 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :3 de 144</p>
---	---	--

VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS


SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS

CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS

Desarrollado por:	Centro de Excelencia
Andrés Ormeño Vega	Proyecto DFA
Gonzalo Rojas Eñeros	Proyecto PMCHS
Mauricio Lopez Ortega	Proyecto PMCHS
Leopoldo Jauriat Moya	Proyecto PMCHS
Ricardo Gonzalez Muñoz	Proyecto RT Sulfuros
Rodrigo Gutiérrez Pezo	Proyecto Relaves Talabre


Validado por:	Área de conocimiento
Eduardo Agurto Sanchez	Gerencia de Gestión Estratégica de Cartera

Aprobación Técnica:	Centro de Excelencia	Firma
Nancy Perez Ojeda	Gerencia de Gestión Estratégica de Cartera	

 <p>CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :4 de 144</p>
--	---	--

ÍNDICE

1.	REVISIONES.....	5
2.	OBJETIVO.....	5
2.1	DISCIPLINA CAÑERÍAS.....	6
2.2	DISCIPLINA HIDRÁULICA	6
2.3	SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	6
2.4	SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS Y ALMACENAMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS	6
3.	ALCANCE Y APLICACIÓN.....	6
3.1	DISCIPLINA CAÑERÍAS.....	7
3.2	DISCIPLINA HIDRÁULICA	7
3.3	SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS Y ALMACENAMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS	7
4.	DEFINICIONES	8
5.	REFERENCIAS	8
5.2	Disciplina Hidráulica	10
5.3	SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	12
5.4	SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS Y ALMACENAMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS	12
6.	DESCRIPCIÓN.....	13
6.1	CAÑERÍAS	13
6.2	Disciplina Hidráulica	52
6.3	SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS Y ALMACENAMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS	101
7.	ANEXOS.....	112
7.1	CAÑERÍAS	112
7.2	Disciplina Hidráulica	130

 CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :5 de 144
--	---	---


1. REVISIONES

REVISIÓN	TIPO DE CAMBIO	FECHA
4	Se eliminan las responsabilidades Se sustituye el Criterio de Diseño de Protección contra Incendio por NCC 40 Estudio de nuevas tecnologías y prototipos Clase de Nivel de Desempeño (CFQ) Disminución y/o Eliminación de los Factores de Diseño	31-03-2020
3	Este documento fusiona los siguientes documentos: <ul style="list-style-type: none"> • SGP-GFIP-CA-CRT-001 CAÑERÍAS • SGP-GFIP-CA-CRT-002 CRITERIO – HIDRÁULICO • SGP-GI-CA-CDI-003 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS • SGP-GI-CA-CRT-004 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS Y ALMACENAMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS 	31/08/2017
2	SGP-GFIP-CA-CRT-001	07/10/2013
1	SGP-GI-CA-CRT-001 SGP-GFIP-CA-CRT-002 SGP-GI-CA-CDI-003	30/09/2011 01/08/2014 28/03/2011
0	Para difusión: SGP-GI-CA-CRT-001 SGP-GI-CA-CDI-002 SGP-GI-CA-CDI-003	18/06/2008 01/03/2009 25/10/2010

2. OBJETIVO

El presente Criterio de Cañerías se emite en cumplimiento del mandato de la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco – Chile, de elaborar un conjunto de documentos técnicos que, organizados de una manera sistemática y accesible, constituyan un marco de referencia general para la ejecución de los diseños Hidráulicos y de Cañerías.

El presente documento considera el análisis de los siguientes factores, con miras a reducir el costo de los bienes definidos por la disciplina cañerías y por la disciplina hidráulica, según sea el caso:

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 6 de 144</p>
---	---	---

- Incorporación de nuevas tecnologías y uso de prototipos
- Clase de Nivel de Desempeño (CFQ)
- Validación o definición explícita de los factores de diseño usados en los cálculos

2.1 DISCIPLINA CAÑERÍAS

Establecer parámetros, condiciones y requerimiento técnicos mínimos para guiar el diseño de sistemas de cañerías, de los proyectos a realizarse bajo la gestión y ejecución de la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco - Chile.

2.2 DISCIPLINA HIDRÁULICA

Establecer parámetros, condiciones y requerimiento técnicos mínimos para guiar el diseño y cálculo hidráulico de sistemas para transporte e impulsión de líquidos y pulpas, de los proyectos a realizarse bajo la gestión y ejecución de la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco - Chile.

2.3 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Establecer los sistemas de protección contra incendios que deben estar diseñados en conformidad con la Norma Corporativa NCC 40.


2.4 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS Y ALMACENAMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS

Establecer los requerimientos técnicos mínimos que deberá cumplir el diseño de transporte de combustible líquido por cañerías en los proyectos de minas subterráneas, para garantizar la seguridad del mismo, complementando los requerimientos normativos y regulatorios de la Superintendencia de Servicios Eléctricos y Combustibles (SEC) (D.S. 160) del Reglamento de Seguridad Minera (D.S. N° 132) y de la Norma Corporativa Codelco NCC 20.

3. ALCANCE Y APLICACIÓN

Este Criterio se debe aplicar en las instalaciones mineras, de proceso de minerales, plantas e instalaciones similares en proyectos de inversión bajo la gestión y/o ejecución de la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco – Chile, en cualquier modalidad de contrato.

Este Criterio de diseño debe entenderse como un mínimo, en consideración a que no puede ser exhaustivo debido a los requerimientos que se pueden presentar en los distintos proyectos debido a las diferentes condiciones del sitio y disposición del terreno de cada una de las divisiones de la Corporación. Por lo tanto, en caso de requerirse, el presente Criterio

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 7 de 144</p>
---	--	---

puede ser ampliado en cada Proyecto, por medio de un documento complementario (adenda), que agregue y precise los detalles y aspectos que sean necesarios.

3.1 DISCIPLINA CAÑERÍAS

Se establece el alcance del diseño de sistemas de cañerías, la disposición de equipos, el trazado de cañerías y los procedimientos a emplear en la preparación de planos de sistemas de cañerías para instalaciones mineras, de proceso de minerales, plantas químicas e instalaciones similares en proyectos de inversión bajo la gestión y/o ejecución de la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco – Chile, en cualquier modalidad de contrato.

Además, este Criterio de Diseño deberá ser usado en instalaciones, equipos y/o sistemas de cañerías existentes, en los cuales se ejecuten trabajos como cambios en sus ruteos, cambios de materiales y soportación, y/o cambios en las condiciones de diseño como flujo, presión, temperatura, tipo de fluido, condiciones ambientales y otros.


La conformidad del cumplimiento de este Criterio de diseño no releva al diseñador y al fabricante o proveedor de la responsabilidad que le cabe a cada uno en cuanto al dimensionamiento, diseño del sistema respectivo y de suministrar las cañerías con el diseño hidráulico y mecánico apropiado para satisfacer y cumplir con las garantías de funcionamiento en las condiciones de servicio especificadas y con la menor inversión posible.

3.2 DISCIPLINA HIDRÁULICA

Este Criterio se sustenta en dos bases. La primera son las normas técnicas que regulan las condiciones de diseño de los sistemas cañerías, la segunda es la experiencia y lecciones aprendidas dentro de la Corporación en el diseño y operación de sistemas de cañerías y transporte hidráulico.

3.3 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS Y ALMACENAMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS


Este Criterio también será usado en el diseño de sistemas transporte de combustible por cañería en los proyectos de minas subterráneas, para garantizar la seguridad del mismo, complementando los requerimientos normativos y regulatorios de la Superintendencia de Servicios Eléctricos y Combustibles (SEC), del Reglamento de Seguridad Minera (D.S. N° 132) y de la Norma Corporativa Codelco NCC 20 y NCC 40.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 8 de 144</p>
---	---	---

4. DEFINICIONES

CONCEPTOS	DEFINICIÓN
CFQ	<p>Práctica que establece parámetros de la calidad que necesita tener la instalación para lograr las metas de negocio, adaptando confiabilidad, capacidad de ampliación, vida útil de la instalación, factor de diseño esperado, cambios de ritmo de producción, así como atributos de calidad (p.ej.: ley de cobre en concentrado, concentración de ácido sulfúrico, ley de cobre en ánodo, nivel de impurezas en cátodos) y flexibilidad del producto (p.ej.: cambios de composición de cartera y volúmenes de productos).</p>
Diagramas de Proceso e Instrumentación	<p>Los Diagramas de Proceso e Instrumentación (P&ID), muestran de modo esquemático, pero completo, las cañerías de proceso y de servicio con indicación de sentido de flujo, incluyendo todos los equipos involucrados con su numeración (Tag N°) y sus características principales. Particularidades a indicar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indicación de revestimiento interno • Aislación térmica o trazado eléctrico térmico • Pendiente en líneas y canales • Cambios de clase de cañería • Las líneas se codifican de acuerdo a lo indicado en el documento SGP-02CAN-ESPTC-00001 , recomendando incluir además del código de área física (EQF) el código de la estructura de desglose del trabajo (Work Breakdown Structure - WBS). • La simbología a usar se define en plano SGP-02MEC-STDTC-00001, Simbología de Procesos, Equipos Mecánicos y Cañerías). Aquellos símbolos que no se encuentren en el plano antes mencionado, podrán ser complementados en un plano a emitir por el consultor de ingeniería, de acuerdo a los requisitos específicos de la planta que se esté diseñando o modificando. Este plano será enviado a la VPGFIP para su aprobación en la etapa temprana de desarrollo de la Ingeniería
Ciclo de Vida del proyecto	<p>La definición del ciclo de vida de un proyecto incorporado en el SIC-M-001 Fase Preinversional compuestas por las etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudio Perfil • Estudio de Prefactibilidad • Estudio de Factibilidad <p>Fase Inversional compuesta por las etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ejecución (Ejecución y Puesta en Marcha) • Operación

5. REFERENCIAS

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 9 de 144</p>
---	---	---

5.1.1 ESTÁNDARES Y PERMISOS


Los trabajos de cañerías se ejecutarán de acuerdo con los requerimientos de las Normas Chilenas Oficiales (NCh).

Los temas no cubiertos por el presente Estandar deberán regirse por la última edición de los siguientes códigos, estándares y especificaciones:

- ANSI American National Standards Institute Code for Pressure Piping
- AISI American Iron and Steel Institute
- API American Petroleum Institute Standards
- ASME American Society of Mechanical Engineers
 - B31.1 Tuberías de Vapor y Sistemas de Potencia
 - B31.3 Tuberías de Proceso de Refinerías y Plantas Químicas
 - B31.4 Tuberías de Transporte de Líquidos y Pulpas
- ASTM American Society for Testing and Materials
- AWS American Welding Society
- AWWA American Water Works Association Inc
 - M11 Steel Pipe – A Guide for Design and Installation
 - C200 Steel Water Pipe 6 in (150 mm) and Larger
- CGA Compressed Gas Association
- DIN Deutsche Industrie Normen
- HI Hydraulic Institute
- ISA Instrument Society of America
- ISO International Standard Organization
- MSS Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
- NACE National Association of Corrosion Engineers
- NCh Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- NOSA National Occupational Safety Association
- OSHA Occupational Safety & Health Act
- SSPC The Society for Protective Coatings
- UBC Uniform Building Code

Si el proyecto estuviese bajo las exigencias de Códigos Municipales y debiera regirse por medidas legales obligatorias, o se requirieren permisos de Agencias de Gobierno, tales como DGA, MOP, SERNAGEOMIN, la última edición de tales disposiciones, ordenanzas, decretos o códigos regirán y tal hecho aparecerá indicado en los Planos y Documentos.

Los permisos municipales necesarios deberán ser solicitados y obtenidos por Codelco.


 CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :10 de 144
--	--	--

5.2 Disciplina Hidráulica

Los materiales de cañerías deben estar en conformidad con la última edición de los siguientes códigos y normas.

5.2.1 Normas Americanas

- **ASME American Society of Mechanical Engineers**
 - ASME B1.20.1 Pipe Threads, General Purpose
 - ASME B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings
 - ASME B16.10 Face-to-Face and End-to-End Dimensions of Valves
 - ASME B16.11 Forged Steel Fittings, Socket-Welding and Threaded
 - ASME B16.34 Valves - Flanged, Threaded, and Welding End
 - ASME B31.3 Process Piping. Code for Pressure Piping
 - ASME B31.4 Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries
- **ASTM American Society of Testing Material**
- **API American Petroleum Institute**
 - API 5L Specification for Line Pipe
 - API STD 1104 Welding of Pipelines and Related Facilities
 - API 6D Specification for Pipeline Valves
 - API RP 1102 Recommended Practice for Liquid Petroleum Pipelines Crossing Railroads and Highways.
 - API2003 Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents
- **AWWA American Water Works Association**
 - AWWA C200 Steel Water Pipe - 6 in. (150 mm) and Larger
 - AWWA C207 Steel Pipe Flanges for Waterworks Service Sizes 4 In. Through 144 In. (100 mm Through 3,600 mm)
 - AWWA C208 Dimensions for Fabricated Steel Water Pipe Fittings
 - AWWA C605 Underground Installation of Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fittings for Water

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :11 de 144</p>
---	---	---

- AWWA C900 Standard for Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings, 4 In. Through 12 In. (100 mm Through 300 mm), for Water Transmission and Distribution
- AWWA C905 Polyvinyl Chloride (PVC) Water Transmission Pipe, Nominal Diameters 14 In. through 36 In.
- AWWA C906 Polyethylene (PE) Pressure Pipe and Fittings, 4 In. (100 mm) Through 63 In. (1,575 mm), for Water Distribution and Transmission

- **HIS Hydraulic Institute Standards**
ANSI/HI 12.1-12.6 Rotodynamic (Centrifugal) Slurry Pump
- **ISO International Organization for Standardization**
ISO 4427 Polyethylene (PE) Pipes For Water Supply


5.2.2 Normas Chilenas (NCh)

- NCh 283 Of.68 Presiones para Diseño y Cálculo de Circuitos Destinados a la Conducción de Fluidos.
- NCh 691 Of.78 Agua Potable. Conducción, Regulación y Distribución.
- NCh 699 Of.80 Fluidos. Llaves y Válvulas. Terminología y clasificación.
- NCh1105 Ingeniería Sanitaria – Alcantarillado de aguas residuales Diseño y cálculo de redes.
- NCh1106 Alcantarillado Cálculo de redes. Bases de Cálculo.

- **Decretos**
 - N° 50 Reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado (RIDAA)
 - N° 132 Reglamento de Seguridad Minera
 - N° 160 Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción, Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos
 - N° 745 Condiciones Sanitarias y ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.

5.2.3 Documentos del Sistema de Gestión de Proyectos VP

- SGP-02CAN-ESPTC-00001 Especificación Técnica Materiales de Cañerías
- SGP-02CAN-ESPTC-00001 Especificación Técnica - Identificación de Cañerías

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :12 de 144</p>
---	---	---

- SGP-02CAN-STDTC-00001 Estándar - Soportes de Cañerías
- SGP-02CIV-CRTTC-00001 Criterio de diseño – Obras en Superficie
- SGP-02MEC-ESPTC-00005 Especificación Técnica Diseño y Construcción de Piscinas Impermeabilizadas con Geosintéticos
- SGP-02MEC-CRTTC-00001 Criterio de Diseño Mecánica
- SGP-GIC-MD-PRO-001 Aplicación de Practicas de Incremento de Valor.

5.3 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Los sistemas de protección contra incendio deberán diseñarse en conformidad con la Norma Corporativa NCC 40.

5.4 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS Y ALMACENAMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS

5.4.1 Decretos Supremos


- N°132 Reglamento de Seguridad Minera (el Decreto Supremo N°72 del Ministerio de Minería “Reglamento de Seguridad Minera” cuyo texto refundido coordinado y sistematizado fue fijado mediante el D.S. N°132 del 2002, del Ministerio de Minería).
- N°160 Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción y Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos (este decreto deroga los decretos DS 90 y 379).

5.4.2 Normas, Criterios y Especificaciones CODELCO

- NCC N°20 Norma Codelco Chile. Estanques de Almacenamiento de Líquidos Combustibles e Inflamables.
- NCC 24 Análisis de riesgos en materias de sustentabilidad para inversiones de capital de la corporación
- NCC 40 Seguridad Contra Incendio

5.4.3 Manual de Carreteras Ministerio de Obras Públicas

- Manual de Carreteras Volumen 3 Capítulo 8 Túneles

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :13 de 144</p>
---	---	---

6. DESCRIPCIÓN

6.1 CAÑERÍAS

6.1.1 DISEÑO Y DISPOSICIÓN GENERAL DE CAÑERÍAS

6.1.1.1 General


El diseño y disposición general de las cañerías debe ser la más ventajosa desde el punto de vista técnico y económico, por lo cual durante el diseño debe tener presente los aspectos de transporte, instalación, protección contra la corrosión, dispositivos anti golpe de ariete, vida útil proyectada, seguridad operativa y costos de operación.

El diseño de cañerías debe estar de acuerdo al servicio y sistema asociado. La especificación del material y servicio debe indicarse en el P&ID, de acuerdo a lo indicado en el documento Especificación de Materiales de Cañerías SGP-02CAN-ESPTC-00001.

La selección e identificación de la clase de material de la cañería estará basada en las condiciones de diseño de proceso, tipo y características de los fluidos, temperatura y presión de diseño, tolerancias para corrosión u otros. La identificación de los materiales se realizará de acuerdo a la Especificación Técnica de Materiales de Cañerías de cada proyecto en particular, y deberá estar acorde con la última revisión de esta misma especificación de la VP.

El diseño de cañerías, su disposición y recorrido, deberá seguir las recomendaciones de éste Criterio de Diseño, especificaciones y planos correspondientes a cada proyecto en particular. Además, cada aplicación deberá cumplir con la sección que corresponda de la última edición del documento ASME B31.3, para cañerías en planta, y a ASME B31.4 cuando sean grandes tendidos de cañerías (pipeline). Cuando exista una discrepancia en alguna aplicación de este Criterio de Diseño versus los Códigos u otra instrucción, prevalecerá la solución técnico económica más conveniente para Codelco.

Para el diseño del sistema de cañerías se deberá considerar como datos de entrada al menos los siguientes antecedentes: el tipo de fluido; el caudal; la presión de entrada y salida requeridos; las temperaturas mínimas y máximas del fluido, y del medio ambiente; la calidad físico química del fluido, así como su concentración, densidad y viscosidad; la variabilidad de las externalidades; se deberá analizar posibles interferencias durante la construcción, puesta en marcha y operación; así como los requisitos de operación; tipo de control necesario y requerimientos de medición de flujo y presión; vida útil; riesgo operacional.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :14 de 144</p>
---	--	---

También se deberá tener presente al momento del diseño aspectos de mantenibilidad del sistema de cañerías, montaje, reparaciones y reemplazo de piezas y equipos, con el propósito de facilitar la ejecución de estas actividades durante su vida útil.

Para cada proceso y/o servicio, el procedimiento de diseño deberá estar en concordancia con la última revisión de la Especificación Técnica de Cañerías SGP-02CAN-ESPTC-00001.

Una vez que el diseñador determine el diámetro interior de la cañería, deberá determinarse el espesor de pared de ésta, para lo cual se deberán aplicar los criterios establecidos en las normas AWWA M11, ASME B31.1, ASME B31.3, ASME B31.4 en función del tipo de fluido y proceso que se trate.

Bajo ninguna circunstancia se instalarán cañerías bajo losas de pisos.

Las cañerías que transportan fluidos peligrosos tales como ácido sulfúrico o soluciones ácidas y se instalen a nivel de terreno, deberán ubicarse en trincheras revestidas con material que impida la filtración hacia el terreno, como por ejemplo, geosintético de HDPE de al menos 1,5 mm de espesor. Además se debe incorporar algún sistema de detección de fuga. Se permitirá el uso de sistemas de cañerías de doble contención, o innovaciones que permitan el nivel de seguridad apropiado a un menor costo.


Las cañerías se instalarán de preferencia sobre nivel de terreno o en parrones. El trazado de cañerías en el interior de edificios será principalmente aéreo. La disposición de cañerías en trincheras o canaletas, túneles o enterradas, dependerá del tipo de fluido a transportar y del riesgo asociado a cada configuración. Las cañerías apoyadas en terreno deberán contar con cama de apoyo de a lo menos, 10 cm a 15 cm de material fino, tal como arena o material cribado de un tamaño máximo de 1/2", para asegurar un soporte firme, uniforme y libre afloramiento de rocas, terrones de suelo, suciedad u otros materiales no aptos.

Las canaletas o trincheras para cañerías, los túneles para cañerías y las cañerías enterradas sólo deberán ser consideradas como segunda alternativa y serán aceptadas sólo en casos justificados.

En sitios cerrados, se recomienda considerar el uso de carretes de cañerías (spools). Al contrario, las soldaduras de terreno para cañerías de mayor diámetro deberán ser minimizadas.

Para sistemas de HDPE se deberán considerar las tensiones admisibles recomendadas por el proveedor para las duraciones del proyecto esperadas.

Para determinar la presión de trabajo Nominal (PN) de los fittings de cañerías de HDPE, debe usarse la presión Nominal de la cañería multiplicada por los factores de ajuste por temperatura recomendados por los fabricantes.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :15 de 144</p>
---	--	---

Durante la puesta en marcha, operación anormal o detención, las presiones y/o temperaturas, pueden sobrepasar temporalmente, los valores de diseño. Las sobrepresiones y/o temperaturas deberán concordar con lo aceptado por el Código ASME B31.3, ó B31.4, según sea aplicable.

Los sistemas de cañerías con válvulas de control, deberán ser calculados y diseñados para asegurar que su tamaño, las pérdidas de presión y su configuración, impidan la transmisión de vibración excesiva y el ruido aguas abajo de la válvula. Las estaciones de válvulas de control que lo requieran, deberán contar con un by-pass, que contenga una válvula manual y válvulas de corte, según corresponda.

Cuando una línea de una clasificación de presión baja se conecte con una línea o equipo de clasificación de presión superior, la línea de menor clasificación deberá adoptar la clasificación de la línea o equipo de presión superior, incluyendo la primera válvula de corte y la de retención, y eventualmente la segunda válvula de corte cuando se utilizan sistemas de válvulas dobles.

El diseño deberá considerar la deformación de las cañerías debido a la expansión y contracción de las cañerías plásticas (HDPE, PVC, CPVC u otros) por efecto de las temperaturas de los fluidos y/o condiciones ambientales. En tendidos de cañerías que se verán afectados por temperaturas, se deberán instalar sistemas de soporte adecuados. Los soportes de cañerías alojadas dentro de canaletas revestidas, deberán dejar espacio para el paso de líquidos de derrame o de drenaje. Este aspecto también deberá ser considerado al momento de la instalación de las cañerías en terreno.


Para cerrar extremos muertos de cañerías donde no se contempla ninguna extensión futura, se instalarán tapas gorro soldadas. Cuando se prevea una extensión futura, o sea necesario un drenaje, las cañerías serán cerradas con flanges ciegos y una válvula. En los extremos finales se deberán usar tapones o tapas gorros roscados y una válvula. La cañería de HDPE será cerrada solamente con flanges ciegos. Todos los flanges ciegos deben ser indicados en los P&ID.

Las asignaciones de corrosión serán tal como se especifican en las Hojas de Clase de Cañerías de cada proyecto. Por lo general, ninguna asignación de corrosión se requiere para acero inoxidable, HDPE, PVC y cañerías de acero internamente recubiertas

Los medidores de flujo se instalarán de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Salvo excepciones debidamente justificadas y aprobadas por CODELCO, los siguientes diámetros de cañerías no se utilizarán: 3/8", 1¼", 2½", 3½", 5", 7" y 9". Todas las cañerías deberán estar de acuerdo con las clases indicadas en la Especificación Técnica de Materiales de Cañerías de cada proyecto en particular.

Las cañerías enterradas no podrán tener un diámetro inferior a 2".

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :16 de 144</p>
---	--	---

Con excepción de las tomas de instrumentación, el diámetro mínimo para cañerías aéreas o en parrones de cañerías será de 2"; este diámetro se puede reducir hasta 3/4" cuando la longitud no es mayor de 6,0 m., por ejemplo, cuando se conecta a trampas de aire, estaciones de mangueras o tramos similares.

6.1.1.2 Dimensionamiento de Cañerías

6.1.1.2.1 Criterios Generales

Las dimensiones de cañerías para líquidos limpios, sin sólidos, se determinarán según un análisis económico.

Las cañerías de servicios serán calculadas de manera que la pérdida de carga no haga caer la presión por debajo de la atmosférica en ningún punto del trazado.

Los ramales serán diseñados en función de la presión disponible. Cuando la velocidad basada en la pérdida de carga exceda el máximo permitido, o cuando el exceso de presión sea objetable, se instalará un elemento de restricción de flujo cuyo diámetro se definirá de acuerdo a las velocidades máximas permitidas.


Los puntos altos de líneas principales de agua deberán poseer ventosas para eliminar el aire atrapado. Adicionalmente, se podrán considerar válvulas de bola para el llenado o vaciado de las líneas.

Las cañerías de pulpa deben considerar la instalación de conexiones de flushing para evitar bloqueos y pendientes mínimas de un 1% para drenaje gravitacional en caso de detención del flujo.

En función del volumen a drenar de una línea de pulpa, se debe considerar que el flujo sea conducido hacia un pozo de drenaje o piscina, considerando las medidas ambientales.

Las líneas de aire en general deben tener pendiente y estar provistas de drenajes adecuados. Se deberá instalar válvulas y colectores de agua con drenajes en los puntos bajos de las líneas de aire.

El tendido de las cañerías de acero carbono para el ácido sulfúrico concentrado será hecho con carretes (spools) de 12 metros de largo máximo, de acuerdo a las condiciones del terreno, para permitir la rotación de las cañerías en el ciclo de mantención.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 17 de 144</p>
---	--	--

En lugares próximos al consumo de ácido se debe contar con duchas de seguridad para la protección del personal.

Las cañerías para transporte de Lechada de Cal deberán considerar una pendiente mínima de 2% y sus uniones serán de tipo Victaulic o equivalente técnico. La soportación de la unión ranurada deberá realizarse de acuerdo a las recomendaciones del proveedor.

6.1.1.2.2 Espesor de Pared de Cañerías

Para el dimensionamiento se considerará la máxima presión de operación, y las presiones extremas positivas y negativas en transientes hidráulicos y la duración del proyecto. Se deberá agregar un sobre espesor por corrosión al espesor calculado, el que deberá ser definido según las características del proceso y la vida útil de la instalación.

El espesor de pared para cañería de acero carbono será calculado en conformidad al código ASME B31.3, en su última versión.

Las cañerías de pulpa y pipelines deberán diseñarse en conformidad con lo indicado en el código ASME B31.4 y con un sobre espesor por abrasión.

6.1.1.2.3 Análisis de Flexibilidad en Cañerías

El procedimiento para realizar el análisis de flexibilidad se detalla en Anexo 3.


6.1.1.2.4 Análisis de Flexibilidad en Cañerías

Se requerirá de un análisis formal de flexibilidad de acuerdo a los criterios establecidos en la normas aplicables (ASME B31.3 o ASME B31.4 según corresponda).

