



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

## REVISADO



BPI17009

☐ SIN COMENTARIOS  
☒ CON COMENTARIOS

FECHA: 23Oct2017 POR: R. Barra

## CÁLCULOS HIDRÁULICOS

### VERIFICACIÓN SISTEMA ACTUAL - ELECTROLITO RICO

BPI17009-H-6000-CM001 Rev. B

B	16-08-17	Aprobación Cliente	 K. Parcon	 H. Oberg	 G. Acevedo		
A	09-08-17	Coordinación Interna	K. Parcon	H. Oberg	G. Acevedo		
REV.	FECHA	EMITIDO PARA	POR	L.D.	J.P.	REV.	APR.
			BRASS			CLIENTE	

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

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

CONTROL DE PRODUCTOS

Revisado por: Resua

Fecha: 11/10/17

## **CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

### **VERIFICACIÓN SISTEMA ACTUAL - ELECTROLITO RICO**

**BPI17009-H-6000-CM001 Rev. B**

#### **CONTENIDO**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GENERALIDADES</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>LÍMITE DE BATERÍA</b>	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>4</b>
<b>2.4</b>	<b>IDIOMA</b>	<b>4</b>
<b>2.5</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>4</b>
<b>2.6</b>	<b>EXCLUSIONES</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>BASES GENERALES DE DISEÑO</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>CÓDIGOS Y ESTÁNDARES</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>BASES DE DISEÑO DE PROCESO-HIDRÁULICA</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>FLUJOS DE DISEÑO</b>	<b>7</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Características del Fluido Transportado<sup>2</sup></b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL TRAZADO</b>	<b>7</b>
<b>4.3</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LA TUBERÍA ACTUAL</b>	<b>8</b>
<b>4.4</b>	<b>DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE BOMBEO ESTACIONES</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>VERIFICACIÓN SISTEMA ACTUAL –ELECTROLITO RICO</b>	<b>10</b>
<b>5.1</b>	<b>CRITERIO GENERAL DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL</b>	<b>10</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Factores de Seguridad de Diseño</b>	<b>10</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Holguras de Diseño</b>	<b>10</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Criterio General</b>	<b>10</b>
<b>5.2</b>	<b>MODELACIÓN ESTADO ESTACIONARIO</b>	<b>11</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Verificación del Sistema Actual</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>13</b>

## **CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

### **VERIFICACIÓN SISTEMA ACTUAL - ELECTROLITO RICO**

**BPI17009-H-6000-CM001 Rev. B**

#### **TABLAS**

Tabla 1: Caudal de Diseño .....	7
Tabla 2: Parámetros Principales de Electrolito Rico .....	7
Tabla 3: Caracterización Tubería Principal Sistema de Electrolito Rico.....	8
Tabla 4: Caracterización Equipos de Bombeo Sistema de Electrolito Rico. ....	9
Tabla 5: Factores de Seguridad de Diseño.....	10
Tabla 6: Holguras de Diseño .....	10
Tabla 7: Condición Modelada .....	11
Tabla 8: Holguras del sistema actual .....	11
Tabla 9: Verificación Holguras de Diseño .....	12

#### **FIGURAS**

Figura 1: Perfil longitudinal de Sistema de Transporte de Electrolito Rico. ....	8
Figura 2: HGL – Estado Estacionario Sistema Actual de Transporte de Electrolito Rico. ....	11

## **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 para 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 encuentre 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 desarrollarán 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”.

## **2 GENERALIDADES**

### **2.1 OBJETIVO**

El presente documento tiene objetivo a verificar el Diseño Hidráulico del sistema actual, para la línea de interplanta de Electrolito Rico de MEL.

### **2.2 LÍMITE DE BATERÍA**

El límite de batería establecido para el sistema de transporte del Electrolito Rico son los siguientes:

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.

### **2.3 UNIDADES**

Se utilizarán las ecuaciones en las unidades indicadas en los códigos y normas a utilizar en el diseño, a objeto de facilitar la revisión en dichos códigos y normas. Los resultados finales serán convertidos a unidades del sistema internacional SI<sup>1</sup>.

### **2.4 IDIOMA**

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

### **2.5 REFERENCIAS**

Las referencias utilizadas son las siguientes:

- a) Bases Técnicas para Ingeniería de Detalles Cambio de Material Líneas Electrolito Interplanta a HDPE.
- b) Propuesta Técnica N° P-17065 para Minera Escondida Limitada para la Ingeniería de Detalle Cambio de Material Líneas Electrolito Interplanta a HDPE, Revisión C.
- c) Planos de Planta y Perfil Longitudinal N° 2325-3350-210-DW-1001 al 2325-3350-210-DW-1012, correspondiente al *As-Built* Revisión Z.
- 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.

