEL y soportada con la realización de estudios hidráulicos, se desarrollan los trabajos necesarios que permitan validar, considerando todos los estándares y normas aplicables, los cambios de material realizados y/o en su defecto plantear modificaciones adicionales a las actuales configuraciones de la Líneas Interplanta”.

1.2 OBJETIVO

Este documento tiene como principal evaluar la factibilidad de poder utilizar tuberías de diferentes materiales en reemplazo de la tubería de acero inoxidable existente en los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Electrolito Rico.

Como objetivos específicos se encuentra:

- a) Realizar la modelación hidráulica de cada caso en estudio.
- b) Evaluar los elementos técnicos y económicos para establecer la solución más conveniente.

1.3 LÍMITE DE BATERÍA

El límite de batería establecido para los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Rico son los siguientes:

- a) Electrolito Pobre.

Desde: Las boquillas de alimentación a bombas 3600-5PP-325/326/327/328 que salen desde el estanque 3600-5TAA-235 ubicado en el patio de estanques y reactivos EW. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

Hasta: La boquilla que alimenta al estanque 3500-5TAA-222 ubicado en el patio de estanques y reactivos SX. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

b) Electrolito Rico.

Desde: Las boquillas de alimentación a bombas 3500-5PP-278/279/280/281 que salen desde el estanque 3500-5TAA-221 ubicado en el patio de estanques y reactivos SX. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

Hasta: La boquilla que alimenta al estanque 3500-5TAA-236 ubicado en el patio de estanques y reactivos EW. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

1.4 UNIDADES

Se utilizarán las ecuaciones en las unidades indicadas en los códigos y normas a utilizar en el diseño, a objeto de facilitar se revisión en dichos códigos y normas. Los resultados finales serán convertidos a unidades del sistema internacional SI¹.

1.5 IDIOMA

El idioma a utilizar en el desarrollo del proyecto, y su documentación asociada, es el español.

1.6 REFERENCIAS

Las referencias utilizadas son las siguientes:

- a) Propuesta Técnica N° P-17065 para Minera Escondida Limitada para la Ingeniería de Detalle Cambio de Material Líneas Electrolito Interplanta a HDPE, Revisión C.
- b) Planos de Planta y Perfil Longitudinal N° 2325-3350-210-DW-1001 al 2325-3350-210-DW-1012, correspondiente a la revisión *As-Built* Revisión Z.
- c) P&IDs Electrolito Pobre:
 - 1) Plano N° 2325-3600-250-PI-1001, Revisión Z.
 - 2) Plano N° 2325-3350-250-PI-1001, Revisión Z.
 - 3) Plano N° 2325-3500-250-PI-1007, Revisión 3.

¹ Una excepción a esta conversión son el diámetro nominal de las tuberías que será indicado en pulgadas.

- d) P&IDs Electrolito Rico:
 - 1) Plano N° 2325-3500-250-PI-1006, Revisión Z.
 - 2) Plano N° 2325-3350-250-PI-1001, Revisión Z.
 - 3) Plano N° 2325-3600-250-PI-1002, Revisión Z.
- e) Process Design Criteria for Electrowinning documento N° 2325-0000-225-DC-0004, Revisión 1.
- f) Calculation Report Interplant Pipelines de Fluor documento N° 2325-0000-250-CS-0021, Revisión 0.
- g) Control Philosophy for Interplant Piping System de Fluor documento N° 2325-3350-225-TS-0021, Revisión B.
- h) Registro fotografico y Reporte Visita a Terreno documento N° BPI17009-G-6000-GR001, Revisión B.
- i) Memoria de Cálculo Ingeniería de Detalles Estudio Hidráulico Sectorización Líneas Interplanta documento N° P1159-M-MC-001, Revisión B
- j) Información proveedor (*vendor*) Catálogo de productos de HDPE TEHMC.
- k) Información proveedor (*vendor*) Catálogo de productos de HDPE ISCO.
- l) Información proveedor (*vendor*) KSB, documento *Pump Expected Performance Curves* para las bombas de Electrolito Pobre (TAG n° 3600-5PPP-325 al 328) y Electrolito Rico (TAG n° 3500-5PPP-278 al 281)

1.7 EXCLUSIONES

En este documento se excluye lo siguiente:

- a) No incluye modificaciones en las estaciones de bombas existentes
- b) Estudio y selección de alternativas de trazado.
- c) Normativa relacionada con otras áreas del proyecto (seguridad, materiales, soldadura, entre otras).

2 BASES GENERALES DE DISEÑO

2.1 CÓDIGOS Y ESTÁNDARES

El diseño del sistema de transporte de Electrolito Pobre y Rico y sus complementos se efectuará de acuerdo de los siguientes códigos, estándares y manuales:

- a) *American Society of Testing Materials (ASTM) “Standart Specification for Seamless, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes”,* referido a la edición 2004.
- b) *American Water Works Association Manual (AWWA) M55, “PE Pipe – Design and Installation”,* referido a la edición 2006.
- c) *American Petroleum Institute (API) “Specification for Polyethylene Line Pipe (PE)”,* referido a la edición 2008.
- d) *TR-4 PPI “Listing of HDB/HDS/SDB/PDB/MRS Ratings for Thermoplastic Piping Material sor Pipe”,* referido a la edición 2013.
- e) *IGN 4-37-02 “Design against Surge and Fatigue conditions for Thermoplastic Pipes”,* referido a la edición 1999.
- f) *ISO 4427 – Parte 1/2 /3 “Plastics piping systems – Polyethylene (PE) pipes and fittings for wáter supply”,* referido a la edición 2007.
- g) *Código ASME B31.4-2016 “Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries”,* referido a la edición 2007.

2.2 VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

La vida útil del proyecto se encontrará definida por la alternativa de material de tubería seleccionado para cada sistema de transporte. Para el caso que la alternativa seleccionada sea tubería de HDPE la vida útil corresponderá a 10 años y en el caso que se seleccione tuberías de acero al carbono revestidas con *Líner* de HDPE la vida útil de este material corresponderá a 25 años.

La definición de la vida útil de cada material de tubería se encuentra definida por el proveedor respectivo de cada material.

3 BASES DE DISEÑO DE PROCESO-HIDRÁULICA

3.1 FLUJOS DE DISEÑO

La Tabla 1 resume el flujo de diseño de los sistemas de transportes de Electrolito Pobre y Rico.

Sistema	Caudal de Diseño (m ³ /h) ²
Electrolito Pobre	1.875
Electrolito Rico	1.875

Tabla 1: Caudales de Diseño por Sistema.

3.2 CARACTERÍSTICAS FLUIDO A TRANSPORTAR POR CADA SISTEMA

La características del fluido a transportar² para cada uno de los sistemas de transporte se detallan a continuación en la Tabla 2.

Descripción		Unidades	Electrolito Pobre	Electrolito Rico
Gravedad Especifica @ 24 °C		--	1,2	1,2
Viscosidad @ 24 °C		(mPa*s)	2	2
Temperatura ³		(°C)	50	40
Calor Especifico		(kJ/kg °C)	3,25	3,23
Análisis Químico	Cu ++	(g/l)	55	55
	H ₂ SO ₄	(g/l)	180	157
	Fe (Total)	(g/l)	1,5	1,5
	Co++	(g/l)	100	100
	Cl-	(g/l)	30 (max)	30 (max)

Tabla 2: Parámetros Principales Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico.

3.3 CARACTERIZACIÓN TRAZADO SISTEMAS DE TRANSPORTE

Actualmente el sistema de transporte de Electrolito Rico, obtenido en la Planta de Sulfuros, es impulsado hasta el Estanque de Electrolito Rico ubicado en la Planta de Óxidos; el sistema impulsa a través de una tubería de acero inoxidable, de aproximadamente 16,8 km. De forma paralela y en

² Referencia Process Design Criteria for Electrowinning documento N° 2325-0000-225-DC-0004, Revisión 1.

³ Dato obtenido durante a visita a terreno, desde pantallas de Sala de Control.

sentido inverso, el sistema de transporte de Electrolito Pobre obtenido en la Planta de Óxidos, es impulsado hacia la Planta de Sulfuros por una tubería de igual longitud y mismo material.

A continuación se muestra el perfil longitudinal de los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Rico, respectivamente.

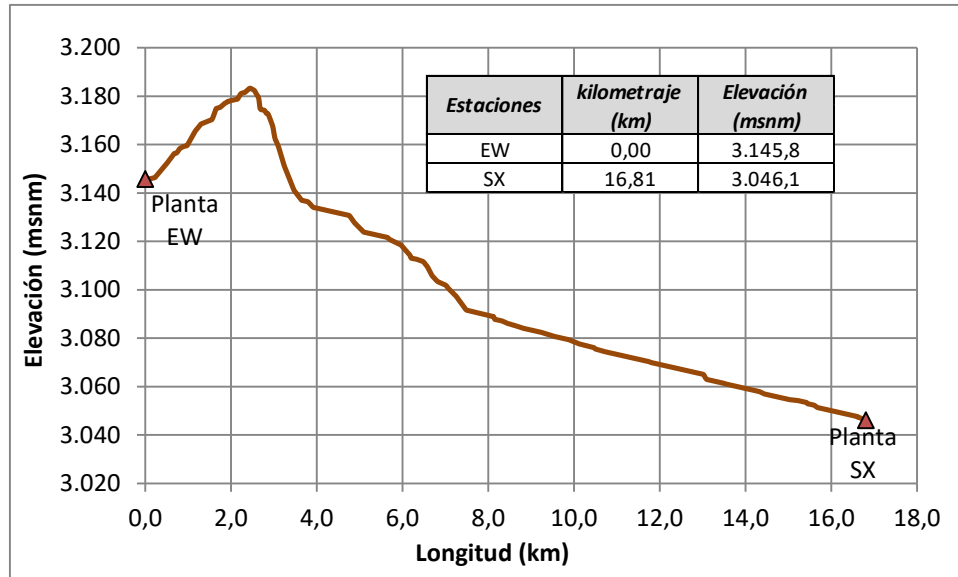


Figura 1: Perfil Longitudinal de Sistema de Transporte de Electrolito Pobre.

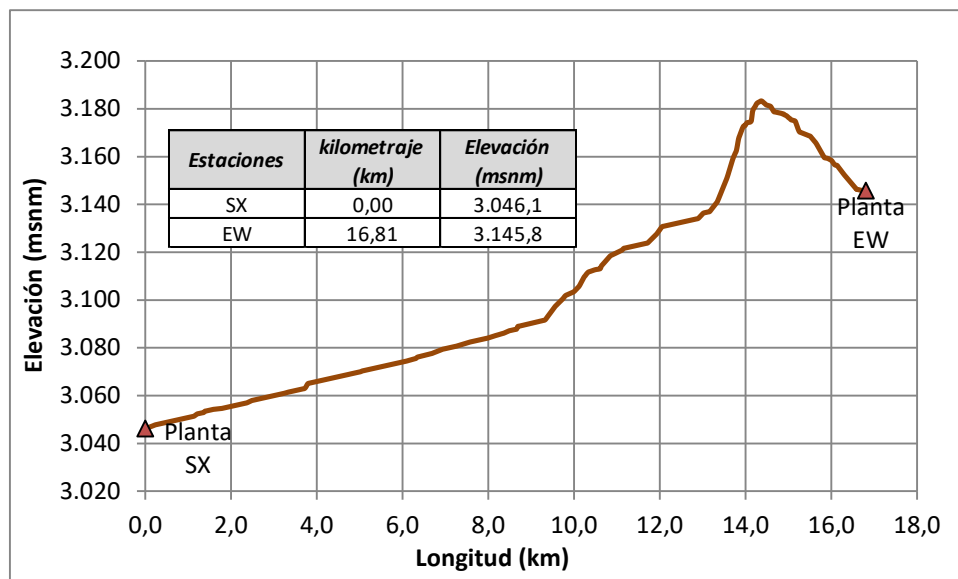


Figura 2: Perfil Longitudinal de Sistema de Transporte de Electrolito Rico.

3.4 CARACTERIZACIÓN TUBERÍAS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Las líneas principales de los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Electrolito Rico son de acero inoxidable, a continuación en la Tabla 3 se presentan las características principales de la tubería.

Descripción	Unidades	Electrolito Pobre	Electrolito Rico
Material	--	Acero Inoxidable	
Grado	--	AISI 316L	
SMYS	MPa	172,375	
Diámetro Tubería	pulg.	24 / 20	24
Espesores Tubería	mm	6,35 / 5,54	9,53
Longitud	Km	12,23 / 4,59	16,81
Rugosidad ⁴	mm	0,5	0,5

Tabla 3: Caracterización Tubería Principal Sistemas de Electrolito Pobre y Rico

3.5 DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE BOMBEO ESTACIONES

Las características de los equipos de bombeo que se encuentran disponibles para los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Rico se muestra a continuación en la Tabla 4 (Para mayor detalle curva bomba ver Anexo I).

Descripción	Unidades	Electrolito Pobre	Electrolito Rico
Modelo Bomba	--	CPK 250-500	ZM I 485/03 A
Tipo de Bomba	--	Centrifuga de una Etapa	Centrifuga Horizontal de Carcaza Partida Axialmente
Tamaño Bomba	--	12" x 10"	10" x 8"
Nº Bombas	--	3 Operativa / 1 Stand-by	3 Operativa / 1 Stand-by
TAG	--	3600-5PPP-325 @ 328	3500-5PPP-278 @ 281
Caudal de Diseño	m ³ /h	625	625
TDH de Diseño	mca	55	241
Potencia de Diseño P&IDs	kW	185 ⁵	895 ⁶

Tabla 4: Caracterización Equipos de Bombeo Sistemas de Electrolito Pobre y Rico.

tdh expresar en metros

⁴ Valor definido en el diseño original por Fluor

⁵ Valor obtenido de P&IDs As-Built Plano N° 2325-3600-250-PI-1001 Rev. Z Sistema de Electrolito Pobre

⁶ Valor obtenido de P&IDs As-Built Plano N° 2325-3500-250-PI-1006 Rev. Z Sistema de Electrolito Rico

4 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se detallan los criterios de diseño hidráulico aplicados sobre cada una de las alternativas desarrolladas.

4.1 MÁXIMA PRESIÓN ADMISIBLE

De acuerdo al material utilizado ya sea acero o HDPE la máxima presión admisible de operación normal o transiente será calculada mediante las siguientes expresiones.

4.1.1 Máxima Presión Admisible en Tuberías de Acero

De acuerdo al código ASME B31.4-2016, se empleará la siguiente expresión para el cálculo de la presión admisible en tuberías de acero:

$$P_{SS,TRANS} = \frac{2 \cdot e \cdot S_{SS,TRANS}}{D}$$

$$S_{SS,TRANS} = \sigma \cdot E \cdot FS_{SS,TRANS}$$

Donde:

$P_{SS,TRANS}$: Presión de operación admisible (kPa).

e : Espesor de pared de tubería (mm).

D : Diámetro externo de tubería (mm).

$S_{SS,TRANS}$: Esfuerzo admisible de la tubería (kPa).

σ : Tensión mínima de fluencia del acero, SMYS (kPa).

AISI 316L : 172,375 Mpa

API 5L X65 : 448,175 Mpa

E : Factor de soldadura ($E = 1$).

$FS_{SS,TRANS}$: Factor de seguridad para presión admisible en tuberías (ver sección 4.2)

Los subíndices SS y TRANS se refieren a condiciones de operación en estado estacionario y ante eventos transientes, respectivamente.

4.1.2 Máxima Presión Admisible en Tuberías de HDPE

De acuerdo al Manual AWWA M55, se empleará la siguiente expresión para el cálculo de la presión admisible en tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE):

Para materiales que se encuentran bajo la norma ASTM se considera:

aca lo dice ASTM

$$PC_{SS,TRANS OCAS,TRANS EVEN} = \frac{2 \cdot DF \cdot HDB_{SS,TRANS OCAS,TRANS EVEN}}{DR - 1}$$

$$HDB_{SS,TRANS OCAS,TRANS EVEN} = HDB \cdot FS_{SS,TRANS OCAS,TRANS EVEN}$$

Donde:

$PC_{SS,TRANS}$: Presión de la clase (psi).

HDB : Base de Diseño Hidrostático (psi).

dejar esta parte
solamente en el criterio
de diseño

Para el Material PE 4710 se tiene:

HDB @ 23° C : 1.600 (psi)

HDB @ 60° C : 1.000 (psi)

DR : Razón entre diámetro exterior (D_o) y espesor (t).

DR : 9

DF : Factor de seguridad de diseño.

De acuerdo a la temperatura de operación DF puede ser:

Menor a 28°C DF : 1

Entre 28°C hasta 32°C DF : 0,9

Entre 33°C hasta 38°C DF : 0,8

Para 60°C DF : 0,63

$FS_{SS,TRANS OCAS,TRANS EVEN}$: Factor de seguridad para presión admisible en tuberías (ver sección 4.2)

Para materiales que se encuentran bajo la norma ISO se considera:

$$PN_{SS,TRANS OCAS,TRANS EVEN} = PN \cdot FS_{SS,TRANS OCAS,TRANS EVEN}$$

Donde:

PN : Presión de trabajo (Kg/cm²).

$FS_{SS,TRANS OCAS,TRANS EVEN}$: Factor de seguridad para presión admisible en tuberías (ver sección 4.2)

Los subíndices SS, TRANS OCAS y TRANS EVEN se refieren a condiciones de operación en estado estacionario, ante eventos transientes ocasionales (partida y detención) y transiente eventuales (cierre de válvulas, corte de energía, etc), respectivamente.

De acuerdo a información entregada por el proveedor⁷ los valores de PN para una tubería PE100 que se encuentra bajo norma ISO corresponden a los señalados en la Tabla 5 a continuación.

Temperatura (°C)	Vida útil esperada	Presión de trabajo (kg/cm ²)				
		DR				
		26	21	17	11	9
		PN				
		6,3	8	10	16	20
40	5	4,8	6,1	7,7	12,3	15,6
	10	4,7	6,0	7,6	12,1	15,5
	25	4,6	5,9	7,4	11,8	14,2
	50	4,5	5,8	7,2	11,6	14,1
50	5	4,2	5,3	6,7	10,7	13,4
	10	4,0	5,2	6,5	10,4	13,1

Tabla 5: Relación Presión – Temperatura para Tuberías PE 100.

4.2 FACTORES DE SEGURIDAD

Los factores de seguridad para las tuberías bajo presión interna de acuerdo al código de diseño definido para cada material corresponden a los señalados en la Tabla 6 que se muestra a continuación.

⁷ Información de acuerdo a Catalogo proveedor de HDPE, TEHMC0.

Material	Código y/o Manual	Descripción	Designación	ver comentario a criterio de diseño
Acero	Código ASME B31.4	Factor de seguridad para operación en estado estacionario	FS_{SS}	0,72
		Factor de seguridad para solicitaciones ocasionales y eventuales (fenómenos transientes)	FS_{TRANS}	0,792
HDPE	Manual AWWA M55	Factor de seguridad para operación en estado estacionario	FS_{SS}	1
		Factor de seguridad para solicitaciones ocasionales (fenómenos transientes)	$FS_{TRANS OCAS}$	1,5
		Factor de seguridad para solicitaciones eventuales (fenómenos transientes)	$FS_{TRANS EVEN}$	2

Tabla 6: Factores de Seguridad.

4.3 HOLGURAS OPERACIONALES

Se realiza el diseño considerando que la línea de gradiente hidráulico (HGL) debe tener una altura de presión de al menos 10 mcf (criterio de diseño original de *Fluor*, establece 124 kPa) (metros columna de fluido) sobre el perfil de la tubería en el punto alto del trazado.

esto debe estar solamente en criterio de diseño y solamente citar de otros documentos

La máxima presión admisible de operación normal en estado permanente (OPss) para los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Rico debe superar la línea de gradiente hidráulico en una altura de presión de al menos 10 mcf, en todo punto del trazado.

La máxima presión admisible de transientes ocasionales (partida y detención) (MAOP) para los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Rico debe superar la línea de gradiente hidráulico en una altura de presión de al menos 25 mcf, en todo punto del trazado.

La máxima presión admisible de transiente eventuales (cierre de válvula, corte de energía, etc.) (MASP) debe superar la línea de gradiente hidráulico en una altura de presión de al menos 10 mcf, en todo punto del trazado.

Descripción	Criterio
Línea de Gradiente Hidráulico - Perfil de Terreno (Valor corresponde a Diseño Original <i>Fluor</i> 124 kPa).	HGL - Perfil > 10 mcf
Línea de Gradiente Hidráulico - Admisible de Operación en Estado Permanente.	HGL - MAOP SS > 10 mcf
Envolvente Transiente de Partida y Detención - Admisible de Operación para Transientes Frecuentes (Partida y Detención).	HGL - MAOP > 25 mcf
Envolvente Transiente - Admisible de Operación para Transiente Ocasiones (Cierre de Válvulas, Corte de Energía).	HGL - MASP > 10 mcf

Tabla 7: Resumen Holguras de Diseño.

4.4 CRITERIO DE DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

Los materiales de las tuberías de reemplazo de los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Rico puede ser acero inoxidable (rugosidad 0,5 mm), HDPE (rugosidad 0,021 mm) o tubería de acero carbono revestida en *liner* (rugosidad *liner* 0,021 mm).

Para estimar la carga dinámica total (TDH) de las bombas de cada sistema se consideró una altura de presión de succión del sistema de bombeo de 2 mcf (valor de presión manométrica).

Para la construcción de la línea de gradiente hidráulico (HGL) se consideró una altura de descarga del *piping* de llegada a los estanques cuando finaliza el trazado de 8m.

Incorporar una tabla con los valores numéricos de MASP y MAOP para todas las tuberías

agregar un esquema (menos que un P&ID) de los elementos existentes en las líneas de electrolito, tales como válvulas de control y elementos de pérdidas de carga. Esto para ayudar en la descripción de las instalaciones.

SE DEBE CALCULAR, EN CADA CASO CONSIDERADO EN EL ESTUDIO, EL TRANSIENTE OCACIONAL Y EVENTUAL Y COMPARARLO CON LOS VALORES DE MAOP Y MASP.

EN LOS CAPITULOS PRECEDENTES HACE UN ANALISIS DE COMO OBTENER ESTOS VALORES PERO NO LOS USA YA QUE NO CALCULA LOS TRANSIENTES.

LOS VALORES CALCULADOS DE MAOP Y MASP DEBEN SER MOSTRADOS NO SOLO COMO GRAFICA, DEBEN SER MOSTRADOS COMO VALORES NUMÉRICOS EN UNA TABLA.