6.1.1.3 Tendidos Largos de Cañerías (Pipeline)

6.1.1.3.1 Requerimientos Generales

Las conducciones podrán materializarse indistintamente en cañería de acero o HDPE (Polietileno de Alta Densidad), debiéndose compatibilizar presiones de trabajo, necesidades de protección o revestimiento interior-exterior, facilidad constructiva, seguridad, etc., para seleccionar uno u otro material de cañería. Siempre se deberá efectuar un estudio económico, basado en la clase de calidad que requiera la instalación (CFQ).

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :18 de 144</p>
---	---	---

En términos generales, en aquellos tramos en que la presión desarrollada en la línea, en régimen permanente y/o transitorio lo permita, se privilegiará el uso de tubería de HDPE, en el espesor adecuado a los requerimientos.

El espesor de pared de la cañería de acero será determinado en base a lo señalado en el código ASME B31.4, considerando las respectivas presiones de trabajo y presiones eventuales, corrosión en el tiempo y seguridad estructural de la cañería en la etapa de montaje. Para el HDPE, el espesor deberá seleccionarse para soportar las presiones de trabajo y presiones eventuales, de acuerdo a la clase de presión y tipo de resina seleccionada.

Las aducciones deberán contar con válvulas de corte en la salida de los reservorios y/o estanques, de manera que se puedan aislar los depósitos frente a emergencias o mantenciones.

Las aducciones contarán con válvulas de seccionamiento, instaladas en las ubicaciones requeridas, de manera de permitir el aislamiento de segmentos de las cañerías durante situaciones de mantenimiento de línea o de emergencia.


De ser requerido disipar energía en algún punto de las aducciones, esto se hará por intermedio de anillos disipadores y/o válvulas reductoras o similares. Los anillos disipadores deberán ser montados en un porta anillo metálico, entre flanges, y serán de la clase adecuada para soportar las presiones.

Los puntos bajos contarán con drenaje para efectuar el vaciado de la cañería en caso que se requiera reparar.

Se deberá considerar el fenómeno de “golpe de ariete” para las conducciones, de manera de asegurar los diseños frente al régimen transiente.

De acuerdo al análisis de transientes, se deben analizar las siguientes alternativas (basadas en el CFQ) para mitigar el golpe de ariete y/o proteger las instalaciones de sobrepresiones, eligiendo la alternativa más conveniente técnica y económicamente, de acuerdo a las características del proyecto:

- Diseñar el sistema de tuberías para resistir los transientes
- Modificar el trazado de la tubería (si corresponde)
- Agregar soporte a la tubería
- Instalar una válvula de control de flujo
- Instalar ventosas
- Instalar un estanque amortiguador de golpe de ariete
- Instalar una válvula de alivio
- Instalar válvulas anticipadoras de golpe de ariete

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :19 de 144</p>
---	---	---

Las aducciones podrán diseñarse considerando velocidades más altas en comparación a líneas impulsadas, pero deberán compatibilizar el diámetro de la tubería, desgaste por presencia de sólidos en suspensión, y comportamiento frente al golpe de ariete. Se recomienda entonces una velocidad máxima de 4 m/s, y una mínima de 1.2 m/s que asegure el autolavado.

Se efectuará un completo análisis del trazado, donde se incluya todos los atravesos que pudiesen existir en el recorrido del pipeline. En la etapa de ingeniería de detalles, se deberán gestionar aquellos permisos especiales para los atravesos que sean necesarios efectuar.

Especial atención se deberá poner a los siguientes atravesos:

- Atravesos de Vías Férreas
- Atravesos de Líneas de Gas
- Atravesos de Líneas de Ácido Sulfúrico
- Atraveso de Líneas de PLS o soluciones de proceso que contengan Ácido Sulfúrico
- Atravesos de Canaletas de Relaves
- Atravesos de Caminos de Servicio
- Atraveso de quebradas y pasos sobre puentes
- Atravesos de Líneas enterradas delicadas, tales como líneas de FRP.

Se determinará el método de protección en el atraveso de acuerdo a un estudio civil, los que deberán ser aprobados incluso por el dueño del distrito territorial por donde el pipeline se emplace.


6.1.1.3.2 Pipeline de Relaves (Relaveducto)

Aplicando adicionalmente las recomendaciones del punto anterior, el diseño del relaveducto deberá considerar el uso de revestimientos interiores especiales para la cañería metálica, cuando esto sea requerido. Estos métodos podrán ser el uso de goma natural o HDPE. Un análisis basado en la abrasión que se produzca en el interior de la cañería por el paso del relave será efectuado para determinar el revestimiento adecuado y en el CFQ de la instalación.

Se deberá estudiar el método de empalme del relaveducto, con una instalación existente, sea esta una canaleta en servicio, cámara o descarga directa al tranque. El empalme, se deberá materializar efectuado un estudio hidráulico, donde se detallen los efectos en la instalación existente.

6.1.1.3.3 Soporte y Anclajes

El cálculo de las solicitaciones sobre los anclajes debe ser hecho en base al análisis de flexibilidad y en acuerdo a lo especificado a la Norma B31.4.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :20 de 144</p>
---	---	---

6.1.1.3.4 Análisis de Flexibilidad

El cálculo de flexibilidad se realizará de acuerdo a lo indicado en Anexo 3.

6.1.1.3.5 Revestimiento Exterior e Interior

El revestimiento exterior será seleccionado de acuerdo a un criterio económico basado en las condiciones de sitio. Preferiblemente inorgánico de Zinc. El revestimiento interior deberá analizarse según las características del fluido y al CFQ correspondiente.

6.1.1.3.6 Válvulas, Ventosas y Drenajes

Las válvulas de corte o válvulas manuales en general a utilizar en las aducciones serán del tipo Mariposa, , Compuerta, Cuchilla, globo y bola, de la clase (rating) adecuada para soportar las presiones de trabajo del sistema, incluyendo presiones eventuales en régimen transiente. La selección de cada tipo de válvula estará asociada a la función prestada. (piping class del proyecto).


Para las válvulas de corte será técnicamente aceptable utilizar materiales tales como acero forjado o acero inoxidable fundido como material constituyente del cuerpo, y para el caso del trim (parte húmeda), será técnicamente aceptable utilizar acero inoxidable.

Las válvulas de corte en la salida de los reservorios, deberán ser del tipo compuerta o cuchilla preferentemente, y el diseño deberá considerar operación manual y remota por medio de actuadores eléctricos. A la llegada a los reservorios, también se deberán instalar válvulas de corte, y adicionalmente un “cuadro de control”. Se deberá considerar especial atención a la selección de la válvula considerada bajo espesador de relaves.

Los puntos bajos contarán con drenaje para efectuar el vaciado de la tubería de ser requerido, hacia los puntos que defina el Proyecto en función de criterios medioambientales. Estos drenajes deberán ser configurados con las respectivas válvulas de corte y anillos disipadores para controlar el flujo de evacuación.

Todas las válvulas instaladas en las aducciones deberán contar con las respectivas cámaras de protección e inspección (diseño Disciplina Civil), las cuales serán diseñadas para permitir un adecuado acceso y operación al interior.

A lo largo de toda la aducción deberán considerarse los venteos adecuados, de manera que funcionen durante el proceso de llenado de la cañería (purgando), y también, durante el vaciado.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :21 de 144</p>
---	--	---

6.1.1.4 Corrosión


6.1.1.5 Procesos de Corrosión

En las cañerías pueden ocurrir distintos procesos que se agrupan bajo el fenómeno de la corrosión y que consisten en la destrucción del metal por la acción electroquímica de ciertos elementos. Los principales tipos de corrosión que se presentan en cañerías son:

- Corrosión Externa: Producida por el suelo de contacto con la cañerías o sumergidas.
- Corrosión Uniforme Interna: Se produce cuando se manejan fluidos corrosivos, tales como pulpas, agua de mar y aguas residuales. Si el material no presenta diferencia en su microestructura y el ambiente que lo rodea tiene una composición uniforme, éste se corroe a la misma velocidad. En el caso de agua de mar la velocidad de corrosión es más severa por su alta concentración de cloruros.
- Corrosión Localizada: Se produce cuando la superficie no es homogénea. Puede ocurrir a escala microscópica como macroscópica, tales como la corrosión por picado o grietas, corrosión intergranular y corrosión fisurante. Puede ser producida por esfuerzos, erosión, cavitación, lixiviación, disolución selectiva, etc.
- Corrosión por Corrientes Galvánicas: Producidas por corriente parásitas, que pueden ser continua o alterna y que llegan a la tubería a través del suelo circundante que actúa como electrolito o por contacto directo. Se produce corrosión en aquellas áreas donde dicha corriente abandona la tubería metálica para retornar a su circuito de origen.
- Corrosión Electroquímica: Este tipo de corrosión se refiere, principalmente, a los casos en que el metal es atacado por el agente corrosivo en presencia de un electrolito. En el transporte de pulpa se produce por la diferencia de potencial electroquímico entre pulpa y ducto. Su ocurrencia puede ser debida a presencia de oxígeno u otros gases en el flujo, influencia catalítica de los reactivos, pH ácido, etc.
- Corrosión Bacteriana: Se denomina Corrosión Bacteriana cuando los procesos metabólico (químicos) provocados por determinadas floras bacterianas (bacterias sulfato-reductoras y ferrobacterias) en medios donde sean capaces de desarrollarse originar, facilitar o aceleran el proceso de corrosión del metal.

El método de protección contra la corrosión deberá ser determinado por el CFQ.

6.1.1.6 Requerimientos Generales

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :22 de 144</p>
---	---	---

Las cañerías de cobre no deben estar en contacto con soluciones cáusticas o con cianuro.

En las cañerías de acero que transportan agua, se debe revisar la velocidad de corrosión, la que está fuertemente influida por la cantidad de oxígeno presente y la temperatura del agua. En estos casos, se debe consultar la variación de estos efectos en la selección del espesor la cañería, según las indicaciones de la norma NACE.

En etapa de ingeniería de detalles se recomienda realizar un estudio que determine la tasa de corrosión. En servicios no corrosivos un valor referencial, en las etapas conceptual y básica, para acero al carbono es de 0,13 mm/año.

En caso de requerirse protección catódica para las cañerías de acero, deberá ser mostrada y detallada en los planos de Cañerías y Civiles, según corresponda. Los detalles esquemáticos estarán contenidos en planos eléctricos.

6.1.1.7 Aislación para la Corrosión Galvánica

La utilización de aislación para la corrosión galvánica deberá definirse de acuerdo a un estudio que considere las condiciones de sitio de instalación de las cañerías.

6.1.1.8 Cambios de Dirección

Se deberán considerar los fittings y curvas definidos en el Piping Class del proyecto, prevaleciendo el uso de piezas estandarizadas.


6.1.1.9 Conexiones

6.1.1.9.1 Conexiones de Ramales o Derivaciones

El diseño y uso de ramales soldados, estará de acuerdo a los requerimientos del código ASME B31.3 y la Especificación Técnica de Materiales de Cañerías.

El diseño y uso de arranques de conexiones soldadas serán conformes a la Tabla de arranques asociada con las clases de materiales de cañerías individuales que se indiquen en las Especificaciones Técnicas de Materiales de Cañerías específicas de cada proyecto.

Cuando se esperen vibraciones, las uniones serán soldadas de tope, o bien, tipo soquete, dependiendo del diámetro, las válvulas serán con flange. No serán aceptadas las uniones roscadas.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :23 de 144</p>
---	---	---

Todos los ramales de cañerías deberán contar con válvulas de corte lo más cerca posible de la matriz donde se origina el ramal y estará de acuerdo con la especificación de materiales correspondiente a la línea matriz.

No se utilizarán cañerías menores de 3/4", excepto en las conexiones de instrumentos, cañerías con vapor, conexiones de aire para las válvulas de control y las conexiones existentes en los equipos.

Los arranques en cañerías para aire comprimido serán tomados desde el tope (TOP) de las cañerías matrices horizontales en dirección ascendente. En todos los servicios líquidos los arranques serán tomados desde la parte inferior (BOP) de la cañería matriz orientados hacia abajo, donde sea práctico. El arranque de una línea que tiene flujo intermitente y sujeto a depósito de sólidos o cristalización será ruteada en dirección ascendente.

Se utilizarán conexiones tipo Weldolets o Sockolets en las conexiones de derivación de 1½" y menores, cuando éstas provengan de una línea principal de gran diámetro.


La utilización de sistemas de cañerías totalmente soldadas reduce la accesibilidad para mantención e inspección. Los sistemas de cañerías deben contemplar un número suficiente de bridas y uniones para facilitar su mantención e inspección.

6.1.1.9.2 Conexiones Roscadas

En cañerías de tamaño menor a 2½" se podrán emplear conexiones roscadas, previa aprobación de Ingeniería del proyecto, con el propósito de facilitar el ensamble y desmontaje. Deberán cumplir con el código ASME B1.20 y se considerarán espacios libres adecuados para la instalación y el retiro de equipos y válvulas roscadas, sin necesidad de tener que desensamblarlos.

Las conexiones roscadas no serán permitidas en los servicios que involucran vapor a alta presión y/o cañerías sometidas a vibración, excepto en los siguientes casos:

- Manómetros roscados.
- Cuerpo de medidores de conexiones roscadas.
- Válvulas de seguridad de pequeño diámetro.
- Equipos cuyas conexiones sólo sean de tipo roscado. Se contemplará en estos casos la soldadura de sellado.
- Las conexiones a las bridas de placas orificio, que deben contemplar la soldadura de sello.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :24 de 144</p>
---	---	---

- Cuando se requiera específicamente una unión roscada y esto es aceptable según los códigos.

6.1.1.9.3 Piezas de Conexión (Fittings) y Flanges

No se permitirá el uso de medias coplas.

Las piezas de conexión roscadas serán de hierro maleable según ASME B16.3, Clase 150. Se podrán usar tees de reducción siempre que el diámetro del arranque sea hasta dos diámetros menos que el de la cañería principal. Cuando se use deberá ser indicada en los planos.

Está prohibido dejar un extremo muerto permanente en cañerías de hidrocarburos y para servicios corrosivos.

Se usarán uniones del tipo ranurado (Victaulic o equivalente técnico) en conducciones de pulpa, donde se requiera una instalación y desmontaje rápido.

6.1.1.10 Empaquetaduras

Empaquetadura de composición sin asbesto conveniente para el fluido transportado, de 1,6 mm (1/16") de espesor para flange de hasta 12" de diámetro y de 3,2 mm (1/8") de espesor para flange sobre 12" de diámetro, será usado para temperaturas de hasta 260 °C (500 °F), en flanges de cara con resalte.

En flanges ASME Clase 125 unidos a válvulas de hierro fundido o bombas con cuerpos de hierro fundido, se usarán empaquetaduras de cara completa de elastómero de 3,2 mm. (1/8") de espesor. En flanges de hierro fundido ASME Clase 250 se usarán empaquetaduras tipo anillo, de 1,6 mm (1/16") de espesor.


Para el manejo de ácido sulfúrico se usarán empaquetaduras de teflón de calidad certificada, no se aceptará material reciclado.

En naves de electro obtención podrán emplearse empaquetaduras de teflón, vitón o nitrilo de calidad certificada, quedando prohibido el uso de material EPDM en ésta área.

Se deberán considerar empaquetadura espirometálicas para líneas de pulpa de alta presión.

6.1.1.11 Cañerías para Disposición de Instrumentos

Se preferirá la utilización de soluciones estándares del proyecto para la conexión de instrumentos. Soluciones específicas deberán revisarse con la disciplina instrumentación.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p style="text-align: center;">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :25 de 144</p>
---	---	---

6.1.1.12 Cañerías de Bombas y Compresores

Las cañerías de aspiración y descarga de bombas y compresores deberán soportarse adecuadamente de tal manera que las cargas transmitidas a los equipos sean mínimas.

Durante la puesta en marcha se deberán instalar filtros temporales en las cañerías de aspiración de las bombas. Los filtros deberán ser instalados entre la válvula de corte y la bomba y el diseño de cañerías deberá considerar un fácil acceso para el montaje y desmontaje de los filtros y para limpieza e inspección. Según la complejidad de la instalación, PeM evaluará su utilización.

Se deberán proporcionar indicadores visuales de caudal en los sistemas cerrados de agua de enfriamiento de la prensa estopa de bombas y de las camisas de compresores.

Las cañerías de descarga de compresores deberán considerarse como cañerías de servicio pulsante. Se deberá tener especial cuidado con la clasificación de las válvulas y de las piezas estándares de conexión en estas cañerías.

Las bombas de desplazamiento positivo serán provistas con una válvula de alivio de capacidad total ubicada entre la descarga de la bomba y la primera válvula de corte. La descarga de la válvula de alivio se enviará a la fuente de alimentación de la bomba y no a la succión de la bomba.


En los condensadores, las bombas centrífugas que transportan el condensado, serán equipadas con uno o dos ventosas, las que se deberán conectar directamente al condensador.

Las cañerías de succión elevadas serán diseñadas de modo que drenen hacia la bomba.

Las válvulas de corte ubicadas en la succión y la descarga de las bombas se instalarán lo más cerca posible de las boquillas o flanges de las bombas.

Las bombas para servicios múltiples tendrán válvulas de corte ubicadas en un manifold elevado, salvo que ello sea impracticable por su tamaño. Las bombas para servicios individuales tendrán válvulas en la cañería de descarga cerca de su boquilla o flange.

Cuando dos o más bombas centrífugas tengan un manifold común de descarga, se instalará una válvula de retención en la descarga de cada bomba. Asimismo se instalará una válvula de retención en la descarga de las bombas centrífugas cuando la presión en el lado de descarga sea continua y pueda hacer que la bomba gire en sentido contrario; la válvula de retención deberá ubicarse entre la bomba y la válvula de corte. Cuando el tamaño de la línea de descarga no permita instalar válvulas de corte junto a la válvula de retención, ella deberá ser instalada en tramos elevados. Todas las válvulas de retención deberán contar con indicación de dirección de

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :26 de 144</p>
---	---	---

flujo.

Todas las cañerías de succión de las bombas centrífugas deberán ser diseñadas e instaladas de acuerdo a las recomendaciones del Hydraulic Institute. Las reducciones serán instaladas junto a las boquillas usando reducciones excéntricas con la parte plana hacia arriba para succiones de soluciones limpias que no transporten o tengan sólidos, y se instalarán reducciones excéntricas con el lado plano hacia abajo en el caso de pulpas.

En los puntos bajos de las succiones y descargas de bombas se incorporarán drenajes con válvulas y los derrames serán conducidos a puntos de evacuación específicos evitando contaminar el medio ambiente.

La utilización de juntas flexibles será analizada caso a caso de acuerdo a un criterio económico. En todas las cañerías de descarga de bombas se instalarán conexiones para manómetros, los que deberán ser instalados entre la bomba y la primera válvula. En caso de bombas conectadas a un manifold, se debe considerar una conexión para manómetro en éste y no por cada bomba.

Las válvulas de retención no son recomendables en las cañerías de transporte de pulpa.

Las líneas de succión de las bombas de pulpas, que deban ser largas y con codos en su trayectoria, deberán ser diseñadas de modo que entre el codo más cercano a la bomba y esta última, exista un tramo recto de al menos cinco (5) diámetros nominales de la cañería.

6.1.1.13 Estaciones de Servicio


Las estaciones de servicio con agua o aire, deberán ser suministradas de forma que puedan servir toda el área de trabajo con un solo paño de manguera de 15 metros y estarán ubicadas a una distancia máxima de 30 m. en el interior de las instalaciones de proceso.

Las conexiones para agua deberán ser colocadas solamente a nivel de piso en áreas de bombas y cerca de equipos que deban ser lavados durante la mantención.

Todas las estaciones de aire o agua estarán equipadas con acoplamientos rápidos tipo "Chicago".

Las líneas de servicio ramales, tendrán una válvula de corte adyacente a la línea principal de suministro. En general estas válvulas serán de fácil acceso.

Los cabezales o cañerías principales de aire planta serán inclinadas donde sea práctico, y provistas de drenajes en los puntos bajos, con trampas de humedad para drenar el agua acumulada.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :27 de 144</p>
---	---	---

Las cañerías para servicios corrosivos o peligrosos, no deberán pasar por áreas donde posibles goteos puedan causar daño a las tuberías de servicio de agua o aire o a otros materiales presentes en el área circundante.

6.1.1.14 Soportes y Anclajes

6.1.1.14.1 Diseño y Selección

Los soportes de cañerías, las guías, los colgadores y los anclajes deberán estar de acuerdo con ASME B31.3, y específicamente deben ser diseñados, fabricados y montados en conformidad con la norma ANSI/MSS SP-58, "Pipe Hangers and Supports Materials, Design and Manufacture". En el Estándar de Soportes de Cañería SGP-02CAN-STDTC-00001 se detallan los soportes típicos de cañerías usados dentro de Codelco.

Soportes especiales derivados del análisis de flexibilidad o vibración, deberán ser verificados a través de una memoria de cálculo.

Las cañerías de HDPE u otros plásticos deberán ser soportadas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Las cañerías de diámetros pequeños podrán ser soportadas en forma continua mediante bandejas o ángulos estructurales en posición "V" o por canales.

Al instalar los soportes deberán dejarse los espacios necesarios para permitir el montaje y mantención de equipos, válvulas y cañerías.

La ubicación de los soportes deberá permitir cambiar cada pieza de cañería sin remover la o las piezas adyacentes. Las excepciones deben ser justificadas.


La soportación de cañerías sobre terreno se podrá realizar a través de la utilización de tierra compactada (camellón). Las dimensiones y espaciamiento deberán ser definidos según el servicio.

Para los anclajes, se utilizará el CFQ correspondiente.

6.1.1.14.2 Espaciamiento entre Soportes

El espaciamiento entre soportes para cañerías individuales consultar las Tablas A2.1 y A2.2 de SGP-02CAN-STDTC-00001 - Estándar Diseño de Soportes De Cañerías.

Se deberán desarrollar memorias de cálculo para respaldar el diseño de soportes anclajes para paso de la cañería a través de muros, cámaras o salidas de piscinas. En el caso de cañerías que se encuentren enterradas y estén unidas a cámaras subterráneas para evacuación de soluciones corrosivas, tales como PLS, Refino u otra, deberán contar con un sistema de soportación que

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :28 de 144</p>
---	---	---

asegure la flexibilidad adecuada para evitar filtraciones, aun en caso de cargas eventuales, como sismos, movimientos de tierra o falla del sustrato. Cualquier sistema de doble contención para tales cañerías, como tubos corrugados, que se encuentren unidos a las cañerías de conducción principal, serán especialmente soportados para evitar transmitir cargas a las cañerías de conducción.

6.1.1.15 Parrones de Cañerías

La modulación de un Parrón de Cañerías se determinará en función de la distancia máxima de soportación permitida para el diámetro más pequeño de cañería que se ruteará por éste, eliminando apoyos intermedios y dejando una distancia práctica.

Parrones se diseñarán con el tamaño justo para las cañerías proyectadas. En Parrones que se emplearán para expansiones futuras, se deberá considerar el espacio físico en layout para su crecimiento según las proyecciones del proyecto.

Las líneas eléctricas serán instaladas bajo las cañerías.

La orientación de instalación de los pernos "U" será validada según un análisis de riesgo del servicio.

Las elevaciones de las cañerías en los parrones serán preferentemente uniformes; éstas se modificarán cuando se quiera evitar un sifón (por interferencias con otras líneas), cuando existan líneas de mayor diámetro que requieran un espaciamiento mayor o bien en líneas que requieran pendiente para drenaje o conducción gravitacional.


Se evitarán zonas estancas en cañerías para servicios que puedan congelarse, para pulpas sujetas a decantación de sólidos o donde pueda formarse condensado corrosivo.

Se deberá proveer un espacio adecuado en los parrones de cañerías para la instalación de líneas de instrumentación y de conductores eléctricos. Este espacio deberá considerar posibles chorreos de las cañerías y facilidad para su desmontaje, montaje y mantenimiento.

En los cruces de parrones de cañerías se darán elevaciones distintas a las líneas de éstos, la altura libre entre ambos parrones deberá ser al menos de 600 mm.

6.1.1.16 Espacios Libres

Las distancias verticales mínimas desde el piso hasta la parte inferior de las cañerías ubicadas en altura, serán las indicadas a continuación:

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p style="text-align: center;">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :29 de 144</p>
---	---	---

- Cruces sobre vías férreas	7.050 mm
- Cruces sobre caminos principales	6.400 mm
- Cruces sobre caminos secundarios	4.300 mm
- Cruces sobre caminos de acceso a edificios	3.700 mm
- Vías de acceso peatonal al interior de edificios	2.200 mm
- Cruces sobre áreas o pasillos entre equipos y bombas	2.450 mm
- Cruces sobre escaleras	2.300 mm

Las plataformas y pasillos principales deben tener una distancia lateral libre de 900 mm, para pasillos elevados se usará 750 mm.

Las distancias laterales libres en trincheras y parrones de cañerías no deberán ser inferiores a 100 mm de cualquier obstrucción. Los flanges y piezas de conexión de drenaje deben estar a una distancia mínima de 150 mm del piso.

Donde sean usadas trincheras, el fondo de la cañería estará situado por lo menos 150 mm sobre el piso de ésta. La separación mínima de un flange será de 100 mm hasta una plancha de piso o de una rejilla y a 75 mm a una pared de la trinchera. Las cañerías serán ruteadas proporcionando acceso para el drenaje y limpieza hacia fuera. Las trincheras de cañerías también serán diseñadas para servir como filtros de emergencia o para la contención de derrames.


Para el caso de tuberías de HDPE se debe considerar una separación que permita efectuar el trabajo de termofusión en forma posterior al montaje, así mismo debe permitir la manipulación de las bridas y pernos.

Cualquier desviación respecto a las distancias establecidas anteriormente, deberá indicarse en los planos y contar con la aprobación de Ingeniería de la División respectiva.

6.1.1.17 Accesibilidad

Válvulas y cuadros de válvulas de control instalados en altura y bajo terreno, así como en equipos de proceso, deberán ser ubicados de manera que sean accesibles para operación y mantención. Todas las válvulas manuales deberán ser accesibles desde escaleras, plataformas o desde el piso.

Para el acceso entre equipos adyacentes, se deberá considerar una distancia libre mínima de 750 mm entre el punto más sobresaliente y cualquier otro elemento. Cuando no se requiera un pasillo de circulación entre unidades adyacentes, se debe considerar un espacio mínimo de 450 mm.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :30 de 144</p>
---	---	---

Las válvulas de control serán orientadas para que vástagos y volantes no se proyecten sobre plataformas o áreas de paso y los volantes no queden a más altura que 1,5 m sobre el nivel del piso de operación (piso, paso peatonal o plataforma). Ninguna válvula de control será montada debajo de plataformas de acceso.

Los pasillos de acceso entre equipos quedarán libres de toda obstrucción. No se deben instalar cañerías a nivel de piso. En estos casos, las cañerías a nivel de piso que crucen un pasillo, serán ubicadas en canaletas o se proveerán rampas para acceso.