---

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

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*, FLUOR documento N° 2325-0000-250-CS-0021, Revisión 0.
- g) *Control Philosophy for Interplant Piping System*, FLUOR documento N° 2325-3350-225-TS-0021, Revisión B.
- h) Registro fotográfico y Reporte Visita a Terreno documento N° BPI17009-G-6000-GR001, Revisión B.
- i) Memoria de Cálculo documento N° P1159-M-MC-001, Revisión B, “Ingeniería de Detalles – Estudio Hidráulico Sectorización Líneas Interplanta”, ProPipe 2016.
- j) *American Society of Testing Materials (ASTM) “Standard Specification for Seamless, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes”*, referido a la edición 2004.
- k) *American Water Works Association Manual (AWWA) M55, “PE Pipe – Design and Installation”*, referido a la edición 2006.
- l) *American Petroleum Institute (API) “Specification for Polyethylene Line Pipe (PE)”*, referido a la edición 2008.
- m) Código ASME B31.4-2016 “*Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries*”, referido a la edición 2016.

## **2.6 EXCLUSIONES**

En este documento se excluye lo siguiente:

- a) Desarrollo de estudios de impacto ambiental.
- b) Estudio y selección de alternativas de trazado.
- c) Normativa relacionada con otras áreas del proyecto (seguridad, materiales, soldadura, entre otras).

### **3 BASES GENERALES DE DISEÑO**

#### **3.1 CÓDIGOS Y ESTÁNDARES**

El diseño del sistema actual de transporte de Electrolito Rico y sus complementos se efectuará de acuerdo al siguiente código y estándar:

- 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) Código ASME B31.4-2016 “*Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries*”, referido a la edición 2007.

## 4 BASES DE DISEÑO DE PROCESO-HIDRÁULICA

### 4.1 FLUJOS DE DISEÑO

La Tabla 1 resume el flujo de diseño del transporte de Electrolito Rico.

Sistema	Caudal de Diseño (m <sup>3</sup> /h) <sup>2</sup>
Electrolito Rico	1.875

**Tabla 1: Caudal de Diseño**

#### 4.1.1 Características del Fluido Transportado<sup>2</sup>

Las características del fluido transportado se detallan a continuación en la Tabla 2.

Descripción		Unidades	Electrolito Rico
Gravedad Específica @ 24 °C		--	1,2
Viscosidad @ 24 °C		(mPa.s)	2
Temperatura <sup>3</sup>		(°C)	40
Calor Especifico		(kJ/kg °C)	3,23
Análisis Químico	Cu ++	(g/l)	55
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(g/l)	157
	Fe (Total)	(g/l)	1,5
	Co++	(g/l)	100
	Cl-	(g/l)	30 (max)

**Tabla 2: Parámetros Principales de Electrolito Rico**

### 4.2 CARACTERIZACIÓN DEL TRAZADO

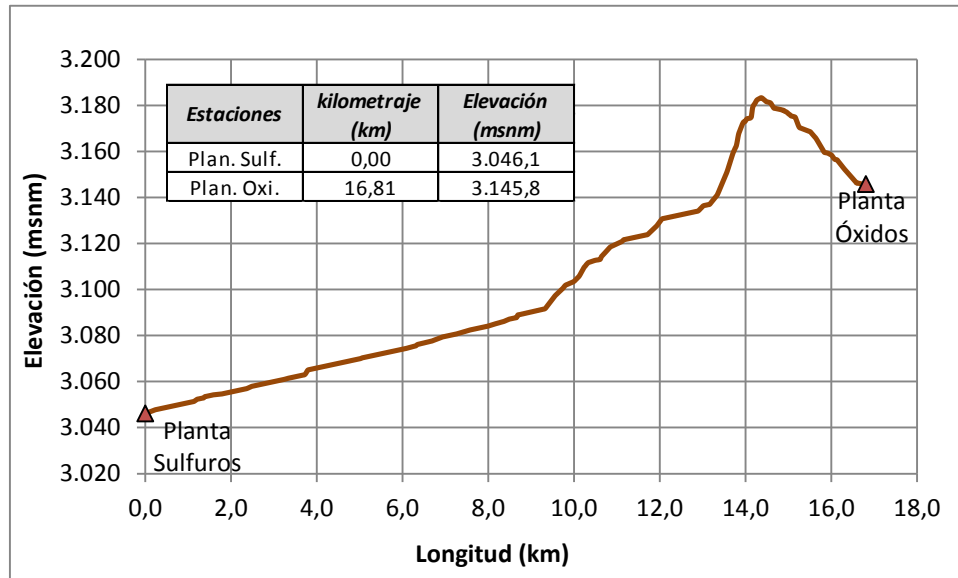
Actualmente el sistema de transporte de Electrolito Rico, obtenido en la planta de Sulfuros, es impulsado hasta el Estanque de Electrolito Rico ubicado en la planta de Óxidos; el sistema impulsa a través de un *pipeline* de aproximadamente 16,8 km, constituido por tuberías de acero inoxidable.