SOBRE CADA GRÁFICO DE LOS CAPITULOS SIGUIENTES, ADEMAS DE LOS MAOP, MASP, HLG EN STEADY STATE, DEBE INCORPORAR LA ENVOLVENTE DE PRESIONES MAXIMAS Y MÍNIMAS POR TRANSIENTES. ESTE PUEDE INHABILITAR TECNICAMENTE ALGUNA ALTERNATIVA.

EN EL CASO DE EXISTAN SUBPRESIONES (LO CUAL ES MUY PROBABLE), SE DEBERA CALCULAR LAS TUBERÍAS AL COLAPSO POR SUBPRESIÓN.

5 CRITERIOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS

Considerando lo indicado en la sección 6.1 y 8.1, se realiza la estimación de costos de inversión para cada alternativa del sistema de transporte de Electrolito Pobre y Rico. El análisis detallado de los costos de inversión de las distintas alternativas, con sus cotizaciones de respaldo se muestra en el Anexo II y III.

5.1.1 Bases de Evaluación Económica

La estimación de costos del proyecto considera una aproximación (para efectos de análisis de alternativas (*trade off*)) de los costos de inversión (costos directos), por lo tanto no considera reinversión en equipos.

Las bases de estimación de costos y evaluación económica consideradas son las siguientes:

5.1.1.1 Partidas

Las partidas consideradas para costo de inversión asociado a cada alternativa son las siguientes:

- a) Suministro de Tuberías.
- b) Montaje de Tuberías.
- c) Movimiento de Tierras para zanja.

5.1.1.2 Precios Unitarios

Para la estimación de los costos de inversión se considera los precios unitarios presentados a continuación. Dichos valores son obtenidos desde las Bases de Datos de BRASS.

Items		Valor	Unidad
Excavación Zanja	Suelo Común (80%)	9,10	USD/m ³
	Suelo Duro (20%)	35,55	USD/m ³
Relleno	Cama de Arena (tamaño máx. 12")	75,12	USD/m ³
	Relleno Seleccionado Zanja (tamaño máx. 1")	29,57	USD/m ³
	Camellón Superficial (relleno no controlado, tamaño máx. 3")	38,36	USD/m ³
Protección Zanja	Excavación Zanja Anclaje Lámina HDPE	9,10	USD/m ³
	Relleno Zanja Anclaje	19,49	USD/m ³
	Lámina HDPE e=1,5 mm (60 mil)	12,77	USD/m ²

Tabla 8: Precios Unitarios para Movimiento de Tierra.

Para la estimación de los costos de suministro asociados a la tubería para las distintas alternativas de material de reemplazo, se solicitó una cotización presupuestaria a distintos proveedores disponibles en el mercado. El costo asociado a cada alternativa se seleccionó de acuerdo a la experiencia del consultor.

Para la estimación de los costos de montaje asociados a la tubería para las distintas alternativas de material de reemplazo, se solicitó una cotización presupuestaria a distintos proveedores disponibles en mercado.

Para la estimación del costo asociado al movimiento de tierra se consideró el recambio de las tuberías del sistema de transporte de Electrolito Pobre y Rico en toda la extensión del trazado. Ambas tuberías se mostrarán en una zanja común, las dimensiones de la zanja fueron estimadas para contener dos (2) tuberías de diámetro de 32" (como caso más desfavorable).

Para la estimación de los costos indirectos se consideró que estos fueran un 30% del costo total obtenido por la suma de los costos de suministro y montaje de la tubería, y movimientos de tierra.

Para la estimación de los costos asociados a la contingencia del proyecto se consideró que los costos capitales para este estudio de alternativas tienen una clasificación tipo Clase 4, por lo tanto el porcentaje máximo asociado a la contingencia en esta clase corresponde a un 35% del costo total obtenido de la suma de los costos directos e indirectos de cada alternativa.

Para la estimación de costo capital del presente estudio se solicitaron cotizaciones presupuestarias a distintos proveedores disponibles en el mercado, entre los cuales se encuentran: Jindal, Pipeline Intelligence, Fastpack, Tehmco, KRAH Chile y Aptec. Los proveedores considerados para la estimación de costo capital del proyecto para cada material se señalan en la

Para la estimación de costo capital del proyecto se consideraron los siguientes proveedores para cada material, tal como se detalla en la Tabla 9 a continuación (para mayor detalle ver Anexo II y III).

Sistema	Acero Inoxidable		Acero Carbono		HDPE		Liner	
	Suministro	Montaje	Suministro	Montaje	Suministro	Montaje	Suministro	Montaje
Electrolito Pobre	Pipeline Intelligence	FastPack	Jindal	FastPack	Tehmco	Aptec	Aptec	
Electrolito Rico	Jindal	FastPack	Jindal	FastPack	Tehmco	Aptec	Aptec	

Tabla 9: Proveedores Utilizados para Estimación de Costo Capital.

5.1.1.3 Carácter de la Estimación

El estudio de comparación de alternativas (*trade off*) considera las partidas de mayor peso relativo para los costos de inversión de este tipo de proyectos, pero los valores presentados en este informe no representan el CAPEX del proyecto.

6 ANÁLISIS SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITO POBRE

6.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

En los siguientes apartados se describen las alternativas desarrolladas para evaluar la factibilidad de poder utilizar tuberías de diferentes materiales en reemplazo de la tubería de acero inoxidable existente en el sistema de transporte de Electrolito Pobre.

En caso de ser factible, para cada cambio de material se evaluaron las siguientes opciones, las cuales corresponden a:

- a) Opción 1: Respetar el criterio de diseño de mantener una presión mínima en el punto alto del trazado (valor mínimo 124 kPa), además de mantener las características de los equipos de bombeo existente (tamaño de rodete).
- b) Opción 2: Mantener las características de los equipos de bombeo existente (tamaño de rodete), pero liberando el criterio de diseño de mantener una presión mínima de 124 kPa en el punto alto del trazado.
- c) Opción 3: Respetar el criterio de diseño de mantener una presión mínima en el punto alto del trazado de 124 kPa, pero modificando las características de los equipos de bombeo existente (tamaño de rodete).

Para poder llevar a cabo el desarrollo del estudio se ha asignado una codificación a cada una de las posibles opciones de análisis, por lo tanto a cada caso se le asignó un descriptor Caso Base, 1, 2 y 3; para luego agregar un segundo número (1, 2 ó 3) correspondiente a la opción analizada.

**Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas
Electrolito Interplanta a HDPE – MEL
BPI17009**

Descripción	Material	Diámetro pulg. (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Casos	Opciones de Análisis				
						Items	Manteniendo		Modificando	
							Criterio de Diseño	Equipos de Bombeo	Equipos de Bombeo	
Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	12,23	Base	Base 1	SI	SI	--	
		20 (508)	5,54	4,59		Base 2	--	SI	--	
						Base 3	SI	--	SI	
Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ASTM)	HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	7,4	1	1 - 1	SI	SI	--	
	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	4,83		1 – 2	--	SI	--	
		20 (508)	5,54	4,59		1 – 3	SI	--	SI	
Diseño con HDPE (Norma ISO)	HDPE PE100	28 (710)	79,3	5,3	2	2 - 1	SI	SI	--	
		24 (630)	70,3	11,51		2 – 2	--	SI	--	
						2 - 3	SI	--	SI	
Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i>	Acero API Grado B	26 (660)	7,14	16,81	3	3 - 1	SI	SI	--	
	<i>Liner</i>	--	17,85	16,81						
	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	16,81		3 - 2	SI	--	SI	
	<i>Liner</i>	--	17,85	16,81						

Tabla 10: Descripción Casos Analizados Sistemas de Transporte Electrolito Pobre.

6.1.1 Caso Base, Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable

El Caso Base para el sistema de Electrolito Pobre considera evaluar el sistema de acuerdo al diseño original, lo que implica mantener acero inoxidable en toda su extensión.

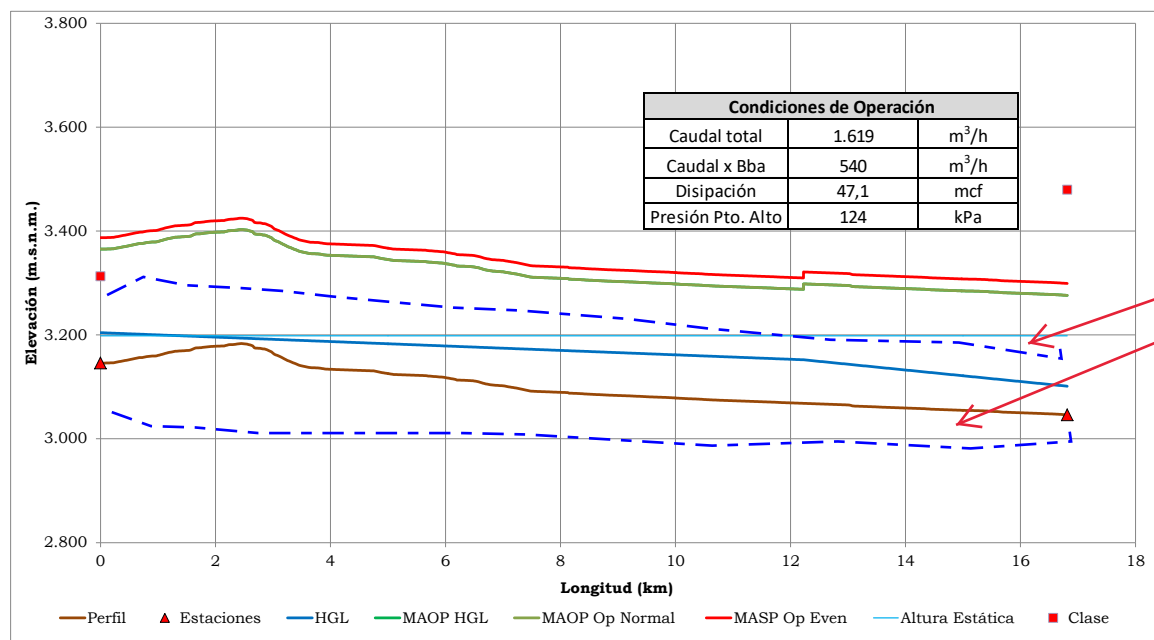
Para este análisis se han considerado las opciones que se detallan a continuación.

6.1.1.1 Caso Base 1

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 3 y en la Tabla 11 que se muestran a continuación, para esta condición de operación no se logra llegar al caudal de diseño (1.619 m³/h).

**Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas
Electrolito Interplanta a HDPE – MEL
BPI17009**



Agregar un cuadro con los valores de MAOP SS, MAOP, MASP

Calcular y graficar las envolventes de presiones máxima y mínimas por transientes. Esto aplica a todos los gráficos.

Figura 3: HGL Caso Base 1, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m³/h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg. c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso Base 1	SI	SI	--	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	12,23	1.619	689	100	2	56,5	124	649	47,1	2,32	10,5	135
					20 (508)	5,54	4,59											

Tabla 11: Condiciones de Operación Caso Base 1, Electrolito Pobre.

6.1.1.2 Caso Base 2

Este caso considera mantener el equipo de bombeo original, para lo cual se busca el punto de equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba sin considerar necesario respetar la holgura mínima con respecto al perfil de terreno.

Tal como se puede apreciar en la Figura 4 y en la Tabla 12 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra un flujo mayor al de diseño ($1.944 \text{ m}^3/\text{h}$) pero solo se consiguen 45 kPa (3,8 mcf) de presión en el punto alto del trazado.

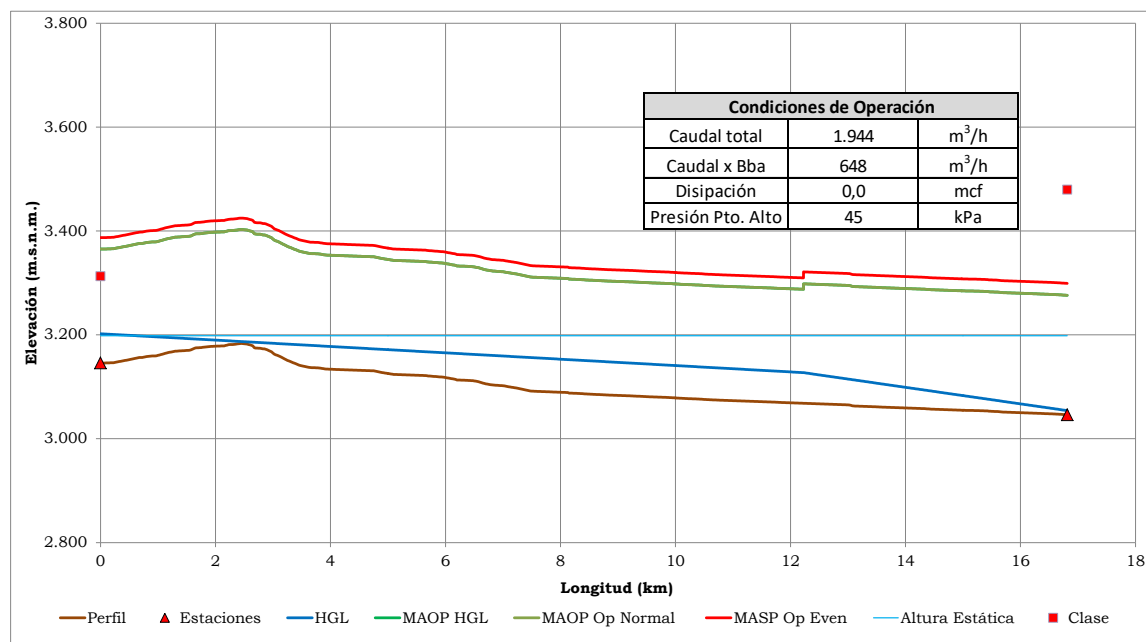


Figura 4: HGL Caso Base 2, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m ³ /h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso Base 2	--	SI	--	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	12,23	1.944	663	115	2	54,3	45	94	0,0	2,78	3,8	155
					20 (508)	5,54	4,59											

Tabla 12: Condiciones de Operación Caso Base 2, Electrolito Pobre.

6.1.1.3 Caso Base 3

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño (1.875 m³/h) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 5 y en la Tabla 13 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño (1.875 m³/h) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 433 mm.

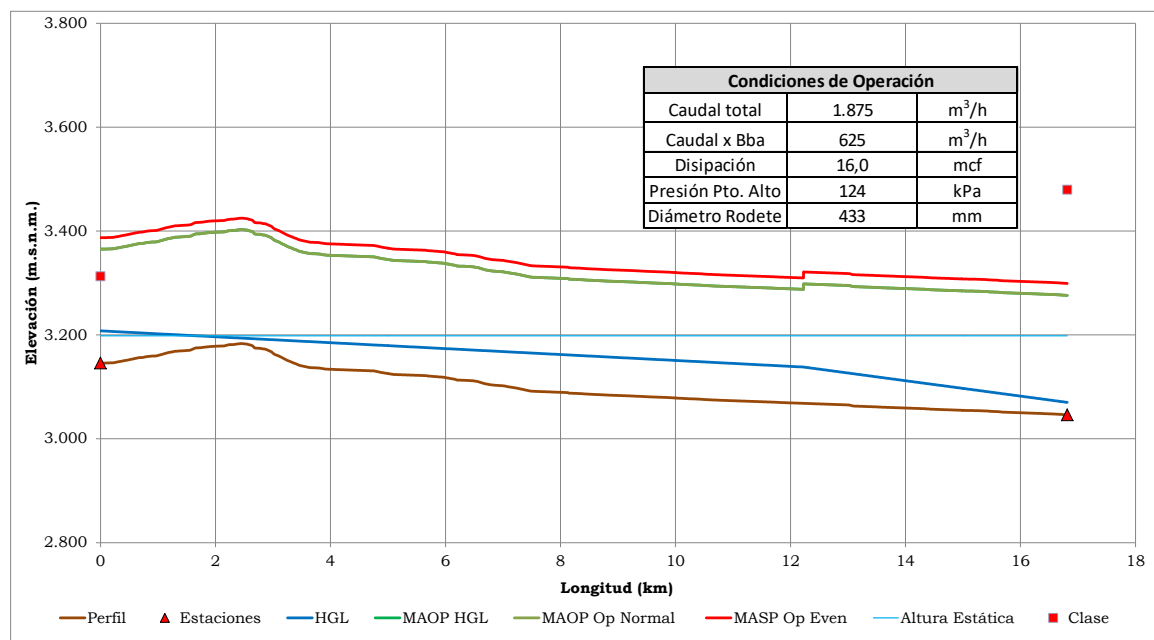


Figura 5: HGL Caso Base 3, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando					(m³/h)	(kPa)	(kW)	(mcf)	(mcf)	(kPa)	(kPa)	(mcf)	(m/s)	(mcf)	(mcf)
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso Base 3	SI	--	SI	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	12,23	1.875	730	123	2	60,0	124	282	16,0	2,69	10,5	146
					20 (508)	5,54	4,59											

Tabla 13: Condiciones de Operación Caso Base 3, Electrolito Pobre.

6.1.2 Caso 1, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ASTM)

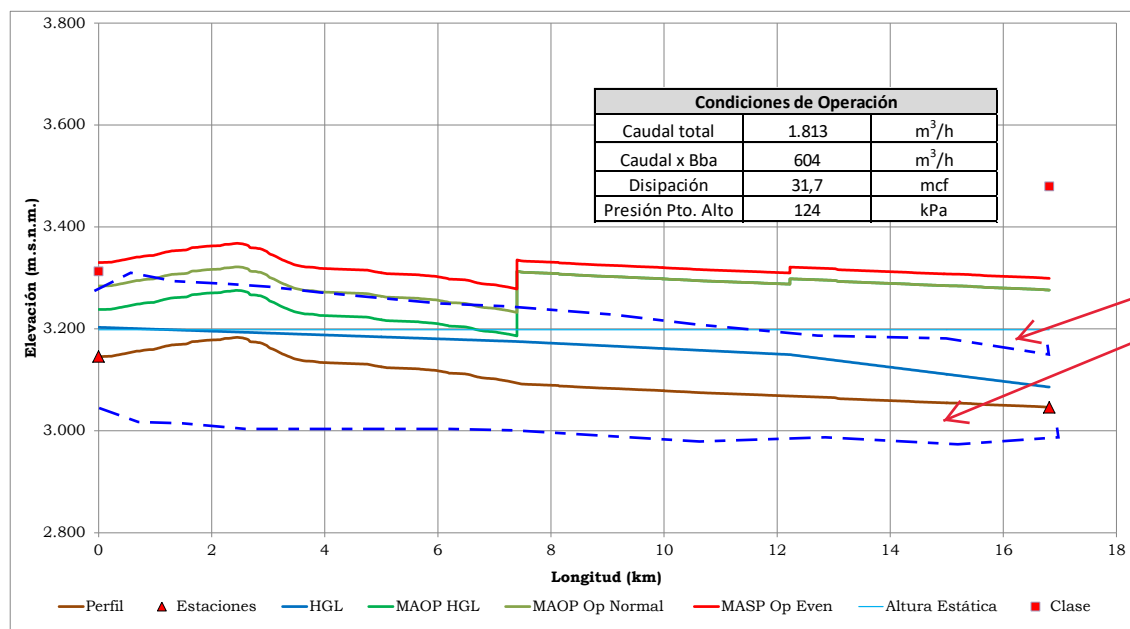
El Caso 1 para el sistema de Electrolito Pobre considera evaluar el sistema reemplazando la mayor longitud de tubería de acero inoxidable posible por tubería de HDPE fabricada bajo norma ASTM. La longitud de cambio de la tubería de HDPE se definió en función de la resistencia de dicha tubería.

Para este análisis se han considerado las opciones que se detallan a continuación.

6.1.2.1 Caso 1 – 1

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 6 y en la Tabla 14 que se muestran a continuación, para esta condición de operación no se logra llegar al caudal de diseño (1.813 m³/h).



Agregar un cuadro con los valores de MAOP SS, MAOP, MASP

Calcular y graficar las envolventes de presiones máxima y mínimas por transientes. Esto aplica a todos los gráficos.

Figura 6: HGL Caso 1 - 1, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 1 - 1	SI	SI	--	HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	7,40	1.813	674	109	2	55,3	124	467	31,7	2,60	10,5	10,8
				Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	4,83											
					20 (508)	5,54	4,59											

Tabla 14: Condiciones de Operación Caso 1 - 1, Electrolito Pobre.

6.1.2.2 Caso 1 - 2

Este caso considera mantener el equipo de bombeo original, para lo cual se busca el punto de equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba sin considerar necesario respetar la holgura mínima con respecto al perfil de terreno.

Tal como se puede apreciar en la Figura 7 y en la Tabla 15 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra un flujo mayor al de diseño (2.038 m³/h) pero solo se consiguen 78 kPa (6,6 mcf) de presión en el punto alto del trazado.

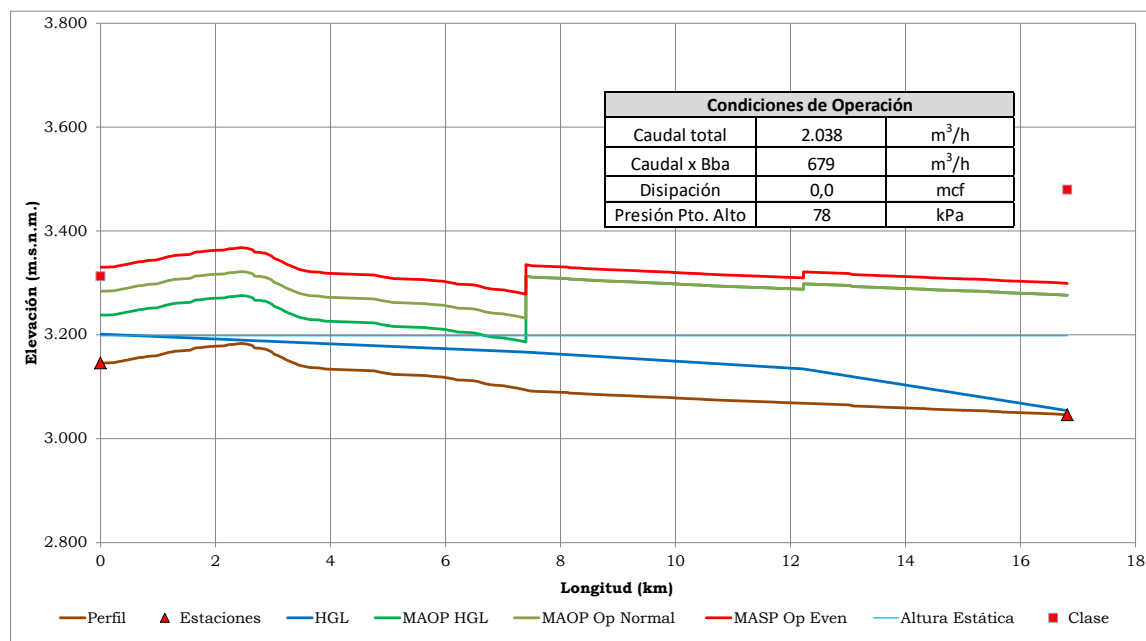


Figura 7: HGL Caso 1 - 2, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m ³ /h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 1 - 2	--	SI	--	HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	7,40	2.038	654	119	2	53,6	78	94	0	2,92	6,6	19,2
				Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	4,83											
					20 (508)	5,54	4,59											

Tabla 15: Condiciones de Operación Caso 1 - 2, Electrolito Pobre.