Cuando un acceso para mantención no es suficiente para el uso de grúa horquilla o equipo similar, se deberá proveer un puente grúa o un monorriel con tecla. Si es inevitable con el diseño y quede alguna cañería obstruyendo el levante de un equipo, se dejará un tramo desmontable de ésta.

Se proveerán soportes permanentes para fijar las cañerías adyacentes a secciones, instrumentos o equipos que requieran ser removidos frecuentemente para el mantenimiento.

Cuando se requiera instalar un instrumento en una cañería, se deberá considerar un espacio apropiado para su instalación y su acceso para mantenimiento.

Toda cañería interior, excepto desagües, serán visibles para inspección. Una adecuada separación será prevista desde las paredes, techos y suelos para permitir soldar. Suficiente espacio será previsto para mantenimiento y trabajos de reparación.

6.1.2 Recomendaciones de Instalación


6.1.2.1 Cañerías de Vapor

Los arranques desde una matriz de vapor deberán efectuarse en el tope de ésta y deberán llevar una válvula de compuerta embridada en la conexión a la matriz.

La matriz de vapor deberá instalarse con una pendiente mínima de 1:1000 en la dirección del flujo.

En todos los puntos bajos de una cañería de vapor deberán instalarse trampas de vapor. Las trampas de vapor estarán provistas de válvula de prueba, filtro y válvula de retención.

Los arranques de vapor estarán provistos de válvulas dobles, de corte y de purga. Estarán equipados además de una válvula de retención contra el aceite o los vapores de aceite. Los arranques de vapor tendrán un diámetro mínimo de 1".

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :31 de 144</p>
---	---	---

Las cañerías de alta temperatura deben ser verificadas por fatiga excesiva.

6.1.2.2 Cañerías de Pulpa

Las cañerías de pulpa deberán ser montadas y soportadas de manera de facilitar su desmantelamiento y mantención. Tramos rectos de cañerías serán acoplados con uniones que permitan la rotación de las cañerías.

El ruteo de las cañerías debe ser lo más recto posible de un equipo a otro, minimizando el uso de curvas. Los cambios de dirección deben ser hechos con curvas 5R y en casos especiales de espacio reducido, con curvas 3R. El uso de mangueras también es posible.

Las cañerías de pulpa a presión deben dimensionarse con el objeto de mantener velocidades que se sitúen entre 1,50 y 2,10 m/s (promedio 1,80 m/s), considerando siempre que esta velocidad supere a lo menos en un 10 % a la velocidad de sedimentación.

Las cañerías gravitacionales de pulpa deben instalarse con pendientes en la dirección del flujo. Las pendientes deben ser las mostradas en los planos, y no deberían ser inferior a 1%. Se considerarán conexiones para drenaje en los puntos bajos, a fin de evacuar la pulpa.

Los puntos de incorporación de agua para limpieza o flushing deben ser de un tamaño mínimo de 25 mm.


Las cañerías de pulpa no deben tener obstrucciones tales como bridas de orificio, válvulas de estrangulamiento o válvulas de retención.

Cuando se utilizan dos bombas, una operando y la otra en espera, la disposición de cañerías debe ser en "Y". Las válvulas de corte deberán localizarse cercanas a la pieza de conexión en "Y", de manera de prevenir el embancamiento en el tramo de cañería sin operar, y será provista con conexiones para agua de lavado y drenaje.

No deben utilizarse válvulas de tipo compuerta o de tipo globo en las cañerías de transporte de pulpa.

Se utilizarán válvulas del tipo "pinch" con camisa de goma, para regulación de flujo en pulpas abrasivas con un porcentaje de sólidos mayor que el 20%. Se usarán válvulas de cono con orificio del mismo diámetro de la línea, para servicio de corte.

Las cañerías de succión de las bombas de pulpa no utilizarán válvulas del tipo "pinch" con camisa de goma.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :32 de 144</p>
---	---	---

6.1.2.3 Sistemas de Anillos de Lechada Cal

Todas las líneas deben tener una pendiente mínima de un 2%, de modo de permitir el drenaje.

Los radios de las curvas deben ser 5R

Los ramales de un anillo de lechada de cal deben colocarse en dirección ascendente.

Se debe considerar el uso de coplas tipo Victaulic en zonas de mayor riesgo de bloqueo para su rápido desarme.

Estos sistemas también deben considerar puntos de flushing y ventosas en puntos altos y drenajes en puntos bajos.

6.1.2.4 Cañerías de Servicio

Deberán instalarse estaciones de servicio de aire y agua, espaciadas a un máximo de 25 m, de acuerdo a requerimientos operacionales y de mantención, en todos los edificios de proceso de la planta.

Coletores de sedimentos provistos de válvulas de purga serán instalados en todos los puntos bajos y puntos terminales de las cañerías de aire.


Las derivaciones de las cañerías de servicio deberán llevar válvulas de bloqueo en la conexión a la matriz, y válvulas de corte en las estaciones de servicio. Estas válvulas deben ser fácilmente accesibles o deben ser operadas mediante cadenas.

Las matrices de agua de servicio y aire de planta se dispondrán de manera que se permita instalar estaciones de mangueras para agua y aire a distancias de aproximadamente 50 m a lo largo de las correas transportadoras.

Las cañerías de alimentación de agua a las estaciones de mangueras serán como mínimo de 25 mm (1") de diámetro, las de aire de 19 mm (3/4") y contarán con una válvula de corte en la estación. Las mangueras serán de al menos 15 m de largo con acoplamientos del tipo rápidos. Se deberá proveer un soporte o carrete para el almacenamiento de las mangueras.

Todos los ramales en cañerías de aire deberán salir por la parte superior de las matrices.

Se deberán dejar conexiones para drenaje en todas las cañerías aéreas de líquidos, de manera que éstas puedan ser drenadas totalmente, teniendo presente que los derrames líquidos no deben contaminar el medio ambiente. Los drenajes de las líneas deberán estar ubicados en los

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :33 de 144</p>
---	---	---

tramos ciegos y en los puntos bajos. Los equipos deberán ser instalados de tal manera que las cañerías puedan drenar gravitacionalmente y que puedan quedar libres de fluido. Se deberá tomar los resguardos necesarios en aquellas líneas que sean susceptibles de sufrir congelamiento y que no puedan ser drenadas.

6.1.2.5 Cañerías Enterradas

Las cañerías de acero carbono enterradas deberán ser protegidas contra la corrosión exterior, cuando se requiere, usando revestimiento adecuado según las condiciones de emplazamiento, haciendo uso del CFQ.

La aplicación del revestimiento seleccionado seguirá las recomendaciones de las siguientes normas:


- AWWA C-214 Tape Coating System for the Exterior of Steel Pipelines
- AWWA C-209 Cold Applied Tape Coatings for Special Sections, Connections, and Fittings for Steel Pipelines.
- SSPC VIS-1 Pictorial Surface Preparation Standards for Painting Steel Surfaces
- DIN 30670 Polyethylene Coating of Steel Tubing for Gas and Water Supply

El sistema de protección deberá ser aplicado en taller. Para las uniones soldadas entre cañerías se aplicará en terreno, después de las pruebas hidráulicas, un revestimiento en base a mantas y revestimientos termocontraíbles de polietileno y adhesivos termoplásticos.

De verificarse la existencia de corrientes eléctricas parásitas. En caso de detectar la presencia de éstas, deben eliminarse. Si las corrientes parásitas no pueden eliminarse o desviarse, la tubería debe protegerse mediante la conexión eléctrica de todas las juntas e instalando conexiones metálicas a tierra directas y de baja resistencia. También se podrá considerar su protección por métodos catódicos imponiendo una corriente eléctrica continua a partir de un ánodo galvánico a la tubería enterrada. En muchos casos la protección catódica es más económica que la pintura, el recubrimiento o la envoltura.

Todas las cañerías bajo presión con uniones tipo enchufe, uniones mecánicas, o coplas, excepto cañerías de drenajes, deberán ser ancladas con bloques de hormigón en los finales o términos de recorridos rectos y en los cambios de dirección. Se deberá evitar el uso de uniones mecánicas de fijación en la instalación de grifos y válvulas contra incendio, para eliminar los bloques de anclaje en los grifos terminales.

Se deberá evitar el uso de cañerías que puedan ser dañadas por las deflexiones.

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :34 de 144</p>
---	---	---

Se deberá considerar la salinidad del terreno y el riesgo de socavación ante eventuales filtraciones.

Se evitará el uso de uniones roscadas en cañerías enterradas; las cañerías de acero de diámetros menores deberían ser soldadas y en cañerías de HDPE se preferirán uniones por termofusión para diámetros mayores a 63 mm y por electrofusión para diámetros menores.

Para cañerías de diámetro 12" y menores que crucen por caminos o áreas donde puedan producirse cargas concentradas, se usarán camisas hechas de cañerías de acero o culverts estándares. Las cañerías mayores, enterradas con un metro veinte de relleno sobre ellas no necesitan protección.

La profundidad mínima de la zanja queda determinado para que la tubería que protegida de acciones externas y variaciones de temperatura. La profundidad debe ser definida por una memoria de cálculo que contenga las cargas que actúan sobre la cañería (Peso propio, carga del relleno, carga del fluido, cargas vivas, carga de tráfico de vehículos, carga debida a compactadores, cargas puntuales, empujes laterales). La memoria de cálculo debe ser realizada en conjunto con la disciplina Civil y debe contemplar las recomendaciones de la AWWA de acuerdo al material de la tubería (AWWA M11; AWWA M9 AWWA C605 AWWA M45) y del fabricante en tuberías especiales.

Para definir la profundidad de la zanja, en etapas de ingeniería básica o conceptual se puede establecer como criterio referencia


- 0.6 m de profundidad de zanja si no hay tráfico rodado,
- 1,2 m o un valor igual al diámetro exterior (el mayor de ambos), si no hay tráfico rodado.

Para efectuar el relleno, se debe desarrollar un análisis por parte de la disciplina mecánica de suelos.

Para cañerías de diámetro 12" y menores que crucen por caminos o áreas donde puedan producirse cargas concentradas, se usarán camisas hechas de cañerías de acero o culverts estándares. Las cañerías mayores, enterradas con un metro veinte de relleno sobre ellas no necesitan protección. El diámetro de la camisa deberá ser de al menos 1,5 veces el diámetro de la cañería.

Acceso a válvulas: Todas las válvulas enterradas deben ser ubicadas en cámaras. En caso de cañerías plásticas se deberá realizar el cambio de material a acero antes de entrar a la cámara de válvulas y volver al material original después de salir de ella.

6.1.2.5.1 Sistemas de Cañerías para Servicio de Productos Corrosivos

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :35 de 144</p>
---	---	---

Las cañerías que contengan productos corrosivos o peligrosos deberán ser protegidas con camisas (contención secundaria) y detectores de fuga cuando pasan sobre áreas de tráfico y áreas con materiales peligrosos. Así mismo, cañerías enterradas requerirán un sistema de contención secundaria con sistema de detección de fuga para evitar contaminar el medio ambiente.

Las cañerías no deberán pasar por áreas donde posibles pérdidas puedan causar reacciones con los materiales presentes en el área circundante produciendo gases tóxicos, sin la provisión de poner un detector de derrames y un contenedor de los mismos.

Los sistemas de cañerías que contienen líquidos corrosivos o productos peligrosos, deben ser autodrenantes.

En las conducciones de soluciones y de ácido sulfúrico se deberán considerar sistemas de canalizaciones de derrames hacia piscinas de almacenamiento y posterior drenaje.

Las conexiones de ventilación y drenaje previstas para pruebas hidrostáticas deben ser bloqueadas una vez completadas las pruebas.

Las cañerías de ácido llevarán canaleta de protección revestida con materiales antiácidos contra derrames. La canaleta para la instalación de cañerías con ácido sulfúrico no deberá ser usada con otros servicios en forma simultánea.

Todas las uniones flangeadas en cañerías de ácido deberán llevar cubiertas protectoras del tipo removibles para prevenir fugas debido a fallas en las empaquetaduras que dañen las instalaciones cercanas o a personas.


6.1.2.6 Cañerías de Combustibles

Los sistemas de cañerías de gas deben estar en conformidad con la norma ANSI Z21.30 "Standard for the Installation of Gas Appliances and Gas Piping" y con la norma NFPA Standard 54.

Las instalaciones de gas licuado estarán conformes con la norma NFPA 30 y NFPA 58.

Las instalaciones de fuel oil deberán estar en conformidad con las normas NFPA Standards 30, 31 y 395.

Las instalaciones para la carga de combustible deberán ser diseñadas en conformidad con la norma NFPA 30.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :36 de 144</p>
---	---	---

Los sistemas de combustibles serán diseñados de acuerdo los siguientes decretos y Normas:


- Decreto Supremo Nº 160 “Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción, Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimientos de Combustibles Líquidos”.
- Norma Corporativa Codelco NCC20 Estanques de Almacenamiento de Líquidos Combustibles e Inflamables
- DS 132

6.1.2.7 Camisas de Protección de Cañerías

Las cañerías que atraviesan paredes, pisos y techos deben pasar a través de una camisa de protección, como se indica:

- Pisos. Las camisas deberán ser de cañerías estándar ancladas al piso. La parte inferior de la camisa debe estar a nivel de la superficie, y la parte superior debe proyectarse 75 mm sobre el nivel del piso terminado. La camisa debe dimensionarse de modo que permita un espacio de 25 mm con la superficie externa de la cañería o de la aislación.
- Techos de acero, concreto o compuestos. Las camisas de cañerías de venteo sobre 70 °C que atraviesan techos deben ser de acero galvanizado de 3 mm de espesor. Las camisas deben ser fijadas al techo y selladas en conformidad a las recomendaciones del Fabricante de cubrejuntas. Las cañerías de venteo hasta 70 °C se fijarán directamente al techo y selladas. Las cañerías de venteo de 3" de diámetro y mayores deben estar provistas de un toldo contra la lluvia.
- Muralla de hormigón o de bloques. Las cañerías que pasan a través de murallas de hormigón o de bloques, sobre el nivel del piso, deben hacerlo a través de una camisa insertada en el muro. El diámetro de la camisa debe ser de un diámetro nominal mayor que el diámetro de la cañería o de la aislación. Considerar 25 mm de holgura en el radio. Las aberturas para las cañerías que atraviesan muros exteriores deben estar provistas de defensas contra la lluvia.

Todas las cañerías hasta 12" cuyo trazado pase bajo caminos donde puedan haber cargas excesivas, deberán llevar una camisa de protección fabricada de cañería de acero o cañería estándar corrugada. El diámetro de la camisa deberá ser dos diámetros nominales, mayor que el diámetro de la cañería que se quiere proteger, excepto que la distancia mínima entre la cañería y la camisa debe de 1,5 veces el diámetro. La camisa deberá protegerse exteriormente contra la corrosión.

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :37 de 144</p>
---	---	---

6.1.2.8 Traceado de cañerías

Las cañerías de vapor usadas para el traceado deben ser de acero al carbono o de cobre. Aplicaciones especiales deben ser acordadas con Codelco. Las cañerías de un diámetro igual o menor a 4" deberán llevar 1 línea de traceado. Las cañerías de un diámetro igual o superior a 6" llevarán 2 cañerías de traceado espaciadas 30° hacia cada lado de la parte inferior de la cañería.

Las cañerías usadas en el traceado formarán un circuito continuo entre su conexión a la matriz y el sistema de purga automática. En cada sección de línea de traceado debe usarse una trampa de vapor.

Para su soportación, las cañerías de traceado no deberán ir soldadas a la cañería de proceso. Las cañerías de traceado serán del tipo construcción soldada o del tipo tubo y pieza de conexión, utilizando principalmente curvas (bends) y un mínimo de piezas de conexión.


Cuando se requiera el traceado de cañerías, se deberá evaluar el traceado con vapor versus el traceado eléctrico.

6.1.2.9 Válvulas

6.1.2.9.1 Aspectos Generales

A continuación se exponen las aplicaciones más frecuentes de algunos tipos de válvulas, sin embargo, sólo se debe considerar como una guía general. Para casos especiales, como altas pérdida de carga o condiciones muy abrasivas, se requerirán otras consideraciones.

- **Válvula de Bola:** se emplea como válvula de corte en líneas de agua y de aire de diámetro 2" y menores. También se puede usar para regular flujos en líneas de agua y aire.
- **Válvula de Compuerta:** es usada como válvula de corte en servicios no abrasivos.
- **Válvula de Cono:** se emplea como válvula de corte en líneas de pulpa poco abrasivas como lechada de cal. En estos casos, hay que usar válvulas de cono con el orificio del mismo diámetro de la línea (Full Port).
- **Válvulas de Cuchillo:** se utiliza como válvula de corte en líneas de pulpa. Se usa preferentemente en la alimentación de ciclones y donde se requiere poco espacio entre caras.
- **Válvula de Diafragma:** se emplea como válvula de corte en pulpas abrasivas, se debe usar válvula de diafragma del tipo paso libre (straight-way).
- **Válvula de Globo:** se utiliza como válvula de regulación de flujo en servicios no abrasivos.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :38 de 144</p>
---	--	---

- **Válvula de Mariposa:** se puede usar como válvula de corte en agua para diámetro de 3" y mayores. También se usa como válvula de regulación y donde se tiene poco espacio.
- **Válvula Pinch:** se usa como válvula de corte o válvula de regulación de flujo en pulpas abrasivas.
- **Válvula de Retención (check):** Se usa como válvula de corte en servicios no abrasivos (específicamente en sistemas de bombeo).
- **Válvula Tech-Taylor:** se usa para aislar una bomba stand-by de la que está operando, cuando ambas bombas descargan en una tubería única en pulpas abrasivas de granulometría fina. No se recomienda su uso para granulometría gruesa.

Para servicios donde se requiera de válvulas totalmente abiertas o cerradas (on-off) se usará válvulas del tipo compuerta, mariposa alto desempeño (high performance), bola, o cono. Con gases, combustibles, aire comprimido y otros servicios donde sea requerido, se usará válvula de cierre hermético.

Para servicios con fluidos limpios que requieran regulación de flujo, se usará válvula tipo globo hasta un diámetro de 4"; de tipo mariposa operada con engranaje; para un diámetro de 6" y mayores.


Para regulación de aplicaciones con pulpa a baja presión se emplearán válvulas de membrana. No se permitirán válvulas de retención en líneas de pulpa.

Se evitará el uso de una válvula tipo ángulo, excepto para el caso de sistemas de protección contra incendio.

En sistemas de cañerías para transporte de ácido sulfúrico se usará válvulas del tipo compuerta, quedando estrictamente prohibido el uso de válvulas globo, cono y de mariposa. El uso de otro tipo de válvula debe ser aprobado por Codelco.

El uso de actuadores de engranaje, tipo manual con posicionador variable en válvulas, se podrá aplicar desde diámetros mínimos, de acuerdo a lo indicado en la siguiente Tabla. En anexo 5 se indican recomendaciones para la selección del tipo de actuador.

Tipo de Válvula	ANSI Clase	Tamaño Nominal
Bola	150 300	4" y mayores 4" y mayores
Compuerta	150 300	12" y mayores 10" y mayores

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :39 de 144</p>
---	--	---

Tipo de Válvula	ANSI Clase	Tamaño Nominal
Bola	150 300	4" y mayores 4" y mayores
Cono (Non-Block & Bleed)	150 300	4" y mayores 4" y mayores
Globo	300	8" y mayores
Mariposa	150	6" y mayores

En ningún caso una válvula en la succión de una bomba debe tener menor diámetro que el de la succión de la bomba.

La válvula en la descarga de una bomba no será de un diámetro menor que el de la línea de descarga.

El vástago de la válvula, asientos, sellos, y/o empaque serán estándar del fabricante a menos que se especifique otra cosa en las Hojas clase de materiales de cañerías.

Válvulas de retención tendrán que ser instaladas solamente en una posición designada como horizontal o vertical, según sea aplicable, en la Hoja de Clase de Material de cañería. Válvulas de retención que normalmente pueden ser usadas horizontalmente o verticalmente no tendrán una referencia para posicionar. Se colocarán válvulas de retención para minimizar los efectos de "golpe de ariete".


Las válvulas de alivio deben estar localizadas en lugares accesibles. En la medida de lo posible, deben estar localizadas en plataformas destinadas además a otros propósitos. Las válvulas de alivio situadas a más de 4,5 m (15 pies) del nivel de piso (excepto en parrones) deben ser accesibles desde una plataforma especial o de una escalera fija.

Las válvulas de alivio que descargan en sistemas cerrados deben normalmente instalarse a una elevación mayor que el ducto principal colector.

Las válvulas deben estar validadas por norma API 591, de modo de garantizar una buena construcción.

6.1.2.9.2 Válvulas de Corte

Las válvulas de corte de las cañerías deberán ser de igual diámetro que la cañería, a menos que los cálculos justifiquen algo diferente. En ningún caso, una válvula instalada en la línea de aspiración de una bomba será menor que el diámetro de la aspiración de la bomba.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :40 de 144</p>
---	---	---

Cuando se utilicen válvulas de corte en líneas principales de servicio, éstas deberán ser instaladas en tramos horizontales y de preferencia en puntos altos, de modo que la línea pueda drenar en ambas direcciones desde la válvula.

Las válvulas de corte instaladas en las derivaciones de cañerías principales, deberán ser instaladas lo más cerca de la línea principal y deberán cumplir con la especificación de presión y temperatura de la línea matriz.

Toda válvula de corte ubicada en una línea principal y de alta presión (2758 kPa o 400 psi) deberá tener incorporado un sistema de bloqueo (lock out) con candado.

6.1.2.9.3 Válvulas de Control

La instalación de válvulas de control deberá ser evaluada de acuerdo al servicio y al proceso.

En las cañerías instaladas aguas abajo de las válvulas de control no se harán reducciones de tamaño.


Las válvulas de control deben ser accesibles desde el piso o de plataformas. En general deben instalarse cerca de instrumentos o indicadores que muestren las variables controladas por las válvulas.

Se deberá dejar holgura entre el punto inferior de una válvula de control y el piso, plataforma o terreno, para permitir el desmontaje del tapón y del vástago de la válvula.

Las válvulas de control deberán tener una derivación o "by pass", para dejarlas fuera de servicio con el sistema de operación, siempre que la detención de la línea afecte la producción en forma importante. El tamaño de las válvulas de los "by pass" será calculado para tener un coeficiente de flujo (Cv) al menos igual al de la válvula de control totalmente abierta. Las válvulas del "by pass" serán del tipo que permitan regulación, según el servicio, fluido y clase de material, de acuerdo a la especificación de materiales.

Cuadro de Válvulas: Cuando las válvulas de control sean del tamaño de la línea donde están instaladas, las válvulas de corte de esa línea deberán tener el mismo tamaño. Cuando las válvulas de control sean de menor tamaño que la línea donde están instaladas, se deberán realizar estudios de pérdidas de carga y donde sea posible, las válvulas de corte deberán ser del mismo tamaño que las válvulas de control.

Es recomendable incluir un filtro en línea previo a una válvula de control, para mejorar el funcionamiento de los conductos de bajo diámetro que conectan las válvulas con los pilotos

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :41 de 144</p>
---	---	---

hidráulicos.

Es recomendable instalar ventosas aguas abajo de las válvulas de control para la eliminación de las burbujas que pueden producirse por fenómenos transientes.

6.1.2.9.4 Ventosas y Drenajes

De acuerdo a la definición del manual AWWA M51, las ventosas (venteos), son elementos hidrodinámicos diseñados para, de manera automática, permitir la entrada o salida de aire, durante las operaciones de llenado, vaciado o durante el funcionamiento normal del sistema.

Los puntos altos de las cañerías serán provistos con conexiones para ventosas. Estas conexiones deberán ser ubicadas en posiciones de fácil acceso junto a plataformas o elementos estructurales.

En los abastecimientos de agua, para eliminar el aire atrapado en los puntos altos, se debe considerar un venteo a manual a través de una válvula manual de menor tamaño. En caso de zonas lejanas a lugares de operación, se usarán ventosas automáticas. En caso de grandes longitudes, se debe efectuar el cálculo para determinar el tamaño y la ubicación de estos elementos, durante las operaciones de llenado y vaciado. Se debe tener especial cuidado en el vaciado para no generar subpresiones que colapsen la tubería.


Las ventosas de cañerías de proceso serán automáticas, se podrá usar ventosas del tipo aerocinéticas de doble efecto.

Las ventosas para la puesta en marcha de cañerías serán manuales y una vez terminado el proceso de pruebas, las ventosas serán cerrados con tapones, flanges ciegos o bien conectados a una línea de evacuación.

En todos los puntos bajos del sistema de cañerías deberán incorporarse drenajes. Los puntos de drenajes deberán ser incorporados en cada lugar donde se pueda acumular líquido durante la operación o limpieza aguas arriba de una válvula de control o de corte.

Todos los drenajes descargando a embudos abiertos, deberán terminar a una distancia máxima de 50 mm sobre el borde del embudo.

Las descargas de las ventosas o drenajes instalados en las cañerías de ácido sulfúrico concentrado o diluido, deberán ser canalizadas con cañerías a pozos o piscinas revestidas con plásticos antiácidos especialmente diseñados para este efecto. Se debe evitar en todos los diseños la contaminación del medio ambiente.

 CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :42 de 144
--	--	--

En el caso de líneas de pulpa, se debe incorporar conexiones para flushing en los puntos altos para facilitar el drenaje de todos los sólidos y drenajes de 2" en los puntos bajos. También se debe colocar puntos de flushing y drenaje en las succiones y descargas de bombas y en todos aquellos puntos donde exista la posibilidad de un bloqueo en la línea.

Se deberán considerar válvulas de drenaje en los siguientes casos:

- En las cañerías para vapor, ácido o productos cáusticos aguas arriba de válvulas de control.
- Arriba de válvulas de bloqueo y de retención en cañerías verticales de vapor, ácido o productos cáusticos.


Los tamaños mínimos para ventosas y drenajes estarán de acuerdo a las siguientes tablas:

Tamaños Mínimos para Ventosas	Cañerías
1/2"	1/2" a 12"
3/4"	14" a 18"
1"	20" y mayores

Tamaños Mínimos para Drenajes	Cañerías
1/2"	1/2" a 1"
1 1/2"	4" a 6"
2"	8" a 12"
3"	14" a 16"
4"	18" a 20"
6"	24" y mayores

Las válvulas de control equipadas con by-pass deben estar provistas de conexiones de drenaje con válvulas.

Se deberá tener en cuenta el tipo de fluido al momento de definir los tipos y materiales de ventosas y drenajes, ya que pueden generarse incrustaciones que producen la falla y deficiente operación del sistema. Lo anterior también debe llevar a definir la mantenibilidad del sistema.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :43 de 144</p>
---	---	---

Se debe indicar en los P&ID la ubicación de los ventosas, drenajes, puntos de soplado y flushing, requeridos durante la operación.

6.1.2.9.5 Conexiones para Muestreo

Las conexiones para toma de muestras deberán suministrarse de acuerdo a lo indicado en los P&ID's.

Las conexiones para tomas de muestras manuales deberán ser fácilmente accesibles desde el piso o desde plataformas.