A continuación se muestra el perfil longitudinal del sistema de transporte de Electrolito Rico.

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

<sup>3</sup> Dato obtenido durante la visita a terreno, desde pantallas de Sala de Control.





**Figura 1: Perfil longitudinal de Sistema de Transporte de Electrolito Rico.**

#### 4.3 CARACTERIZACIÓN DE LA TUBERÍA ACTUAL

La línea principal del sistema de transporte de Electrolito Rico es de acero inoxidable, a continuación en la Tabla 3 se presentan las características principales de la tubería.

Descripción	Unidades	Electrolito Rico
Material	--	Acero Inoxidable
Grado	--	AISI 316L
SMYS	MPa	172,375
Diámetro Tubería	pulg.	24
Espesor Tubería	mm	9,53
Longitud	km	16,81
Rugosidad <sup>4</sup>	mm	0,5

**Tabla 3: Caracterización Tubería Principal Sistema de Electrolito Rico**

#### 4.4 DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE BOMBEO ESTACIONES

Las características de los equipos de bombeo que se encuentran disponibles para el sistema de transporte de Electrolito Rico se muestra a continuación en la Tabla 4.

<sup>4</sup> Valor definido en el diseño original por FLUOR.

Descripción	Unidades	Electrolito Rico
Modelo Bomba	--	ZM I 485/03 A
Tipo de Bomba	--	Centrífuga Horizontal de Carcaza Partida Axialmente
Tamaño Bomba	--	10" x 8"
Nº Bombas	--	3 Operativa / 1 Stand-by
TAG	--	3500-5PPP-278 @ 281
Caudal de Diseño	m <sup>3</sup> /h	625
TDH de Diseño	mca	241
Potencia de Diseño P&IDs	kW	895 <sup>5</sup>

**Tabla 4: Caracterización Equipos de Bombeo Sistema de Electrolito Rico.**

expresar tdh solamente en metros

<sup>5</sup> Valor obtenido de P&IDs As-Built Plano N° 2325-3500-250-PI-1006 Rev. Z Sistema de Electrolito Rico

## 5 VERIFICACIÓN SISTEMA ACTUAL –ELECTROLITO RICO

En este capítulo, se presenta la verificación hidráulica del sistema actual del transporte del Electrolito Rico.

### 5.1 CRITERIO GENERAL DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Para efectuar la verificación del sistema actual, se establecen los siguientes criterios.

#### 5.1.1 Factores de Seguridad de Diseño

Material	Código y/o Manual	Descripción	Designación	Valor
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

**Tabla 5: Factores de Seguridad de Diseño.**

#### 5.1.2 Holguras de Diseño

Descripción		Criterio
Línea de Gradiente Hidráulico - Perfil de Terreno (Valor correspondiente 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
Envolverte Transiente de Partida y Detención - Admisible de Operación para Transientes Frecuentes (Partida y Detención)	HGL - MAOP	> 25 mcf
Envolverte Transiente - Admisible de Operación para Transiente Ocasionales (Cierre de Válvulas, corte de Energía)	HGL - MASP	> 10 mcf