6.1.2.3 Caso 1 - 3

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño (1.875 m³/h) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 8 y en la Tabla 16 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño (1.875 m³/h) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 419 mm.

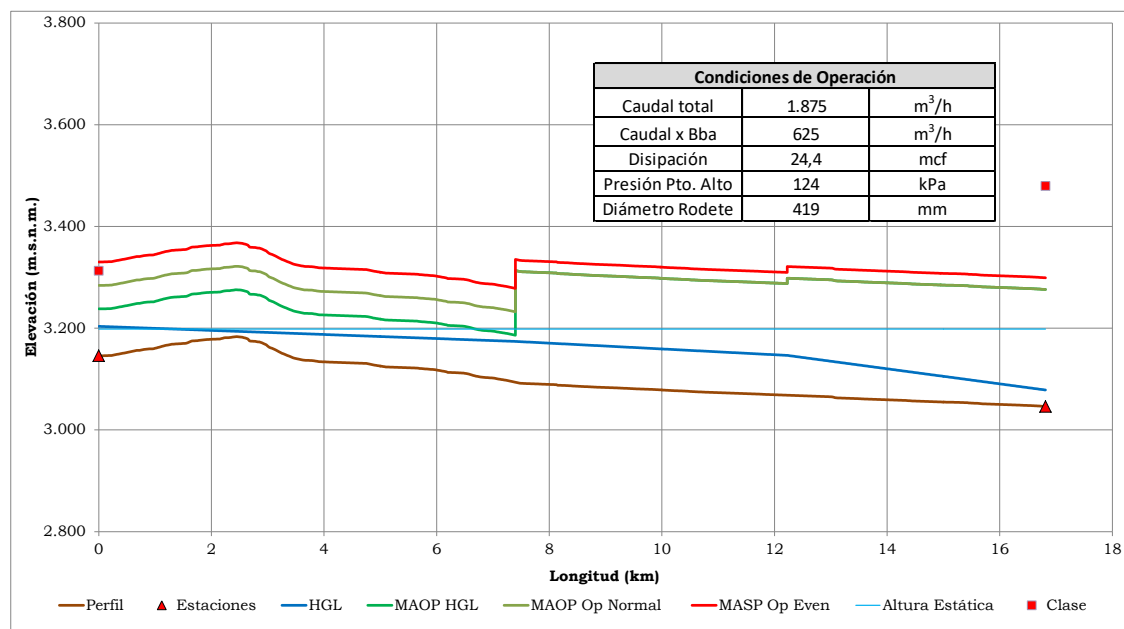


Figura 8: HGL Caso 1 - 3, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m³/h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 1 - 3	SI	--	SI	HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	7,40	1.875	681	112	2	54,9	124	381	24,4	2,69	10,5	12,0
				Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	4,83											
					20 (508)	5,54	4,59											

Tabla 16: Condiciones de Operación Caso 1 - 3, Electrolito Pobre.

6.1.3 Caso 2, Diseño con HDPE (Norma ISO)

El Caso 2 para el sistema de Electrolito Pobre considera evaluar el sistema reemplazando toda latubería de acero inoxidable por tubería de HDPE fabricada bajo norma ISO. La longitud de cambio de la tubería de HDPE se definió en función de la resistencia de dicha tubería.

Para este análisis se han considerado las opciones que se detallan a continuación.

6.1.3.1 Caso 2 – 1

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 9 y en la Tabla 17 que se muestran a continuación, para esta condición de operación no se logra llegar al caudal de diseño (1.609 m³/h).

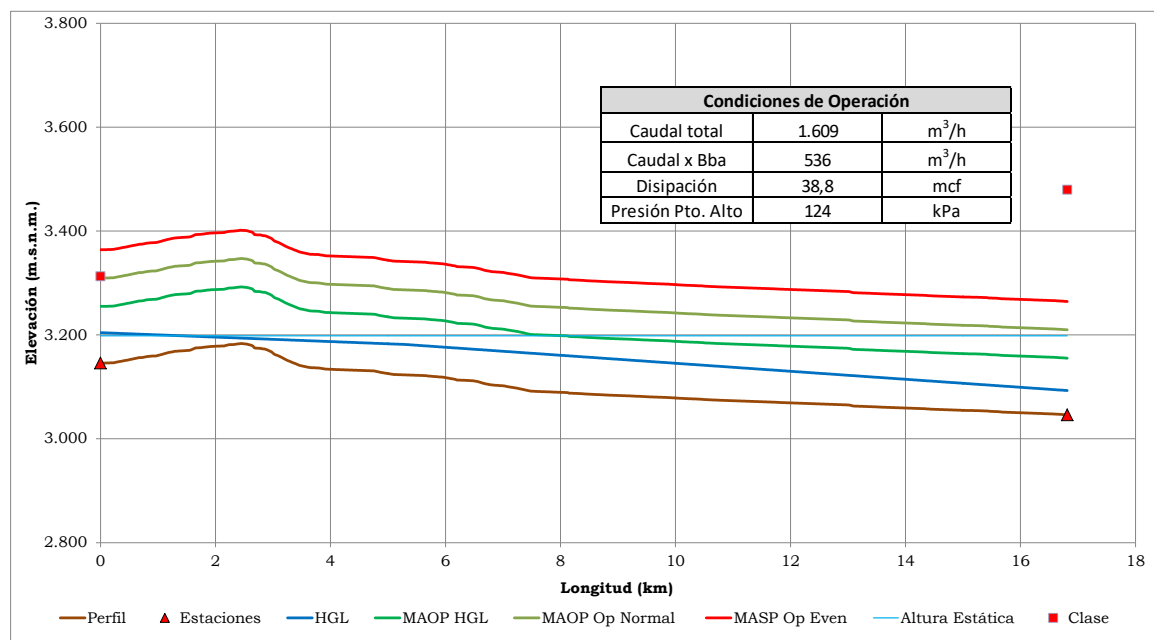


Figura 9: HGL Caso 2 - 1, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando					(m³/h)	(kPa)	(kW)	(mcf)	(mcf)	(kPa)	(kPa)	(mcf)	(m/s)	(mcf)	(mcf)
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 2 - 1	SI	SI	--	HDPE PE100	28 (710)	79,3	5,30	1.609	690	99	2	56,6	124	550	38,8	2,38	10,5	36
					24 (630)	70,3	11,51											

Tabla 17: Condiciones de Operación Caso 2 - 1, Electrolito Pobre.

6.1.3.2 Caso 2 - 2

Este caso considera mantener el equipo de bombeo original, para lo cual se busca el punto de equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba sin considerar necesario respetar la holgura mínima con respecto al perfil de terreno.

Tal como se puede apreciar en la Figura 10 y en la Tabla 18 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra un flujo levemente mayor al de diseño ($1.876 \text{ m}^3/\text{h}$) pero solo se consiguen 63 kPa (5,3 mcf) de presión en el punto alto del trazado.

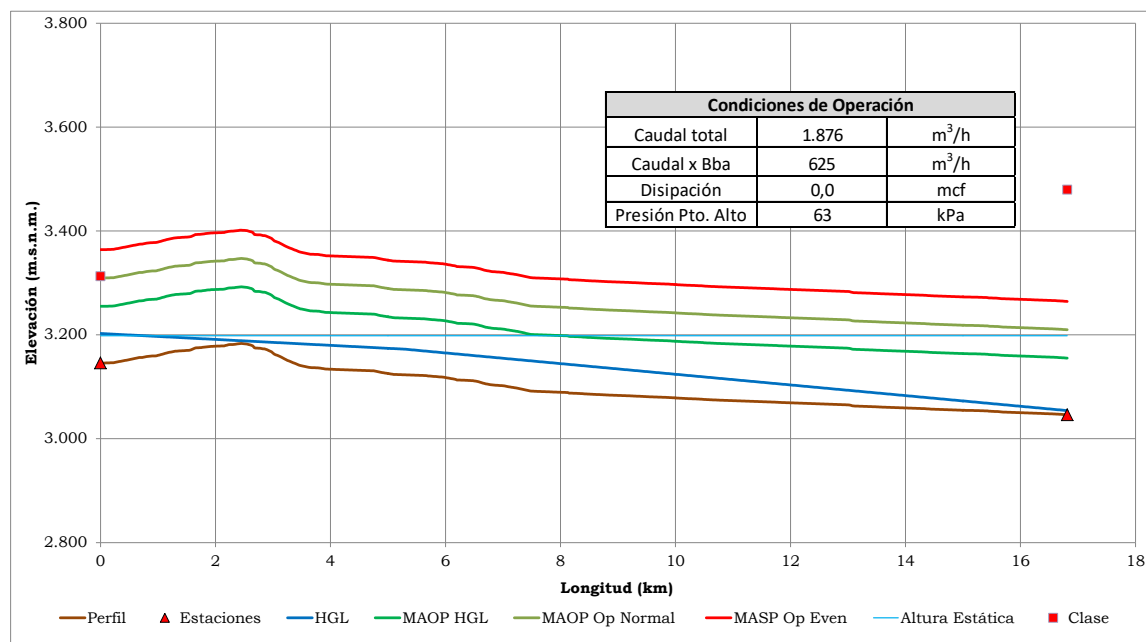


Figura 10: HGL Caso 2 - 2, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 2 - 2	--	SI	--	HDPE PE100	28 (710)	79,3	5,30	1.876	669	112	2	54,8	63	94	0,0	2,77	5,3	51
					24 (630)	70,3	11,51											

Tabla 18: Condiciones de Operación Caso 2 - 2, Electrolito Pobre.

6.1.3.3 Caso 2 - 3

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño (1.875 m³/h) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 11 y en la Tabla 19 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño (1.875 m³/h) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 433 mm.

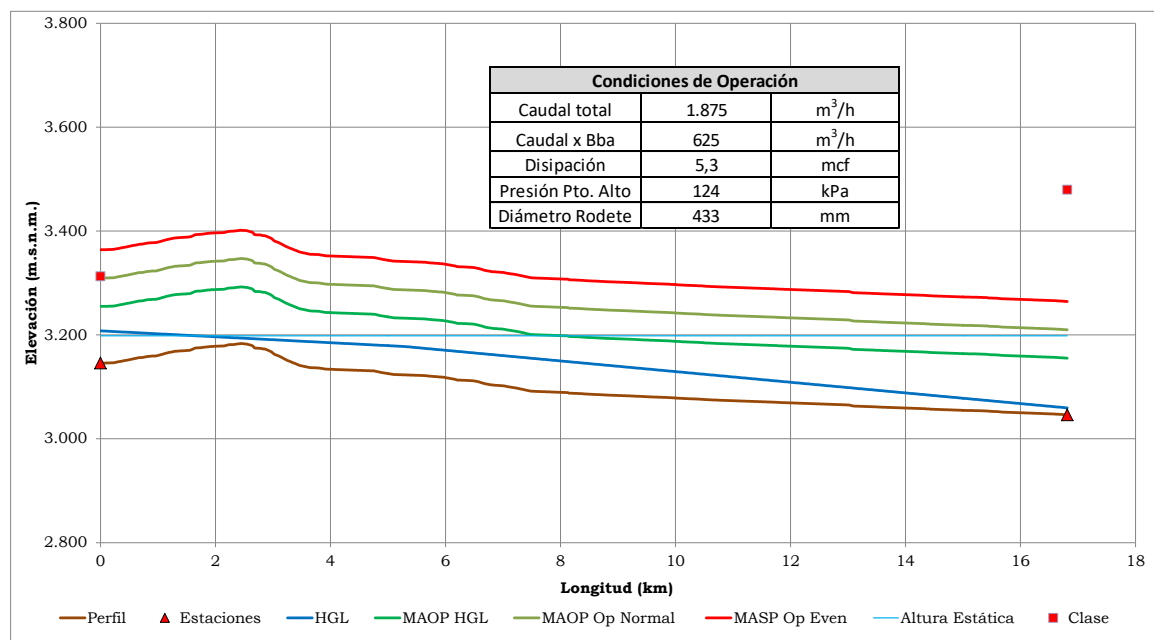


Figura 11: HGL Caso 2 - 3, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando					(m³/h)	(kPa)	(kW)	(mcf)	(mcf)	(kPa)	(kPa)	(mcf)	(m/s)	(mcf)	(mcf)
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 2 - 3	--	--	SI	HDPE PE100	28 (710)	79,3	5,30	1.875	731	123	2	60,0	124	157	5,3	2,77	10,5	46
					24 (630)	70,3	11,51											

Tabla 19: Condiciones de Operación Caso 2 - 3, Electrolito Pobre.

6.1.4 Caso 3, Diseño con Acero Carbono con *Liner*

El Caso 3 para el sistema de Electrolito Pobre considera evaluar el sistema reemplazando toda latubería de acero inoxidable por tubería de acero carbono revestida en *liner* (HDPE). La longitud de cambio de la tubería de acero carbono se definió en función de la resistencia de dicha tubería.

Para este análisis se han considerado las opciones que se detallan a continuación.

6.1.4.1 Caso 3 – 1

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 12 y en la Tabla 20 que se muestran a continuación, para esta condición de operación no se logra llegar al caudal de diseño (1.863 m³/h).

**Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas
Electrolito Interplanta a HDPE – MEL
BPI17009**

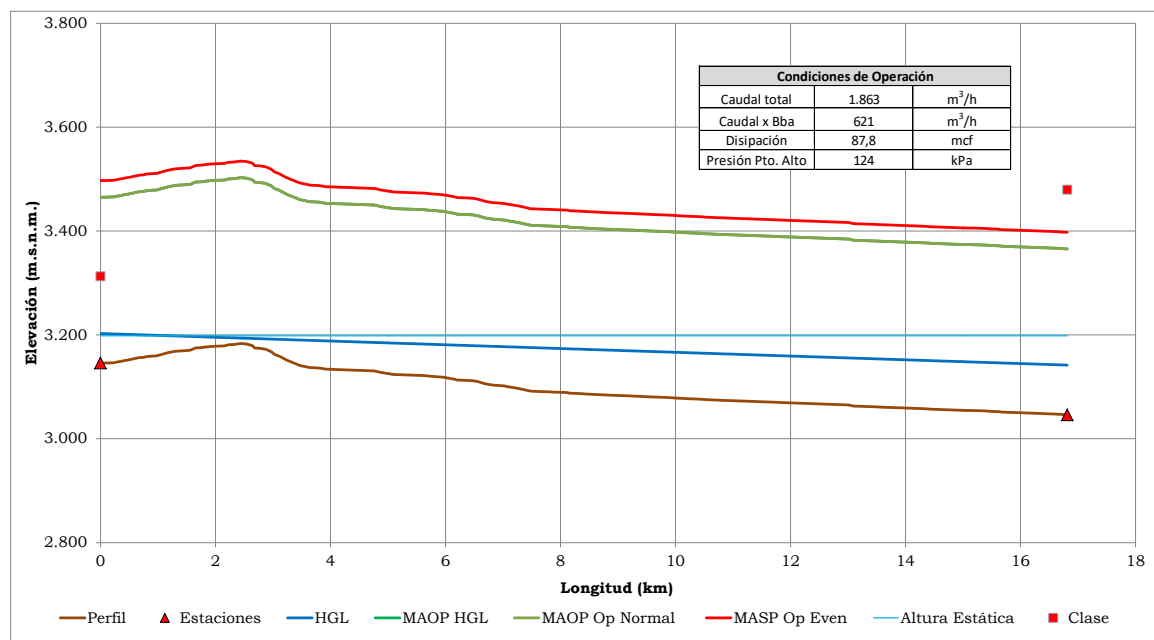


Figura 12: HGL Caso 3 - 1, Electrolito Pobre.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando					(m³/h)	(kPa)	(kW)	(mcf)	(mcf)	(kPa)	(kPa)	(mcf)	(m/s)	(mcf)	(mcf)
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 3 - 1	SI	SI	--	Acero API Grado B	26 (660)	7,14	16,81	1.863	670	112	2	54,9	124	1.127	87,8	1,77	10,5	224
				Liner	--	17,85	16,81											

Tabla 20: Condiciones de Operación Caso 3 - 1, Electrolito Pobre.

6.1.4.2 Caso 3 - 2

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 13 y en la Tabla 21 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 434 mm.

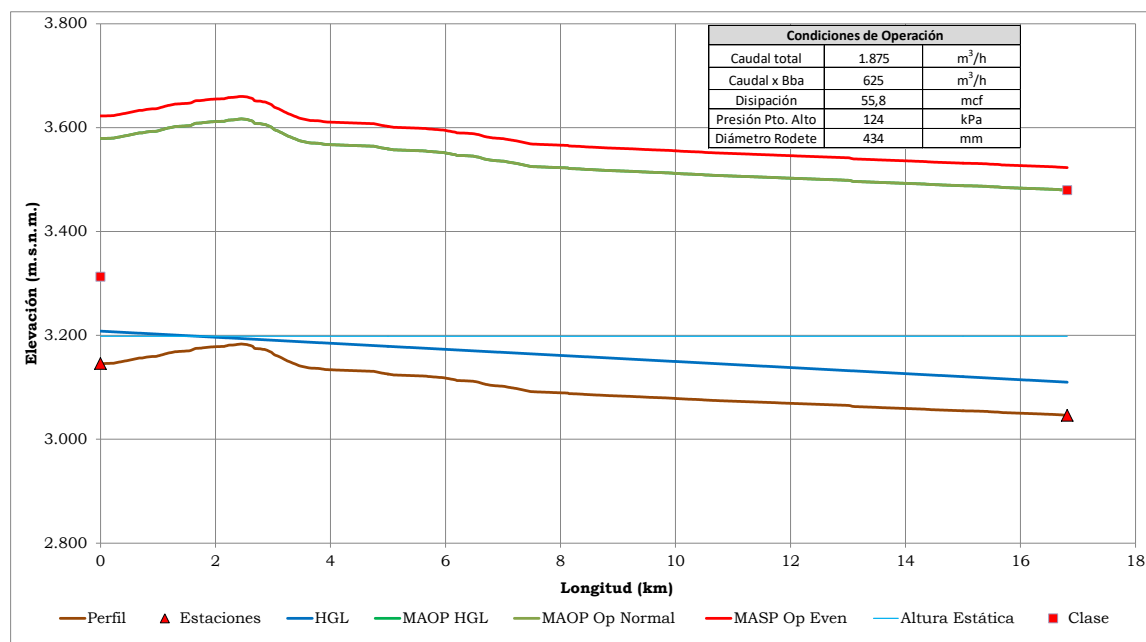


Figura 13: HGL Caso 3 - 2, Electrolito Pobre.

**Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas
Electrolito Interplanta a HDPE – MEL
BPI17009**

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo					(m³/h)	(kPa)	(kW)	(mcf)	(mcf)	(kPa)	(kPa)	(mcf)	(m/s)	(mcf)	(mcf)
Caso 3 - 2	SI	--	SI	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	16,81	1.875	735	123	2	60,3	124	751	55,8	2,15	10,5	361
				Liner	--	17,8 5	16,81											

Tabla 21: Condiciones de Operación Caso 3 - 2, Electrolito Pobre.

7 EVALUACIÓN ECONÓMICA SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITO POBRE

7.1.1 Caso Base, Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable

Para efectos de comparación, la evaluación económica del Caso Base se realiza para la alternativa que solo considera cambio de tubería, ya que los costos asociados a la modificación de equipos de bombeo no han sido valorizados independiente de las opciones de análisis (manteniendo criterio de diseño de 124 kPa en el punto alto y equipos de bombeo ó modificando equipos de bombeo).

El desglose de los costos de inversión se muestran a continuación en la Tabla 22, para mayor detalle ver Anexo II.

Caso	Descripción	Características Tubería					Costos			Sub-Total (USD)	Costos Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)
		Material	Diámetro in (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)		Suministro (USD)	Montaje (USD)	Movimiento de Tierra (USD)				
Base	Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	Acero Inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	12,23	2.760.838	4.989.565	4.783.073	3.098.887	15.306.697	4.592.009	6.964.547	26.863.254
			20 (508)	5,54	4,59	4,82	1.294.855	1.140.317					

Tabla 22: Costos de Inversión Caso Base, Electrolito Pobre.

7.1.2 Caso 1, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ASTM)

Para efectos de comparación, la evaluación económica del Caso 1 se realiza para la alternativa que solo considera cambio de tubería, ya que los costos asociados a la modificación de equipos de bombeo no han sido valorizados independiente de las opciones de análisis (manteniendo criterio de diseño de 124 kPa en el punto alto y equipos de bombeo ó modificando equipos de bombeo).

El desglose de los costos de inversión se muestran a continuación en la Tabla 23, para mayor detalle ver Anexo II.

Caso	Descripción	Características Tubería					Costos			Sub-Total (USD)	Costos Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)
		Material	Diámetro in (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Longitud de Compra (km)	Suministro (USD)	Montaje (USD)	Movimiento de Tierra (USD)				
1	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ASTM)	HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	7,40	7,77	2.791.139	2.018.506	3.098.887	14.203.218	4.260.965	6.462.464	24.926.647
		Acero Inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	4,83	5,07	1.970.531	1.888.981					
			20 (508)	5,54	4,59	4,82	1.294.855	1.140.317					

Tabla 23: Costos de Inversión Caso 1, Electrolito Pobre.

7.1.3 Caso 2, Diseño con HDPE (Norma ISO)

Para efectos de comparación, la evaluación económica del Caso 2 se realiza para la alternativa que solo considera cambio de tubería, ya que los costos asociados a la modificación de equipos de bombeo no han sido valorizados independiente de las opciones de análisis (manteniendo criterio de diseño de 124 kPa en el punto alto y equipos de bombeo ó modificando equipos de bombeo).