En general, donde se tomen muestras de líquidos, se deberá permitir la descarga libre del líquido en un embudo o canaleta de drenaje, antes de tomar la muestra.

Las muestras que requieran enfriamientos serán indicadas en los P&ID's con los respectivos enfriadores.

6.1.2.9.6 Paletas de Bloqueo


Las paletas de bloqueo y figuras en ocho (brida anteojos) deberán ser provistas donde se indique en los P&ID's. Serán usados cuando por seguridad sea necesario.

Las figuras en ocho deberán ser accesibles desde el piso o plataformas. Cuando estén ubicadas en un puente de tuberías, deberán ser accesibles por escaleras portátiles. Las figuras en ocho que pesen más de 45 kilogramos, deberán ser accesibles por equipos móviles. Cuando esto no sea posible, se proveerán puntos de levante o pescantes.

Bridas o flanges que estén agrupados estrechamente y con paletas de bloqueo, deberán montarse intercalados.

6.1.2.9.7 Filtros

En las cañerías de succión de bombas, se proporcionarán filtros temporales del tipo cónico, para ser utilizadas durante la puesta en marcha. La utilización de éstos filtros debe ser validada por el departamento de PeM del proyecto. Las cañerías serán construidas de manera de facilitar la remoción del filtro temporal. Estos filtros deben ser indicados en los P&ID. En las cañerías de succión de bombas de hasta 2", se usarán filtros permanentes del tipo "Y" con conexión roscada y de encaje.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :44 de 144</p>
---	--	---

En compresores, se proporcionarán filtros temporales del tipo canastillo, los que se localizarán lo más próximo posible a las bridas de succión, para ser utilizados durante la puesta en marcha. Las cañerías serán instaladas de manera de facilitar la remoción del filtro.

6.1.2.10 Instrumentos en Línea

A partir del diseño del sistema de cañerías se deberá definir apropiadamente la necesidad de incorporar instrumentos de control de presión y temperatura.

Los pozos termométricos de pruebas, las termocuplas y los indicadores de temperatura localizados a menos de 4,5 m del nivel de piso, deben ser accesibles desde el piso o desde una escalera portátil. Los que estén localizados en parrones serán accesible desde una escalera portátil. Los instrumentos localizados a más de 4,5 m serán accesibles desde una plataforma o desde una escalera fija. Los indicadores de temperatura serán visibles desde el piso, escalera o plataforma. En general, el acceso a todo instrumento elevado debe contar con una plataforma de servicio que garantice la seguridad del operador o mantenedor.

Los instrumentos instalados en cañerías que contienen fluidos sometidos a presiones estáticas o enfriamiento, deben ser protegidos mediante el uso de trazadores de calor (heat tracing) o con otros sistemas de aplicación de calor.

El diseño de sistemas de cañerías para instrumentos en cañerías que contengan fluidos peligrosos, debe considerar necesariamente el diseño e instalación de drenajes para los trabajos de mantenimiento. El fluido debe ser drenado a estanques o depósitos de forma de evitar cualquier riesgo de contacto con personas y además no contaminar el medio ambiente.


6.1.2.11 Aislación de cañerías

6.1.2.11.1 General

Las cañerías cuya superficie tenga una temperatura igual o superior a los 60 °C deberán tener una aislación de espesor suficiente para prevenir daño al personal, siempre que estén:

- A una altura menor de 2.100 mm sobre el piso, plataforma o pasarela.
- A una distancia horizontal menor de 600 mm del borde de un pasillo o plataforma donde una persona pueda circular o trabajar.

Se aplicará una aislación para evitar el congelamiento en cañerías exteriores cuya temperatura superficial sea inferior a 2° C.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :45 de 144</p>
---	--	---

Las cañerías de agua instaladas en áreas templadas y húmedas deberán ser aisladas para evitar la condensación en su superficie, a menos que se especifique lo contrario.

6.1.2.11.2 Materiales de Aislación

Los materiales a emplear como aislantes, su instalación e inspección deberán ser seleccionados por el proveedor de la aislación, con los datos de temperatura entregados en las memorias de cálculo y/o Listado de Líneas del Proyecto.

6.1.2.12 Diseño de Aislación de Cañerías

Las cañerías que requieran aislación serán identificadas en los documentos de ingeniería tales como: Diagramas P&ID, Isométricos, Planos de Disposición, Especificación Técnica de Materiales.

La relación del material y el cálculo de espesor de la aislación deberá basarse en la temperatura normal del fluido, y las condiciones exteriores.

Los materiales para aislación deben ser efectivamente no conductores del calor y deberán ser capaces de soportar las temperaturas extremas de trabajo a las que estarán sometidas.


Como regla general, al seleccionar un tipo de aislación deberá tenerse en consideración su necesidad de remoción para mantenimiento como es el caso de cañerías adyacentes a bombas, intercambiadores de calor, válvulas de control, instrumentos, etc., y su exposición a maltrato.

La aislación adyacente a flanges sin aislar deben tener una holgura de un largo de perno + 20 mm, para permitir la remoción de pernos y tuercas. Las orillas biseladas se deben terminar con cemento aislante. Este requerimiento se debe extender a todas las piezas que requieren frecuente remoción.

Se deberán instalar chaquetas de acero inoxidable en cañerías aisladas, que estarán montadas en zonas de ambiente corrosivo. Esto incluirá las cañerías aisladas en áreas de estanques.

Las juntas de cierre circunferencial en todas las cañerías, verticales y horizontales, exteriores e interiores deberán ser del tipo auto sellado, o bien deberán ser selladas con alguna masilla que impida la entrada de agua.

Los traslapes horizontales descendentes que sean del tipo auto sellado no requerirán sellos adicionales. Los traslapes verticales longitudinales en cañerías exteriores deberán ser sellados para proteger la aislación del viento y eventuales lluvias. Los traslapes longitudinales auto

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :46 de 144</p>
---	--	---

sellados para cañerías interiores y exteriores deberán ser de a lo menos 75 mm y no requerirán ser calafateados.

En cañerías que operen con temperaturas superiores a 370 °C, se deberán considerar juntas para absorber los movimientos de expansión cada 6,5 metros en los tramos rectos donde no se tenga una interrupción en su cubierta.

Donde las cañerías aisladas atraviesen murallas, pisos, parrillas de piso, se deberán instalar bandas protectoras de acero inoxidable 150 mm más allá de la pasada, excepto sobre los pisos en que la extensión mínima deberá ser de 300 mm.

La aislación de cañerías para protección por congelamiento se extenderá un mínimo de 75 mm dentro del edificio para prevenir congelamiento en la pasada del muro.


La aislación de cañerías verticales de gran longitud, se deberán soportar, para prevenir deslizamiento, por medio de collares metálicos con proyección horizontal 10 mm menos que el espesor de aislación

Las camisas y aislación en cañerías en cañerías verticales extensas deberán ser enzunchadas exteriormente en el punto medio entre juntas de cierre.

6.1.2.12.1 Espesores de Aislación

Cuando se requiera conservar la energía calórica y no se tenga una indicación específica, los sistemas de cañerías se aislarán de acuerdo a la siguiente guía:

Espesor de Aislación (mm)					
Servicio	Rango Temp. (°C)	Tamaño Nominal de la Cañería (pulg.)			
		½ - 2	2½ - 6	8 - 12	sobre 12
Refrigerante	-18 - 0	38	50	50	50
Agua enfriada	1 - 10	25	25	38	50
Anti condensación	11 - 32	25	25	38	50
Agua caliente	33 - 100	25	25	38	38
Vapor a baja presión	101 - 120	25	25	38	38
Vapor a media presión	121 - 205	25	38	50	50

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página : 47 de 144
---	---	---

Vapor alta presión	206 - 315	38	63	75	75
---------------------------	-----------	----	----	----	----

El espesor de la aislación en cañerías enterradas deberá ser a lo menos 13 mm superior a los valores indicados en la tabla.

Cuando se requiera una aislación de cañerías para protección de personal y no se tiene una indicación expresa, se podrá usar la siguiente guía para este propósito.

Espesor de Aislación (mm)			
Diámetro	Hasta 100 °C	100 °C a 150 °C	150 °C a 200 °C
1" y menores	25	25	25
1½" y mayores	25	25	40


A menos que se estipule algo diferente las siguientes conexiones, válvulas y accesorios deberán tener aislación, según se indica en la tabla siguiente.

Componentes	Temperatura (°C)		
	60 a 100	101 a 200	Sobre 201
Codos	Si	Si	Si
Te	Si	Si	Si
Reducciones	Si	Si	Si
Válvulas	No	Si	Si
Uniones	No	No	Si
Bridas	No	No	Si
Trampas	No	No	Si
Filtros	No	No	Si

6.1.2.13 Revestimientos Interiores de Cañerías

6.1.2.13.1 General

En líneas de pulpa se produce Abrasión Mecánica, por el choque de las partículas con la pared de la cañería, produciendo principalmente el desgaste de los revestimientos. La tasa de abrasión depende de las siguientes variables, tales como: granulometría de los sólidos, dureza de los sólidos, velocidad de flujo, características geométricas y mecánicas de la línea, concentración de sólidos de la pulpa, densidad relativa de los sólidos, factor de forma de los sólidos. La siguiente tabla muestra, a modo de referencia, la tasa de abrasión dependiendo de la velocidad de flujo:

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 48 de 144</p>
---	---	--

Para evitar el desgaste por abrasión en líneas de pulpa y la corrosión en líneas de agua y, comúnmente se usan revestimientos. En la elección del revestimiento, se debe considerar el costo y la vida útil. En caso de incrustación (agua recuperada), se recomienda usar revestimiento de HDPE o cañerías de HDPE.

Tabla 7.1 Tasa de Abrasión según Velocidad

Tasa de abrasión (mm/ año) (*)					
V (m/s)	Hormigón	Acero	HDP	Goma	Poliuretano
2,0	2,0	1,0	0,7	0,4	0,05
2,5	3,0	1,5	1,0	0,6	0,06
3,0	5,0	2,5	1,8	1,0	0,08
8,0	50,0	30,0	20,0	7,0	0,7
10,0	80,0	40,0	30,0	15,0	1,2
(*) los valores corresponden a un mineral con una granulometría 50-55% sobre malla 200 y concentración en peso 50 %					

6.1.2.13.2 Tipos de Revestimientos

En tabla 7.2 se indican los tipos de revestimientos y usos. El análisis de CFQ determinará la mejor solución para el tipo de revestimiento, privilegiando el menos valor de inversión.

Tabla 7.2 Revestimientos Interiores para Cañerías de Acero

Material de Revestimiento	Uso	Norma Aplicable	Servicio Recomendable
Epóxico	Corrosión	AWWA C210	Agua fresca y potable
Poliétileno	Corrosión	ASTM D 1248	Agua fresca y potable
Goma	Abrasión	ASTM D 2240 (dureza shore A 45+-5) ASTM D 412 (enlongación mín. 400%)	Pulpas
Neopreno	Abrasión	ASTM D2000	Pulpas
Poliuretano	Abrasión	ASTM D2000	Pulpas

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :49 de 144		
CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS			
HDPE	Abrasión	ASTM D3350 ASTM D-2240	Relaves

manera de permitir que el estanque sea vaciado completamente. Los drenajes de los estanques no serán conectados a la cañería de rebalse. No serán aceptadas válvulas tipo mariposa en los drenajes de estanques.

El agua de drenaje no podrá ser descargada directamente a piso, debiéndose conducir hacia el sistema de drenaje central de la instalación.

6.1.2.14 Protección Contra Incendios

Los sistemas de cañerías para protección contra incendios deberán ser realizadas de acuerdo a NCC 40.

6.1.2.15 Protección personal

En el diseño de instalación de cañerías en la Planta, es primordial considerar la seguridad personal durante la construcción y operación y mantención. Así, las duchas de emergencia, lavado de ojos y válvulas diluvio deben ser localizadas estratégicamente, para maximizar su efectividad.

6.1.2.15.1 Duchas de Emergencia

Se deberán considerar lava-ojos y/o duchas de emergencia en áreas donde el personal esté expuesto a riesgos de emanaciones, derrames o salpicaduras de sustancias peligrosas, tales como ácido, productos cáusticos, PLS, refino, electrolito, orgánico, cal, etc.


Estos elementos deberán ser indicados en los P&ID's y en los planos de disposiciones generales.

Las estaciones estarán ubicadas a una distancia horizontal máxima de 15 m desde los puntos de potencial peligro.

Se deberá considerar el suministro de agua potable con una temperatura entre 16 a 38 ° C y estar de acuerdo con todos los requerimiento de ANSI Z358.1.

6.1.2.15.2 Aislamiento para Protección Personal

Deberá proveerse protección personal en líneas o equipos no aislados que operen sobre 60 °C, cuando constituyan un peligro para los operadores durante las rutinas normales de operación.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :50 de 144</p>
---	--	---

Las líneas que son usadas esporádicamente, tales como descarga de válvulas de alivio, no requieren aislamiento. Ver listado de líneas con aislamiento y Heat Tracing.

6.1.3 PROCEDIMIENTOS A UTILIZAR EN PLANOS Y EN DISEÑO

6.1.3.1 Planos de Cañerías

Los planos de cañerías, los dibujos, las secciones y los detalles deben mostrar todas las cañerías con suficiente detalle para indicar el trazado de cañerías, la disponibilidad para expandirse, las conexiones con equipos de proceso, los soportes de cañerías y los accesos.

6.1.3.2 Marcas de Identificación

La identificación de cañerías deberá ser mostrada en los planos de cañerías mediante símbolos y letras adyacentes a la línea, repetidos suficientemente para designar la línea completa. Cada línea debe ser claramente designada indicando el diámetro de ésta, generalmente en pulgadas, el fluido contenido en la línea, número de la instalación o número de área, número de la línea y clase de material de la cañería.

Las cañerías de proceso y las cañerías de servicio serán identificadas con el número del área en el que nacen y mantendrán este número al cruzar otras áreas.

6.1.3.3 Símbolos


Los símbolos estándar de cañerías deberán estar en conformidad con la norma ANSI Z 32.2.3. "Graphic Symbols for Pipe Fittings, Valves and Piping" y plano de Simbología de Procesos, Equipos Mecánicos y Cañerías, SGP-02MEC-STDTC-00001. Otros símbolos deberán ser aprobados.

Para instalaciones de protección contra incendio, se ocuparán las simbologías de NFPA 170 para Uso General, Usos en Arquitectura y Diagramas de Ingeniería y Aseguradoras.

6.1.3.4 Listado de Líneas

El listado de Líneas entregará un índice de la información generada en los diagramas de cañerías e instrumentación y deberá ser preparada durante la etapa de Factibilidad e Inversional.

El listado será preparada por servicio mostrando el número de la línea, origen y término de ésta, área, diámetro, especificación del material, caudal de diseño, velocidad de diseño, presión y temperatura de operación, densidad, presión de prueba, codificación de color y referencia al diagrama de cañerías e instrumentación (P&ID).

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :51 de 144</p>
---	---	---

6.1.3.5 Listado de Materiales

Los componentes de los sistemas de cañerías deberán ser especificados para cada servicio (clase), de acuerdo con su función y haciendo referencia a los materiales empleados. No se podrán hacer referencias a marcas comerciales. Referencias a materiales o elementos de equipos no convencionales se harán acompañando ésta del catálogo correspondiente.

6.1.3.6 Listado de Válvulas

El listado de válvulas contendrá informaciones de ingeniería y de compras; se agrupará esta información por clase de material. Las válvulas especiales tendrán una especificación particular de compras a la cual se hará referencia en las listas de material y de válvulas.

6.1.3.7 Listado de Soportes

Esta lista será trabajada en forma similar a la lista de válvulas, en lo que refiere a compra de soportes especiales.

En general, se proporcionarán diseños estándar de soportes para la fabricación en taller o en terreno de éstos. En los planos de disposición de cañerías se hará referencia a los soportes de las cañerías.

En el documento Especificación Técnica Materiales de Cañerías, SGP-02CAN-ESPTC-00001, se puede ver la estructura del listado de soportes.


6.1.3.8 Listado de Ítems Especiales y Hojas de Datos

La lista de ítems especiales (ej: mangueras, filtros, etc.), contendrá información de ingeniería y de compras. Los ítems especiales tendrán una especificación particular de compras a la cual se hará referencia en las listas de material.

En el documento Especificación Técnica Materiales de Ingeniería (SGP-02CAN-ESPTC-00001), se puede ver la estructura del listado de ítems especiales.

6.1.3.9 Listado de Tie-In

En caso de diseño de cañerías nuevas sobre sistemas existentes, debe entregarse un listado de Tie-In o de Puntos de Conexión de la interface de las cañerías existentes y nuevas, o cañerías de diferentes aéreas o contratos.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p style="text-align: center;">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :52 de 144</p>
---	---	---

6.2 Disciplina Hidráulica

6.2.1 Requerimientos generales

En el diseño y trazado de cañerías se deben aplicar las mejores prácticas y criterios de la ingeniería, sin perder de vista aspectos que digan relación con minimizar el costo inversional y operacional de las instalaciones que se proyectan, por ejemplo tener presente privilegiar la selección de diámetros comerciales, entendiéndose éstos, como los de mayor disponibilidad en el mercado.

La Disciplina Cañerías se apoyará con las Disciplinas de Proceso, Civil Estructural en el dimensionamiento de cajones de distribución y cajones de bombeo. El trabajo conjunto permitirá compatibilizar lay-out, tiempo de residencia, y comportamiento hidráulico de la pulpa.

La definición del trazado para canal de relaves, relaveducto y concentraductos, será un trabajo en conjunto de las Disciplinas Cañerías y Civil de manera de incorporar y compatibilizar criterios y requerimientos topográficos, geotécnicos, de movimiento de tierra, de integridad mecánica-estructural y de operación hidráulica. También se debe tener presente consideraciones medio ambientales.


El dimensionamiento y diseño de los canales, incluyendo la definición de revanchas, será un trabajo en conjunto de las Disciplina Hidráulica, Estructural y Medio Ambiente de manera de definir la solución más óptima entre revanchas y tapas.

El dimensionamiento y diseño de conducción de drenajes, será un trabajo en conjunto de las Disciplina Hidráulica y Civil.

La definición de número bombas por salas, estaciones intermedias y el uso de variadores de frecuencia en sistemas de bombeos deberá hacerse en conjunto con las disciplinas Cañerías, Mecánica, Eléctrica y Mantenibilidad, de manera de compatibilizar lay-out, uso eficiente de energía y costos de operación.

En el caso de sistemas de cañerías que transporten líquidos corrosivos o riesgosos, las cañerías no serán ruteadas por sectores donde una posible fuga pueda causar una reacción con otros materiales o sustancias presentes en el área produciendo gases tóxicos, tales como líneas de ácido sulfúrico en áreas donde es utilizado hidrosulfito de sodio o viceversa, a menos que se provea un contenedor de fuga (contención secundaria) y detectores de fuga sean implementados.

Se recomienda que las plantas de lechada de cal, floculantes y reactivos en general, se han dispuesta en los lay-out de las plantas los más cercano a los puntos de consumo para tener impulsiones de menores potencia y menores desgastes de cañerías.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :53 de 144</p>
---	---	---

6.2.2 Tipos de fluidos y pulpas

El diseño deberá contemplar las características especiales del tipo fluido a transportar, distinguiéndose los siguientes casos generales:

Fluidos

- Agua, en sus diferentes tipos (potable, industrial o proceso, de incendio, etc.)
- Soluciones Acuosas
- Soluciones de Orgánico
- Combustibles
- Ácido Sulfúrico
- Aire
- Lubricantes, aceites
- Lechada de cal, floculantes, y reactivos en general

Pulpas

- Pulpas convencionales espumosas
- Pulpas convencionales no espumosas
- Pulpas no convencionales

6.2.3 Transporte de fluidos


6.2.3.1 Condiciones de Diseños

6.2.3.1.1 Requerimientos Generales

El dimensionamiento de líneas en presión deberá considerar los flujos de diseño, las características y propiedades de los fluidos de proceso y servicios manejados, y los factores de diseño y de espuma si corresponde. Todo lo anterior de acuerdo a lo indicado y especificado por la Disciplina de Procesos (Criterio de Diseño de Procesos y/o Diagrama de Flujo).

Las redes de aguas para servicios tales como aguas sello de bombas, enfriamiento de equipos, transporte de polvo (scrubbers), supresores de polvo, estaciones de servicio para lavado etc, se dimensionarán de acuerdo a los caudales y presión recomendados por los fabricantes de los equipos involucrados. Se deberá considerar un factor de diseño calculado como consecuencia del dimensionamiento de los equipos.

Los sistemas de conducción de combustible serán diseñados de acuerdo con:

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :54 de 144</p>
---	---	---

- Los decretos supremos y normativas vigentes de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles
- Norma NCC20.
- Normas internacionales (por ejemplo NFPA 30, 31 y 395.)

6.2.3.1.2 Velocidad de Flujo

- Agua

Se recomienda que se dimensionen empleando los siguientes criterios de velocidad según el tipo de servicio, teniendo presente que la selección final del diámetro debe minimizar los costos de inversión y operación

Tabla 7.1 Velocidad de Flujo Referencial

Velocidad (m/s)	Tipo de servicio
1,2 a 3,0	Servicio general
1,2 a 2,5	Succión de bombas y líneas de drenaje


Velocidades mayores 3 m/s deben ser analizadas, de acuerdo a los materiales, fluidos a transportar y vida útil de la instalación. Diseño con velocidades altas debe considerar una soportación adecuada (para el diseño de soportes consultar el documento Estándar Soportes de Cañerías, SGP-02CAN-STDTC-00001.

- Soluciones

Se recomiendan los rangos de velocidad indicados en tabla 7.2. Los criterios de velocidad indicados deben ser usados como recomendación general, velocidades fuera del rango específico pueden ser aceptados, por consideraciones económicas y/o de vida útil de la instalación.

Tabla 7.2 Velocidad de Flujo Soluciones

Tipo de servicio	Velocidad (m/s)
Soluciones Acuosas (Electrolito, PLS y Refino)	2,0 a 3,0
Soluciones de Orgánico (Orgánico, Diluyente)	2,0 máximo

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :55 de 144
---	---	--

Floculante	0,25-0,5
Reactivos	0,7-1,0
Ácido Sulfúrico	0,5 (acero al carbono) 1,0 (acero inox)

- Combustibles líquidos

Se deberán considerar las recomendaciones del Anexo 14 de norma corporativa de Codelco NCC20

6.2.3.1.3 Temperatura de Diseño

La temperatura de diseño debe ser igual o mayor que la mayor temperatura resultante de:

- Temperatura máxima del proceso.
- Radiación solar y temperatura ambiente.

6.2.3.2 Flujo en Presión


6.2.3.2.1 Requerimientos Generales

La presión de diseño debe estar de acuerdo con las normas indicadas. Las líneas se dimensionarán de modo que la presión, en el extremo más alejado de la red, considerando un flujo pleno en dicho ramal, sea a lo menos igual a la presión mínima exigida en el sistema.

La presión de diseño para cañerías debe ser a lo menos igual a la mayor determinada por lo siguiente criterios:

- Máxima presión de operación, pero no menos de 1,0 Kg/cm² (15 psig).
- Presión de vapor del líquido conducido a la temperatura ambiente máxima. Se considerará 25°C como temperatura ambiente máxima.
- Presión de diseño, de la válvula de seguridad ubicada en la línea para protegerla de sobre presiones.
- Presión de descarga de la bomba para caudal cero.
- Presión máxima por golpe de ariete.

En los sistemas de distribución de agua potable, en caso de contar con estanque de regulación, se sugiere que el caudal de diseño sea el caudal máximo horario aguas abajo del estanque. Asimismo, se recomienda que el diseñador considere la modelación hidráulica de los nuevos arranques o sistemas de agua bajo distintas condiciones de operación, sobre todo si los nuevos sistemas están unidos a redes de agua existentes, en cuyo caso la modelación deberá incluir necesariamente las redes existentes ubicadas aguas arriba del punto de arranque.

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :56 de 144</p>
---	---	---

Se recomienda que las plantas elevadoras de servicio continuo cuente con al menos un grupo motobomba de reserva en consecuencia las estaciones de bombeo continuo tendrán como mínimo dos equipos motobombas, alternándose la operación de las unidades. El grupo motobomba de reserva será igual al resto, o al más crítico, de los equipos de la planta elevadora.

6.2.3.2.2 Pérdidas de Carga Friccionales (Δf)

Para el cálculo de las pérdidas de carga friccionales en cañerías, se recomienda emplear la fórmula de Darcy-Weisbach y la ecuación de Colebrook & White, Eventualmente y teniendo presente sus limitaciones se puede emplear la formula empírica de Hazen-Williams.

- **Método de Darcy – Weisbasch**

$$\Delta f = \frac{f_D \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \cdot L$$

Donde:

Δf : Pérdida friccional total (m)

L : longitud del tramo de cañería (m)

f_D : coeficiente de fricción de Darcy (λ en gráfico de Moody)

V : velocidad del fluido en la cañería (m/s)

D : diámetro interno de la cañería (m)

g : aceleración de gravedad (m/s²)

En escurrimiento en presión, el tipo de régimen se puede determinar mediante el cálculo del número de Reynolds (Re), y siendo ν la viscosidad cinemática del fluido (m²/s), se tiene la siguiente expresión.

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Con:

ν : viscosidad cinemática agua, en m²/s


Si: $Re < 2.000$: flujo laminar

$Re > 4.000$: flujo turbulento

$2.000 < Re < 4.000$: flujo intermedio entre laminar y turbulento.

En caso de diseño con fluidos viscosos, usar la corrección indicada por el Instituto de Hidráulica en norma ANSI/HI 9.6.7.

El coeficiente de fricción f_D para flujo en régimen laminar es función del número de Reynolds (Re)

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 57 de 144</p>
---	--	--

$$f_D = \frac{64}{Re}$$

El coeficiente de fricción f_D para flujo en régimen turbulento es función del número de Reynolds (Re) y de la rugosidad absoluta de la cañería (ε) y se calcula empleando la expresión de Colebrook & White.

$$\frac{1}{\sqrt{f_D}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f_D}} \right)$$

En Anexo 1, se entrega como referencia un listado de algunos materiales de cañerías con su correspondiente valor de rugosidad absoluta (ε).

Para el cálculo del número de Reynolds se debe tener presente que los valores de viscosidad cinemática del fluido (m^2/s) son variables con la temperatura, existiendo tablas y/o gráficos donde se indican dichos valores.

En las figuras que se incluyen en el Anexo 2 se presenta el Ábaco de Moody.