**Tabla 6: Holguras de Diseño**

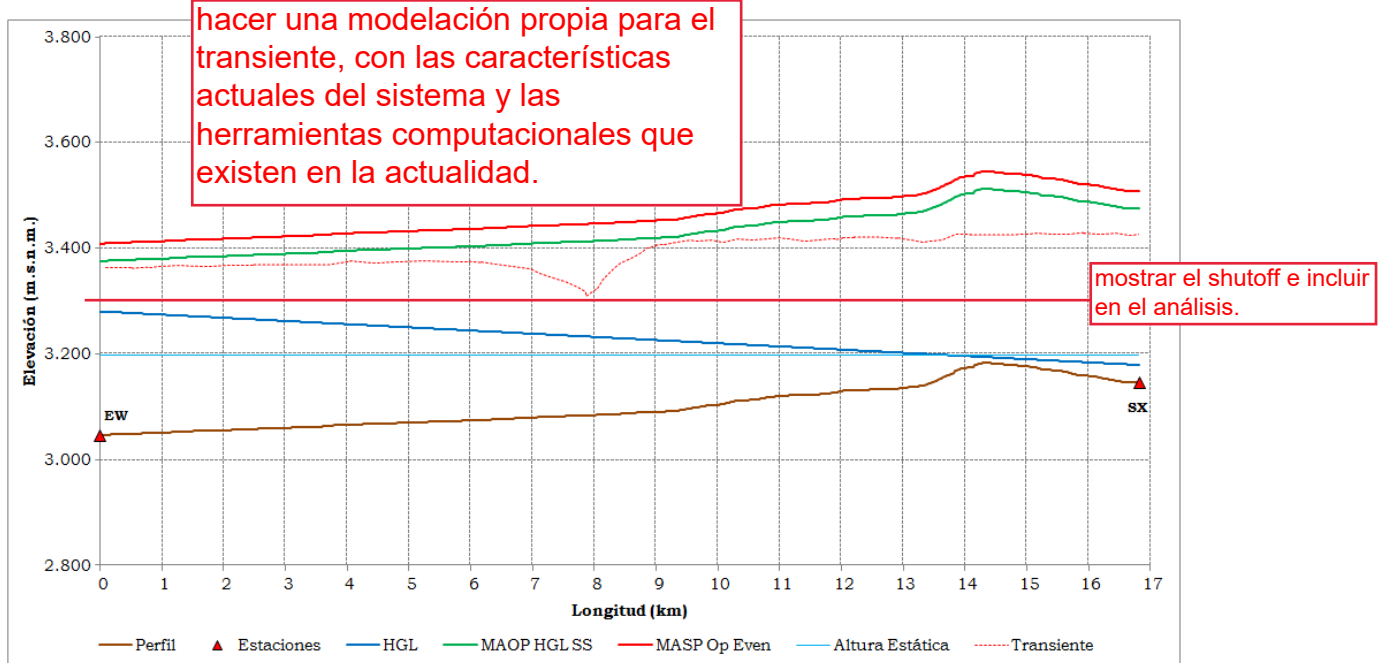
#### 5.1.3 Criterio General

Para modelar el estado permanente del sistema, se utilizan los siguientes criterios.

- Rugosidad Acero Inoxidable, 0,5 mm (Diseño Original *FLUOR*)
- Altura de presión de succión sistema de bombeo, 2 mcf (presión manométrica).
- Altura de llegada a los estanques al finalizar trazado, 8 m.
- Presión mínimo en punto alto, 124 kPa.

## 5.2 MODELACIÓN ESTADO ESTACIONARIO

En la siguiente figura, se presenta la modelación del estado estacionario del sistema actual del transporte de Electrolito Rico.



**Figura 2: HGL – Estado Estacionario Sistema Actual de Transporte de Electrolito Rico.**

En las siguientes tablas, se presentan la condición modelada y las holguras del sistema actual.

Condición Modelada		
Caudal	1.875	m <sup>3</sup> /h
Presión Punto Alto	124	kPa
	10,5	mcf

**Tabla 7: Condición Modelada**

Holguras del sistema actual (mcf)					
Desde	Hasta	Perfil	MAOP HGL SS	MAOP HGL	Trans - MASP
EW	SX	10,5	95,2	95,2	43,7 <sup>6</sup>
Criterios		> 10	> 10	> 25	> 10

**Tabla 8: Holguras del sistema actual**

<sup>6</sup> Datos del transiente obtenido en el documento N° 2325-0000-250-CS-0021 "Calculation Report – Interplant Pipelines", FLUOR Chile S.A.

### 5.2.1 Verificación del Sistema Actual

Basado en el resultado de la modelación de estado permanente del sistema actual de transporte de Electrolito Rico, se presentan en la tabla siguiente las verificaciones de cada criterio.

Descripción	Criterio	Valor Calculado	Cumple
HGL - Perfil	> 10 mcf	10,5 mcf	Si
HGL - MAOP SS	> 10 mcf	95,2 mcf	Si
HGL - MAOP	> 25 mcf	95,2 mcf	Si
Trans - MASP	> 10 mcf	43,7 mcf	Si

actualizar cálculo

**Tabla 9: Verificación Holguras de Diseño**

De acuerdo al resultado de la modelación del sistema actual, el sistema cumple con los criterios de diseño.

## **6 CONCLUSIÓN**

De acuerdo al resultado de la modelación del sistema actual, se concluye lo siguiente:

- a) El sistema actual cumple con los criterios de diseño.

primero debe  
actualizar el  
cálculo del  
transiente.

debe modelar las  
situaciones posibles,  
transientes operacionales  
y transientes eventuales.  
Debe indicarlos en esta  
memoria.