El desglose de los costos de inversión se muestran a continuación en la Tabla 24, para mayor detalle ver Anexo II.

Caso	Descripción	Características Tubería					Costos			Sub-Total (USD)	Costos Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)
		Material	Diámetro in (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Longitud de Compra (km)	Suministro (USD)	Montaje (USD)	Movimiento de Tierra (USD)				
2	Diseño con HDPE (Norma ISO)	HDPE PE100	28 (710)	79,3	5,30	5,57	1.762.213	1.236.098	3.098.887	11.323.693	3.397.108	5.152.280	19.873.082
		HDPE PE100	24 (630)	70,3	11,51	12,09	3.006.147	2.220.348					

Tabla 24: Costos de Inversión Caso 2, Electrolito Pobre.

7.1.4 Caso 3, Diseño con Acero Carbono con Liner

Para efectos de comparación, la evaluación económica del Caso 3 se realiza para la alternativa que solo considera cambio de tubería, ya que los costos asociados a la modificación de equipos de bombeo no han sido valorizados independiente de las opciones de análisis (manteniendo criterio de diseño de 124 kPa en el punto alto y equipos de bombeo ó modificando equipos de bombeo).

El desglose de los costos de inversión se muestran a continuación en la Tabla 25, para mayor detalle ver Anexo II.

Caso	Descripción	Características Tubería					Costos			Sub-Total (USD)	Costos Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)
		Material	Diámetro in (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Longitud de Compra (km)	Suministro (USD)	Montaje (USD)	Movimiento de Tierra (USD)				
3 - 1	Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i>	Acero API Grado B	26 (660)	7,14	16,81	17,65	3.283.155	6.362.981	3.098.887	18.025.053	5.407.516	8.201.399	31.633.969
		Liner	--	17,85	16,81	17,65	5.280.030						
3 - 2		Acero API Grado B	24 (610)	9,53	16,81	17,65	2.735.963	5.302.484	3.098.887	15.894.286	4.768.286	7.231.900	27.894.473
		Liner	--	17,85	16,81	17,65	4.756.953						

Tabla 25: Costos de Inversión Caso 3, Electrolito Pobre.

8 ANÁLISIS SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITO RICO

8.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

En los siguientes apartados se describen las alternativas desarrolladas para evaluar la factibilidad de poder utilizar tuberías de diferentes materiales en reemplazo de la tubería de acero inoxidable existente en el sistema de transporte de Electrolito Rico.

En caso de ser factible, para cada cambio de material se evaluaron las siguientes opciones, las cuales corresponden a:

- a) Opción 1: Respetar el criterio de diseño de mantener una presión mínima en el punto alto del trazado (valor mínimo 124 kPa), además de mantener las características de los equipos de bombeo existente (tamaño de rodete).
- b) Opción 2: Respetar el criterio de diseño de mantener una presión mínima en el punto alto del trazado de 124 kPa, pero modificando las características de los equipos de bombeo existente (tamaño de rodete).

Para poder llevar a cabo el desarrollo del estudio se ha asignado una codificación a cada una de las posibles opciones de análisis, por lo tanto a cada caso se le asignó un descriptor Caso Base, 1, 2, 3 y 4; para luego agregar un segundo número (1 ó 2) correspondiente a la opción analizada.

**Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas
Electrolito Interplanta a HDPE – MEL
BPI17009**

Descripción	Material	Diámetro pulg. (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Casos	Opciones de Análisis			
						Items	Manteniendo		Modificando
							Criterio de Diseño	Equipos de Bombeo	Equipos de Bombeo
Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	16,81	Caso Base	Caso Base 1	SI	SI	--
						Caso Base 2	SI	--	SI
Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ASTM)	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	11,68	1	1 - 1	SI	SI	--
	HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	5,13		1 - 2	SI	--	SI
Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ISO)	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,91	2 - 1	2 - 1 - 1	SI	SI	--
	HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,90		2 - 1 - 2	SI	--	SI
Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ISO)	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,41	2 - 2	2 - 2 - 1	SI	SI	--
	HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,40		2 - 2 - 2	SI	--	SI
Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i> + HDPE (Norma ISO)	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,96	3 - 1	3 - 1 - 1	SI	SI	--
	<i>Liner</i>	--	15,3	9,96		3 - 1 - 2	SI	--	SI
	HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,85					
Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i> + HDPE (Norma ISO)	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,44	3 - 2	3 - 2 - 1	SI	SI	--
	<i>Liner</i>	--	15,3	9,44		3 - 2 - 2	SI	--	SI
	HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,38					
Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i>	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,26	4	4 - 1	SI	SI	--
	<i>Liner</i>	--	15,3	9,26					

Descripción	Material	Diámetro pulg. (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Casos	Opciones de Análisis			
						Items	Manteniendo		Modificando
							Criterio de Diseño	Equipos de Bombeo	Equipos de Bombeo
Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i>	Acero API Grado B	22 (559)	9,53	7,55	4	4 - 1	SI	SI	--
	<i>Liner</i>	--	15,3	7,55					

Tabla 26: Descripción Casos Analizados Sistemas de Transporte Electrolito Rico

8.1.1 Caso Base, Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable

El Caso Base para el sistema de Electrolito Rico considera evaluar el sistema de acuerdo al diseño original, lo que implica mantener acero inoxidable en toda su extensión.

Para este análisis se han considerado las opciones que se detallan a continuación.

8.1.1.1 Caso Base 1

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 14 y en la Tabla 27 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar a un caudal mayor al de diseño (1.953 m³/h).

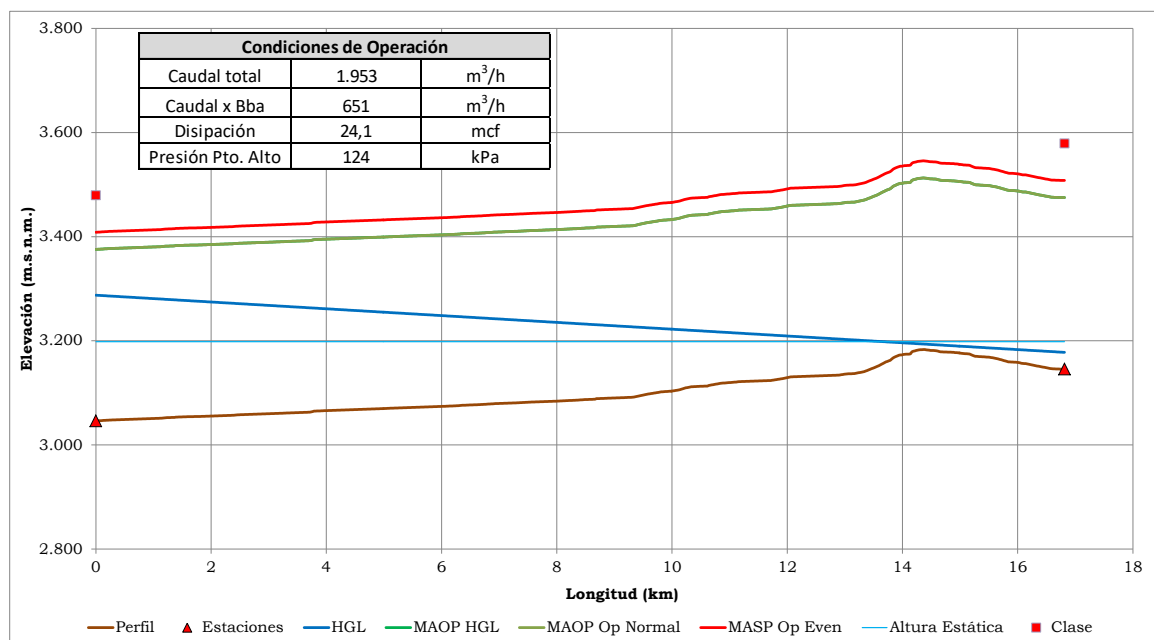


Figura 14: HGL Caso Base 1, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m ³ /h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso Base 1	SI	SI	--	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	16,81	1.953	2.843	510	2	240	124	378	24,1	1,98	10,5	87,9

Tabla 27: Condiciones de Operación Caso Base 1, Electrolito Rico.

8.1.1.2 Caso Base 2

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 15 y en la Tabla 28 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 431 mm.

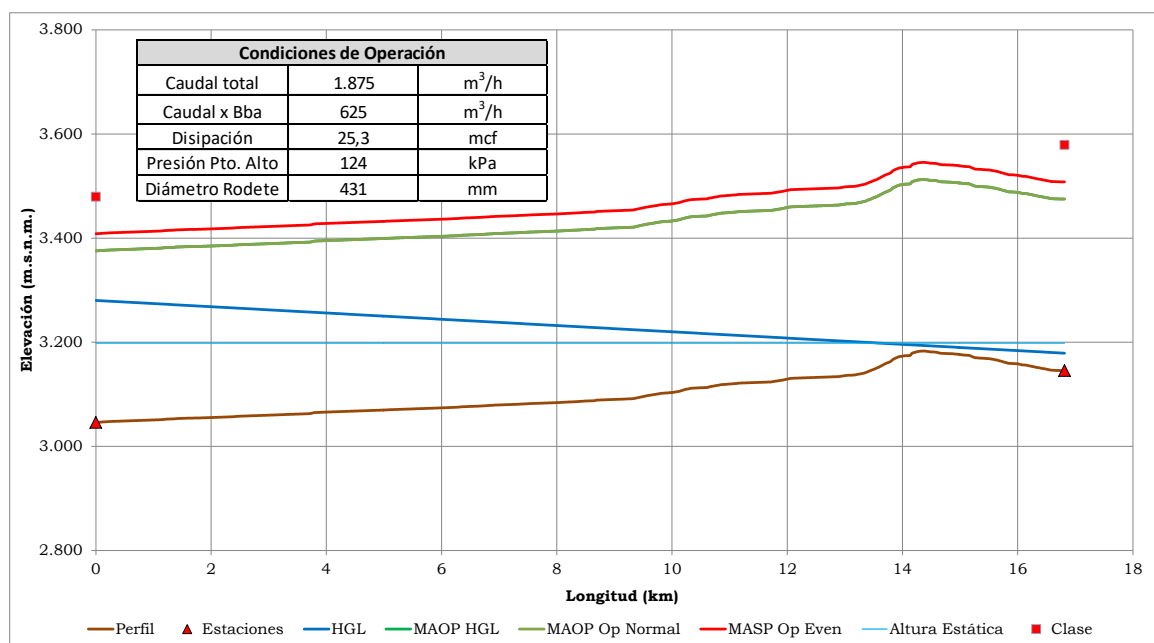


Figura 15: HGL Caso Base 2, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m ³ /h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso Base 2	SI	--	SI	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	16,81	1.875	2.758	473	2	232	124	392	25,3	1,90	10,5	95,2

Tabla 28: Condiciones de Operación Caso Base 2, Electrolito Rico.

8.1.2 Caso 1, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ASTM)

El Caso 1 para el sistema de Electrolito Rico considera evaluar el sistema reemplazando la mayor longitud de tubería de acero inoxidable posible por tubería de HDPE fabricada bajo norma ASTM. La longitud de cambio de la tubería de HDPE se definió en función de la resistencia de dicha tubería.

Para este análisis se han considerado las opciones que se detallan a continuación.

8.1.2.1 Caso 1 – 1

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 16 y en la Tabla 29 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar a un caudal mayor al de diseño (1.995 m³/h).

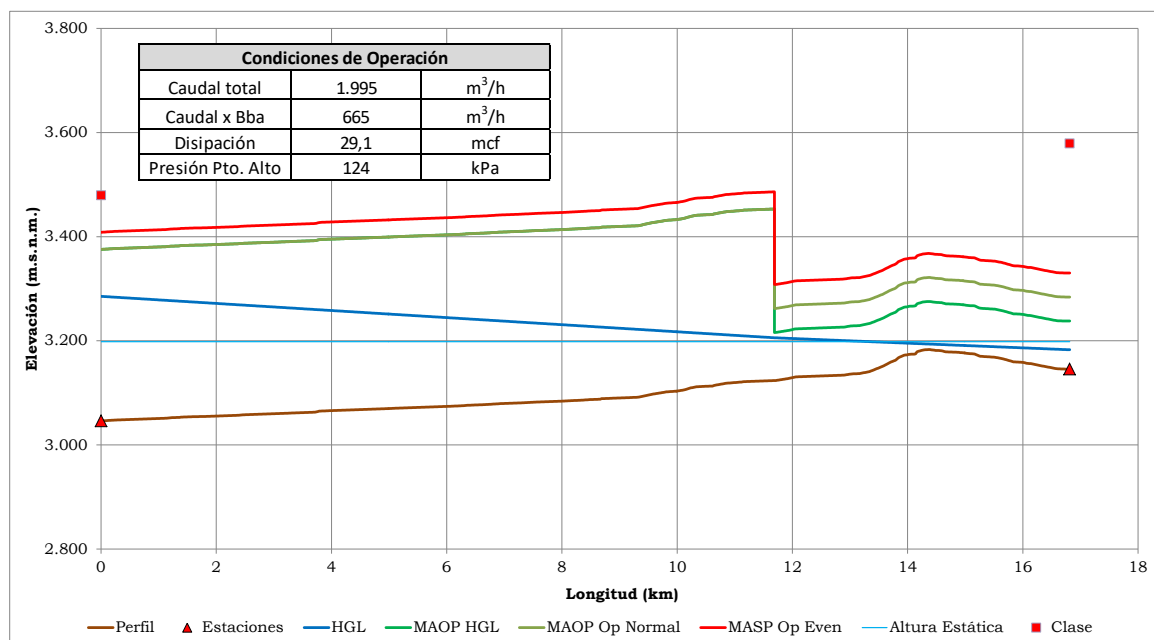


Figura 16: HGL Caso 1 - 1, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando					(m³/h)	(kPa)	(kW)	(mcf)	(mcf)	(kPa)	(kPa)	(mcf)	(m/s)	(mcf)	(mcf)
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 1 - 1	SI	SI	--	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	11,68	1.995	2.817	516	2	237,3	124	436	29,1	2,02	10,5	10
				HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	5,13											

Tabla 29: Condiciones de Operación Caso 1 - 1, Electrolito Rico.

8.1.2.2 Caso 1 - 2

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 17 y en la Tabla 30 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 427 mm.

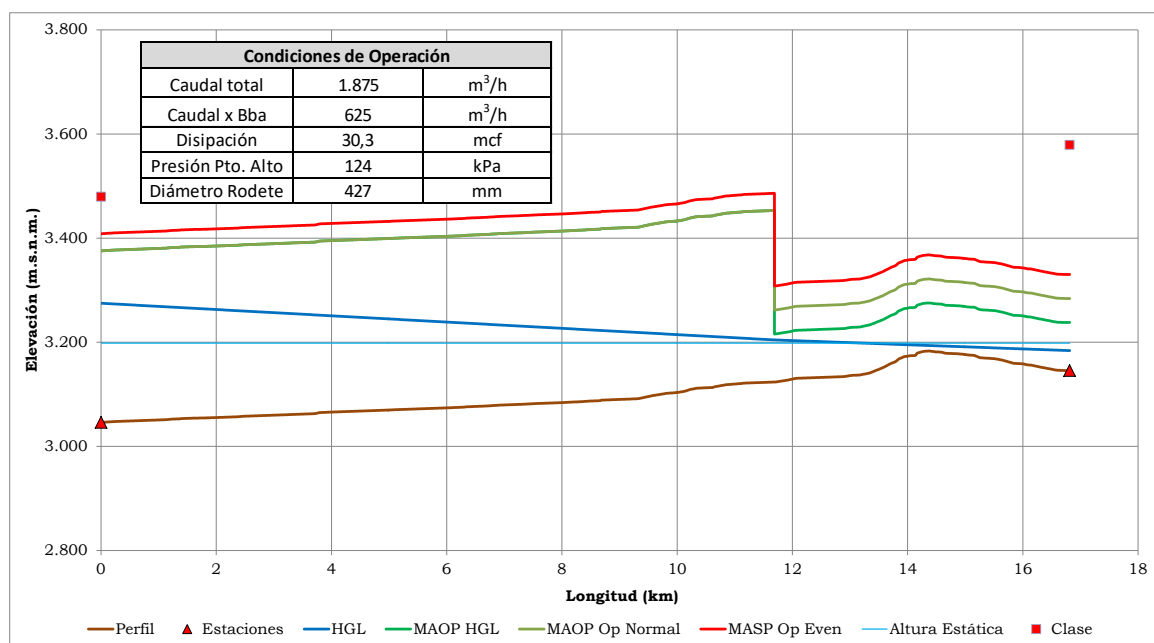


Figura 17: HGL Caso 1 - 2, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m³/h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 1 - 2	SI	--	SI	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	11,68	1.875	2.694	463	2	226,5	124	450	30,3	1,90	10,5	11
				HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	5,13											

Tabla 30: Condiciones de Operación Caso 1 - 2, Electrolito Rico.

8.1.3 Caso 2, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ISO)

El Caso 2 para el sistema de Electrolito Rico considera evaluar el sistema reemplazando la mayor longitud de tubería de acero inoxidable posible por tubería de HDPE fabricada bajo norma ISO. La longitud de cambio de la tubería de HDPE se definió en función de la resistencia de dicha tubería.

En esta alternativa se consideró la opción de diámetro de HDPE en 28 y 32 pulgadas, para luego comparar sus respectivos costos asociados, ya que las longitudes de cambio son proporcionales al diámetro y se quiere verificar en función del costo de cada diámetro cual es la alternativa más rentable.

Para este análisis se han considerado las opciones que se detallan a continuación.

8.1.3.1 Caso 2 – 1

a) Caso 2 – 1 – 1: Diámetro de HDPE 28 pulgadas.

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 18 y en la Tabla 31 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar a un caudal mayor al de diseño (1.964 m³/h).

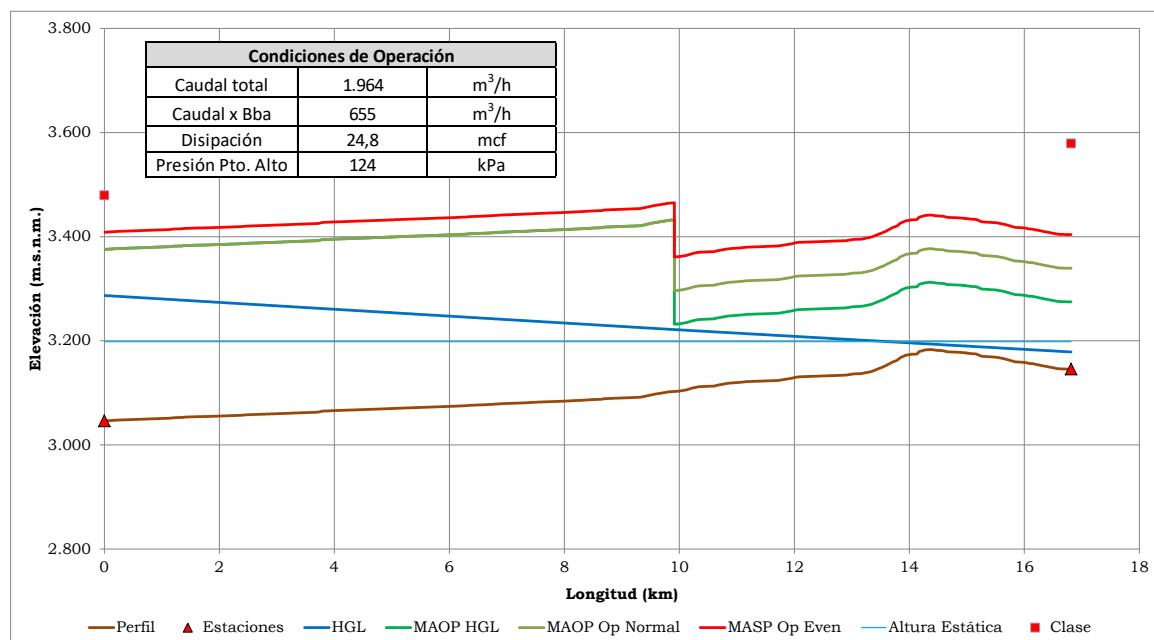


Figura 18: HGL Caso 2 – 1 - 1, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m ³ /h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 2 – 1 - 1	SI	SI	--	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,91	1.964	2.836	512	2	238,9	124	386	24,8	2,29	10,5	10
				HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,90											

Tabla 31: Condiciones de Operación Caso 2 – 1 - 1, Electrolito Rico.

b) Caso 2 – 1 – 2: Diámetro de HDPE 28 pulgadas.

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 19 y en la Tabla 32 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 430 mm.

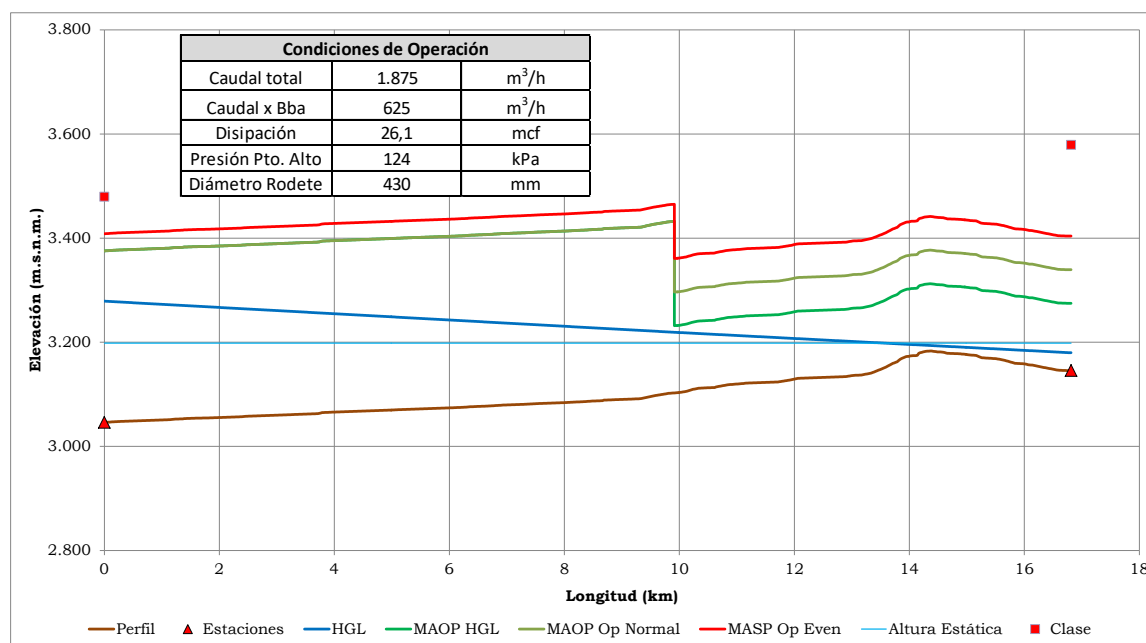


Figura 19: HGL Caso 2 – 1 - 2, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo					(m ³ /h)	(kPa)	(kW)	(mcf)	(mcf)	(kPa)	(kPa)	(mcf)	(m/s)	(mcf)	(mcf)
Caso 2 – 1 - 2	SI	--	SI	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,91	1.875	2.741	471	2	230,4	124	401	26,1	2,18	10,5	13
				HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,90											

Tabla 32: Condiciones de Operación Caso 2 – 1 - 2, Electrolito Rico.