- **Método de Hazen – Williams**


Este método permite estimar directamente la pérdida de carga unitaria J , se emplea principalmente en el cálculo de cañerías de HDPE en presión.

$$\Delta f = J \cdot L$$

$$J = \frac{10,668 \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,869}}$$

Donde:

- Δf : Pérdida friccional total (m)
- L : longitud del tramo de cañería (m)
- J : pérdida de carga por unidad de longitud (m/m)
- Q : caudal (m^3/s)
- D : diámetro interior de la tubería (m)
- C : coeficiente de rugosidad

 CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :58 de 144
--	---	--

El parámetro C es una constante, que sólo depende del tipo de cañería y se obtendrá de la literatura en cada caso. A modo de referencia en Anexo 1 se presenta algunos valores usuales. Dado su carácter empírico, la Ecuación de Hazen-Williams tiene un rango de aplicación limitado por los siguientes aspectos:

- Sólo puede ser utilizada para el cálculo de las pérdidas por fricción en sistemas que conducen agua a temperaturas ambiente (15°C a 20°C) y el flujo no excede de una velocidad de 3 m/s.
- No es aplicable para tuberías extremadamente rugosas, es decir, no debería utilizarse para coeficientes C muy bajos (menos a 60).
- Debe utilizarse sólo para diámetros mayores a los 50 mm (2").

6.2.3.2.3 Pérdidas de Carga Singulares (Δs)

Para estimar el valor de las pérdidas de carga singulares en cañerías, se recomienda emplear un coeficiente adimensional K, que es propio de cada singularidad, a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta s = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

Δs : pérdida de carga singular (m)

K : coeficiente de pérdida propio de cada singularidad (adimensional)

V : velocidad media del flujo en la cañería (m/s)

g : aceleración de gravedad (m/s²)

Se debe prestar atención a la definición del valor de V, es decir, si corresponde a la velocidad antes o después de la singularidad para el cálculo de la pérdida. El coeficiente K se obtendrá de la literatura para cada singularidad.


A modo de referencia, los valores de K de algunas singularidades que se presentan con mayor frecuencia pueden verse en Anexo 1

6.2.3.2.4 Espesor de Pared de Cañería

El espesor de pared deberá calcularse de acuerdo a la vida útil del proyecto y según ASME B31.3 o B31.4 según corresponda.

6.2.3.2.5 Placas Orificio

De ser necesario, se considera la utilización de placa de orificio para generar pérdidas de carga en el sistema.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página : 59 de 144
---	---	---

La diferencia de presión en una placa orificio se determina con la siguiente expresión:

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{12,523.97 \cdot C_0 \cdot d_0^2} \right)^2 \cdot (1 - \beta^4)$$

Donde:

ΔP	Presión diferencial en la Placa (mca)
Q	Flujo en (m ³ /h)
C_0	Coefficiente de descarga de la Placa (-)
d_0	Diámetro del Orificio (m)
β	d_0/D (-)
D	Diámetro exterior, (m)

El coeficiente de descarga de la placa orificio C_0 puede ser calculado con la siguiente ecuación:

$$C_0 = 0.5959 + 0.0312 \cdot \beta^{2.1} - 0.184 \cdot \beta^8 + \frac{91.71 \cdot \beta^{2.5}}{Re_D^{0.75}}$$

Re : Numero de Reynold (-)

La pérdida de carga en la placa orificio se determina con la siguiente expresión:

$$\Delta h = \Delta P \cdot \frac{\sqrt{1 - \beta^4} - C_0 \cdot \beta^2}{\sqrt{1 - \beta^4} + C_0 \cdot \beta^2} \text{ (mca)}$$

Se deberá considerar que en este caso el coeficiente K definido en 7.2.3 será expresado de la siguiente manera:


$$K = \frac{C_0}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

Para efectos prácticos de operación segura, se considera que el índice σ / σ_1 debe ser mayor que 1.5 para evitar cavitación en operación normal, y debe ser mayor a 0.80 para evitar cavitación en operación eventual.

$$\sigma = \frac{P_d + P_b - P_v}{\Delta P}$$

Donde:

σ	Índice de Cavitación (-)
P_d	Presión agua debajo de la placa (mca)

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 60 de 144</p>
---	--	--

- P_b Presión barométrica en la placa (mca)
- P_v Presión absoluta de vapor T° analizada (mca)
- σ_1 Índice de cavitación incipiente (-)

$$\sigma_1 = 19.212 \cdot C_d^3 - 7.0728 \cdot C_d^2 + 6.1992 \cdot C_d + 0.6165$$

$$C_d = 0.019 + 0.083 \cdot \beta - 0.203 \cdot \beta^2 + 1.35 \cdot \beta^3$$

6.2.3.3 Impulsiones

6.2.3.3.1 Selección de la Bomba

Las características de una bomba se definirán a partir del caudal de diseño, características del fluido, equipos involucrados, geometría de las succiones, condiciones atmosféricas y descargas de las cañerías.

La selección de la bomba debe efectuarse de modo que para el caudal máximo, el rodete resultante no supere el 90% del máximo aceptado por la bomba.


La selección de bomba centrifugas deberá efectuarse de modo que el punto de operación deberá estar sobre la curva Caudal v/s Altura Total definida para el diámetro de rodete disponible, deberá estar situado hacia el lado izquierdo del punto de mejor operación (BOP) y lo más cercano posible al punto de máxima eficiencia de la bomba (BEP). En la selección de las bombas centrifugas serán considerados posibles aumentos de capacidad o presión, dependiendo de cada proyecto en particular.

Bombas Horizontales para procesos químicos, tales como Impulsión de Refino, PLS, ILS, Electrolito, Soda Caustica, Ácido Clorhídrico, propios de las Planta SX/EW e intercambio Iónico, Área Refinería Electrolítica, se especificarse de acuerdo a las recomendaciones de ASME B73.1.

Bombas para agua a baja presión, como impulsión de aguas drenaje, servicios higiénicos, y en general impulsiones misceláneas, se especificarse de acuerdo a las recomendaciones de ANSI B73.1; ISO 2858 o 5199.

Bombas Horizontales centrifugas para Combustibles, tales como Petróleo Diésel, se especificarse de acuerdo a las recomendaciones de API 610, con Sello Mecánico API 682.

Bombas Verticales para procesos químicos SX/EW (Pilas) se especificarse de acuerdo a las recomendaciones de API 610. Para Impulsión de Orgánico en SX se preferirá el uso de Bombas de Doble Succión.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 61 de 144</p>
---	--	--

Bombas de desplazamiento para combustibles, reactivos de flotación, reagentes, extractantes, floculantes, se especificarse de acuerdo a las recomendaciones de API 674, API 675 o API 676, dependiendo del rango de caudales con Sello Mecánico API 682.

Bombas Centrífugas para pulpas mineras, relaves y lechada de cal, se especificaran de acuerdo a las recomendaciones de ANSI/HI 12.1.

Bombas de Desplazamiento para pulpas mineras alta presión, bombas tipo pistón Hidráulico o Pistón Diafragma, se especificaran cuando aplique de acuerdo a las recomendaciones de API 674, API 675 o API 676 y experiencia y recomendaciones de proveedores reconocidos. Adicional a lo anterior, el consultor/a desarrollará una Hoja de Datos especial para este tipo de equipo, la cual incluirá todas las características constructivas necesarias para operar con el fluido especificado. El proveedor deberá complementar, modificar o adecuar esta Hoja de Datos, incluyendo sus propias características y de mutuo acuerdo con el consultor/a se seleccionará el equipo final a proveer. Esta selección deberá ser aprobada por Codelco. Aquellas facilidades requeridas por el equipo, tales como Agua de Lavado, Aire o Aceite, deberán ser informadas por el venedor e incorporadas por el consultor/a en una etapa temprana del diseño.

6.2.3.3.2 Altura Neta de Succión Positiva (NPSH Net Positive Suction Head)

Los requerimientos de presión de succión positiva (NPSH), imperan en el dimensionamiento de las líneas de succión.

El NPSHd (altura neta de succión disponible de la instalación) deberá ser mayor al NPSHr (altura neta de succión requerida por la Bomba). Se recomienda dejar un margen mínimo de 10% o una diferencia de 1,0 m. con respecto a la disponible.


Para calcular la NPSHd disponible para una instalación de bombeo se puede aplicar la fórmula siguiente:

$$NPSHd = \frac{P_a - P_v}{\gamma} + h_a - h_{fr}$$

$$P_a = P_o \cdot e^{-H \cdot \frac{\rho_o \cdot g}{P_o}}$$

Donde:

- P_a*: Presión atmosférica (Pa).
H: Altura en metros desde el nivel a mar
P_o: presión atmosférica a nivel del mar (Pa)
P_v: presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo (Pa)
 γ : peso específico de la pulpa (N/m³)

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 62 de 144</p>
---	---	--

h_a : Altura estática de aspiración (m.c.a)

(+) para aspiración positiva

(-) para aspiración negativa

h_{fr} : Pérdidas friccionales y singulares; por fricción en la cañería de succión y pérdidas singulares de entrada, válvulas, y otras (m.c.a)

6.2.3.3.3 Caudal de Diseño

El caudal de diseño de una bomba corresponde al caudal indicado en los Diagramas de Flujo del proyecto, los que debieran incluir el factor de utilización de la Planta y las fluctuaciones de flujo o factor de diseño definido por la Disciplina de Procesos.

6.2.3.3.4 Altura Dinámica Total de Elevación (TDH)

Para evaluar la altura dinámica total de elevación de una bomba (TDH), se calculará la presión de descarga de la bomba. Se recomienda aplicar un coeficiente de seguridad a lo calculado, el que puede ser un 10% de las pérdidas de carga, dado que es donde se tiene mayor incerteza.

Hacer benchmark con la industria.

6.2.3.3.5 Velocidad Máxima

La velocidad máxima de rotación del impulsor de la bomba deberá estar bajo el 20% de cualquier velocidad crítica del equipo

La velocidad periférica para agua con bajo contenido de sólido queda limitada a las recomendaciones de parágrafo 1.3.2.15.5 de HI 1.1-1.5

6.2.3.3.6 Potencia del motor


La potencia del motor será definida por el proveedor del equipo de impulsión.

Para selección preliminar, a modo de referencia la potencia del motor se puede determinar:

- A partir de catálogo de proveedores, determinar la potencia máxima para la bomba operando sin carga teniendo en cuenta los factores de corrección por altura y eficiencias de la transmisión:
- Utilizando la siguiente expresión:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot TDH}{75 \cdot E_b \cdot E_m}$$

Donde:

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 63 de 144</p>
---	---	--

P : potencia motor (HP)
 Q : caudal de agua a impulsar (m^3/s)
 γ : Peso Específico del fluido (N/m^3)
 TDH: altura dinámica total de elevación (m)
 E_b : eficiencia bomba (tanto por uno)
 E_m : eficiencia motor y transmisión (tanto por uno)

Se recomienda los siguientes parámetros para las estimaciones de potencia dada por la expresión anterior.

- factor de seguridad en el cálculo de la potencia del motor, hacer benchmark con la industria.
- 0.95 Por disponibilidad mecánica.
- 0.95 Por disponibilidad hidráulica (limpieza)
- 1.10 Por envejecimiento (incrustación)

6.2.3.4 Flujo a Superficie Libre

6.2.3.4.1 Pendiente Mínima

Se define como pendiente mínima aquella que permita el escurrimiento del fluido con la mínima velocidad de manera de evitar la sedimentación de material en suspensión que pueda transportar el flujo. Para el caso del agua, se recomienda una pendiente tal que la velocidad mínima de escurrimiento sea mayor a 0,6 m/s.


6.2.3.4.2 Altura del Escurrimiento

El diseño de sistemas de transporte a superficie libre (cañerías o tuberías en acueducto, o canaletas) debe contemplar que la altura de escurrimiento “h” del fluido esté comprendida entre el 30% y el 60% del diámetro de la cañería “D” o del ancho basal del canal “b”. Además en canaletas, sin tapas, se debe contar con una altura libre de seguridad o revancha de la canaleta “R”.

Sólo en condiciones eventuales de muy baja ocurrencia el rango de altura relativa de escurrimiento podría aumentar llegando incluso a la capacidad máxima de la sección.

La altura normal de escurrimiento se determinará para un régimen lejano a la crisis, se verificará que se trabaje con números de Froude (Fr), inferiores a 0,8 en régimen subcrítico o superiores a 1,2 en régimen supercrítico (torrente).

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot A / L}}$$

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 64 de 144</p>
---	---	--

Donde:

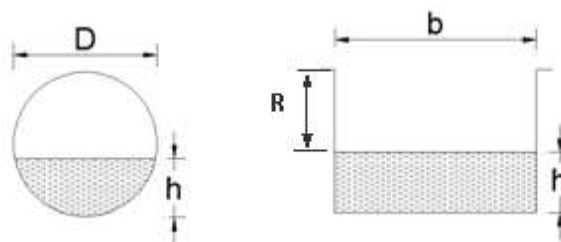
Fr : número de Froude

V : velocidad de escurrimiento (m/s)

g : aceleración de gravedad (m/s²)

A : área o sección de escurrimiento (m²)

L : ancho superficial del escurrimiento (m)



- La altura normal de escurrimiento se estimará a través de la fórmula de Manning.

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} A R_h^{2/3}$$

Donde:

Q caudal (m³/s)

i pendiente de la conducción (m/m)

A : área o sección de escurrimiento (m²)


Rh radio hidráulico del escurrimiento (m) y $Rh = A / P$

P perímetro mojado del escurrimiento (m)

n coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad toma diversos valores de acuerdo al material de la conducción y sus características de antigüedad. A modo de referencia se muestra en, Anexo 1 algunos rangos de valores usualmente asociados a cada tipo de material.

El análisis hidráulico se podrá efectuar empleando programas computacionales tipo HEC-RAS o similar, calculando el eje hidráulico en la conducción y efectuando un análisis detallado de las singularidades para la condición de diseño, y una comprobación de capacidad para la condición eventual. Las singularidades, que generan alteraciones al escurrimiento, se analizarán caso a caso mediante balances de energía, determinando su influencia hacia aguas arriba y aguas abajo, determinando las condiciones del flujo para el punto de partida al cálculo del eje hidráulico.

 <p>CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 65 de 144</p>
--	---	--

6.2.3.4.3 Revancha o Altura Libre en Canaleta (R)

- Tramos Rectos:

El cálculo deberá efectuarse con respecto al caudal máximo y se recomienda dejar una revancha entre el borde de una canaleta y la altura de escurrimiento, en tramos sin singularidades, de una (1) altura de velocidad ($V^2/2g$).

- Tramos Curvos:

La sobreelevación del escurrimiento que se produce en sectores de curva sin presencia de ondas propagadas desde aguas arriba, se recomienda ser evaluada de acuerdo a las siguientes expresiones:

- Fórmula de Newton

$$\Delta h = \frac{V^2 \cdot b}{g \cdot r_c}$$

Donde:

- Δh : sobre elevación en curvas (m)
 V : velocidad de escurrimiento (m/s)
 r_c : radio de curvatura (m)
 b : ancho superficial (m)

- Fórmula de Grashof


$$\Delta h = 2,30 \cdot \frac{V^2}{g} \cdot \log \frac{r_e}{r_i}$$

Donde:

- Δh : sobre elevación en curvas (m)
 V : velocidad de escurrimiento (m/s)
 r_e : radio externo de curvatura
 r_i : radio interno de curvatura

- Sobreelevación por Ondas Cruzadas

La sobreelevación por presencia de ondas cruzadas será evaluada de acuerdo a la fórmula de Knapp e Ippen:

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :66 de 144</p>
---	---	---

$$y = \frac{V^2}{g} \cdot \operatorname{sen}^2 \left(\beta + \frac{\theta}{2} \right)$$

Donde:

- y : altura de la onda
 β : ángulo que forma la onda con la tangente del borde del canal
 θ : ángulo que describe un semi período de la onda cruzada

$$\beta \approx \arcsen \left(\frac{\sqrt{g \cdot h}}{V} \right)$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{2 \cdot b}{(2 \cdot r_c + b) \cdot \tan(\beta)} \right)$$

6.2.3.5 Drenajes

Los cálculos de caudales para sistemas de drenajes de aguas superficiales son calculados de acuerdo a las recomendaciones del criterio de diseño civil SGP-02CIV-CRTTC-00001.

6.2.3.6 Almacenamiento


Para almacenar Agua en Estanques Cilíndricos, en forma permanente, se aceptará el diseño según AWWA D 100 o AWWA D 103, tales diseños deberán considerar las facilidades para inspeccionarlos o mantenerlos de acuerdo a AWWA D 101.

Los revestimientos interiores deberán estar de acuerdo a AWWA D 102. Un análisis se efectuará a fin de determinar el revestimiento adecuado, considerando el análisis físico químico del agua a almacenar. De ser necesarias protecciones catódicas, estas se diseñarán de acuerdo a lo indicado en la sección A.11 de AWWA D 102 y en AWWA D 104.

Dependiendo del uso a dar al Estanque, la desinfección del mismo antes de usarlo, se efectuará de acuerdo a AWWA C 652.

Se podrán re usar Estanques para agua existentes, siempre y cuando un análisis basado en NACE T 142 sea efectuado y su recuperación y saneamiento cumpla con lo enunciado en AWWA D 102 y se cumpla con el Estándar de re pintado basado en ASTM D2200.

Para soluciones acuosas o de procesos en general, se aceptará el diseño según API 650, con las adecuaciones pertinentes, de acuerdo a las recomendaciones aplicables a cada fluido en particular.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :67 de 144</p>
---	--	---

El consultor/a de ingeniería deberá desarrollar las especificaciones particulares basados en NACE, en el caso de fluido corrosivos, tales como ácidos o bases. Y en el caso especial de almacenamiento de pulpas abrasivas agitadas, se deberá considerar en la memoria de cálculo mecánica, los esfuerzos hidrodinámicos debidos a la agitación turbulenta.

El almacenamiento en Piscinas, se efectuará de acuerdo a las recomendaciones de diseño dadas en la Especificación Técnica Diseño y Construcción de Piscinas Impermeabilizadas con Geosintéticos SGP-02MEC-ESPTC-00005.

Las sentinas de traspaso, y en general obras hidráulicas prismáticas de contención construidas en hormigón, serán diseñadas con un volumen tal que garantice una operación estable de los equipos, considerando tiempos de vaciado acordes a sus ubicaciones geográficas, caudales manejados, intermitencia de alimentación a las mismas, y en general a las eventualidades operacionales de los sistemas y sub sistemas del cual forman parte. Adicional a lo anterior el volumen de la obra considerará la contención del volumen contenido en las cañerías de alimentación y descarga, tiempos de detención de las bombas, autolavado de las líneas, drenajes reverso de emergencia y contingencias definidas en el taller de riesgos respectivo.

La autonomía de tal obra, será definida por la disciplina procesos, con la colaboración de la disciplina cañerías y en general con las instancias que intervengan en este diseño.

6.2.4 TRANSPORTE DE PULPAS

6.2.4.1 Condiciones de Diseño


6.2.4.1.1 Requerimientos Generales

Las líneas de pulpa deberán ser diseñadas de acuerdo a norma ASME B31.4 y con un mínimo de cambios de dirección para reducir la abrasión y la posibilidad de obstrucción o embancamiento de la línea o canaleta.

Puntos bajos en líneas de pulpa deberán ser en lo posible evitados. Sin embargo, cuando no sean evitables, dichos puntos bajos serán provistos de un drenaje. Cuando sea requerido, se instalarán venteos en los puntos altos de los trazados.

Preferentemente, la pulpa deberá ser transportada en línea recta desde un equipo a otro evitando el uso de curvas o codos, además la distancia debería ser lo más corta posible.

Se recomienda dejar pendientes que permitan el drenaje parcial, vaciado o limpieza con agua de las cañerías cuando estén fuera de servicio, de manera de permitir el drenaje donde el tamaño de los sólidos y su concentración puedan causar embancamiento o sedimentación como

 CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página : 68 de 144
--	---	---

resultado de alguna parada. La inclinación de las líneas deberá tener un valor mínimo de 1 % y máximo 2 % y deberá ser indicada expresamente en los P&IDs.

Se recomienda que en el diseño del trazado, el flujo no tenga obstrucciones, tales como placas de orificio y válvulas, evitando el uso de válvulas de estrangulamiento o de retención. Tampoco deben utilizarse válvulas de tipo compuerta o de tipo globo.

Las cañerías de pulpa deberán ser montadas y soportadas de manera de facilitar su desmantelamiento. En la succión y descarga de bombas, unión a equipos y estanques, así como para los tramos rectos de cañerías se recomienda emplear unión de acople rápido tipo Victaulic a objeto de facilitar la mantención y permitir la rotación de las cañerías. Se considerarán conexiones en los puntos bajos, a fin de evacuar la pulpa.

Las líneas de succión de bombas deben ser de la menor longitud posible y no utilizar curvas o codos. Se deberán considerar en una etapa temprana del diseño, los requerimientos de mantenibilidad de la Bomba Bajo Molino (SAG). Al menos se considerarán las distancias horizontales para desmontaje de la carcasa delantera, desmontaje del impulsor y desmantelamiento total de las partes húmedas de la Bomba (wet end).


Al interior de la planta de molienda, cuando el diseño contemple una línea simple o doble de alimentación a la batería de hidrociclones, el cambio de dirección se realizará usando un cajón de simple entrada simple salida o doble entrada simple salida (tres vías), según corresponda. Uso de piezas de unión en Y, Curvas Revestidas o Manguerotes podrán ser usados con un análisis de desgaste y de riesgo.

En el caso de plantas (distintas al interior de la planta de molienda), donde se requieran cambios de dirección (fittings), y cuando sea posible, se usarán cañerías dobladas (curvas) en vez de codos. El radio mínimo de las cañerías dobladas será de 5 veces el diámetro de la cañería. En lo posible se usarán mangueras y curvas revestidas interiormente con goma para los cambios de dirección. Curvas tres (3) veces el diámetro nominal podrán ser usadas solamente en casos específicos.

En trazados de cañerías de extensa longitud se adoptarán curvaturas amplias, según ASME, con el propósito de disminuir la abrasión de éstas.

Se deberá proveer conexiones para el lavado de cañerías (flushing) y drenajes, en todas las líneas de succión de las bombas que lo requieran y en todos aquellos puntos del sistema en que exista posibilidad de obstrucción, y se indicarán en los Diagramas de Proceso e Instrumentación. En lo posible, se dejará también una conexión para aire comprimido.

En lo posible, los largos de cañerías entre fittings deberán ser estandarizados.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 69 de 144</p>
---	--	--

En la etapa de ingeniería básica se deberán efectuar ensayos reológicos a los relaves espesados a fin de determinar las propiedades de yield stress y viscosidad plástica. Se deberá confeccionar un reograma para presentar los resultados de los ensayos.

6.2.4.1.2 Temperatura de Diseño

La temperatura de diseño será la máxima temperatura de operación definida por los requerimientos de proceso. Además se deberá verificar la temperatura de diseño mínima para el transporte de las pulpas y relaves, dado que modifican las características reológicas de la pulpa

6.2.4.1.3 Viscosidad

Para una primera etapa de diseño, en Ingeniería Básica, se podrá considerar una viscosidad en función del % de sólidos en peso (Cp) de las pulpas de acuerdo a la Tabla 8.1.

Tabla 8.1 Viscosidad según Concentración de Sólidos


Cp (%)	Viscosidad (m ² /s x 10 ⁻⁶)
< 25	3
25 - 45	3 - 5
45 - 55	5 - 8
55 - 70	8 - 100

Para etapas de ingeniería detalles se debe realizar un estudio que permita conocer el comportamiento reológico de la pulpa o el relave. La viscosidad influye en el comportamiento físico de la pulpa y su valor debe ser el más exacto posible. Además es necesario conocer su granulometría (d₅₀, d₈₅), concentración en peso para el mineral, y todos los parámetros que permitan un adecuado diseño de las obras de conducción.

El aumento de la concentración de sólidos puede cambiar el comportamiento reológico de la pulpa en especial si ésta tiene un gran porcentaje de finos.

6.2.4.1.4 Velocidad de Flujo (VF)

Se recomienda que las líneas de pulpa sean dimensionadas al menos con una velocidad de flujo 10% superior a la velocidad límite de depósito calculada. Las velocidades máximas de flujo no deberán sobrepasar 4,0 m/s para el caudal nominal, por el desgaste y la mantención requerida. En la memoria de cálculo de transporte se especificarán las condiciones particulares donde esta velocidad no puede ser cumplida por una fluctuación del flujo eventual sobre el caudal de diseño.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página : 70 de 144
---	---	---

Las velocidades mínimas deben estar respaldadas por un cálculo de la velocidad de sedimentación. En la siguiente tabla se muestran las velocidades mínimas y máximas recomendadas para el flujo de pulpas, aun cuando, dependiendo del diseño adoptado, condiciones particulares del proyecto y debidamente respaldado la velocidad de diseño podrá estar fuera de los rangos indicados en la tabla.

Tabla 8.2 Rango de Velocidades recomendadas para diferentes tipos de Pulpa

Tipo de Pulpa	Velocidad Mínima (m/s)	Velocidad Máxima (m/s)
Concentrado	1,2	2,5
Lamas	1,5	5,0
Arenas (alta concentración)	2,0	3,5
Relave Convencionales	2,0	4,0
Mineral Molido Fino	2,0	4,0
Mineral Molido Grueso	2,5	3,5
Soluciones de Cal	> 2,0	4,0

6.2.4.1.5 Velocidades Depositación (VL)

Cañerías

Para pulpa con finos de concentrado ($d_{50} < 200 \mu\text{m}$), aplicar la fórmula de Wasp

$$VL = F'_L \cdot [2g \cdot D \cdot (S - 1)]^{0,5} \cdot \left(\frac{d_{50}}{D}\right)^{1/6}$$

Donde:

VL : velocidad límite de deposición (m/s)

FL : parámetro función del tamaño y concentración de sólidos, de acuerdo a McElvain y Cave.

FL' : factor de corrección (fórmula de Wasp)

$$F'_L = 3,322 \cdot \left(\frac{C_v}{100}\right)^{0,213}$$


C_v : concentración de sólidos en volumen, en %

g : aceleración de gravedad (m/s^2)

D : diámetro de la cañería (m)

S = densidad de las partículas / densidad del fluido (adimensional)

d_{50} : tamaño de abertura de malla que deja pasar el 50% en peso de una muestra (m)

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 71 de 144</p>
---	---	--

Para sólidos de granulometría fina y espectro granulométrico angosto (en cañerías de pequeño diámetro < 6"), usar fórmulas de Durand modificada por J. Rayo.

$$VL = 1,1 \cdot FL \cdot \sqrt{2g \cdot D \cdot (S - 1)^{0,6}}$$

Para sólidos de granulometría gruesa y espectro granulométrico ancho (en cañerías de pequeño diámetro < 6")

$$VL = FL \cdot \sqrt{2g \cdot D \cdot (S - 1)} \cdot \left[\frac{d_{80}}{d_{50}} \right]^{0,1}$$

Para sólidos de granulometría fina y espectro granulométrico angosto (en cañerías de gran diámetro, 8" a 24")

$$VL = 1,25 \cdot FL \cdot \sqrt[4]{2g \cdot D \cdot (S - 1)}$$

Donde:

VL velocidad límite de depósito (m/s)

FL parámetro función del tamaño y concentración de sólidos.

g aceleración de gravedad (m/s²)

D diámetro interior de la tubería (m)

S densidad de las partículas / densidad del fluido (adimensional)

d₅₀, d₈₀ tamaño de abertura de malla que deja pasar el 50% y el 80% en peso de una muestra (m)

Nota: Esta última corrección del parámetro *FL* no es dimensionalmente homogénea


Canaletas

Para calcular la velocidad límite de depósito de sólidos en canaletas con flujo gravitacional, se recomienda emplear la siguiente expresión de Durand, modificada por el Ing. Juan Rayo, y que utiliza gráfico de Mc. Elvain y Cave que se muestra en la Figura 2 del Anexo 1.

$$VL = 1,25 \cdot FL \cdot \sqrt[4]{2g \cdot h \cdot (S - 1)}$$

Donde:

VL : velocidad límite (m/s)

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 72 de 144</p>
---	---	--

- FL*: parámetro función del tamaño y de la concentración de sólidos (se obtiene del Gráfico de Mac-Elvain y Cave, para sólidos con distribución de tamaños no uniforme)
- g*: aceleración de gravedad (m/s²)
- h*: altura normal de escurrimiento (m), según la expresión de Manning
- S*: densidad de las partículas / densidad del fluido (adimensional)

Para pipelines de relaves o concentrado, se pueden considerar formulaciones adicionales basadas en las características del fluido y con un estudio económico que lo respalde.

6.2.4.2 Flujo en Presión

6.2.4.2.1 Pérdidas de Carga Friccionales Pulpas Convencionales

Se consideran Pulpas convencionales aquellas que tenga un compartimiento de fluido newtoniano homogéneo, es decir que su viscosidad dinámica es independiente del gradiente de velocidades ($\tau = \mu dv/dy$) o tenga una tensión de fluencia (yield stress) menor a 5 [Pa].

Para pulpas convencionales y en flujos con velocidades superiores a la velocidad límite, éste se transporte en régimen heterogéneo y las pérdidas de carga fricciónales se calculan con la ecuación de Darcy – Weisbach y el factor de fricción por la fórmula de Colebrook-White para fluido puro, considerando la viscosidad de la pulpa transportada.

6.2.4.2.2 Pérdidas de Carga Singulares Pulpas Convencionales (m.c.p.)

Las pérdidas singulares se expresan en términos de la longitud equivalente.


$$\Delta s = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$L_e = K \cdot \frac{D}{f}$$

Donde:

- Δs : Pérdida de carga singular (m.c.p.)
- K* : coeficiente de pérdida propio de cada singularidad (adimensional)
- V* : velocidad media del flujo en la cañería (m/s)
- g* : aceleración de gravedad (m/s²)
- D* : Diámetro Interior de la tubería (m/s²)
- f* : factor de fricción
- Le*: Longitud Equivalente (m)

En Figura 5 de Anexo 2 se entrega las longitudes equivalentes recomendadas por Warman.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 73 de 144</p>
---	--	--

6.2.4.2.3 Pérdidas de Carga Friccionales Pulpas no Convencionales

Se consideran Pulpas no Convencionales aquellas que tenga un compartimiento plástico de Bingham (fluido no newtoniano) es decir que tienen una relación lineal, o no lineal en algunos casos, entre el esfuerzo cortante y el gradiente de deformación una vez superado una tensión de fluencia (yield stress) de 5 [Pa]. En general las pulpas no convencionales corresponden a relaves con alta concentración en peso. (relaves espesados)

Para pulpas no convencionales las pérdidas de carga serán calculadas por el método de Bingham, cuyos parámetros hidráulicos cumplen con la siguiente expresión.

$$\tau = \tau_y + K_B \gamma$$

Relación lineal, o no lineal en algunos casos, entre el esfuerzo cortante y el gradiente de deformación una vez se ha superado un determinado valor del esfuerzo cortante

Donde

τ : Tensión de Corte (Pa)

τ_y : Tensión de Fluencia Bingham (Pa)

K_B : Viscosidad Plástica de Bingham (Pa-s)


$$\gamma = \frac{dv}{dy} \text{ Gradiente de velocidad o velocidad de corte (1/s)}$$

En función de las características de la pulpa no convencional (reología, % sólidos, granulometría, etc) se determinar el régimen de flujo (laminar/turbulento) a transportar.

Se debe calcular la tensión de corte del sólido, porque en un fluido con tensión de fluencia alta, los sólidos (de gran tamaño) son capaces de actuar como un modificador reológico, disminuyendo la tensión de fluencia de la pulpa. Esto genera un régimen distinto de transporte, pudiendo provocar sedimentación de los gruesos y no suspensión homogénea

i. Pérdidas de Carga Régimen Laminar

Para evitar las altas pérdidas de cargas que se generan en el transporte de pulpa no convencional no segregables en régimen turbulento, se considera un diseño en régimen de flujo laminar para fluidos homogéneos, no newtonianos. Para este tipo de fluidos las pérdidas de carga friccionales se determinan según la siguiente expresión:

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 74 de 144</p>
---	---	--

$$h_f = \left(4 \cdot \frac{f_{NL}}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \right) \cdot L$$

Donde:

h_f : Pérdidas de carga (m),

L : Longitud del tramo (m),

V : Velocidad de escurrimiento (m/s),

g : Aceleración de gravedad (m/s²),

D : Diámetro interior (m)

f_{NL} coeficiente de fricción de Fanning, que para este tipo de fluidos viene dado por la Ecuación de Buckingham modificada por Hedstrom

$$f_{NL} = \frac{16}{Re_b} \left[1 + \frac{He}{6 \cdot Re_b} - \frac{He^4}{3 \cdot f_{NL}^3 \cdot Re_b^7} \right]$$

Donde

$Re_b = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{K_B}$: Número de Reynolds para flujo de Bingham

$He = \frac{D^2 \cdot \rho \cdot \tau_y}{K_B^2}$: Número de Hedstrom

ρ : Densidad del fluido (kg/m³)

K_B : Viscosidad plástica Bingham (Pa s),

V : velocidad de escurrimiento (m/s),

τ_y : Yield stress (Pa)

D : Diámetro interior de la tubería (m).


ii. Régimen Turbulento:

Para este régimen se usará el modelo de Wilson & Thomas

$$V = u^* \left[2.5 \cdot \ln(Re_B) + 2.5 \cdot \ln\left(\frac{1-x}{1+x}\right) + x \cdot (14.1 + 1.25 \cdot x) \right]$$

$$x = \frac{\tau_y}{\tau_w}; \quad u^* = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} \quad y \quad Re_B = \frac{D \cdot u^* \cdot \rho}{K_B}$$

Donde

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página : 75 de 144
---	---	---

D	diámetro interior tubería (m)
τ_w	tensión de fluencia en la superficie (Pa)
τ_y	Yield stress (Pa)
ρ	densidad a la mezcla (kg/m ³)
Re_B	número de Reynolds de Bingham
K_B	Viscosidad Plástica de Bingham (Pa s)

iii. Velocidad de Transición

La velocidad de transición de régimen laminar a turbulento se determinará con la siguiente correlación de Slatter y Wasp que está basada en el modelo Reológico de Bingham.

$$V_T = Re_{CB} \cdot \frac{K_B}{D \cdot \rho}$$

Donde:

V_T corresponde a la velocidad de transición (m/s),

Re_{CB} Reynolds Critico Transición (-), que se estima con las siguientes expresiones:

$$Re_{CB} = 155 \cdot He^{0.35} \quad \text{para } He < 1,5 \cdot 10^5$$

$$Re_{CB} = 26 \cdot He^{0.5} \quad \text{para } He > 1,5 \cdot 10^5$$

He es el número de Hedstrom que se expresa de la siguiente forma: $He_B = \frac{\tau_y \rho D^2}{K_B^2}$


iv. Tensión Cortante del Sólido Transportado

La Tensión de Corte debida a una partícula gruesa cayendo en un régimen laminar será calculada con la siguiente expresión:

$$\tau_p = \frac{(\rho_s - \rho_f) \cdot g \cdot d}{6}$$

Donde:

τ_p	tensión de corte de la partícula en estudio (Pa)
ρ_s	densidad de la partícula sólida (Kg/m ³)
ρ_f	densidad del relave transportado (Kg/m ³)
d	diámetro de la partícula en estudio (m)
g	aceleración de gravedad (m/s ²)

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 76 de 144</p>
---	---	--

6.2.4.2.4 Pérdidas de Carga Singulares Pulpas no Convencionales

Las pérdidas en válvulas y codos serán evaluadas usando la expresión de Edwards, 1985, descrita en “Fittings Losses in Paste Flow Design”, P.T. Slatter, publicado en Paste 2010:

$$\frac{2 \cdot g \cdot h_{fitt}}{v^2} = f_n$$

f_n es expresada en función de la altura de velocidad usando una constante de proporcionalidad:

$$h_{fitt} = k_{fitt} \frac{v^2}{2g}$$

Por lo tanto coeficiente de pérdidas de Fitting está determinado por:

$$k_{fitt} = h_{fitt} \frac{2g}{v^2}$$

La ecuación expresada en términos de la caída de presión $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$ es:

$$k_{fitt} = \frac{\Delta P_{fitt}}{\frac{1}{2} \rho v^2}$$

Donde:

- k_{fitt} Coeficiente de pérdida adimensional del fitting,
- ΔP_{fitt} Caída de presión en el fitting (KPa),
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)
- V Velocidad promedio en la tubería (m/s).


6.2.4.2.5 Presión de Partida Pulpas no Convencionales

Para proceso de puesta en marcha o después de una parada de emergencia se debe tener presente y en función de la concentración que alcanzaría el relave al interior de la tubería en el período de tiempo considerado, determinada por ensayos reologicos, la presión de partida queda determinada por:

$$P_{st} = \frac{4\tau_y L}{D_i}$$

Donde:

- P_{st} : Presión de Partida (Pa)
- τ_y : Tensión de Fluencia (Pa)
- L : Longitud de la Cañería con relave espesado (m)

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 77 de 144</p>
---	---	--

D_i : Diámetro Interior de la Cañería (m)

6.2.4.3 Impulsión Pulpas No Espumosas

6.2.4.3.1 Selección de la Bomba

La altura geométrica de descarga se considerará entre el punto más alto de la descarga y el eje de la bomba. La altura geométrica de succión se considerará entre el nivel mínimo de la pulpa en el estanque y el eje de la bomba.

Se recomienda seleccionar bombas de pulpa convencionales centrífugas horizontales con revestimiento de goma, poliuretano o similar para las piezas de desgastes, dependiendo del tipo de la pulpa a impulsar.

La selección de bombas para pulpa no espumosa deberá efectuarse de modo que el caudal máximo, incluyendo la fluctuación, no supere el 75% del rango de flujos del catálogo de la bomba. Además, se deberá verificar que la velocidad periférica del rodete no supere los 25 m/s, para evitar el desgaste acelerado del rodete mismo y de la carcasa.

6.2.4.3.2 Altura Neta de Succión Positiva (NPSH)

El NPSH_d disponible deberá ser mayor al NPSH_r requerida por la bomba para el caudal de operación deseado para evitar el fenómeno de cavitación y calculado de acuerdo a lo indicado al punto 7.3.2 del presente documento.

6.2.4.3.3 Cálculo de Altura de Impulsión (TDH)

Para una selección preliminar de equipos de bombeo de pulpas la altura dinámica total de la bomba (TDH) se determinará como la suma de altura geométrica más la pérdida de carga, estimado en el punto anterior multiplicada por el factor de corrección o derratero H_r . De manera referencial se recomienda para la corrección del TDH utilizar el factor de corrección de altura H_r según metodología Warman. La selección definitiva del equipo de bombeo deberá hacerse por el proveedor desde el TDH sin corregir y este deberá hacer su propia corrección garantizando el TDH requerido.

$$H_w = \frac{H_s}{H_r \cdot C_s}$$

Donde:

H_w : altura impulsión corregida para pulpa (m.c.a.)


H_s : altura impulsión requerida (m.c.p.)

H_r : factor de corrección por efecto de sólidos en la pulpa, $f(d_{50}, C_p, S)$, Figura 3 del Anexo II

d_{50} : diámetro medio de las partículas a transportar (mm)

S : densidad de las partículas / densidad del fluido (adimensional)

C_p : concentración de sólidos en peso

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 78 de 144</p>
---	--	--

Cs : coeficiente de seguridad (0,95 para pulpa no espumosa (relaves))

- Para las bombas de molienda se recomienda calcular la corrección por efecto de sólidos aplicando un coeficiente de seguridad sobre el factor HR de 0,95 y sobre el factor ER de 0,85.
- La potencia del motor será definida por el proveedor de la Bomba, a partir de la potencia al eje calculada. Para la selección preliminar, a modo de referencia se recomienda un coeficiente de seguridad de 1,1 en la altura dinámica total (TDH) y 1,2 en la potencia calculada.

6.2.4.3.4 Impulsión Pulpas Espumosas

Para el diseño de bombas horizontales de espuma, se puede considerar de manera referencial el procedimiento indicado en el boletín técnico Weir-Warman N°28 y que se detalla a continuación. No obstante se sugiere desarrollar un análisis de la espuma generada en la pulpa para un diseño económico.:

- Determine el tipo de espuma de acuerdo al el factor de volumen de espuma (FVF):

Espuma débil seleccione	FVF= 1,1 a 1,25.
Espuma robusta seleccione	FVF=1,5 a 1,6.
Espumas medias seleccione	FVF= 1,25 a 1,5.

- Use el caudal de diseño (Q_s), pero también revise la selección con el caudal máximo.

- El caudal de espuma es:


$$Q_f = FVF \cdot Q_s, \text{ en l/s}$$

- Calcule la Altura de carga de pulpa (H_s), con Q_f , para una concentración de sólidos en pulpa y sin considerar la espuma. Mantenga los diámetros de descarga y velocidades menores que 2,0 – 2,5 m/s y la altura estática baja, de modo de mantener alturas menores a 30 m.

- La altura de agua H_w se calcula como :

$$H_w = \frac{H_s}{HR_f}, \text{ donde } HR_f \text{ se obtiene de fig. 4 (Anexo 2)}$$

- Seleccione la bomba de espuma de modo que el punto de operación quede al lado izquierdo de la curva de puntos de mayor eficiencia y además que el NSPH requerido sea menor que 3,5 m. Si tiene dudas, vaya al tamaño superior de

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 79 de 144</p>
---	---	--

bomba. Agregue la curva de espuma del sistema a la curva seleccionada.

- vii) Calcule la eficiencia de la espuma como:

$$E_f = E_w \cdot ER_f$$

En el punto de operación de espuma seleccione la velocidad de la bomba Nf (r/min) y la eficiencia del agua Ew (%). ERf se obtiene del Anexo 2

- viii) Calcule la densidad de la espuma

$$S_f = \frac{S_m}{FVF}$$

donde S_m es la densidad de la pulpa sin considerar la espuma. Nótese que S_f puede ser menor que 1.

- ix) Calcule la potencia de espuma

$$P_f = \frac{Q_f \cdot S_f \cdot H_f \cdot 0,98}{E_f}$$


- x) Revise la potencia cuando bombea agua a velocidad Nf
- xi) Seleccione el tamaño del motor con un 20% de margen para considerar las pérdidas en el motor y fluctuaciones en el flujo.
- xii) HRf, Sm, St y FVF son adimensionales.

6.2.4.4 Flujo de pulpas a Superficie Libre

El diseño de flujos gravitacionales debe evitar por una parte el problema de depósito de fondo y embanques y por otra parte los desbordes por su posible impacto ambiental.

A continuación se resumen los criterios generales a emplear para el dimensionamiento de los sistemas de conducción gravitacional de pulpas.

- El dimensionamiento de los sistemas de conducción deberá contemplar la fluctuación de flujo, en los porcentajes positivos y negativos que indique la Disciplina de Procesos.
- Los sistemas gravitacionales de conducción de pulpa deberán evitar al máximo el escurrimiento a sección completa en cañerías y en especial la formación de sifones.
- Las líneas deberán instalarse con pendientes en la dirección del flujo, y las pendientes deben mostrarse en los planos.
- El diseño del sistema de transporte hidráulico de pulpa a superficie libre deberá considerar las siguientes restricciones en la altura de escurrimiento:

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 80 de 144</p>
---	---	--

Pulpas Espumosas (concentrados):

para cañería $0,2 < h / D < 0,5$

para canaleta rectangular $0,2 < h / b < 0,5$

Pulpas No Espumosas (pulpa mineral, colas flotación, lavados pisos):

para tubería $0,3 < h / D < 0,6$

para canaleta rectangular $0,3 < h / b < 0,6$

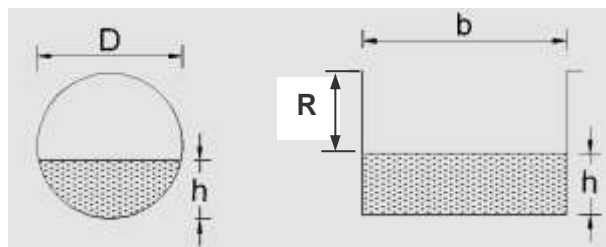
Donde:

D : diámetro de la cañería (m)

h : altura de escurrimiento (m)

b : ancho de la canaleta (m)

R : revancha de la canaleta (m)



• Altura Normal de Escurrimiento (h)


La altura normal de escurrimiento se determinará para un régimen lejano a la crisis, es decir para $0,8 > \text{Froude (Fr)} > 1,2$

Para el dimensionamiento de líneas con escurrimiento a superficie libre (acueductos y canaletas), se utilizará la formulación de Manning, en la cual, para el caso particular de las pulpas, se introducirá una modificación al coeficiente de resistencia o coeficiente de Manning, que considera la presencia de un fluido distinto al agua y la presencia de partículas sólidas en suspensión, para lo cual se recomienda algunas de las siguientes formulaciones:

- a) En etapa conceptual y básica usar: Dichas correcciones consisten en aumentar los n de Manning en un 5% con respecto a los valores para agua pura, considerando los siguientes valores:

$$n_{pulpa} = 1,05 \cdot n_{agua}$$

- b) En etapa de detalles: Obtener el Coeficiente de Manning (n) en función del radio

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 81 de 144</p>
---	--	--

hidráulico y el factor de fricción (f_n), donde el factor de fricción es función de la rugosidad absoluta (k_s), la cual debe ser obtenida desde canaletas existen

Factor de fricción para Transporte de Pulpa por superficie rugosa

$$f_n = \frac{1}{4 \cdot \left(\log \left(\frac{12 \cdot R_h}{k_s} \right) \right)^2}$$

Coeficiente de Manning (n)

$$n = \frac{R_h^{1/6}}{\sqrt{\frac{2g}{f_n}}}$$

Donde :

R_h : Radio Hidráulico (m)

g : Aceleración de gravedad (m/s)

k_s : Rugosidad absoluta (m)

f_n : Factor de fricción (-)

• Revancha o Altura Libre de Canaleta (R)


Para una rápida estimación o aproximación de ingeniería básica se puede evaluar la revancha o altura libre de la canaleta entre el borde de la canaleta y la altura de escurrimiento como:

- En tramos sin singularidad dejar 1,0 altura de velocidad para el caso de pulpas no espumosas y 1,5 altura de velocidad para pulpas espumosas.
- En las zonas con singularidades dejar 2,0 alturas de velocidad para pulpas no espumosas y 3,0 alturas de velocidad para pulpas espumosas.

Para ingeniería de detalle, deberá desarrollarse un cálculo de la revancha con las siguientes consideraciones:

- El cálculo deberá efectuarse con respecto al caudal máximo y se recomienda considerar la instalación de cubiertas, para evitar salpicaduras especialmente en tramos con singularidades, evitando salida de material que pueda afectar el medio ambiente.
- El cálculo debe considerar revancha por curvatura donde sea requerido en el trazado, usando el método indicado en punto 8.2.3.4.3.

6.2.4.5 Diseño de Cajones

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 82 de 144</p>
---	---	--

6.2.4.5.1 Cajones Bombas

El Dimensionamiento de los cajones de las bombas debe realizarse de modo de evitar en lo posible variaciones bruscas y frecuentes de la altura de carga positiva sobre el eje de la bomba, además de rebalses, salpicaduras y embanques.

La altura del líquido con respecto al eje de la bomba deberá ser suficiente como para garantizar que la bomba trabaje en todo momento con un NPSH (carga positiva neta en la succión) mayor al requerido por la bomba, de tal forma que no se produzca aspiración de aire por vórtices o cavitación.

Se deben considerar tiempos de residencia adecuados a la pulpa, tomando como mínimo los siguientes tiempos, medidos con respecto a los flujos máximos de diseño, contemplando, además, la mayor altura posible del cajón.

Tiempo de Residencia Mínimos (Tr)

- - Pulpa no espumosa >1 Minutos
- - Pulpa espumosa >2 Minutos

La velocidad de evacuación (Vev) debe ser mayor que la velocidad de sedimentación (Vsd) de la pulpa.

El área de evacuación (Aev) (sección transversal horizontal en la zona de succión) queda determinada por la velocidad de evacuación y el caudal mínimo. El volumen de residencia (Vr) queda determinado por el tiempo de residencia y el caudal máximo. La altura del cajón queda determinada por Vr, Aev y la revancha


Considerar drenaje adecuado del cajón, de modo de que sea autolimpiante (de fácil salida de sólidos depositados), por ejemplo. El fondo del cajón de aspiración de bombas de pulpa tendrá las paredes inclinadas con un ángulo de al menos 45° para evitar la sedimentación de sólidos.

El cajón tendrá drenaje con válvula de abertura rápida, rebose y conexión para manguera que permita, mediante chorro de agua, la remoción del sólido sedimentado en la boca de aspiración luego de una detención de la bomba.

Se recomienda instalar en la línea de succión de la bomba, un drenaje provisto de válvulas de abertura rápida para la limpieza de la línea. La bomba tendrá boquilla de succión removible, de acuerdo a diseño estándar de la División, de modo de evitar vórtices y cavitación. Los cajones de la molienda se revestirán con goma de 3/8 pulgadas de espesor y los de la flotación con goma de ¼ pulgada de espesor.

El drenaje y el rebose serán ubicados en puntos de fácil acceso y serán orientados teniendo en consideración las pendientes del piso, de modo que, al operar, causen el mínimo de perturbación a la operación y mantención de las bombas.

En caso de flujos espumosos debe agregarse el factor de espuma a los cálculos.

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 83 de 144</p>
---	---	--

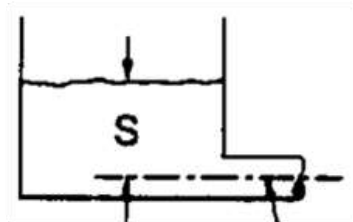
El drenaje y el rebose serán ubicados en puntos de fácil acceso y serán orientados teniendo en consideración las pendientes del piso, de modo que, al operar, causen el mínimo de perturbación a la operación y mantención de las bombas.

Los cajones alimentadores de bombas contarán con vertedero de rebose, calculado para flujo máximo (condición de falla total de las bombas). En esta condición, la altura de líquido sobre el vertedero será la menor posible para obtener un mayor volumen útil del cajón, siempre que la longitud del vertedero sea compatible con las dimensiones del cajón. En lo posible, esta altura no será mayor que 90 mm.

Las bocas de conexión de los cajones a la succión de las bombas deberán diseñarse con adaptador removible e intercambiable, según diseño estándar de la División, provisto con espárragos para su instalación y perforaciones alargadas. Estas bocas contarán con inyección de agua para su limpieza.

Toda otra boquilla de salida de cajones será una pieza removible e intercambiable, igualmente provista de inyección de agua para su limpieza.

Cálculo Sumergencia: Se recomienda el uso de la formula indicada por ANSI/ HI 9.8 -1998 "Pump Intake Design"



$$\frac{S}{D} = 1,0 + 2,3F_D$$

Donde:

S: Sumergencia, en m

D: diámetro interno, en m


$$F_D = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

Nº de Froude:

V: velocidad en la succión de la bomba (m/s)

g: aceleración de gravedad (m/s²)

6.2.4.5.2 Cajones de Traspaso y/o Distribuidores

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 84 de 144</p>
---	---	--

Para asegurar la independencia hidráulica entre el flujo entrante y saliente del cajón de traspaso, se recomienda una altura libre mínima entre el nivel definido por el Bernoulli crítico ($Fr=1.0$) de la sección de descarga y el radier de la sección de alimentación de 0,5 metros.

El ancho del cajón de traspaso deberá tener a lo menos una dimensión de 2,5 veces el ancho de la sección de alimentación o descarga del cajón, para evitar el que los chorros de pulpa choquen con las paredes de ésta.

La longitud del cajón de traspaso deberá ser mayor o igual al doble de la distancia horizontal “Lp” (ver figura 8.2) de la trayectoria descrita por la parábola de caída de la pulpa de alimentación al cajón (flujo máximo), para evitar en el impacto en los muros frontales.

Se recomienda diseñar el cajón con la mayor altura posible para prever los rebalses debidos a la formación de espuma en la pulpa.

La altura libre de la sección de salida deberá ser al menos un 20% mayor al Bernoulli crítico definido para flujo máximo.

Se deberá considerar una profundidad del cajón bajo el nivel del radier de la sección de descarga “b” (ver figura 8.2), con la finalidad de contar con un colchón amortiguador de pulpa. Se recomienda una profundidad “b” determinado según la siguiente expresión.

$$b \geq \left(\frac{a}{3} \right)^{0.5}$$


La revancha o altura libre (R) en el cajón de traspaso deberá ser al menos de 2 alturas de velocidad para pulpas no espumosas y 3 para pulpas espumosas, medidas con respecto del caudal máximo sobre el nivel de pulpa definido en la sección de alimentación al cajón de traspaso, con una altura no menor a 30 cm.

Para el caso en que el ducto de salida sea cañería, se deberá disponer de cañerías de venteo, ubicado a más de 5 Diámetros de la boca de salida.

Se deberá evitar el embanque de los cajones por sedimentación generalizada de los sólidos. En el caso de varios compartimientos, la velocidad de ascenso de la pulpa debe ser mayor en un 25% a la velocidad de sedimentación de la partícula de mayor tamaño (d_{95}).

Se recomienda que el cajón tenga drenaje con válvula de abertura rápida, rebose y conexión para manguera que permita, mediante chorro de agua, la remoción del sólido sedimentado en la boca de aspiración luego de una detención de la bomba. El drenaje y el rebose serán ubicados en puntos de fácil acceso y serán orientados teniendo en consideración las pendientes del piso, de modo que, al operar, causen el mínimo de perturbación a la operación y mantención de las bombas.