8.1.3.2 Caso 2 – 2

a) Caso 2 – 2 – 1: Diámetro de HDPE 32 pulgadas.

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 20 y en la Tabla 33 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar a un caudal mayor al de diseño (2.067 m³/h).

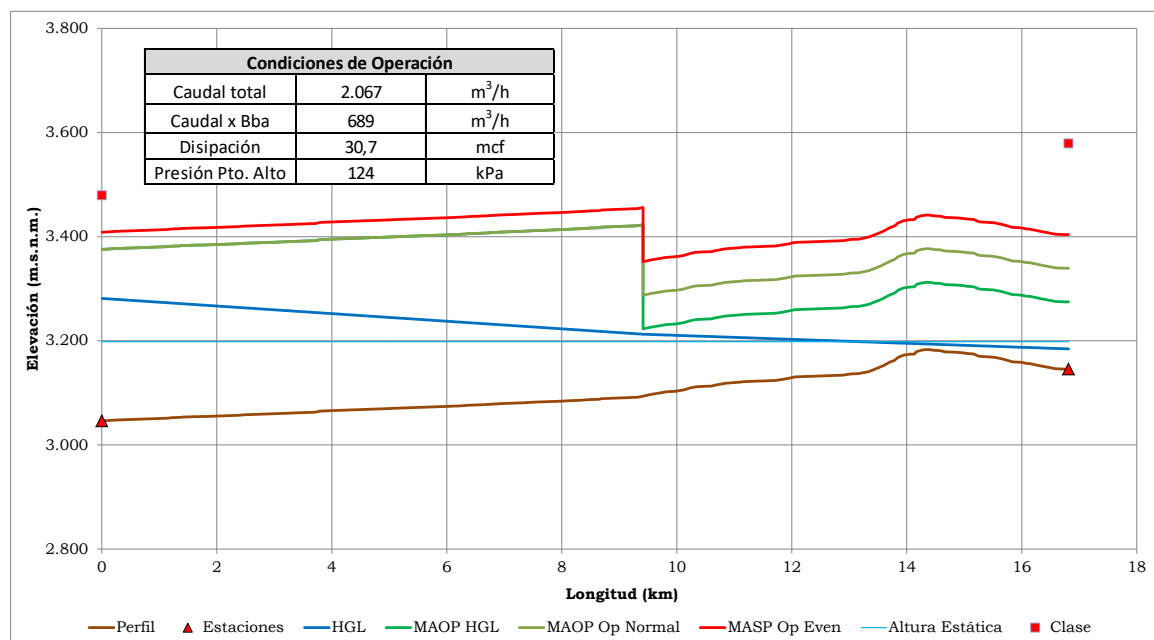


Figura 20: HGL Caso 2 – 2 - 1, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m³/h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 2 – 2 - 1	SI	SI	--	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,41	2.067	2.770	526	2	233,4	124	456	30,7	2,09	10,5	10
				HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,40											

Tabla 33: Condiciones de Operación Caso 2 – 2 - 1, Electrolito Rico.

a) Caso 2 – 2 – 2: Diámetro de HDPE 32 pulgadas.

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 21 y en la Tabla 34 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 420 mm.

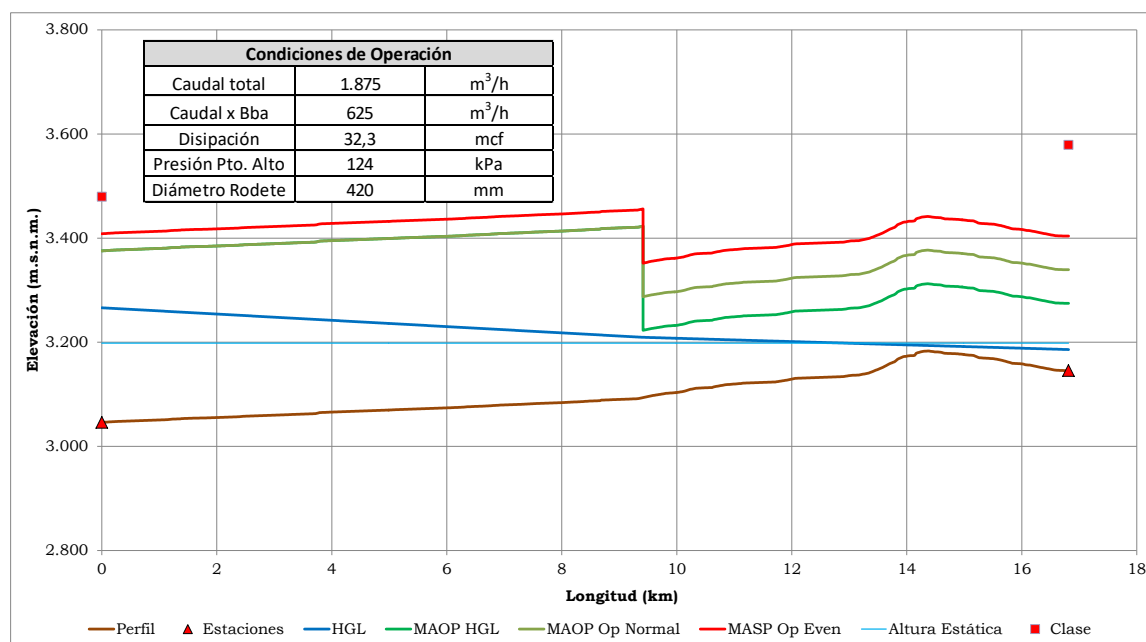


Figura 21: HGL Caso 2 – 2 - 2, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo					(m³/h)	(kPa)	(kW)	(mcf)	(mcf)	(kPa)	(kPa)	(mcf)	(m/s)	(mcf)	(mcf)
Caso 2 – 2 - 2	SI	--	SI	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,41	1.875	2.592	445	2	217,7	124	474	32,3	1,90	10,5	13
				HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,40											

Tabla 34: Condiciones de Operación Caso 2 – 2 - 2, Electrolito Rico.

8.1.4 Caso 3, Diseño con Acero Carbono con *Liner* y HDPE (Norma ISO)

El Caso 3 para el sistema de Electrolito Rico considera evaluar el sistema reemplazando la mayor longitud de tubería de acero inoxidable posible por tubería de HDPE fabricada bajo norma ISO; para luego reemplazar el acero inoxidable por acero carbono revestido en *liner*. La longitud de cambio de la tubería de HDPE se definió en función de la resistencia de dicha tubería.

En esta alternativa se consideró la opción de diámetro de HDPE en 28 y 32 pulgadas, para luego comparar sus respectivos costos asociados, ya que las longitudes de cambio son proporcionales al diámetro y se quiere verificar en función del costo de cada diámetro cual es la alternativa más rentable.

Para este análisis se han considerado las opciones que se detallan a continuación.

8.1.4.1 Caso 3 – 1

a) Caso 3 – 1 – 1: Diámetro de HDPE 28 pulgadas.

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 22 y en la Tabla 35 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar a un caudal mayor al de diseño (2.000 m³/h).

**Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas
Electrolito Interplanta a HDPE – MEL
BPI17009**

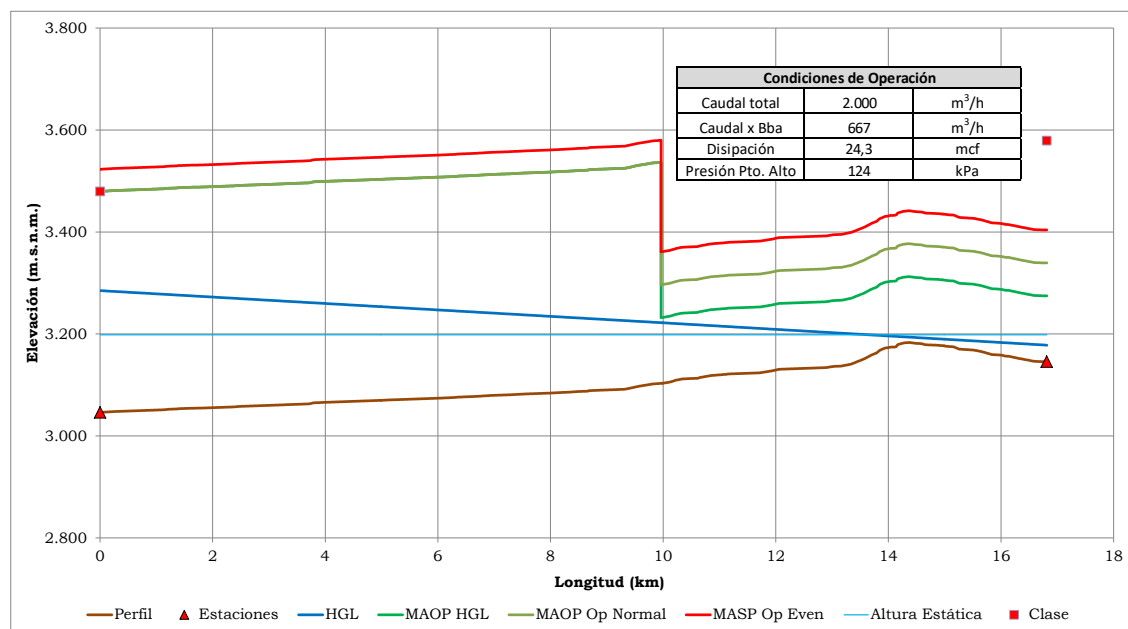


Figura 22: HGL Caso 3 – 1 - 1, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m³/h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 3 – 1 - 1	SI	SI	--	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,96	2.000	2.813	517	2	237,0	124	380	24,3	2,33	10,5	10,1
			Liner	--	15,3	9,96												
			HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,85												

Tabla 35: Condiciones de Operación Caso 3 – 1 - 1, Electrolito Rico.

b) Caso 3 – 1 – 2: Diámetro de HDPE 28 pulgadas.

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 23 y en la Tabla 36 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 427 mm.

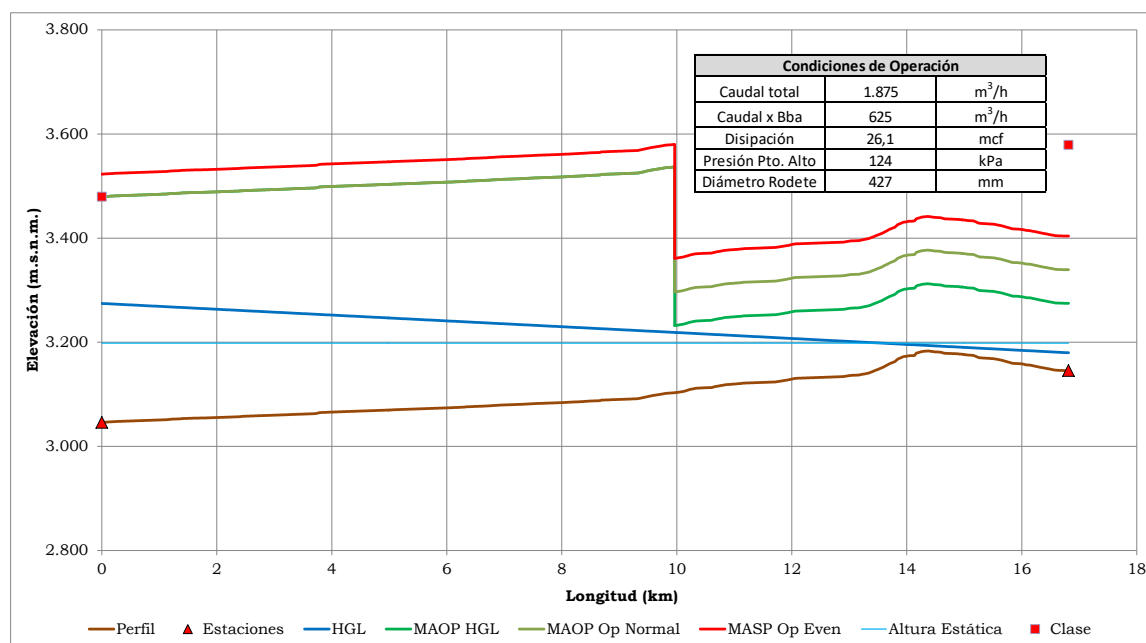


Figura 23: HGL Caso 3 – 1 - 2, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m³/h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 3 – 1 - 2	SI	--	SI	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,96	1.875	2.690	463	2	226,5	124	401	26,1	2,18	10,5	13,3
				Liner	--	15,3	9,96											
				HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,85											

Tabla 36: Condiciones de Operación Caso 3 – 1 - 2, Electrolito Rico.

8.1.4.2 Caso 3 – 2

a) Caso 3 – 2 – 1: Diámetro de HDPE 32 pulgadas.

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 24 y en la Tabla 37 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar a un caudal mayor al de diseño (2.108 m³/h).

**Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas
Electrolito Interplanta a HDPE – MEL
BPI17009**

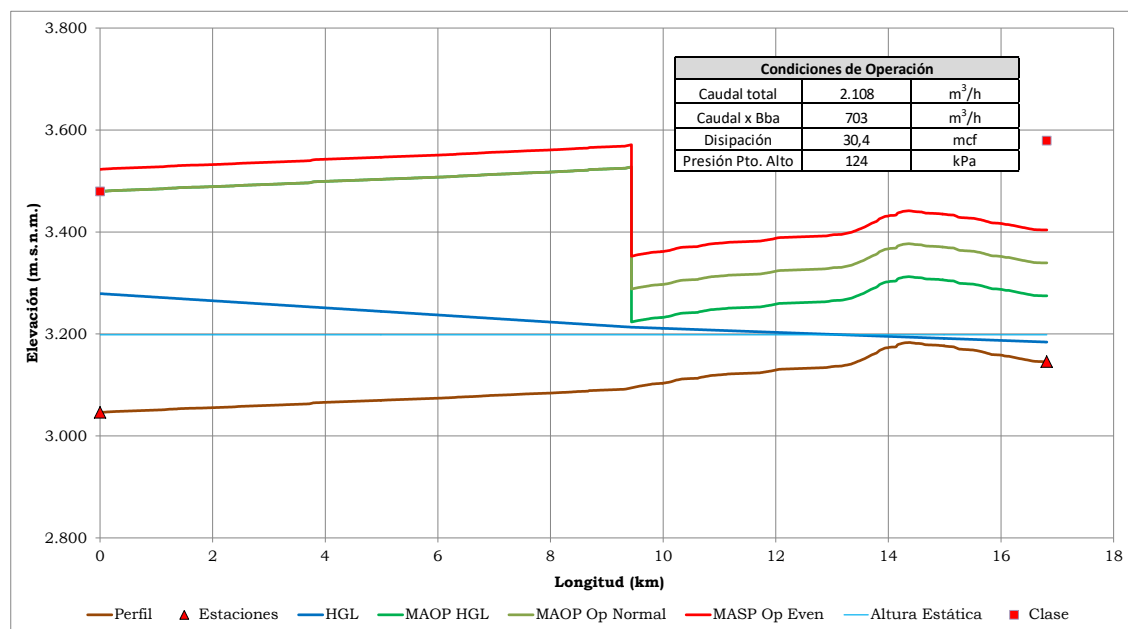


Figura 24: HGL Caso 3 - 2 - 1, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m³/h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 3 - 2 - 1	SI	SI	--	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,44	2.108	2.743	531	2	231,0	124	452	30,4	2,37	10,5	10,2
				Líner	--	15,3	9,44											
				HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,38											

Tabla 37: Condiciones de Operación Caso 3 - 2 - 1, Electrolito Rico.

b) Caso 3 – 2 – 2: Diámetro de HDPE 32 pulgadas.

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y modificar los equipos de bombeo original, para esto se consideró el flujo de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y se modificó la disipación en el punto de llegada (válvula) para mantener los 124 kPa en el punto alto con el fin de establecer un diámetro de rodete para poder cumplir con dichas condiciones de operación.

Tal como se puede apreciar en la Figura 25 y en la Tabla 38 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) y mantener la holgura requerida en el punto alto (124 kPa) considerando modificar el rodete a 417 mm.

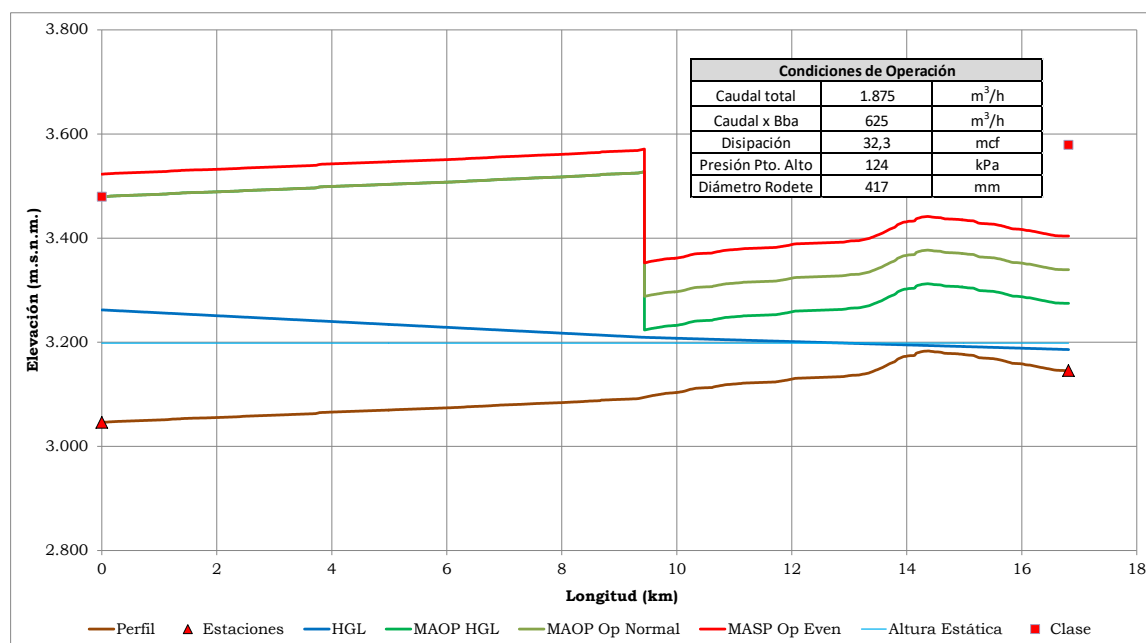


Figura 25: HGL Caso 3 – 2 - 2, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo	Presión Desc.	Potencia Hid.	Presión Succ.	TDH	Presión Pto. Alto	Presión TK	Disip Válv.	Vel. Máx. Línea	Holg. c/r perfil	Holg c/r MAOP SS
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo					(m³/h)	(kPa)	(kW)	(mcf)	(mcf)	(kPa)	(kPa)	(mcf)	(m/s)	(mcf)	(mcf)
Caso 3 – 2 - 2	SI	--	SI	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,44	1.875	2.544	437	2	213,9	124	474	32,3	2,11	10,5	14,0
				Liner	--	15,3	9,44											
				HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,38											

Tabla 38: Condiciones de Operación Caso 3 – 2 - 2, Electrolito Rico.

8.1.5 Caso 4, Diseño con Acero Carbono con Liner

El Caso 4 para el sistema de Electrolito Rico considera evaluar el sistema reemplazando toda latubería de acero inoxidable por tubería de acero carbono revestida en *liner* (HDPE). La longitud de cambio de la tubería de acero carbono se definió en función de la resistencia de dicha tubería.

Para este análisis se han considerado las opciones que se detallan a continuación.

8.1.5.1 Caso 4 – 1

Este caso considera mantener los 124 kPa en el punto alto y los equipos de bombeo original, para lo cual se realizó un proceso iterativo de modificar la condición de disipación en el punto de llegada (válvula), hasta obtener el equilibrio entre la curva del sistema y la curva de la bomba.

Tal como se puede apreciar en la Figura 26 y en la Tabla 39 que se muestran a continuación, para esta condición de operación se logra llegar al caudal de diseño (1.875 m³/h).

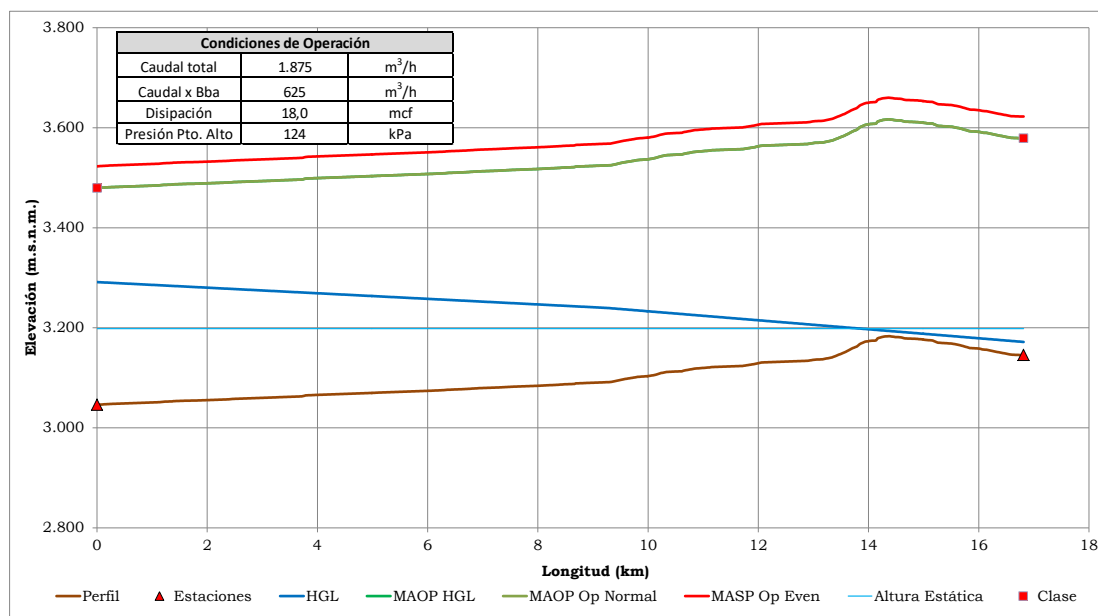


Figura 26: HGL Caso 4 - 1, Electrolito Rico.