Los cajones distribuidores deben ser dimensionados de modo de asegurar la distribución adecuada de la pulpa considerando la contención total de la pulpa evitando derrames y

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 85 de 144</p>
---	---	--

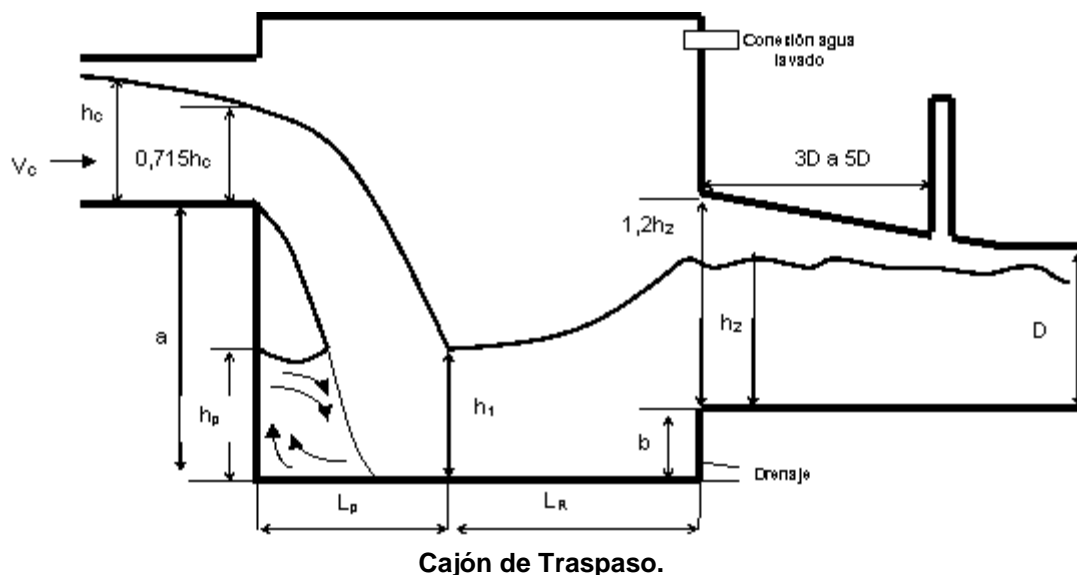
salpicaduras.

Para la distribución de la pulpa se recomienda tapones cónicos que de preferencia actuarán en contraflujo, con las facilidades necesarias para su reemplazo. El material de los tapones se revisará de conforme a las características de la pulpa (flotación, molienda, relaves).


En la etapa de ingeniería de detalles, el consultor/a de ingeniería, desarrollará un plano estándar, donde indicará todos tapones a ser usadas en los cajones de traspaso, flotación y remolienda. El diseño de los tapones, quedará respaldado en una memoria de cálculo que deberá ser aprobada por Codelco. Equipos propietarios, tales como celdas de flotación, que incluyan tapones, deberán contar con suficiente detalle para determinar, las alturas de trabajo y accionamiento de las mismas. (ver figura 6 Anexo 2)

En cajones de gran tamaño se debe asegurar que no se produzca segregación de sólidos por zonas de baja velocidad, con una correcta ubicación de las descargas y sección del cajón. Se deberá proveer adición de agua que logre mantener las partículas en suspensión.

En cajones que reciban pulpas espumosas se recomienda instalarán bandejas mata-espuma en el flujo de entrada al cajón.



Metodología de Cálculo

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p style="text-align: center;">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 86 de 144</p>
---	---	--

a) Tiempo de residencia:

Es el tiempo que determina el volumen del cajón y debe ser determinado por Procesos, en ningún caso menor que 1 min. A saber:

$$T_r = \frac{V}{Q}, \text{ considerando:}$$

V: volumen útil, en m³

Q: caudal en m³/s

b) Dimensionamiento Geométrico.

Para una altura de caída dada “a” (ver figura 8.2) desde un canal de sección rectangular se recomienda utilizar, las ecuaciones adimensionales de Walter Rand (Proc. ASME, vol 81 Sept 1985) para determinar las dimensiones del cajón

$$\frac{h_1}{a} = 0,54 \cdot \left(\frac{h_c}{a} \right)^{1,275} \qquad \frac{h_2}{a} = 1,66 \cdot \left(\frac{h_c}{a} \right)^{0,81}$$

$$\frac{h_p}{a} = \left(\frac{h_c}{a} \right)^{0,66} \qquad \frac{L_p}{a} = 4,3 \cdot \left(\frac{h_c}{a} \right)^{0,81}$$

$$L_R = 6,9 \cdot (h_2 - h_1)$$

Donde:

a : Altura vertical de caída (m)

h_c: Altura crítica en el canal de entrada (m)

h₁: Altura de torrente al pie de la zona de impacto (m)

h₂: Altura de régimen sub crítico de agua abajo (m)


h_p: Altura de nivel de agua junto al paramento vertical de caída (m)

L_d: Distancia horizontal desde el paramento al punto de impacto del chorro (m)

L_R: Longitud de resalto hidráulico al pie de caída (m)

Además “b” debe cumplir con las condiciones:

$$0,5 < \frac{b}{h_1} \leq 4 \text{ Para fijar la formación del resalto hidráulico}$$

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :87 de 144</p>
---	---	---

$h_p < a$ y $a < h_c$ para posibilitar la existencia de aireación bajo la napa.

c) Vertederos de emergencia

El vertedero de emergencia se diseña para evacuar eventuales sobreflujos de un modo controlado. En función de la figura 8.3, la altura de carga en el vertedero de emergencia, será calculará con la ecuación:

$$h_v = \left(\frac{Q}{l \cdot m \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

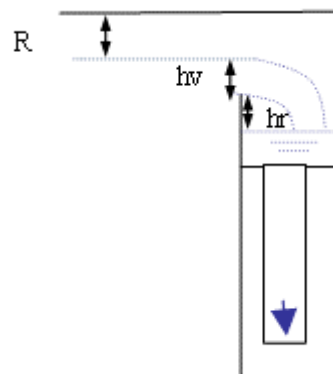
h_v : altura de carga (m)

Q : flujo máximo (m³/s)

l : longitud vertedero (m)


m : coeficiente de descarga (0.4 para pared delgada)

g : aceleración de gravedad (m/s²)



Vertedero de Emergencia

d) Venteos

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 88 de 144</p>
---	---	--

El cálculo de los venteos, se efectuará de acuerdo a los criterios entregados en API RP 520 Sizing, Selection and Installation of Pressure - Relieving Devices y API RP 521 Guide for Pressure- Relieving and Depressuring Systems.

Para las válvulas de venteo, se seleccionan arreglos de dos válvulas de bolas en serie. Dependiendo de la ubicación de dichos venteos, se seleccionará apropiadamente la clase de la válvula, material y sello, de acuerdo a lo indicado en la Especificación Técnica de Materiales de Cañerías. Se pueden estudiar otras configuraciones de válvulas considerando criterios económicos.

El Área de las válvulas de venteo se calcularán de acuerdo a la siguiente expresión dada en API RP 521

$$A = \frac{17,8W}{F_d K_d K_c} \sqrt{\frac{ZT}{MP_1(P_1 - P_2)}}$$

Donde:

- A: área de descarga de aire de la válvula de venteo (m²).
- W: flujo de aire (Kg/h).
- Z: factor de compresibilidad del aire (-).
- M: peso Molecular del Aire (Kg/Kmol).
- P₂: presión aguas debajo de la válvula (Pa).
- P₁: presión aguas arriba de la válvula (Pa).
- K_d: Coeficiente de descarga (-).
- K_c: Factor de uso de disco de ruptura (-).
- F_d: Coeficiente subcrítico (-).
- T: Temperatura del Fluido (K).

Se deberá evitar que aguas abajo de la válvula de venteo se llegue a la presión crítica P_{cf}, la que será calculada de acuerdo a la siguiente expresión:


$$P_{cf} = P_1 \left[\frac{2}{k+1} \right]^{\frac{k}{k-1}}$$

Donde:

- K: coeficiente politrópico del aire (-).
- P₁: presión aguas arriba de la válvula de venteo (Pa).
- P_{cf}: presión crítica (Pa).

e) Cálculo de Tapones

El cálculo de la pérdida de carga en los tapones (ΔH) se estimará de acuerdo a la siguiente expresión para orificios:

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 89 de 144</p>
---	---	--

$$\Delta H = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C \cdot S} \right)^2$$

En que:

- ΔH Pérdida de carga en los tapones (m)
 Q : Flujo de pulpa (m³/s)
 S : Sección de orificio (m²)
 C : Coeficiente de gasto en tapones= 0,61

f) Verificación de velocidad de sedimentación v_s

La velocidad de sedimentación se verificará con la publicación “Arrastre de Sedimentos”, E. Ayala, U. de Chile u otra suficientemente respaldada.

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g d_s}{C_D} \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)}$$

Con,

$$C_D = \frac{24\mu}{\rho \cdot v_s \cdot d_s} + 1.5 \quad \text{si} \quad \frac{v_s \cdot d_s}{\gamma} \leq 10.000$$

La velocidad antes calculada debe ser afectada por la concentración de sólidos en la pulpa, de granulometría extendida. De la misma publicación, se puede aplicar la Ecuación de Vanoni (1962).

6.2.4.6 Anillos Disipadores (Anillos Cerámicos)

Los anillos disipadores se utilizan para generar pérdidas de carga cuando es necesario generar una contrapresión para evitar el flujo en acueducto o para disipación de energía.


La velocidad en el anillo para servicio de pulpa no debe exceder los 35 m/s y la caída de presión no debe exceder de 50 metros.

Los anillo en línea de servicio eventual como líneas de drenaje de relaveducto, se deben instalar entre carretes sin revestimiento interior.

La presión diferencial en un anillo disipador se determina con la siguiente expresión

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{12523,97 \cdot C \cdot d_o^2} \right)^2 \cdot (1 - \beta^4)$$

Donde

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 90 de 144</p>
---	---	--

P : Presión diferencial en la placa (mcf)

Q : Flujo en m³/h

C : Coeficiente de descarga de la placa

β : d_o/D

d_o : Diámetro del orificio (m)

D : Diámetro Exterior (m)

El coeficiente de descarga del anillo disipador puede ser calculado con la siguiente ecuación, para anillo tipo nozzle

$$C_0 = 0.9900 - 0.2262 \cdot \beta^{4.1} - \left[0.00175 \cdot \beta^2 - 0.0033 \cdot \beta^{4.15} \right] \cdot \left[\frac{10^6}{Re_D} \right]$$

Válida para:

$5 \text{ cm} \leq D \leq 50 \text{ cm}$

$0,3 \leq \beta \leq 0,44$ para $7 \times 10^4 \leq Re \leq 10^7$

$0,3 \leq \beta \leq 0,8$ para $2 \times 10^4 \leq Re \leq 10^7$

La pérdida de carga en metro columna de fluido se determina de la siguiente expresión


$$\Delta h = \Delta P \cdot (1 + 0,014 \cdot \beta - 2,06 \cdot \beta^2 + 1,18 \cdot \beta^3)$$

Se debe verificar que el índice σ de cavitación debe ser mayor a 0,80 para evitar cavitación en operación eventual.

6.2.5 CÁLCULO DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS

6.2.5.1 Requerimientos Generales

En sistemas de cañerías en presión y en escurrimientos a superficie libre, los fenómenos de transientes hidráulicos denominados como golpe de ariete (en las cañerías), provocan cambios de presión en el sistema, que en ciertas ocasiones pueden ser excesivamente elevados (sobrepresiones) y/o bajos (supresiones). Ambos pueden causar daños a éstas.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p style="text-align: center;">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :91 de 144</p>
---	---	---

El fenómeno aparecerá cuando, por cualquier causa, en una cañería se produzcan variaciones de velocidad y, por consiguiente, en la presión, como por ejemplo:

- Cierre y apertura de válvulas
- Arranque de equipos (ej. bombas, turbinas)
- Detención de equipos (ej. bombas, turbinas)
- Funcionamiento inestable de equipos (ej. bombas, turbinas)
- Llenado inicial de cañerías
- Sistemas de protección contra incendios

Se deberán instalar dispositivos adecuados para controlar las sobrepresiones o subpresiones, en caso que éstas no estén dentro de los rangos aceptables por cañerías o del diseño de los escurrimientos a superficie libre. Salvo en casos especiales y justificados, se evitará el uso de dispositivos para limitar las sobrepresiones producidas por transientes hidráulico, tomando los mayores esfuerzos en las cañerías, con un aumento de espesor de la pared de ésta.

Para Líneas con Agua: Se debe usar válvulas de alivio, válvulas anticipadoras de golpe de ariete, estudio de venteos y drenajes controlados, dispositivos hidro neumáticos u otros definidos en la ingeniería de detalles.


Para Líneas con Relaves o Concentrados: Se debe evitar el uso de válvulas o dispositivos que puedan ocasionar embanque de la línea o solidificación del fluido al interior del dispositivo. Cuando un estudio detallado lo confirme se reforzará la cañería y los elementos de la impulsión serán adecuados para las presiones generadas en el golpe de ariete.

6.2.5.2 Transientes o Golpes de Arietes en Cañerías

Se usarán dispositivos que limiten las presiones mínimas o subpresiones en las líneas de impulsión, en aquellos casos susceptibles de separación de la columna de líquido. Existen 3 formas de resolver las sobre presiones, ya sea mediante válvulas de alivio discos de ruptura o estanques hidroneumáticos. Para el diseño de válvulas de alivio debe considerarse velocidades recomendadas por el fabricante para evitar problemas de vibración, con el peligro de alcanzar la resonancia cuando se alcanza la frecuencia natural y provocar daño en las instalaciones.

Se debe tener especial consideración que la bomba permita el flujo en reversa en caso de golpe de ariete, para evitar el daño del equipo.

Para el cálculo del golpe de ariete se emplearán relaciones que permitan determinar, con la precisión adecuada dependiendo del nivel de ingeniería correspondiente al proyecto, las sobre presiones y sub presiones a que se verá sometido el sistema de cañerías a diseñar. Esto es, se podrán emplear desde fórmulas simplificadas que consideran un cierre rápido de válvulas (Joukowsky, Allievi, Michaud y Mendiluce, p. ejemplo) en las primeras etapas de diseño, Ingeniería Conceptual o de Pre-

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 92 de 144</p>
---	--	--

Factibilidad, y se deberán emplear métodos más precisos en las etapas de Factibilidad y para Ingeniería de Detalle, tales como “AFT Impulse”, Hammer u otro de reconocido uso.

Para el cálculo del golpe de ariete preliminares (Prefactibilidad), se acepta considerar que la máxima fluctuación de presiones para un cierre instantáneo está dada por la fórmula de Allievi:

$$\Delta H_R = a \frac{V_0}{g}$$

Esta variación de la presión, se aplica sobre la presión normal de operación de la cañería, línea piezométrica en régimen estacionario. Consecuentemente, las presiones máximas y mínimas teóricas generadas por el golpe de ariete son las estimadas con las ecuaciones son las siguientes:

Sobrepresión:

$$H_{\max} = H_m + a \frac{V_0}{g}$$

Subpresión:

$$H_{\max} = H_m - a \frac{V_0}{g}$$

La presión mínima, en valor absoluto, no puede ser inferior a la presión de vapor, adoptándose una atmósfera como mínimo.

En estas ecuaciones:

H_m : altura piezométrica (m)

a : velocidad de propagación de la onda de presión (m/s). Para agua está dado por:

$$a = \frac{k/\rho}{\sqrt{1 + \frac{D_i}{e} \frac{k}{E} C}}$$

E : módulo de elasticidad del material de la cañería (kgf/m²)

K : módulo de elasticidad volumétrica del líquido en (kgf/m²)

ρ : densidad del líquido (kg/m³)


D_i : diámetro interno (m)

E : espesor cañería (m)

V_0 : velocidad media de régimen inicial en la tubería (m/s)

g : aceleración de gravedad, 9,81(m/s²)

C : Constante que depende la restricción de la cañería

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 93 de 144</p>
---	---	--

Previo al cálculo de las presiones máximas y mínimas, debe calcularse el tiempo de ciclo de traslado de la onda (t_c), tiempo que demora la onda de presión en recorrer la tubería de ida y vuelta (oscilación completa) y compararlo con el tiempo de cierre de la válvula o detención de la bomba (t_D):

$$t_c = \frac{2L}{a}$$

L : longitud de la impulsión
 a : velocidad de propagación de la onda de presión

Si t_c es menor que t_D , se considera una detención rápida del escurrimiento, y que por lo tanto se generará la máxima fluctuación de presión.

Si t_c es mayor que t_D , se acepta considerar que la máxima fluctuación de presiones es una porción del valor máximo dado por la detención rápida (basado en la fórmula de Michaud), es decir:

$$\Delta H_L = \frac{t_t}{t_D} H_R$$

6.2.5.3 Transientes en Flujos a Superficie Libre

En escurrimientos a superficie libre, es necesario analizar la magnitud del crecimiento de las perturbaciones producidas por cambios bruscos de flujos o modificaciones en la geometría, mediante el uso de software con análisis numéricos, tales como HEC-RAS.

INSTALACIONES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

6.2.5.4 Sistemas Sanitarios de Aguas Servidas


6.2.5.4.1 Requerimientos Generales

Los diseños de sistemas de alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas servidas deberán ser consistentes con las regulaciones ambientales vigentes establecidas en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) del Proyecto.

La clave de las cañerías de alcantarillado deberá estar siempre localizada 0,30 m, por debajo del fondo de las cañerías de agua. La distancia de la superficie de terreno a la clave de las cañerías de alcantarillado será de 1.0m.

La distancia entre cámaras de inspección no excederá 100m.

La conexión a sistemas de aguas servidas existentes se hará en la cámara de inspección más


 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 94 de 144</p>
---	---	--

próxima aguas abajo del nuevo ramal.

6.2.5.4.2 Sistemas de Alcantarillado y Tratamiento en Instalaciones Permanentes

Se determinarán flujos de diseño utilizando las siguientes bases de cálculo:

- a. Se utilizará una demanda promedio de 150 litros de agua por día por persona (l/p/d). En zonas desérticas, previa autorización, esta demanda puede bajarse a 120 (l/p/d), para dimensionar los consumos promedio diarios y la operación del sistema sanitario en su conjunto (sistema de consumo de agua potable (AP), sistema colector y sistema de tratamiento de aguas servidas (AS)).
- b. Los flujos de diseño para el dimensionamiento de cañerías se podrá determinar utilizando los consumos promedio diarios del sistema, para estimar un flujo máximo horario igual a cuatro veces los consumos promedio diarios.
- c. Paralelamente, se determinará el flujo de diseño según metodología de cálculo establecida en el Reglamento de Instalaciones de Agua y Alcantarillado aprobado por Dcto MOP N° 50 - 2002 y RIDAA y la Norma NCh 2485 of 2000. El proyectista podrá utilizar otra metodología de cálculo debidamente autorizada por la Autoridad Sanitaria competente y por el Cliente.
- d. Se considera que el volumen de consumo de agua potable del sistema y el volumen de aguas servidas generado, son iguales. Las pérdidas de agua no existen como resultado de prácticas de “emisión cero al medioambiente”.
- e. Se adoptará como flujo de diseño el mayor valor obtenido entre los puntos b) y c) mencionados anteriormente.
- f. Cañerías Horizontales. se utilizarán cañerías de acero, HDPE o PVC Sanitario de un diámetro mínimo de 150mm, con una pendiente de escurrimiento igual o superior a la pendiente de calculada con la velocidad de autolavado. Es recomendable que las velocidades de escurrimiento del flujo estén comprendidas entre 0,5 y 1,5m/s con el propósito de evitar la sedimentación de sólidos que obstruyan el flujo.
- g. El proyectista estudiará comparativamente alternativas más económicas cuando las condiciones sísmicas locales, constructivas, de operación, mantención y de riesgo ambiental sean favorables para disminución de costos del proyecto.
- h. Este estudio comparativo deberá ser revisado y evaluado por el Proyecto, quien lo utilizará como respaldo para decidir la alternativa más conveniente.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :95 de 144</p>
---	---	---

6.2.5.4.3 Planta de Tratamiento de Aguas Servidas

El dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas servidas deberá considerar un factor de seguridad basado en las fluctuaciones de dotación esperada, aplicado al número de personas que espera servir durante su operación en régimen permanente.

Por otra parte, el estudio de selección de la Planta deberá considerar el efecto que sobre su capacidad de servicio genera el eventual emplazamiento en alturas (período de bajas temperaturas y altura sobre el nivel del mar).

En consecuencia, siempre se deberá prestar atención a los períodos mínimos de retención en las diferentes etapas del proceso de tratamiento, a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y a la calidad de los efluentes y su destino final.

6.2.5.4.4 Pequeñas Instalaciones Aisladas

En general corresponderán a instalaciones que sirven a un máximo de 10 personas.

Su dimensionamiento se hará aplicando la metodología del RIDAA. El Proyectista podrá utilizar otra metodología de cálculo debidamente autorizada por la Autoridad Sanitaria competente y por el Proyecto.

En caso que la RCA y el Proyecto lo permita, podrán aplicarse como alternativas: Sistemas de Fosa Séptica y Drenes, Fosa Séptica y Pozo Absorbente o Baños Químicos.

6.2.5.4.5 Sistemas de Alcantarillado y Tratamiento en Instalaciones Temporales


Las instalaciones temporales tendrán vida útil igual o menor al período de construcción del Proyecto y serán retiradas al término de dicho período.

6.2.5.4.6 Campamento de Construcción

Se recomienda determinar flujos de diseño utilizando una demanda promedio de 100 l/p/d.

Se utilizarán materiales de calidad aceptados por la Autoridad Sanitaria competente y por el Proyecto.

La alternativa de tratamiento de las aguas servidas del campamento de construcción, deberá estar respaldada por un estudio técnico-económico en atención a la tasa de crecimiento y magnitud de la fuerza laboral del proyecto, su costo, y lo que al respecto establezca la RCA del Proyecto. La solución podrá consistir en una combinación de instalaciones permanentes (PTAS

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :96 de 144</p>
---	---	---

convencionales) con alternativas temporales (PTAS modulares).

6.2.5.5 Sistemas Sanitarios de Agua Potable

6.2.5.5.1 Sistemas de Agua Potable en Instalaciones Permanentes

Red Interior:

Los flujos de diseño se determinarán incorporando en el dimensionamiento de cañerías los conceptos de Gasto Instalado, Gasto Máximo Probable y Longitud Equivalente de acuerdo a la metodología del RIDAA.

- Gasto instalado

El cálculo de los consumos se realizará a partir del gasto instalado característico de cada artefacto, según tablas del “Manual de Normas Técnicas para la Realización de las Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado”, D.S. MOP N° 70 de 23.01.81 y el “Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado”, D.S. MINVU N° 267 de 16.09.80, (RIDAA).

- Gasto máximo probable

El caudal de diseño será el denominado gasto máximo probable (QMP), concepto que considera la probabilidad de consumo simultáneo en los distintos artefactos y que depende de la infraestructura sanitaria y el sistema de turnos del personal. La fórmula general para el cálculo del QMP, a partir del gasto instalado (QI), en ramales sin válvula automática, es la siguiente:


$$\text{Log}(QMP) = \frac{\text{Log}(QI) + 0.348765}{1.45119}$$

En ramales de artefactos que eventualmente cuenten con válvula automática, el QMP se determinará de acuerdo con las recomendaciones y catálogos de fabricantes. En casos puntuales, el factor de simultaneidad se estudiará en forma especial.

- Dimensionamiento de Cañerías

El diámetro mínimo aceptable de cañería será 13mm, cuando sólo alimente un artefacto, y de 20mm, cuando surta dos o más artefactos de uso simultáneo, salvo justificación técnica en contrario.

Para la determinación del diámetro de cañerías, a partir del gasto de diseño, se considerarán las pérdidas de carga que permitan la alimentación de los artefactos con una presión mínima de 5 m.c.a.(metros columna de agua) en general y 14 m.c.a. en artefactos con válvula automática. Como limitante del cálculo indicado se considera la velocidad máxima, establecida en la

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :97 de 144</p>
---	---	---

normativa vigente.

- Pérdida de carga unitaria

La pérdida de carga friccional unitaria, se calculará mediante la fórmula de Hazen-Williams:

$$V = 0.85 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot J^{0.54}$$

Donde:

V: Velocidad (m/s)

C: Coeficiente de rugosidad

R: Radio Hidráulico

J: Perdida de Carga Unitaria

- Longitud equivalente

Con el objeto de estimar las pérdidas de carga singulares en fittings y piezas especiales, se calcula la pérdida total, por fricción y singularidades, con la longitud equivalente, igual a la longitud real de cañería incrementada en un porcentaje que depende de la cantidad de piezas en relación al ramal, y que puede variar de un 20% a un 50%.

En instalaciones interiores se utilizarán cañerías de cobre, HDPE o PVC Sanitario, con uniones y válvulas del mismo material, salvo el cobre que tendrá sus uniones y válvulas en bronce.

El diámetro mínimo aceptable de cañería será 13mm, cuando sólo alimente un artefacto, y de 20mm, cuando surta dos o más artefactos de uso simultáneo, salvo justificación técnica en contrario.


Para la determinación del diámetro de cañerías, a partir del gasto de diseño, se considerarán las pérdidas de carga que permitan la alimentación de los artefactos con una presión mínima de 5 m.c.a.(metros columna de agua) en general y 14 m.c.a. en artefactos con válvula automática. Como limitante del cálculo indicado se considera la velocidad máxima, establecida en la normativa vigente.

La red de cañerías interior se instalará como mínimo 0,3 m por encima de cualquier tubería de alcantarillado.

La velocidad máxima de flujo no deberá sobrepasar los 2.0 m/s.

Red Exterior:

- En instalaciones exteriores se utilizarán cañerías de acero.
- La profundidad mínima de enterramiento de las cañerías exteriores de agua será de 1,00 m,

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :98 de 144</p>
---	---	---

sobre la clave, esta profundidad deberá aumentarse si las condiciones de tráfico pesado, y/o la temperatura exterior ambiente bajo 0° C, lo requieren.

- Se utilizarán Cámaras de Inspección en puntos de conexión de cañerías a válvulas, arranques o cruces.
- La conexión a sistemas de agua potable existentes se hará en la cámara de inspección existente más próxima, o en una nueva cámara de inspección.
- El proyectista estudiará comparativamente alternativas más económicas de acuerdo a lo establecido anteriormente.

6.2.5.5.2 Planta de Tratamiento de Agua Potable

En general, la escasez de recursos de agua natural apta para el consumo humano inducirá a la instalación de un sistema de tratamiento de aguas para asegurar el suministro de agua potable en cantidad acorde a la demanda.


El diseño y/o selección de la Planta deberá ser compatible con las características fisicoquímicas del agua disponible (aguas con alto contenido de sales, aguas industriales de desecho, aguas servidas tratadas, agua de mar, otras).

La alternativa de tratamiento de agua para dotar de agua potable al Proyecto, deberá considerar los requerimientos del campamento de construcción y estar respaldada por un estudio técnico-económico en atención a la tasa de crecimiento y magnitud de la fuerza laboral del proyecto, y su costo.

6.2.6 SERVICIOS ESPECIALES

6.2.6.1 Transporte de Fluidos Corrosivos y/o Peligrosos, Gas.

- **Sistemas de Fluidos Corrosivos:** Su diseño debe estar de acuerdo a norma ASME B31.3
- **Sistemas de Gas:** Deben estar en conformidad con la norma ANSI Z21.30 "Standard for the Installation of Gas Appliances and Gas Piping" y con la norma NFPA Standard 54.
- **Sistemas de Gas Licuado:** Deben estar de acuerdo a Norma ANSI Z21.30 y 58 "Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases".