Opciones de Análisis				Material	Dia. pulg. (mm)	Esp. (mm)	Long. (km)	Flujo (m³/h)	Presión Desc. (kPa)	Potencia Hid. (kW)	Presión Succ. (mcf)	TDH (mcf)	Presión Pto. Alto (kPa)	Presión TK (kPa)	Disip Válv. (mcf)	Vel. Máx. Línea (m/s)	Holg. c/r perfil (mcf)	Holg c/r MAOP SS (mcf)
Item	Manteniendo		Modificando															
	Criterio Diseño	Equipo Bombeo	Equipo Bombeo															
Caso 4 - 1	SI	SI	--	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,26	1.875	2.888	497	2	243,3	124	307	18,0	2,56	10,4	188
				Liner	--	15,3	9,26											
				Acero API Grado B	22 (660)	9,53	7,55											
				Liner	--	15,3	7,55											

Tabla 39: Condiciones de Operación Caso 4 - 1, Electrolito Rico.

9 EVALUACIÓN ECONÓMICA SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITO RICO

9.1.1 Caso Base, Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable

Para efectos de comparación, la evaluación económica del Caso Base se realiza para la alternativa que solo considera cambio de tubería, ya que los costos asociados a la modificación de equipos de bombeo no han sido valorizados independiente de las opciones de análisis (manteniendo criterio de diseño de 124 kPa en el punto alto y equipos de bombeo ó modificando equipos de bombeo).

El desglose de los costos de inversión se muestran a continuación en la Tabla 40, para mayor detalle ver Anexo II.

Caso	Descripción	Características Tubería					Costos			Sub-Total (USD)	Costos Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)
		Material	Diámetro in (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Longitud de Compra (km)	Suministro (USD)	Montaje (USD)	Movimiento de Tierra (USD)				
Base	Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	Acero Inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	16,81	17,65	10.423.397	6.823.162	3.098.887	20.345.446	6.103.634	9.257.178	35.706.258

Tabla 40: Costos de Inversión Caso Base, Electrolito Rico.

9.1.2 Caso 1, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ASTM)

Para efectos de comparación, la evaluación económica del Caso 1 se realiza para la alternativa que solo considera cambio de tubería, ya que los costos asociados a la modificación de equipos de bombeo no han sido valorizados independiente de las opciones de análisis (manteniendo criterio de diseño de 124 kPa en el punto alto y equipos de bombeo ó modificando equipos de bombeo).

El desglose de los costos de inversión se muestran a continuación en la Tabla 41, para mayor detalle ver Anexo II.

Caso	Descripción	Características Tubería					Costos			Sub-Total (USD)	Costos Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)
		Material	Diámetro in (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Longitud de Compra (km)	Suministro (USD)	Montaje (USD)	Movimiento de Tierra (USD)				
1	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ASTM)	Acero Inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	11,68	12,26	7.242.432	4.740.900	3.098.887	18.416.473	5.524.942	8.379.495	32.320.911
		HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	5,13	5,39	1.934.939	1.399.316					

Tabla 41: Costos de Inversión Caso 1, Electrolito Rico.

9.1.3 Caso 2, Diseño con Acero Inoxidable y HDPE (Norma ISO)

Para efectos de comparación, la evaluación económica del Caso 2 se realiza para la alternativa que solo considera cambio de tubería, ya que los costos asociados a la modificación de equipos de bombeo no han sido valorizados independiente de las opciones de análisis (manteniendo criterio de diseño de 124 kPa en el punto alto y equipos de bombeo ó modificando equipos de bombeo).

El desglose de los costos de inversión se muestran a continuación en la Tabla 42, para mayor detalle ver Anexo II.

Caso	Descripción	Características Tubería					Costos			Sub-Total (USD)	Costos Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)
		Material	Diámetro in (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Longitud de Compra (km)	Suministro (USD)	Montaje (USD)	Movimiento de Tierra (USD)				
2 - 1	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ISO)	Acero Inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,91	10,41	6.144.906	4.022.459	3.098.887	17.169.713	5.150.914	7.812.219	30.132.846
		HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,90	7,25	2.294.202	1.609.259					
2 - 2	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ISO)	Acero Inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,41	9,88	5.834.870	3.819.509	3.098.887	18.186.237	5.455.871	8.274.738	31.916.847
		HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,40	7,77	3.121.831	2.311.140					

Tabla 42: Costos de Inversión Caso 2, Electrolito Rico.

9.1.4 Caso 3, Diseño con Acero Carbono con Liner y HDPE (Norma ISO)

Para efectos de comparación, la evaluación económica del Caso 3 se realiza para la alternativa que solo considera cambio de tubería, ya que los costos asociados a la modificación de equipos de bombeo no han sido valorizados independiente de las opciones de análisis (manteniendo criterio de diseño de 124 kPa en el punto alto y equipos de bombeo ó modificando equipos de bombeo).

El desglose de los costos de inversión se muestran a continuación en la Tabla 43, para mayor detalle ver Anexo II.

Caso	Descripción	Características Tubería					Costos			Sub-Total (USD)	Costos Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)
		Material	Diámetro in (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Longitud de Compra (km)	Suministro (USD)	Montaje (USD)	Movimiento de Tierra (USD)				
3 - 1	Diseño con Acero Carbono con <i>liner</i> + HDPE (Norma ISO) ^s	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,96	10,46	1.620.781	3.141.185	3.098.887	14.554.041	4.366.212	6.622.089	25.542.342
		Liner	--	15,30	9,96	10,46	2.818.013						
		HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,85	7,19	2.277.577	1.597.598					
3 - 2	Diseño con Acero Carbono con <i>liner</i> + HDPE (Norma ISO) ^s	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,44	9,91	1.536.162	2.977.187	3.098.887	15.701.411	4.710.423	7.144.142	27.555.976
		Liner	--	15,30	9,44	9,91	2.670.888						
		HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,38	7,75	3.113.393	2.304.894					

Tabla 43: Costos de Inversión Caso 3, Electrolito Rico.

9.1.5 Caso 4, Diseño con Acero Carbono con *Liner*

Para efectos de comparación, la evaluación económica del Caso 4 se realiza para la alternativa que solo considera cambio de tubería, ya que los costos asociados a la modificación de equipos de bombeo no han sido valorizados independiente de las opciones de análisis (manteniendo criterio de diseño de 124 kPa en el punto alto y equipos de bombeo ó modificando equipos de bombeo).

El desglose de los costos de inversión se muestran a continuación en la Tabla 44, para mayor detalle ver Anexo II.

⁸ El Sistema de tubería de acero al carbon revestida en liner considera a flanges Clase ASME 300.

**Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas
Electrolito Interplanta a HDPE – MEL
BPI17009**

Caso	Descripción	Características Tubería					Costos			Sub-Total (USD)	Costos Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)
		Material	Diámetro in (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Longitud de Compra (km)	Suministro (USD)	Montaje (USD)	Movimiento de Tierra (USD)				
4 - 1	Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i>	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,26	9,73	1.507.359	2.921.365	3.098.887	15.765.782	4.729.734	7.173.431	27.668.947
		Liner	--	15,3	9,26	9,73	2.620.808						
		Acero API Grado B	22 (559)	9,53	7,55	7,93	1.228.604	2.381.119					
		Liner	--	15,3	7,55	7,93	2.007.639						

Tabla 44: Costos de Inversión Caso 4, Electrolito Rico.

10 CONCLUSIONES

Este estudio presentó las siguientes alternativas para cambio de material para los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Rico.

Sistema de Transporte	Descripción	Material	Diámetro pulg. (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Casos	Costos (USD)
Electrolito Pobre	Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	12,23	Caso Base	26.863.254
			20 (508)	5,54	4,59		
	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ASTM)	HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	7,4	1	24.926.647
		Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	4,83		
			20 (508)	5,54	4,59		
	Diseño con HDPE (Norma ISO)	HDPE PE100	28 (710)	79,3	5,3	2	19.873.082
			24 (630)	70,3	11,51		
	Diseño con Acero Carbono con Liner	Acero API Grado B	26 (660)	7,14	16,81	3 – 1	31.633.969
		Liner	--	17,85	16,81		
		Acero API Grado B	24 (610)	9,53	16,81	3 - 2	27.894.473
		Liner	--	17,85	16,81		

Tabla 45: Resumen Alternativas Sistema de Transporte Electrolito Pobre.

Sistema de Transporte	Descripción	Material	Diámetro pulg. (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Casos	Costos (USD)
Electrolito Rico	Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	16,81	Caso Base	35.706.258
	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ASTM)	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	11,68	1	32.320.911
		HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	5,13		
	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ISO)	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,91	2 - 1	30.132.846
		HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,90		
	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ISO)	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,41	2 - 2	31.916.847
		HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,40		
	Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i> + HDPE (Norma ISO)	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,96	3 - 1	25.542.342
		<i>Liner</i>	--	15,3	9,96		
		HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,85		
	Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i> + HDPE (Norma ISO)	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,44	3 - 2	27.555.976
		<i>Liner</i>	--	15,3	9,44		
		HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,38		
	Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i>	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,26	4 - 1	27.668.947
		<i>Liner</i>	--	15,3	9,26		
		Acero API Grado B	22 (559)	9,53	7,55		
		<i>Liner</i>	--	15,3	7,55		

Tabla 46: Resumen Alternativas Sistema de Transporte Electrolito Rico.

Para el sistema de transporte de Electrolito Pobre se analizaron tres (3) opciones por cada combinación de material y en el caso del sistema de transporte de Electrolito Rico se analizaron dos (2) opciones por cada combinación de material.

Luego de analizadas las distintas alternativas en términos técnicos y económicos se puede indicar las siguientes conclusiones por cada sistemas de transporte:

a) Electrolito Pobre:

1. De acuerdo al análisis realizado la alternativa recomendadas técnicamente corresponde al Caso 2 Ítems 2 – 3 (HDPE Norma ISO)

y Caso 3 (Acero Carbono con *liner* de HDPE), que cumplen con el flujo y con los criterios de diseño. Esto implica realizar la modificación del equipo de bombeo existente, cambiando el rodete de 416 mm a 433 mm ó 434 mm respectivamente (los costos de cambio de rodete no se encuentran incluidos en la estimación de costos).

2. Mientras que la alternativa más económica sería Caso 2 (HDPE Norma ISO) con un costo total de inversión de \$19.873.082 USD, sin embargo resulta atractiva la alternativa con mayor vida útil (25 años) de Acero Carbono con *liner* de HDPE pese a tener un costo mayor de implementación (\$27.894.473 USD)
3. De acuerdo al análisis realizado para el sistema de transporte de Electrolito Pobre, al considerar el cambio de material por HDPE (Caso 2 Ítems 2 – 3) el sistema debe considerar una modificación en la filosofía de operación para la detención de este. Esto debido a que los admisibles de la tubería de HDPE no son capaces de soportar una detención presurizada del sistema, esto se puede apreciar con mayor detalle en las Figuras 9, 10 y 11.

Por lo tanto, como filosofía de operación para la detención del sistema de Electrolito Pobre se debe considerar detener el bombeo, luego dejar drenar el flujo hacia la estación terminal para luego efectuar el cierre de la válvula en la descarga del sistema (estación terminal).

Para poder realizar esta operación de drenaje se requiere implementar una línea de by-pass para desviar el flujo hacia un lugar de almacenamiento, capaz de contener el volumen drenado. Este lugar de almacenamiento deberá además disponer de un sistema de reinyección capaz de retornar el fluido nuevamente al sistema.

4. En el caso de la alternativa correspondiente al caso 3 (Acero Carbono con *liner* de HDPE), el sistema se encuentra habilitado para realizar una detención presurizada de este, debido a que los admisibles del sistema son capaces de resistir las presiones ocasionadas por este evento transiente, esto se puede apreciar con mayor detalle en las Figura 12 y 13.
5. Para la alternativa seleccionada en la ingeniería de detalle se debe realizar la verificación de los seteos de los dispositivos de seguridad y la revisión de la clase de los elementos que componen el *piping* en la estación de bombeo y terminal de acuerdo al *piping class* del proyecto original. Además se debe realizar la simulación transiente del sistema para transientes frecuentes (partida y detención) y transientes ocasionales (cierre de válvula, corte de energía, etc).

b) Electrolito Rico:

1. En este sistema de acuerdo a las condiciones actuales es posible obtener un flujo mayor al de diseño, para todas las alternativas analizadas.
2. De acuerdo al análisis realizado las alternativas recomendadas técnicamente corresponden a los Casos 3 (Acero Carbono con *liner* + HDPE Norma ISO) y Caso 4 (Acero Carbono con *Liner* de HDPE), las cuales cumplen con el flujo y con los criterios de diseño. Para las alternativas de los Casos 3 es necesario reducir el rodete de las bombas si es necesario mantener el flujo de diseño (los costos de cambios de rodete no se encuentran incluidos en la estimación de costos).
3. Los costos de las alternativas técnicamente recomendables son similares, por lo cual se recomendaría la alternativa con mayor vida útil (25 años) de Acero Carbono con *Liner* de HDPE
4. Para la alternativa seleccionada en la siguiente etapa del estudio se debe realizar la verificación de los seteos de los dispositivos de seguridad y la revisión de la clase de los elementos que componen el *pipiing* en la estación de bombeo y terminal de acuerdo al *pipiing class* del proyecto original. Además se debe realizar la simulación transiente del sistema para transientes frecuentes (partida y detención) y transientes ocasionales (cierre de válvula, corte de energía, etc).

c) A continuación en la Tabla 47 se muestra un resumen con los costos globales por cada alternativa recomendada:

**Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas
Electrolito Interplanta a HDPE – MEL
BPI17009**

Sistema de Transporte	Descripción	Material	Diámetro pulg. (mm)	Espesor (mm)	Longitud (km)	Casos	Costos (USD)	Costos Total (USD)
Electrolito Pobre	Diseño con HDPE (Norma ISO)	HDPE PE100	28 (710)	79,3	5,3	2	19.873.082	45.415.423
		HDPE PE100	24 (630)	70,3	11,51			
Electrolito Rico	Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i> + HDPE (Norma ISO)	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,96	3 - 1	25.542.342	
		<i>Liner</i>	--	15,3	9,96			
		HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,85			
Electrolito Pobre	Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i>	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	16,81	3 - 2	27.894.473	55.563.419
		<i>Liner</i>	--	17,85	16,81			
Electrolito Rico	Diseño con Acero Carbono con <i>Liner</i>	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,26	4 - 1	27.668.947	
		<i>Liner</i>	--	15,3	9,26			
		Acero API Grado B	22 (559)	9,53	7,55			
		<i>Liner</i>	--	15,3	7,55			

Tabla 47: Resumen Costos Globales Alternativas Recomendadas Sistema de Transporte Electrolito Pobre y Rico.

**ANEXO I: HOJA DE DATOS EQUIPOS DE BOMBEO
SISTEMAS DE TRASNPORTE DE ELECTROLITO POBRE
Y RICO**

KSB AKTIENGESELLSCHAFT

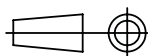
01-04-2005
CERTIFIED

PROJECT NAME : SULPHIDE LEACH
PROJECT NO. : 2325
PURCHASE ORDER : QD232500-460004-01
TAG NO. : 3500-5PPP-278 to 281
SERVICE : RICH ELECTROLYTE TRANSFER PUMP

ZEICHNUNGS-NR./DRAWING NO./N° PLAN

GEPR. VERIF.

BESTELLER-NR./PURCHASER NO./N° ACHETEUR

CAD
DAO

2005-04-01

VGP

1

BETREIBER-NR./CUSTOMER NO./N° CLIENT

2005-02-15

VGP

0

3500-5PPP-278 to 281

DATUM/DATE

NAME/NOM

ÄNDERUNG/REV.
MODIFICATIONKSB AUFTRAGS-NR./KSB ORDER NO./N° COMMANDE KSB
9970783692

MASSSTAB/SCALE/ECHELLE

BAUREIHE-GROSSE/TYPE-SIZE

ZMI 480-03

KSB WERK-NR./KSB WORK NO./N° DE FABRICATION KSB
283438 A-D

KSB

KSB AKTIENGESELLSCHAFT
PUMPEN VERFAHRENSTECHNIKN° MEL: 2325-P46004-3500-255-DS-4001
PERFORMANCE CURVE

F7008712187

BLATT
SHEET
FEUILLEVON
OF
DEBITTE GRUNDSÄTZLICH BEI SCHRIFTVERKEHR ANGEBEN/
A INDIQUER DANS TOUTE CORRESPONDANCE

SHOULD ALWAYS BE STATED IN CORRESPONDENCE/?

SEITE-NR.
PAGEANZAHL D. SEITEN
PAGE OF

1

2

BAHNHOFPLATZ 1, 91257 PEGNITZ ; POSTFACH 1360, 91253 PEGNITZ
TELEFON: (+49)09241 71-0, TELEFAX: (+49)09241 71-1792

TAG: 3500-5PPP-278@281

Flow: 625 (m³/hr)

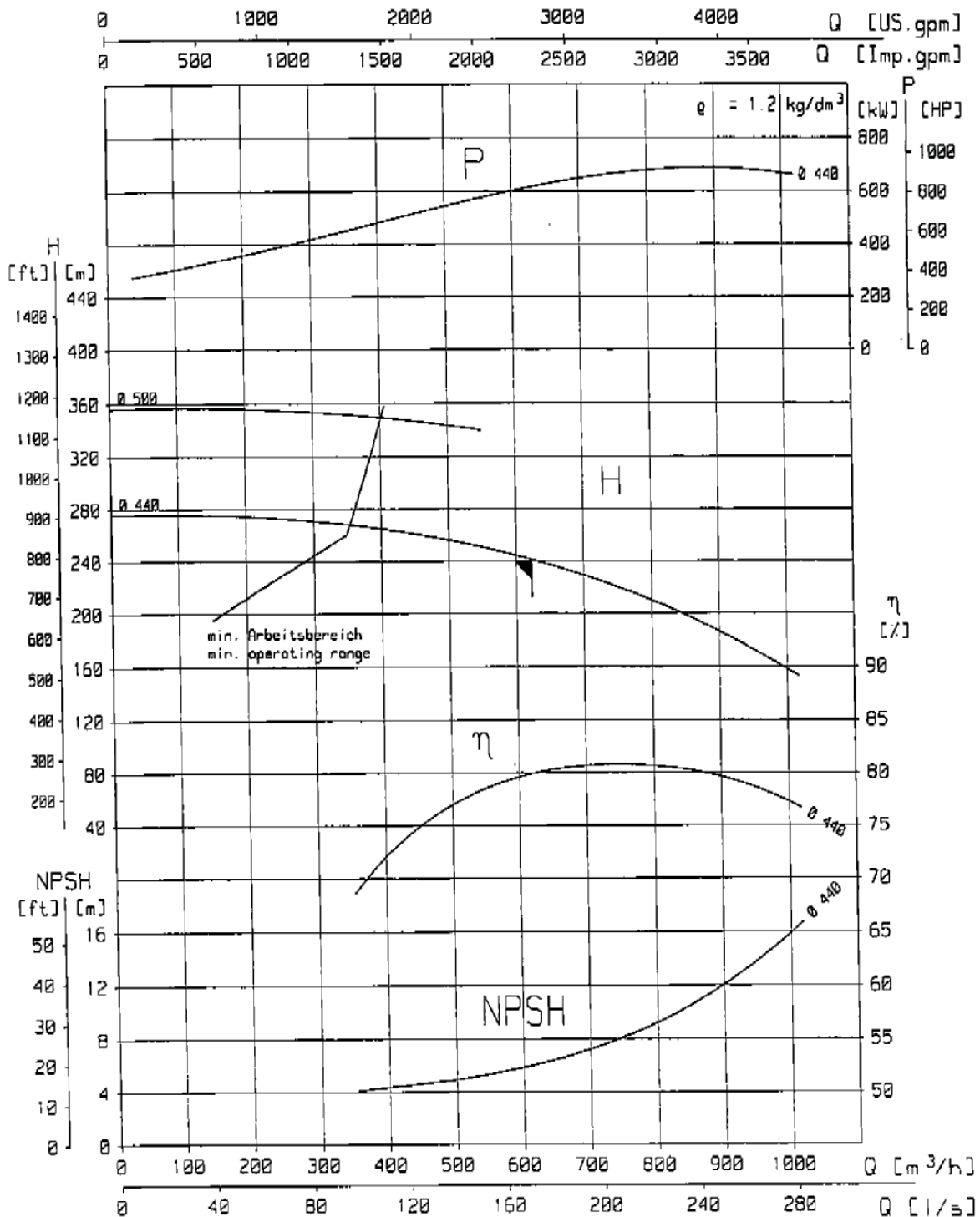
TDH: 241 (mts)



ZM I 480/03

Impeller/Laufrad A

n = 2985 1/min



Alle Pumpenkurven gelten für Wasser bei t=20°C
Konstruktionsänderungen vorbehalten

All pump curves are valid for water at t=20°C
Design subject to alteration

LA 7 13444.00

GE 7 14859/60

14/1-4.01

724/10346

LoGe(P)

24 Feb 2005

Kd

OK 203 147.00

Project Name : Sulphide Leach
 Project N° : 5323500
 Purchase Order : QD232500-460011-01
 TAG N° : 3600-5PPP-325 AL 328

KSB Bombas Hidraulicas S.A
 Vicente Guerrero
 20-01-2005

CERTIFIED

Customer MINERA ESCONDIDA
 Project SULPHIDE LEACH
 Service Ew Lean electrolyte Transfer Pumps
 Item/Tag *3600-5PPP-325 AL 328*
 P.O. No. 113563
 Proposal 403CXE06202

PUMP KSB CPK C 250-500

O.P. ***504.816/9***

Denomination

PUMP EXPECTED PERFORMANCE CURVES

Proposal ()
 Information ()
 Approval (**X**) **20/1/05**
 Certified ()
 As Built ()

1	Emission 20/01/05	SCO	PCS	MFB
0	Emission 28/10/04	SCO	PCS	MFB
Rev.	Modif.	Exec.	Verif.	Approv.




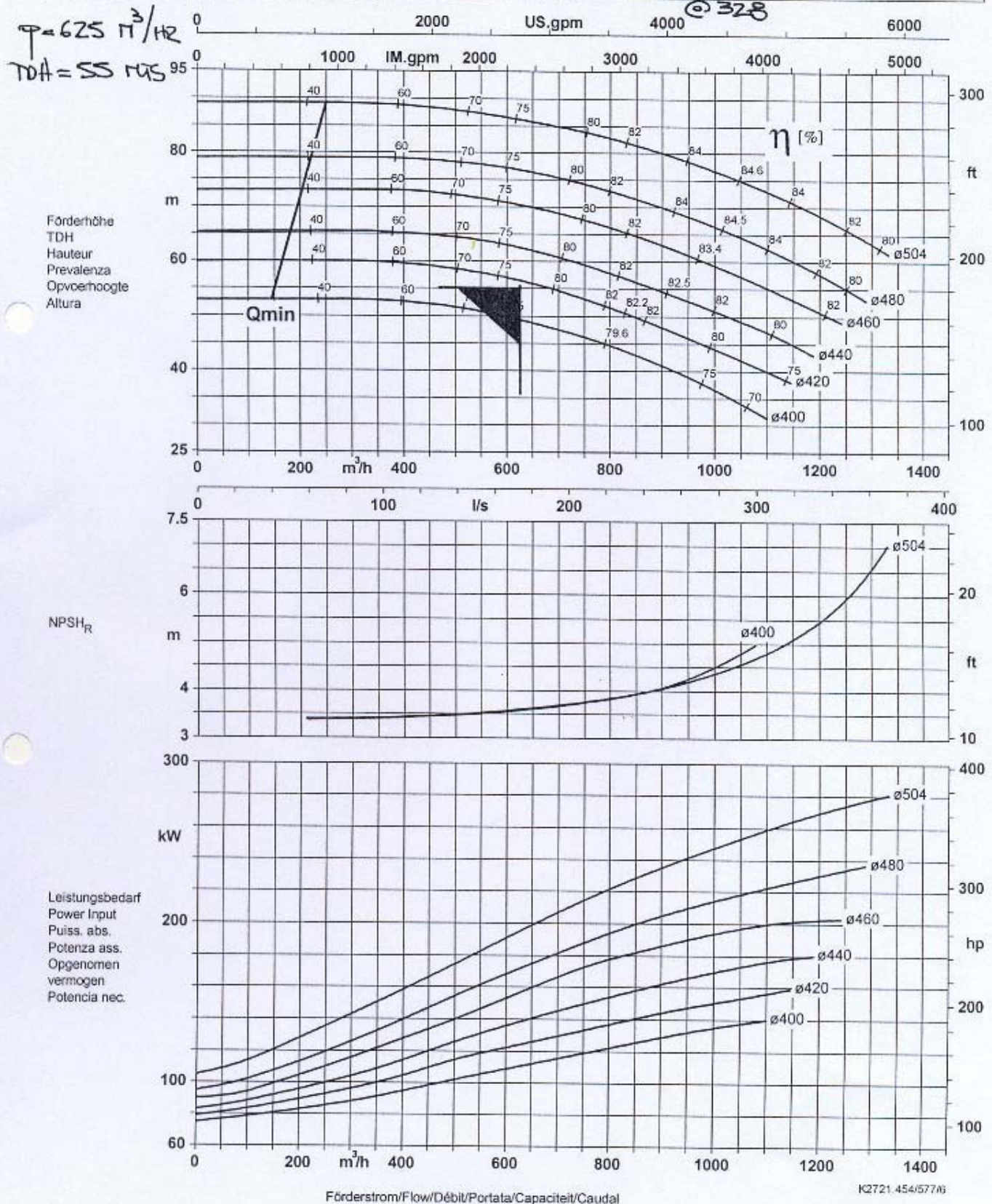
N° MEL: 2325-P46011-3600-255-DS-4009

Doc. Nr.KSB: CC 504.816/9 D

For this documents we reserve all rights.

OP N° 504.816/3

Baureihe-Größe Type-Size Modèle CPK 250-500 - HPK	Tipo Serie Tipo	Nennzahl Nom. speed Vitesse nom.	Velocità di rotazione nom. Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufed-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaijer ø Rodete	 KSB KSB Aktiengesellschaft Postfach 1361 91253 Pegnitz Bahnhofplatz 1 91257 Pegnitz
Projekt Project Projet ESCONDIDA SULPHIDE LEACH	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre RFP-46011	Offerta-No. Offerter. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos. 3600-SPP-325	Pos.-Nr. Positierr. Pos.-Nr.	



Laufraustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 43,0 mm
Luce della girante/Waaijer uitredebreedte/Anchura de salida rodete 43,0 mm

ANEXO II: ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN ALTERNATIVAS DE TUBERÍA PARA LOS SISTEMAS DE ELECTROLITO POBRE Y RICO

Factor Costo Indirectos30%

Factor Costos de Contingencia35%

Sistema de Transporte	Casos Analizados	Descripción	Vida útil (años)	Características Tuberías					Costos de Suministro (USD)		Costos de Montaje (USD)			Subcontrato Vendor Liner		Coto S+M (USD)	Coto S+M (USD/M)	Costos de Movimiento Tierra ¹ (USD)	Coto S+M+MV (USD)	Costo Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)	Costo Global (USD)
				Material	Diámetro	Espesor	Longitud	Clase Acero con Liner	Menor Costo Total x Vendor (USD)	Costo Total x Caso (USD)	Costo M x Caso (USD/m)	Costo Total x Vendor (USD)	Costo Total x Caso (USD)	Costo Unitario/m (USD)	Costo Total x Vendor (USD)	Costo S+M x Caso (USD)	Costo S+M x Caso (USD/m)	Costo Total x Caso (USD)	Costo S+M+MV x Caso (USD)	Costo Indirecto x Caso (USD)	Costos Contingencia x Caso (USD)	Costo Total x Caso (USD)	Costo Total x Caso (USD)
					in (mm)	(mm)	(km)							Vendor Liner	Vendor Liner								
														Aptec	Aptec								
Electrolito Pobre	2	Diseño con HDPE (Norma ISO)	10	HDPE PE100	28 (710)	79,3	5,3	--	1.762.213	4.768.360	222	1.236.098	3.456.446	--	--	2.998.311	539	3.098.887	11.323.693	3.397.108	5.152.280	19.873.082	45.415.423
				HDPE PE100	24 (630)	70,3	11,51	--	3.006.147		184	2.220.348		--	--	5.226.495	432						
Electrolito Rico	3 - 1	Diseño Acero Carbono con Liner + HDPE (ISO)	25 / 10	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,96	--	1.620.781	3.898.358	300	3.141.185	4.738.783	--	--	4.761.966	455	3.098.887	14.554.041	4.366.212	6.622.089	25.542.342	
				Liner	--	15,3	9,96	Flange Clase ASME 300	--		--	--		269,46	2.818.013	2.818.013	269						
				HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,85	--	2.277.577		222	1.597.598		--	--	3.875.175	539						
Electrolito Pobre	3 - 2	Diseño Acero Carbono con Liner	25	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	16,813	--	2.735.963	2.735.963	300	5.302.484	5.302.484	--	--	8.038.447	455	3.098.887	15.894.286	4.768.286	7.231.900	27.894.473	
				Liner	--	17,85	16,813	Flange Clase ASME 300	--		--	--		269	4.756.953	4.756.953	269						
Electrolito Rico	4	Diseño Acero Carbono con Liner	25	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,263	--	1.507.359	2.735.963	300	2.921.365	5.302.484	--	--	4.428.724	455	3.098.887	15.765.782	4.729.734	7.173.431	27.668.947	
				Liner	--	15,3	9,263	Flange Clase ASME 300	--		--	--		269,46	2.620.808	2.620.808	269						
				Acero API Grado B	22 (559)	9,53	7,55	--	1.228.604		300	2.381.119		--	--	3.609.723	455						
				Liner	--	15,3	7,55	Flange Clase ASME 300	--		--	--		253,25	2.007.639	2.007.639	253						

1. Movimiento de tierra realizado para una tubería de diámetro 32 in, es posible optimizar para diámetros menores

Electrolito Pobre																																
Casos Analizados	Descripción	Vida útil (años)	Características Tuberías					Costos de Suministro (USD)										Costos de Montaje (USD)				Subcontrato Vendor Liner		Coto S+M (USD)	Coto S+M (USD/M)	Costos de Movimiento Tierra ² (USD)	Coto S+M+MV (USD)	Costo Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)		
								Costo Unitario/m x Vendor (USD)					Costo Total x Vendor (USD)					Menor Costo Total x Vendor (USD)	Costo Total x Caso (USD)	Costo M x Caso (USD/m)	Costo Total x Vendor (USD)	Costo Total x Caso (USD)	Costo Vendor Liner Aptec	Costo Total x Vendor Liner Aptec	Costo S+M x Caso (USD)	Costo S+M x Caso (USD/m)	Costo Total x Caso (USD)	Costo S+M+MV x Caso (USD)	Costo Indirecto x Caso (USD)	Costos Contingencia x Caso (USD)	Costo Total x Caso (USD)	
			Material	Diámetro	Espesor	Longitud	Longitud para Compra	Clase Acero con Liner	Vendor Acero		Vendor HDPE		Vendor Acero		Vendor HDPE																	
									in (mm)	(mm)	(km)	(km)	FastPack	Jindal	Pipeline Intelligence	Tehmco	KRAH Chile															FastPack
Base	Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	10	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	12,23	12,84	--	414,20	398,95	388,55	--	--	5.318.949	5.123.142	4.989.565	--	--	4.989.565	6.284.420	372	4.783.073	5.923.390	--	--	9.772.638	761	3.098.887	15.306.697	4.592.009	6.964.547	26.863.254
				20 (508)	5,54	4,59	4,82	--	300,80	285,23	268,67	--	--	1.449.706	1.374.656	1.294.855	--	--	1.294.855					--	--	2.435.172	505					
1	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ASTM ¹)	10	HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	7,4	7,77	--	--	--	359,22	395,12	--	--	--	2.791.139	3.070.082	2.791.139	6.056.526	260	2.018.506	5.047.805	--	--	4.809.646	619	3.098.887	14.203.218	4.260.965	6.462.464	24.926.647	
			Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	6,35	4,83	5,07	--	414,20	398,95	388,55	--	--	2.100.615	2.023.285	1.970.531	--	--					1.970.531	--	--	3.859.513						761
				20 (508)	5,54	4,59	4,82	--	300,80	285,23	268,67	--	--	1.449.706	1.374.656	1.294.855	--	--					1.294.855	--	--	2.435.172						505
2	Diseño con HDPE (Norma ISO)	10	HDPE PE100	28 (710)	79,3	5,30	5,57	--	--	--	316,66	348,26	--	--	--	1.762.213	1.938.067	1.762.213	4.768.360	222	1.236.098	3.456.446	--	--	2.998.311	539	3.098.887	11.323.693	3.397.108	5.152.280	19.873.082	
			HDPE PE100	24 (630)	70,3	11,51	12,09	--	--	--	248,74	248,80	--	--	--	3.006.147	3.006.872	3.006.147					--	--	5.226.495	432						
3 - 1	Diseño Acero Carbono con Liner	25	Acero API Grado B	26 (660)	7,14	16,81	17,65	--	213,00	185,98	159,76	--	--	3.760.227	3.283.155	2.820.277	--	--	3.283.155	3.283.155	360	6.362.981	6.362.981	--	--	9.646.136	546	3.098.887	18.025.053	5.407.516	8.201.399	31.633.969
			Liner	--	17,85	16,81	17,65	Flange Clase ASME 300	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					299	5.280.030	5.280.030	299					
3 - 2	Diseño Acero Carbono con Liner	25	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	16,81	17,65	--	177,5	154,98	133,13	--	--	3.133.523	2.735.963	2.350.230	--	--	2.735.963	2.735.963	300	5.302.484	5.302.484	--	--	8.038.447	455	3.098.887	15.894.286	4.768.286	7.231.900	27.894.473
			Liner	--	17,85	16,81	17,65	Flange Clase ASME 300	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					269	4.756.953	4.756.953	269					

1. Para el caso de HDPE bajo norma ASTM no se encontro proveedor (Vendor) disponible a nivel local
2. Movimiento de tierra realizado para una tubería de diámetro 32 in, es posible optimizar para diámetros menores

Electrolito Rico																																				
Casos Analizados	Descripción	Vida útil (años)	Características Tuberías						Costos de Suministro (USD)										Costos de Montaje (USD)			Subcontrato Vendor Liner		Coto S+M (USD)	Coto S+M (USD/M)	Costos de Movimiento Tierra ² (USD)	Coto S+M+MV (USD)	Costo Indirectos (USD)	Costos Contingencia (USD)	Costo Total (USD)						
			Material	Diámetro	Espesor	Longitud	Longitud para Compra	Clase Acero con Liner	Costo Unitario/m x Vendor (USD)					Costo Total x Vendor (USD)					Menor Costo Total x Vendor (USD)	Costo Total x Caso (USD)	Costo M x Caso (USD/m)	Costo Total x Vendor (USD)	Costo Total x Caso (USD)	Costo Unitario/m (USD)	Costo Total x Vendor (USD)	Costo S+M x Caso (USD)	Costo S+M x Caso (USD/m)	Costo Total x Caso (USD)	Costo S+M+MV x Caso (USD)	Costo Indirecto x Caso (USD)	Costos Contingencia x Caso (USD)	Costo Total x Caso (USD)				
									Vendor Acero			Vendor HDPE		Vendor Acero			Vendor HDPE							Vendor Liner	Vendor Liner											
									in (mm)	(mm)	(km)	(km)	FastPack	Jindal	Pipeline Intelligence	Tehmco	KRAH Chile	FastPack						Jindal	Pipeline Intelligence								Tehmco	KRAH Chile	Aptec	Aptec
Base	Diseño Original Sistema con Acero Inoxidable	10	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	16,81	17,65	--	614,80	590,54	594,38	--	--	10.851.527	10.423.397	10.491.104	--	--	10.423.397	10.423.397	387	6.823.162	6.823.162	--	--	17.246.559	977	3.098.887	20.345.446	6.103.634	9.257.178	35.706.258				
1	Diseño con Acero Inoxidable + HDPE (Norma ASTM ¹)	10	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	11,68	12,26	--	614,80	590,54	594,38	--	--	7.539.907	7.242.432	7.289.476	--	--	7.242.432	9.177.370	387	4.740.900	6.140.216	--	--	11.983.332	977	3.098.887	18.416.473	5.524.942	8.379.495	32.320.911				
			HDPE (IPS) PE4710	30 (762)	84,66	5,13	5,39	--	--	--	359,22	395,12	--	--	--	1.934.939	2.128.314	1.934.939	260		1.399.316	--		--	3.334.254	619										
2 - 1	Diseño Acero Inoxidable + HDPE (ISO)	10	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,91	10,41	--	614,80	590,54	594,38	--	--	6.397.301	6.144.906	6.184.821	--	--	6.144.906	8.439.107	387	4.022.459	5.631.718	--	--	10.167.365	977	3.098.887	17.169.713	5.150.914	7.812.219	30.132.846				
			HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,9	7,25	--	--	--	316,66	348,26	--	--	--	2.294.202	2.523.144	2.294.202	222		1.609.259	--		--	3.903.461	539										
2 - 2	Diseño Acero Inoxidable + HDPE (ISO)	10	Acero inoxidable AISI 316L	24 (610)	9,53	9,41	9,88	--	614,80	590,54	594,38	--	--	6.074.531	5.834.870	5.872.772	--	--	5.834.870	8.956.701	387	3.819.509	6.130.649	--	--	9.654.379	977	3.098.887	18.186.237	5.455.871	8.274.738	31.916.847				
			HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,4	7,77	--	--	--	401,78	441,98	--	--	--	3.121.831	3.434.185	3.121.831	297		2.311.140	--		--	5.432.970	699										
3 - 1	Diseño Acero Carbono con Liner + HDPE (ISO)	25 / 10	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,96	10,46	--	177,5	154,98	133,13	--	--	1.856.295	1.620.781	1.392.274	--	--	1.620.781	3.898.358	300	3.141.185	4.738.783	--	--	4.761.966	455	3.098.887	14.554.041	4.366.212	6.622.089	25.542.342				
			Liner	--	15,3	9,96	10,46	Flange Clase ASME 300	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	269,46		2.818.013	2.818.013		269												
			HDPE PE100	28 (710)	79,3	6,85	7,19	--	--	--	316,66	348,26	--	--	--	2.277.577	2.504.860	2.277.577	222		1.597.598	--		--	3.875.175	539										
3 - 2	Diseño Acero Carbono con Liner + HDPE (ISO)	25 / 10	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,44	9,91	--	177,5	154,98	133,13	--	--	1.759.380	1.536.162	1.319.585	--	--	1.536.162	4.649.555	300	2.977.187	5.282.081	--	--	4.513.349	455	3.098.887	15.701.411	4.710.423	7.144.142	27.555.976				
			Liner	--	15,3	9,44	9,91	Flange Clase ASME 300	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	269,46		2.670.888	2.670.888		269												
			HDPE PE100	32 (800)	89,3	7,38	7,75	--	--	--	401,78	441,98	--	--	--	3.113.393	3.424.903	3.113.393	297		2.304.894	--		--	5.418.287	699										
4	Diseño Acero Carbono con Liner	25	Acero API Grado B	24 (610)	9,53	9,26	9,73	--	177,5	154,98	133,13	--	--	1.726.392	1.507.359	1.294.842	--	--	1.507.359	2.735.963	300	2.921.365	5.302.484	--	--	4.428.724	455	3.098.887	15.765.782	4.729.734	7.173.431	27.668.947				
			Liner	--	15,3	9,26	9,73	Flange Clase ASME 300	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	269,46		2.620.808	2.620.808		269												
			Acero API Grado B	22 (559)	9,53	7,55	7,93	--	177,5	154,98	133,13	--	--	1.407.131	1.228.604	1.055.388	--	--	1.228.604		300	2.381.119		--	--	3.609.723	455									
			Liner	--	15,3	7,55	7,93	Flange Clase ASME 300	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		253,25	2.007.639		2.007.639	253											

1. Para el caso de HDPE bajo norma ASTM no se encontro proveedor (Vendor) disponible a nivel local

2. Movimiento de tierra realizado para una tubería de diámetro 32 in, es posible optimizar para diámetros menores

Alternativa Cambio de dos tuberías													
Costos de Movimiento de Tierra (USD)													
Items	Descripción ¹		Electrolito Pobre					Electrolito Rico					Comentarios
			Volumen ϕ32" (m ³ /m)	Longitud de Cambio (km)	Costo Unitario (USD/m ³)	Costo Total x Items ϕ32" (USD)	Costo Total MT (USD)	Volumen ϕ32" (m ³ /m)	Longitud de Cambio (km)	Costo Unitario (USD/m ³)	Costo Total x Items ϕ32" (USD)	Costo Total MT (USD)	
1.	Excavaciones (3.47 m ³)	Suelo Común (80%)	3,48	16,81	9,10	532.339	3.098.887	3,48	16,81	9,10	532.339	3.098.887	
		Suelo Duro (20%)	0,87	16,81	35,55	519.908		0,87	16,81	35,55	519.908		
2.	Rellenos	Cama Arena (Tamaño Máx. 1/2")	0,49	16,81	75,12	618.756		0,49	16,81	75,12	618.756		Alternativa son durmientes forrados en HPDE espaciados aproximadamente cada 2-3 m
		Relleno Seleccionado Zanja (Tamaño Máx 1")	2,8	16,81	29,57	1.391.801		2,8	16,81	29,57	1.391.801		
		Camellón Superficial (Relleno no controlado, tamaño máx. 3")	1,96	16,81	38,36	1.263.870		1,96	16,81	38,36	1.263.870		
3.	Protección Zanja	Excavación Zanja Anclaje Lámina HDPE	0,32	16,81	9,10	48.951		0,32	16,81	9,10	48.951		Dos zanjas de 0.4x0.4 c/u.
		Relleno Zanja Anclaje	0,32	16,81	19,49	104.841		0,32	16,81	19,49	104.841		Puede ser relleno por tierra o un hormigón pobre
		Lámina HDPE e=1.5mm (60mil)	8,00	16,81	12,77	1.717.310		8	16,81	12,77	1.717.310		Lámina esta indicada en m ² /m

1. Movimiento de tierra realizado para una tubería de diámetro 32 in, es posible optimizar para diámetros menores

ANEXO III: COTIZACIONES PROVEEDORES (*VENDOR*)

LISTADO DE CAÑERÍAS PIPELINE ACERO - SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITOS

Documento N°
 Cliente: Minera Escondida Limitada
 Proyecto: INGENIERÍA DE DETALLES CAMBIO DE MATERIAL LÍNEAS ELECTROLITO INTERPLANTA A HDPE - MEL
 N° Proyecto: BPI17009

Revisión: A
 Fecha Revisión: 10/07/2017
 Preparado por: H. Martinez
 Revisado por: H. Martinez
 Aprobado por: G. Acevedo

CASO	DIÁMETRO NOMINAL (in)	DIÁMETRO EXTERNO (mm)	SERVICIO	MATERIAL	ESPESOR DE CAÑERÍAS (mm)	EXTREMOS (nota 1)	PRUEBA HIDROSTÁTICA (nota 2)		REVESTIMIENTO INTERNO (nota 3)		REVESTIMIENTO EXTERNO (nota 4)		LONGITUD APROXIMADA (m)	CANTIDAD PARA COMPRA (m)	Precios FOB India	COMENTARIOS
							psi	kPa	Tipo	Esesor (mm)	Tipo	Esesor (mm)				
BASE	24	609,0	Electrolito Pobre	ASTM A312 TP316L ERW	6,35	Biselados	469	3.235	N/A	N/A	N/A	N/A	12.230	12.842	369,4	
	20	508,0	Electrolito Pobre	ASTM A312 TP316L ERW	5,54	Biselados	491	3.384	N/A	N/A	N/A	N/A	4.590	4.820	264,1	
BASE	24	609,0	Electrolito Rico	ASTM A312 TP316L ERW	9,53	Biselados	704	4.855	N/A	N/A	N/A	N/A	16.810	17.651	546,8	
2.1	24	609,0	Electrolito Rico	ASTM A312 TP316L ERW	9,53	Biselados	704	4.855	N/A	N/A	N/A	N/A	9.690	10.175	546,8	
2.2	24	609,0	Electrolito Rico	ASTM A312 TP316L ERW	9,53	Biselados	704	4.855	N/A	N/A	N/A	N/A	9.060	9.513	546,8	
3.1	24	609,0	Electrolito Rico	API 5L Gr. B PSL2 SAWL	9,53	Biselados	986	6.797	HDPE	15,3	3LPE	3,5	9.690	10.175	143,5	Clase ASME 300
3.2	24	609,0	Electrolito Rico	API 5L Gr. B PSL2 SAWL	9,53	Biselados	986	6.797	HDPE	15,3	3LPE	3,5	9.060	9.513	143,5	Clase ASME 300

Notas:

- Los extremos de las cañerías deberán ser biselados de acuerdo a ASME B16.25.
- La prueba hidrostática en fábrica deberá ser realizada a la presión que genere el 90% del SMYS de las cañerías.
- El Proveedor del liner de HDPE recomendará el espesor requerido según las características del fluido transportado.
- El recubrimiento 3LPE tendrá un espesor mínimo final de 3,5 mm y deberá ser según sistema de revestimiento tipo B1 de acuerdo a CSA Z245.20/21.
- Características de los fluidos transportados:
Caudal: 1875 m3/h

Rich Electrolyte				
	Nominal	Design	Source	Comments
Analysis:				
Cu++ (g/l)	50	55	C	
H ₂ SO ₄ (g/l)	157		C	
Fe(total) (g/l)	1.5		C	
Co++ (mg/l)	100		C	
Cl ⁻ (mg/l)	18	30 max.	C	
Sp. Gr. @ 24°C	1.20		C	
Temperature (°C, min./max.)	25/35		C	
Specific heat (kJ/kg °C)	3.23		F	
Viscosity @ 24 °C (mPa-sec)	2		F	

Lean Electrolyte				
	Nominal	Design	Source	Comments
Sp. Gr. @ 24 °C	1.20		C	
Analysis				
Cu++ (g/l)	40	55	C	
H ₂ SO ₄ (g/l)	180		C	
Fe(total) (g/l)	1.5		C	
Co++ (mg/l)	100		C	
Cl ⁻ (mg/l)	18	30 max	C	
Temperature (°C, min./max.)	30/55	55 max	A	
Specific heat (kJ/kg °C)	3.25		F	
Viscosity @ 24 °C, (mPa-sec)	2		F	

- Vendor Jindal indica que para efectos presupuestarios considerar un 8% adicional FOB CIF Antofagasta

Fastpack S.A.

Giro: Importación, exportación, fabricación, representaciones de equipos,
fabricación de partes y piezas para la industria.

Rut: 78.295.070-3

Dirección: Santa Isabel # 851 Lampa, Santiago

Fono: (56)-(2)- 499 4000 / Fax: (56)-(2)-499 4040



Oferta Presupuestaria N° 143145

Cliente: BRASS Chile

Atención: Sr. Jorge Vasquez

Fecha: 17 de julio de 2017

Referencia: MEL. Sistema de transporte electrolitos

CASO	DIAMETRO NOMINAL (in)	DIAMETRO EXTERNO (mm)	SERVICIO	MATERIAL	ESPESOR DE CAÑERÍAS (mm)	EXTREMOS (nota 1)	PRUEBA HIDROSTÁTICA		REVESTIMIENTO INTERNO		REVESTIMIENTO EXTERNO		LONGITUD APROXIMADA (m)	CANTIDAD PARA COMPRA (m)	P. UNIT	TOTAL	COMENTARIOS
							psi	kPa	Tipo	Espesor (mm)	Tipo	Espesor (mm)					
BASE	24	609,0	Electrolito Pobre	ASTM A312 TP316L ERW	6,35	Biselados	469	3.235	N/A	N/A	N/A	N/A	12.230	12.842	USD 414,2	USD 5.318.949,3	AISI 316L ERW ASTM A312 con Pickled and Annealed
	20	508,0	Electrolito Pobre	ASTM A312 TP316L ERW	5,54	Biselados	491	3.384	N/A	N/A	N/A	N/A	4.590	4.820	USD 300,8	USD 1.449.705,6	AISI 316L ERW ASTM A312 con Pickled and Annealed
BASE	24	609,0	Electrolito Rico	ASTM A312 TP316L ERW	9,53	Biselados	704	4.855	N/A	N/A	N/A	N/A	16.810	17.651	USD 614,8	USD 10.850.821,4	AISI 316L ERW ASTM A312 con Pickled and Annealed
2.1	24	609,0	Electrolito Rico	ASTM A312 TP316L ERW	9,53	Biselados	704	4.855	N/A	N/A	N/A	N/A	9.690	10.175	USD 614,8	USD 6.254.875,6	AISI 316L ERW ASTM A312 con Pickled and Annealed
2.2	24	609,0	Electrolito Rico	ASTM A312 TP316L ERW	9,53	Biselados	704	4.855	N/A	N/A	N/A	N/A	9.060	9.513	USD 614,8	USD 5.848.211,9	AISI 316L ERW ASTM A312 con Pickled and Annealed
3.1	24	609,0	Electrolito Rico	API 5L Gr. B PSL2 SAWL	9,53	Biselados	986	6.797			3LPE	3,5	9.690	10.175	USD 177,5	USD 1.805.770,3	Rev. Exterior DIN 30670//CSA Z245.20/21. Sin revestimiento interior
3.2	24	609,0	Electrolito Rico	API 5L Gr. B PSL2 SAWL	9,53	Biselados	986	6.797			3LPE	3,5	9.060	9.513	USD 177,5	USD 1.688.367,2	Rev. Exterior DIN 30670//CSA Z245.20/21. Sin revestimiento interior
															TOTAL NETO	USD 33.216.701,3	

NOTAS:

Oferta de carácter Referencial

Forma de pago: a convenir

Moneda: Dólar estadounidense

Lugar de entrega: Bodega Fastpack Santiago

Validez de la oferta: 10 días.

Plazo de entrega a convenir

Valor no incluye IVA 19%

Contacto: Pablo Escobar F.
Teléfono: + 56 2 499 4043
email: p.escobar@fastpack.cl

LISTADO DE CAÑERÍAS - PROYECTO ESCONDIDA

Ingeniería de Detalles Cambio de Material Línea Electrolito Interplanta a HDPE - MEL

RFQ N° BPI17009

REF.: PI-155-A

SAWL, Rev. exterior 3LPE según norma CSA Z245.20/21 (Opción Costura longitudinal)

ITEM	DIAMETRO		CALIDAD	ESPESOR	CANTIDAD	PESO		CIF L.O. VALPARAÍSO		
item	plg	mm		(mm)	(metros)	kg/m	MT	USD/m	Total USD	USD/MT
3.1	24	610,00	API 5L GR.BPLS2	9,53	10.175	141,12	1.435,86	133,13	1.354.598	943,41
3.2	24	610,00	API 5L GR.BPLS2	9,53	9.513	141,12	1.342,44	133,13	1.266.466	943,41
TOTAL					19.688	2.778,30		2.621.063		

SAWH, Rev. exterior 3LPE según norma CSA Z245.20/21 (Opción costura helicoidal)

ITEM	DIAMETRO		CALIDAD	ESPESOR	CANTIDAD	PESO		CIF L.O. VALPARAÍSO		
item	plg	mm		(mm)	(metros)	kg/m	MT	USD/m	Total USD	USD/MT
3.1	24	610,00	API 5L GR.BPLS2	9,53	10.175	141,12	1.435,86	126,50	1.287.158	896,44
3.2	24	610,00	API 5L GR.BPLS2	9,53	9.513	141,12	1.342,44	126,50	1.203.414	896,44
TOTAL					19.688	2.778,30		2.490.571		

LISTADO DE CAÑERÍAS - PROYECTO ESCONDIDA

Ingeniería de Detalles Cambio de Material Línea Electrolito Interplanta a HDPE - MEL

RFQ N° BPI17009

REF.: PI-155-B

Single straight welding seam

ITEM	DIAMETRO		CALIDAD	ESPESOR	CANTIDAD	PESO		FOB SHANGHAI		
item	plg	mm				kg/m	MT	USD/m	Total USD	USD/MT
Base	24	609,00	ASTM A312 TP316L ERW	6,35	12.842	95,94	1.232,06	388,55	4.989.759	4.049,93
Base	20	508,00	ASTM A312 TP316L ERW	5,54	4.820	69,79	336,39	268,67	1.294.989	3.849,69
Base	24	609,00	ASTM A312 TP316L ERW	9,53	17.651	143,22	2.527,98	594,38	10.491.401	4.150,12
2.1	24	609,00	ASTM A312 TP316L ERW	9,53	10.175	143,22	1.457,26	594,38	6.047.817	4.150,12
2.2	24	609,00	ASTM A312 TP316L ERW	9,53	9.513	143,22	1.362,45	594,38	5.654.337	4.150,12
TOTAL					55.001	6.916,14		28.478.303		



COTIZACION

KRAH CHILE S.A.
RUT: 76.014.035-K
Cam.Chorrillos Km. 0,55 Parc.A s/n, Lote 6 Lampa
Teléfono 2 7130400
Fax 2 7130401

Santiago, Martes 11 de Julio de 2017.

OFERTA N°4108

Señores **BRASS**
Proyecto **Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas Electrolito Interplanta a HDPE – MEL**
País **CHILE**

Att. Sr (a) **Hector Martinez**
E-mail: **hmartinez@brass.cl**

De nuestra consideración:
Nos es grato ofertar los siguientes materiales, de acuerdo a vuestra solicitud:

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO USD	TOTAL	SUMINISTRO
01	TUBERIA LISA HDPE PE100 PN20 DN 630 mm	m.	13452	USD 248,80	USD 3.346.857,60	TIRA 12 M
02	TUBERIA LISA HDPE PE100 PN20 DN 710 mm	m.	19176	USD 348,26	USD 6.678.233,76	TIRA 12 M
03	TUBERIA LISA HDPE PE100 PN20 DN 800 mm	m.	16284	USD 441,98	USD 7.197.202,32	TIRA 12 M

OBSERVACIONES:
TUBERIA LISA FABRICADA BAJO NORMA ISO 4427.-

TOTAL NETO : USD 17.222.293,68

CONDICIONES COMERCIALES

Precios: Están expresados en Dólares. convertibles a pesos según dólar observado al momento de la fecha de facturación, con un dólar mínimo equivalente al de la cotización
Forma de pago: A convenir.
Plazo de Entrega: A convenir.
Material Puesto en: Planta Krah, sobre camión.
Validez de la oferta: 5 Días.
Orden de compra tiene que hacer referencia a esta cotización

CLAUSULAS GENERALES

- 1- DESPUES DE TRANSCURRIDO 10 DÍAS DE ENVIADO EL AVISO DE RETIRO CONFORME AL PROGRAMA PACTADO, SE PROCEDERÁ A FACTURAR TOTAL DE LA ODC.
- 2- EMITIDA LA FACTURA COMENZARÁ A REGIR CONDICIÓN DE PAGO VIGENTE.
- 3- ES INDISPENSABLE INDICAR EN SU ORDEN DE COMPRA NÚMERO DE OFERTA, ACEPTACIÓN DE CONDICIONES GENERALES Y COMERCIALES.
- 4- PRODUCTO NO CANCELABLE UNA VEZ INGRESADO A PRODUCCIÓN, PRODUCTOS FABRICADOS A PEDIDO.

CLAUDIA GONZALEZ



TEHMCO S.A.

TEHMCO® S.A.

INDUSTRIAS DE TECNOLOGIA HIDRAULICA EN MINERIA Y CONSTRUCCION

PLANTA: CALLE RENCA 2210 · RENCA · FONO: (56 2) 5892810 - 5892809 · FAX: (56 2) 5892815
PLANTA TUBO LISO: CALLE RENCA 2108 · RENCA · FONO: (56 2) 5892850 · SANTIAGO-CHILE
e-mail: areaminera@tehmco.cl - areasanitaria@tehmco.cl
hdpe@tehmco.cl - www.tehmco.cl

COTIZACION JCM N° 203-2017

Martes 25 de Julio del 2017

Señores

Brass Chile

Santiago - Chile

Fono:

Mail: hmartinez@brass.cl

Presente.-

SR.: Hector Martinez S.

Ref.: Oferta presupuestaria por materiales HDPE

Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas Electrolito Interplanta a HDPE – MEL

ITEM	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	LUGAR DE ENTREGA	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL US\$
					US\$	
1	4.200	Mts	Tubería HDPE Pecc-100, D= 710 mm (28") PN-20 (SDR-9) en tiras x 12 mts y extremos lisos para termofusión	Bodegas TEHMCO - Antofagasta	316,66	1.329.972,00
2	13.451	Mts	Tubería HDPE Pecc-100, D= 630 mm (28") PN-20 (SDR-9) en tiras x 12 mts y extremos lisos para termofusión	Bodegas TEHMCO - Antofagasta	248,74	3.345.801,74
3	7.487	Mts	Tubería HDPE Pecc-100, D= 710 mm (28") PN-20 (SDR-9) en tiras x 12 mts y extremos lisos para termofusión	Bodegas TEHMCO - Antofagasta	316,66	2.370.833,42
4	8.138	Mts	Tubería HDPE Pecc-100, D= 800 mm (28") PN-20 (SDR-9) en tiras x 12 mts y extremos lisos para termofusión	Bodegas TEHMCO - Antofagasta	401,78	3.269.685,64
5	7.487	Mts	Tubería HDPE Pecc-100, D= 710 mm (28") PN-20 (SDR-9) en tiras x 12 mts y extremos lisos para termofusión	Bodegas TEHMCO - Antofagasta	316,66	2.370.833,42
6	8.138	Mts	Tubería HDPE Pecc-100, D= 800 mm (28") PN-20 (SDR-9) en tiras x 12 mts y extremos lisos para termofusión	Bodegas TEHMCO - Antofagasta	401,78	3.269.685,64

TOTAL US\$ **15.956.811,86**

Valores más IVA

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

1º. - Oferta considera Tuberías HDPE PECC-100, según ISO 4427-2007 en tiras en 12, 18 o 24 mts

2º. - Nuestra oferta considera entregas parcializadas, debidamente acordadas con MEL-BHP

CONDICIONES COMERCIALES

Plazo de Entrega: 365 días corridos al global ofertado, una vez confirmada OC

Lugar de Entrega: Bodegas TEHMCO Antofagasta. Carga sobre camion

Forma de Pago: 60 días c/ factura

Validez de la Oferta: 30 días.

Tipo de Cambio: US\$ observado

Incoterms: Entrega en Bodega Proveedor

Atte.,

Juan Carlos Muñoz V

Administrador Contratos

TEHMCO S.A.- Zona Norte

055-492000

9-0478091

jcmunoz@tehmco.cl

www.tehmco.cl

MINERA ESCONDIDA

Operada por BHP Billiton

BRASS

BRASS Chile S.A.
Tecnología de punta
en transporte de fluidos

LISTADO DE CAÑERÍAS PIPELINE ACERO - SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITOS

Documento N°

Cliente:

Proyecto:

N° Proyecto:

Minera Escondida Limitada

INGENIERÍA DE DETALLES CAMBIO DE MATERIAL LÍNEAS ELECTROLITO INTERPLANTA A HDPE - MEL

BPI17009

Revisión:

Fecha Revisión:

Preparado por:

Revisado por:

Aprobado por:

A

02-08-2017

H. Martínez

H. Martínez

G. Acevedo

CASO	DIÁMETRO NOMINAL (in)	DIÁMETRO EXTERNO (mm)	SERVICIO	MATERIAL	ESPESOR DE CAÑERÍAS (mm)	EXTREMOS (nota 1)	PRUEBA HIDROSTÁTICA (nota 2)		REVESTIMIENTO INTERNO (nota 3)			REVESTIMIENTO EXTERNO (nota 4)		LONGITUD APROXIMADA (m)	CANTIDAD PARA COMPRA (m)	COMENTARIOS	P. UNITARIO (US\$/m)	SUBTOTAL US\$
							psi	kPa	Tipo	Espesor (mm)	Espesor Recomendado	Tipo	Espesor (mm)					
3	26	660,4	Electrolito Pobre	API 5L Gr. B PSL2 SAWL	9,53	Biselados	909	6.268	HDPE	17,85	19,304	3LPE	3,5	16.810	17.651	Claase 300	299,09	5.279.165
	24	609,0	Electrolito Pobre	API 5L Gr. B PSL2 SAWL	9,53	Biselados	986	6.797	HDPE	17,85	17,78	3LPE	3,5	16.810	17.651	Claase 300	269,46	4.756.161
4	24	609,0	Electrolito Rico	API 5L Gr. B PSL2 SAWL	9,53	Biselados	986	6.797	HDPE	15,3	17,78	3LPE	3,5	9.263	9.726	Claase 300	269,46	2.620.840
	22	559,0	Electrolito Rico	API 5L Gr. B PSL2 SAWL	9,53	Biselados	1.074	7.405	HDPE	15,3	16,256	3LPE	3,5	7.550	7.928	Claase 300	253,25	2.007.606

Notas:

(1)

Los extremos de las cañerías deberán ser biselados de acuerdo a ASME B16.25.

(2)

La prueba hidrostática en fábrica deberá ser realizada a la presión que genere el 90% del SMYS de las cañerías.

(3)

El Proveedor del liner de HDPE recomendará el espesor requerido según las caraterísticas del fluido transportado.

(4)

El recubrimiento 3LPE tendrá un espesor mínimo final de 3,5 mm y deberá ser según sistema de revestimiento tipo B1 de acuerdo a CSA Z245.20/21.

(5)

Caracteristicas de los fluidos transportados:
Caudal: 1875 m3/h

Rich Electrolyte

	Nominal	Design	Source	Comments
Analysis:				
Cu++ (g/l)	50	55	C	
H2SO4 (g/l)	157		C	
Fe(total) (g/l)	1.5		C	
Co++ (mg/l)	100		C	
Cl- (mg/l)	18	30 max.	C	
Sp. Gr. @ 24°C	1.20		C	
Temperature (°C, min./max.)	25/35		C	
Specific heat (kJ/kg °C)	3.23		F	
Viscosity @ 24 °C (mPa-sec)	2		F	

Lean Electrolyte

	Nominal	Design	Source	Comments
Sp. Gr. @ 24 °C	1.20		C	
Analysis				
Cu++ (g/l)	40	55	C	
H2SO4 (g/l)	180		C	
Fe(total) (g/l)	1.5		C	
Co++ (mg/l)	100		C	
Cl- (mg/l)	18	30 max	C	
Temperature (°C, min./max.)	30/55	55 max	A	
Specific heat (kJ/kg °C)	3.25		F	
Viscosity @ 24 °C, (mPa-sec)	2		F	



LISTADO DE CAÑERÍAS PIPELINE HDPE - SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTROLITOS

COTIZACIÓN REFERENCIAL

Documento N°	Revisión:	A	Rev_A
Cliente: Minera Escondida Limitada	Fecha Revisión:	10-07-2017	31-07-2017
Proyecto: INGENIERÍA DE DETALLES CAMBIO DE MATERIAL LÍNEAS ELECTROLITO INTERPLANTA A HDPE - MEL	Preparado por:	H. Martínez	
N° Proyecto: BPI17009	Revisado por:	H. Martínez	
	Aprobado por:	G. Acevedo	

CASO	DIÁMETRO NOMINAL (in)	DIÁMETRO EXTERNO (mm)	SERVICIO	MATERIAL	ESPESOR DE CAÑERÍAS (mm)	LONGITUD APROXIMADA (m)	CANTIDAD PARA COMPRA (m)	COMENTARIOS	P. UNITARIO (US\$/m)	SUBTOTAL US\$
2.A	28	710,0	Electrolito Pobre	PE 100, PN20, SDR 9, ISO 4427	79,3	4.000	4.200		185,10	777.426
2.B	24	630,0	Electrolito Pobre	PE 100, PN20, SDR 9, ISO 4427	70,3	12.810	13.451		153,10	2.059.231
2,1	28	710,0	Electrolito Rico	PE 100, PN20, SDR 9, ISO 4427	79,3	7.130	7.487		179,61	1.344.683
2,2	32	800,0	Electrolito Rico	PE 100, PN20, SDR 9, ISO 4427	89,3	7.750	8.138		247,87	2.017.035
3,1	28	710,0	Electrolito Rico	PE 100, PN20, SDR 9, ISO 4427	79,3	7.130	7.487		179,61	1.344.683
3,2	32	800,0	Electrolito Rico	PE 100, PN20, SDR 9, ISO 4427	89,3	7.750	8.138		247,87	2.017.035

Notas:

- (1) No se considera realizar movimientos de tierra de ningun tipo (excavaciones, rellenos, camellones, etc).
- (2) Alojamiento y alimentación, deberá ser por cuenta y a costo del cliente.
- (3) Materiales de instalación, deberán ser proporcionados por cuenta y a costo del cliente.

ESTIMACIÓN DE COSTOS MONTAJE PIPELINE

Cliente: Brass Fecha: 28/07/17
Proyecto: Pipeline Electrolitos Revisión: 1
N° Oferta: Referencial Rev 0 Realizó: C.M.R.



								Precio Venta				
Item	Descripción	NPS [inch]	Sch [mm]	Largo [m]	PD's	Plazo Ejec. [mes]	Cantidad Cuadrillas	M.O.D.	M.O.I	Consumibles	Gastos Generales	Total Venta
1	ASTM A312 tp 316L ERW	24	6,35	12.230	73.404	5	22	\$ 1.996.028.571	\$ 332.357.143	\$ 361.776.857	\$ 275.342.761	\$ 2.965.505.333
2	ASTM A312 tp 316L ERW	20	5,54	4.590	15.300	2	12	\$ 435.497.143	\$ 72.514.286	\$ 75.407.143	\$ 123.577.915	\$ 706.996.487
3	ASTM A312 tp 316L ERW	24	9,53	16.810	100.872	8	20	\$ 2.903.314.286	\$ 483.428.571	\$ 497.154.857	\$ 346.462.742	\$ 4.230.360.457
4	ASTM A312 tp 316L ERW	24	9,53	9.690	58.140	5	18	\$ 1.633.114.286	\$ 271.928.571	\$ 286.547.143	\$ 248.461.140	\$ 2.440.051.140
5	ASTM A312 tp 316L ERW	24	9,53	9.060	54.360	5	17	\$ 1.542.385.714	\$ 256.821.429	\$ 267.917.143	\$ 241.740.734	\$ 2.308.865.020
6	API 5L GrB PSL2 SAWL	24	9,53	9.690	58.140	5	15	\$ 1.360.928.571	\$ 226.607.143	\$ 78.904.286	\$ 228.299.923	\$ 1.894.739.923
7	API 5L GrB PSL2 SAWL	24	9,53	9.060	54.360	5	14	\$ 1.270.200.000	\$ 211.500.000	\$ 73.774.286	\$ 221.579.518	\$ 1.777.053.804