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 99 de 144</p>
---	---	--

6.2.6.2 Transporte de Aire Comprimido

El diseño de las redes de aire comprimido debe considerar una holgura en la capacidad de transporte del aire en las líneas matrices, de modo de no provocar caídas de presión significativas, ante consumos altos de aire. La holgura a considerar será de un 20% con respecto al flujo de diseño.

La expresión general de cálculo para la caída de presión en una línea de aire comprimido es la siguiente:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \cdot Y_m$$

Donde:

- L : Longitud de la tubería (m)
- D : Diámetro interior de la tubería (m)
- V : Velocidad media del aire (m/s)
- Y_m : Peso específico medio del aire que circula en la tubería. (t/m³).
- λ : Coeficiente de rozamiento del tubo (adimensional)
- g : Aceleración de gravedad (m/s²)

Las pérdidas de carga no deben superar a un 10% de la presión inicial

A continuación se entregan valores recomendados para matrices:

Para presión de servicio en vacío:


- pérdida de carga comprendida entre 0,05 - 0,25 psi/100 ft
- velocidad máxima 62-76 m/s
- velocidad límite diseño < 50% velocidad sónica

Para presión de servicio hasta 100 psi:

- - pérdida de carga comprendida entre 0,25 – 0,50 psi/100 ft
- - velocidad máxima 46-61 m/s
- - velocidad límite diseño < 50% velocidad sónica

Para presión de servicio entre 100 y 1000 psi,

- - pérdida de carga comprendida entre 0,50 - 2,00 psi/100 ft
- - velocidad máxima 30-46 m/s
- - velocidad límite diseño < 50% velocidad sónica

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 100 de 144</p>
---	---	---

En los ramales se puede usar valores 2 y 3 veces mayores a los indicados anteriormente.

La velocidad sónica es:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}}, \text{ en m/s}$$

En que:

- γ : es el coeficiente de dilatación adiabática =1,4 ()
- R : constante universal de los gases=8,314 [J/Mol.K]=8,314 [kg.m²/mol.K.s²]
- T : temperatura del aire, en Kelvin = 293,15 [K] (20°C)
- M : masa molar del gas=0,029 [kg/mol] para el aire

Nota: los valores indicados corresponden a valores típicos para la atmósfera estándar a nivel del mar. Usar los valores correspondientes a las condiciones de las instalaciones.

El diseño debe considerar secador de aire para el aire de instrumentación, para evitar que el aire comprimido se encuentre saturado.

Por seguridad se deberá contemplar trampas de agua en los puntos bajos, con drenaje automático o manual.

Los ramales de las líneas de aire deben ser sacados desde la parte superior de las matrices


Las líneas de aire comprimido, tanto secundarias como de distribución, deben tener como mínimo, una inclinación de 0,5% en la dirección del flujo.

El diseño de la red será en lo posible en forma de anillo cerrado, alrededor del área donde se produce el consumo de aire.

6.2.6.3 Transporte de Vapor

Las cañerías de vapor serán definidas cuidando que las velocidades de escurrimiento no excedan las velocidades de la Tabla siguiente. Las pérdidas de presión en las cañerías de vapor no deben exceder el 10% de la presión inicial, a flujo pleno.

Tipo de servicio	Velocidad (m/s)
Vapor saturado hasta 350 kPa	20 a 30
Vapor saturado de 350 a 1.400 kPa	30 a 50
Vapor sobrecalentado desde 1400 kPa	50 a 75

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :101 de 144</p>
---	---	--

6.3 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS Y ALMACENAMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS

6.3.1 APROBACION Y CERTIFICACION DE INSTALACIONES

6.3.1.1 General

Todas las instalaciones de transporte de combustible líquido deben ser inscritas, previo a su puesta en servicio, de acuerdo a Reglamento de Seguridad Minera N°132¹, en el SERNAGEOMIN.

Se hace notar, que la presentación de proyectos de transporte de combustible por cañerías en túneles aborda una situación excepcional al Decreto N°160, por no estar incluido en él, por lo que éstos pasan a ser proyectos especiales. Así, este tipo de proyecto debe estar respaldado de acuerdo a normas, códigos o especificaciones internacionales debidamente acreditadas por la SEC, según artículo 5 del mismo decreto.


En este Criterio de diseño se mencionan las normas internacionales para aplicar al diseño de instalaciones de almacenamiento y transporte de combustible por cañerías, tanto superficiales como subterráneas.

La certificación de los estanques de combustible o de transporte de combustibles líquidos debe efectuarse mediante el procedimiento del SEC TC8 - Emisión y Registros de Certificados de Estanques y Líneas de Combustibles Líquidos.

6.3.1.2 Taller de Análisis de Riesgo de Incendio

De acuerdo al Título III del Reglamento DS N°160 (de la Seguridad de las Instalaciones de Combustibles líquidos), y a la norma NFPA 122, tanto en las instalaciones superficiales como subterráneas de almacenamiento y transporte de combustible, es necesario efectuar un análisis de riesgo de incendio, que debe tener en cuenta todos los factores que afectan la seguridad.

¹ Según Art 131. El combustible diesel usado por las máquinas debe tener un punto de inflamación mayor de cincuenta y cinco grados centígrados(55°C) y no debe contener más de un uno por ciento (1%) de azufre en peso. La temperatura de los gases de escape no debe ser mayor de ochenta y cinco grados centígrados (80°C).

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 102 de 144</p>
---	---	---

Para los proyectos de Codelco, es necesario realizar un taller de análisis de riesgo de incendio, basado en NCC 40.

Áreas Superficiales

De acuerdo a la norma NCC40 y el Reglamento de Seguridad Minera, la evaluación de riesgo en las áreas de superficie para almacenaje de líquidos inflamables o combustibles, ubicadas cerca de la mina subterránea debe incluir:

- Una revisión de potenciales generadores de humo, gases o emanaciones tóxicas en el aire de entrada de la mina².
- Topografía y elevación relativa de los estanques y aberturas de la mina
- Corrientes de aire
- Vegetación

6.3.1.2.1 Túneles


En la evaluación del riesgo de incendio, según NCC40, se debe considerar al menos, los siguientes aspectos:

- Análisis de la ubicación de la cañería de combustible en el túnel y su drenaje ante un eventual derrame.
- Sistema de monitoreo y control de incendio. Se debe considerar el capítulo octavo, Prevención y Control de Incendios, del D.S. N°132.
- Sistema de ventilación.
- Sistema de combate de incendios y extinción versus seguridad de la vida humana.
- Sistema de combate de incendios y extinción versus daño a las instalaciones y continuidad operativa.

Se recomienda revisar los criterios del Manual de Carreteras, PIARCC y NFPA 122 y NFPA 502 (ver ref. 2.4, 2.5 y 2.3).

6.3.1.2.2 Equipos

² DS 132 Art 198: Toda instalación que se ubique sobre la entrada de una mina o en sus inmediaciones (a una distancia menor de cincuenta metros (50m), debe ser construida de material incombustible y no podrán ser utilizados como depósitos de materiales combustibles y/o explosivos.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :103 de 144
---	---	---

La evaluación de riesgo de incendio de una instalación de combustible, depósito, equipo móvil u otro, debe determinar si se requiere un sistema fijo de supresión de incendios. Debe incluir una evaluación del potencial de riesgo para la iniciación y propagación de un incendio y la generación de humo, gases o emanaciones tóxicas que podrían poner en peligro la vida y la seguridad del personal o causar daño a la propiedad.

En especial, deben evaluarse los equipos de la zona de carga combustible, estanques, estaciones de correas, camiones (explosivos), zonas soldadura, etc.


6.3.2 DISEÑO SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE POR CAÑERÍAS

6.3.2.1 General

Se entenderá por Combustible Líquido (CL), a la mezcla de hidrocarburos, en estado líquido, a una temperatura de 37,8°C y presión máxima absoluta de 275 kPa, utilizados para generar energía por medio de la combustión para fines industriales.

Los combustibles líquidos serán clasificados de acuerdo a su punto de inflamación, según lo siguiente:

Clase de CL		Punto de Inflamación P _{inf} °C	Punto de Ebullición P _{eb} °C	Tipo de CL
Inflamable (Clase I)	IA	P _{inf} < 22,8	P _{eb} < 37,8	Gasolinas 93, 95 y 97 octanos, bioetanol, petróleo crudo, benceno, nafta, gasolina blanca u otro solvente liviano
	IB	P _{inf} < 22.8	P _{eb} ≥ 37,8	
	IC	22,8≤ P _{inf} <37,8		
Combustible	II	37,8 ≤ P _{inf} <60	-	Kerosene, Kerosene de Aviación, Petróleos Diesel, Aguarrás Mineral.
	IIIA	60≤ P _{inf} <93	-	Petróleos Combustibles
	IIIB	P _{inf} ≥ 93	-	Biodiesel

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :104 de 144</p>
---	---	--

El diseño del transporte de combustibles por cañerías tanto superficiales como en túneles para los proyectos de minería subterránea de Codelco, debe cumplir la normativa que se indica a continuación.

Las instalaciones de combustible deben estar de acuerdo a las normas NFPA 30, NFPA 31, NFPA 122, NFPA 395, NCC 20 y NCC 40.

6.3.2.2 Dimensionamiento Hidráulico Cañerías

6.3.2.2.1 Bases de Cálculo

Caudal de Diseño: Corresponde al caudal indicado en los Diagramas de Flujo del proyecto, los que debieran incluir el factor de utilización de la Planta y las fluctuaciones de flujo o factor de diseño definido por la Disciplina de Procesos.

Combustible: Se elaborará una Hoja de Datos del Fluido, indicando sus propiedades a las temperaturas de diseño. El Combustible a ser transportado deberá estar certificado según lo establecido en el Decreto Supremo N° 298 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que aprueba el “Reglamento para la Certificación de Productos Eléctricos y Combustibles”.

Presión: Se determinará la máxima presión de operación, la presión máxima debida al transitorio hidráulico y la mínima presión debida a los transitorios, si aplica.


Características de la Cañería: Se seleccionará el diámetro, espesor, material y clase.

Temperatura de diseño: La temperatura de diseño hidráulico será a lo menos igual a la máxima temperatura de operación definida por los requerimientos de proceso, o a la máxima temperatura que alcance la línea por exposición directa al sol o a otra fuente de calor. En caso de instalaciones donde se produzcan bajas temperaturas, se debe considerar en el diseño la protección con revestimientos para evitar congelación o temperaturas que afecten las propiedades del combustible. También se debe considerar el comportamiento de las cañerías y bombas en el rango de temperatura mínima – máxima.

6.3.2.2.2 Cálculo de Pérdidas de Carga

Ver capítulo pérdidas de carga del presente documento.

6.3.2.2.3 Cálculo de Bombas de Combustible

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p style="text-align: center;">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 105 de 144</p>
---	---	---

Ver capítulo cálculo de bombas del presente documento.

6.3.2.2.4 Diseño Transientes en Cañerías

El análisis de transientes en la cañería (sobrepresiones y subpresiones), o golpe de ariete, debe ser realizado con un software que permita simular las condiciones extremas. Cuando sea requerido, deben incorporarse sistemas de control o supresión, reevaluar los trazados y características de la cañería.

Las sobrepresiones o subpresiones deberán ser consideradas como estados de carga en el análisis de flexibilidad correspondiente.

Para el cálculo del golpe de ariete solo se podrán emplear formulas aproximadas (ej: Joukowsky), para una estimación del efecto del transiente, en la etapa de Ingeniería Conceptual. En las etapas de Factibilidad e Ingeniería de Detalles, se debe emplear métodos precisos o modelos de simulación con softwares adecuados y reconocidos.

Todas las cañerías de acero de longitud superior a 400 m, deben ser analizadas. En caso que la longitud se encuentre en el tramo $300 < L < 400$, se debe analizar caso a caso. Para dimensiones menores, se verificará que la cañería resista las subpresiones, de modo que el vacío por un corte de energía o cierre brusco, sea resistido.

La sobrepresión no debe exceder de un 10% de la máxima presión de operación (MPO). Los sistemas de alivio de presiones deben ser diseñados de modo que las cañerías operen bajo la MPO, excepto en condiciones de transientes.


6.3.2.3 Diseño de Cañerías

La ubicación de las cañerías, ya sea, superficiales o enterradas, deben ser bien indentificadas en los planos P&ID. El diseño de las cañerías de combustible debe ser documentado en una memoria de cálculo, que debe incluir a lo menos:

- Presiones Admisibles

De acuerdo a código ASME B31.4, para el cálculo de la máxima presión de operación usar:

$$P = \frac{2eS}{D}$$

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 106 de 144</p>
---	---	---

Donde:

P: presión máxima admisible (Mpa)
e: espesor de pared cañería (mm)
D: diámetro exterior de la cañería (mm)

S: esfuerzo admisible (Mpa), con: $S = FS \times E \times \sigma$

FS: Factor de diseño según estado de cargas³

FS = 72% (estado permanente) y

FS = 79,2%(transiente)

La presión permisible de vacío que soportará la cañería, será calculada de acuerdo a la siguiente expresión, ASME VIII Div.1 Vol. 53 N°15, "Strength of Thin Cylindrical Shells Under External Pressure":

$$P_{ext} = \frac{1}{4} \left(\frac{E}{1 - \mu^2} \right) \frac{t_n^3}{r^3}$$

Donde;

E: Módulo de Elasticidad del Material de la cañería (Pa)
t_n: Espesor de la Pared de la cañería seleccionada (mm)
μ: Módulo de Poisson del Material de la cañería
r: Radio Interior de la Cañería (mm)


- Temperatura de Diseño: Considerar las temperaturas extremas para análisis de flexibilidad y su influencia en las propiedades mecánicas del material, si corresponde.
- Espesor de Pared: Considerando el transporte de combustible mediante una cañería de acero sin recubrimiento interno, se debe usar una tasa de corrosión que represente de mejor manera la interacción combustible-acero. Así, se debe considerar el espesor de la cañería de acero dado por la expresión:

$$t = t_0 - CR L$$

Donde:

t: espesor cañería (mm)
t₀: espesor de cañería al momento de la instalación (mm)
CR: Tasa de corrosión (mm/año)
L: vida útil del proyecto (años)

³ Allowable Stress Values & other Stress Limits. ASME 31.4

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 107 de 144</p>
---	---	---

La tasa de corrosión debe ser verificada mediante las pruebas de laboratorio que corresponda.

- Tensiones admisibles del material de las cañerías

Los materiales, revestimientos y accesorios deben ser detallados en un documento (Especificación Técnica de Materiales de Cañerías) y deben estar de acuerdo a normas ASME B31.3.

6.3.2.3.1 Cañerías de Combustible en Superficie

El diseñador debe seleccionar el mejor trazado de la cañería de combustible en superficie y asegurar la integridad de la instalación, ya sea, analizando todas las posibles interferencias con otras cañerías, instalaciones y geografía del lugar.

El trazado de la cañería debe considerar una sustentación adecuada y protección al daño físico exterior o tensiones externas por vibraciones, dilataciones, contracciones o movimiento de los soportes, para lo cual se debe realizar un análisis de flexibilidad de las cañerías. Las cañerías deben ser señalizadas en forma adecuada para su localización.


Se debe revisar la estabilidad y la respuesta de la instalación ante daños externos. Por lo anterior, es preferible que las cañerías sean enterradas, por lo tanto será necesario realizar una inspección geotécnica del ruteo de la cañería.

Además, las cañerías deben ser protegidas al daño físico exterior por condiciones externas, tales como: cruces de cauces, puentes, áreas de tráfico pesado, inundación, riesgos sísmicos, condiciones térmicas adversas, avalanchas, etc.

Es muy importante que el diseño efectúe un detallado análisis a los impactos ambientales (eventuales filtraciones, especialmente en cañerías enterradas y pérdidas que pongan en riesgo la seguridad pública) y sus medidas de mitigación.

En el caso que la cañería de CL, en su trayecto, atraviere una quebrada, este atravesado deberá quedar respaldado mediante una memoria de cálculo que considere las crecidas que podrían ocurrir en las cuencas aportantes de la quebrada. Si tales cuencas son nivales, entonces se deberán considerar los deshielos o posibles avalanchas que podrían afectar a la cañería. Planos de isoyetas, Planos de diseño Civil del paso de quebrada, Estudio de Mecánica de Suelos, y monografía geológica del área de trazado, entre otros, se deberán adjuntar a la memoria de cálculo correspondiente.

Las cañerías enterradas deben ser instaladas dejando un espacio suficiente con cualquier otra instalación o estructura subterránea, de modo de protegerla ante eventuales daños por su

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 108 de 144</p>
---	---	---

proximidad. El apoyo en las trincheras debe ser uniforme y deben ser protegidas al daño físico en su parte superior debido al sistema de cargas a que puedan estar sometidas, de acuerdo a norma API RP 1615.

Las normas recomendadas para el diseño de las cañerías son ASME B31.3 para líneas de proceso y ASME B31.4 para pipelines.

Los diseños deben ser efectuados de acuerdo al DS N°160 Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos, Capítulo 3 - Red de Cañerías (ref 2.1.2). Algunos de sus puntos más relevantes se detallan a continuación:

6.3.2.3.2 Cañerías de Combustible en Túneles


Se preferirá el transporte de combustible a interior mina a través de camiones. En caso de que una evaluación técnica-económica lo permita, se podrá transportar combustible a través de cañerías. El proyecto de trazado de cañerías de suministro de combustible por túneles en minas subterráneas debe asegurar ante todo la protección de la vida e integridad física de las personas y la protección de las instalaciones e infraestructura.

No se debe efectuar el trazado de cañerías de combustible en túneles de transporte de personal. Se recomienda usar por ejemplo, un túnel de transporte de mineral.

Como medida de mitigación de riesgo de incendio, las cañerías de suministro de combustible que pasen por túneles de minas subterráneas, no operarán en forma continua y sólo serán usadas para operaciones de descarga de combustible hacia los estanques instalados al interior de la mina, en horarios donde no exista traslado de personas por túneles, debiendo quedar vacías una vez finalizada la operación de suministro (NFPA 122 pto.8.3). Para lo anterior, el diseño debe dimensionar un volumen adecuado a los estanques de almacenamiento de combustible.

Las cañerías principales de suministro de combustible en túneles serán enterradas en trincheras. Se excluyen las opciones de montaje de cañerías en el techo o en las paredes de los túneles.

Una trinchera recta será diseñada para contener solamente a la cañería de combustible, entre el estanque de almacenamiento superficial y la zona de almacenamiento y/o el área de suministro subterráneo. El diseño de la trinchera (profundidad y sección transversal), deberá ser respaldada mediante una memoria de cálculo, de acuerdo a las características geomecánicas del suelo, cargas externas, etc. Otras cañerías de servicio o proceso no podrán ser ubicadas dentro de la trinchera de la cañería de combustible. La ubicación de la cañería de combustible en el piso del túnel debe considerar la zona con menor tránsito de personal. Adicionalmente, se considerarán posibles impactos de vehículos, con equipos de procesos, que pudieran originar

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 109 de 144</p>
---	--	---

una carga térmica a la cañería, para esto se considerará el ángulo posible de choque y proyecciones de material, entre otros.

La Trinchera deberá estar revestida con una tela filtrante que evite la inclusión de las partículas finas del suelo en la misma, antes del proceso de relleno (de compactación) de la trinchera. El material de relleno deberá estar libre de hielo, nieve, desechos o material orgánico que puedan afectar negativamente a la compactación, o el revestimiento exterior de la cañería. Se deberán proveer las dimensiones de relleno y enterramiento recomendadas en API RP 1632. Se deberá tener extremo cuidado durante el proceso de pavimentación del túnel, a efecto de no dañar la cañería enterrada.

La Cañería al Interior del Túnel deberá contar con un sistema de doble contención, diseñado según las recomendaciones de API RP 1615. Este sistema estará provisto con un sistema de detección de fugas. El diseño deberá contemplar todas las facilidades para efectuar drenajes, e inspecciones a la línea. Se deberá asegurar la estanqueidad de las cañerías, cámaras de válvulas y atravesos de muro, a todo evento.

El diseño debe considerar el uso de cámaras de control para capturar eventuales filtraciones, instalar válvulas de cierre, loop de expansión o estaciones disipadoras. La cantidad de cámaras y válvulas de cierre de protección de la red, debe ser respaldada en una memoria de cálculo.


a) Cañerías

Las cañerías serán de Acero Schedule 40, y su necesidad de protección a la corrosión debe ser evaluada según las condiciones de sitio y los requerimientos del DS 160, pudiendo éstas ser protegidas catódicamente según API RP 1632. Como mínimo los fitting y juntas serán clase 150 de acero maleable. Uniones roscadas, serán certificadas para servicio en combustible para todos los fitting usados.

Para la protección a la corrosión externa, considerar lo indicado en punto 8.4.2.3.2 (Protección a la Corrosión)

Las cañerías enterradas al interior de túneles tendrán una pendiente uniforme no menor al 1%. Se deberá efectuar un análisis a efecto de fijar la pendiente máxima de la cañería, para ello se tomará en cuenta los siguientes factores de diseño:

- Velocidad Máxima de Transporte limitada por requerimientos de válvulas y otros elementos de flujo.
- Velocidad Máxima de Transporte limitada por la generación de cargas electrostáticas debidas al paso del combustible.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 110 de 144</p>
---	---	---

- Velocidad Mínima de Autolavado de la Línea, cuando esta opere en vaciado o llenado de la misma.
- Caída de Presión por unidad de longitud en la línea de combustible, la cual deberá ser justificada por el diseñador.

En el caso que la pendiente del Túnel no sea paralela a la pendiente de la línea de combustible, se deberán prever estaciones de transferencia, diseñadas de acuerdo a API RP 1615.

El Trazado de la línea de combustible al interior del Túnel, deberá ser analizado realizando un perfil hidráulico, donde el diseño evitará que se produzcan presiones de vapor al interior de la línea, o en válvulas de control u otro elemento de flujo.

El diseño deberá proveer un sistema de inspección de la cañería de acuerdo a los requerimientos definidos por la mantenibilidad.

b) Sistema de Protección contra Incendios

Deberán proveerse sistemas de protección contra incendios en conformidad con lo definido en la Norma Corporativa NCC 40.

6.3.2.3.3 Análisis de Flexibilidad

Se debe realizar de acuerdo a lo indicado en el Anexo 3.


6.3.3 BOMBAS PARA MANEJO DE COMBUSTIBLES

Bombas Centrífugas

El diseño, materiales y construcción de las bombas centrífugas a ser usadas en el manejo de combustible, deberán estar de acuerdo al estándar API 610 Centrifugal Pumps for Petroleum, Heavy Duty Chemical, and Gas Industry Services.

Bombas de Desplazamiento

El diseño, materiales y construcción de las bombas de desplazamiento a ser usadas en el manejo de combustible, deberán estar de acuerdo a los estándares API 674 Positive Displacement Pump – Reciprocating, API 675 Positive Displacement Pump- Controlled Volume o API 676 Positive Displacement Pump- Rotary

 VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :111 de 144
--	--	---

Sellos Mecánicos


El diseño de los sellos mecánicos a ser usados en las Bombas tanto centrífugas como de desplazamiento, estarán de acuerdo a API 682 Pumps Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps. Los sistemas de enfriamiento, limpieza o accesorios, deberán estar de acuerdo a la misma norma API 682, Anexo D.

Motores Eléctricos para Accionamiento de las Bombas de Combustible

El área de trabajo se debe clasificar de acuerdo al fluido, por la disciplina eléctrica para la selección del estándar de protección de equipos.

6.3.4 ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LÍQUIDOS COMBUSTIBLES E INFLAMABLES

Se debe considerar lo establecido en la Norma Corporativa NCC 20.


	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 112 de 144</p>
---	---	---

7. ANEXOS

7.1 CAÑERÍAS

7.1.1 ANEXO 1 : ESPACIAMIENTO MÍNIMO ENTRE CAÑERÍAS

		TABLA Nº 1 ESPACIO MÍNIMO ENTRE CAÑERÍAS ("S") CAÑERÍA SIN AISLACION																											
1"	100																												
	115																												
1 1/2"	115	115																											
	120	130																											
2"	120	130	135																										
	125	135	140																										
3"	140	145	150	165																									
	150	155	160	175																									
4"	160	165	170	185	200																								
	175	180	185	200	210																								
6"	185	190	195	210	225	250																							
	205	210	215	230	245	270																							
8"	215	225	230	245	255	285	310																						
	235	240	250	260	275	300	325																						
10"	250	255	260	275	285	315	340	365																					
	270	275	280	295	305	335	360	385																					
12"	285	295	300	315	325	355	380	405	430																				
	305	310	315	330	345	370	395	425	450																				
14"	310	320	325	340	350	380	405	430	455	470																			
	340	345	350	365	375	405	430	455	480	495																			
16"	345	350	355	370	385	410	435	460	490	505	530																		
	370	375	380	395	410	435	460	490	515	530	555																		
18"	360	370	375	390	400	430	455	480	505	525	545	575																	
	400	405	415	425	440	465	495	520	545	560	585	610																	
20"	395	400	405	420	435	460	485	515	540	555	580	605	630																
	435	440	445	460	470	500	525	550	575	590	615	645	670																
22"	420	425	430	445	460	485	510	540	565	580	605	630	655	680															
	460	470	475	490	500	530	555	580	605	625	650	675	700	725															
24"	450	460	465	480	490	520	545	570	595	610	635	660	690	715	740														
	500	510	515	530	540	570	595	620	645	660	685	715	740	765	790														
28"	505	515	520	535	545	575	600	625	650	670	695	720	745	770	795	845													
	560	570	575	590	600	630	655	680	705	720	745	775	800	825	850	900													
30"	535	540	550	565	575	605	630	655	680	695	720	750	775	800	825	875	900												
	590	595	605	620	630	655	685	710	735	750	775	800	825	850	880	930	955												
36"	630	635	640	655	670	695	720	750	775	790	815	840	865	890	915	965	990	1070											
	680	685	690	705	720	745	770	800	825	840	865	890	915	940	965	1020	1045	1120											
42"	720	725	730	745	760	785	810	835	865	880	905	930	955	980	1005	1055	1080	1160	1235										
	690	700	705	715	730	755	780	810	835	850	875	900	925	950	975	1030	1055	1130	1205										
48"	800	810	815	830	840	870	895	915	945	960	985	1010	1040	1065	1090	1140	1165	1240	1315	1395									
	780	785	790	805	820	845	870	900	925	940	965	990	1015	1040	1065	1115	1140	1220	1300	1370									
54"	885	895	900	915	925	955	980	1005	1030	1045	1070	1100	1125	1150	1175	1225	1250	1325	1405	1480	1555								
	875	880	885	900	915	940	965	995	1015	1035	1060	1085	1110	1135	1160	1210	1240	1315	1390	1465	1540								
60"	970	980	985	1000	1010	1040	1065	1090	1115	1135	1160	1185	1210	1235	1260	1310	1335	1410	1490	1565	1640	1715							
	950	955	965	975	990	1015	1040	1070	1095	1110	1135	1160	1185	1210	1240	1290	1315	1390	1465	1540	1620	1695							
DIAM. CAÑ. (inch)	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	22"	24"	28"	30"	36"	42"	48"	54"	60"							
A	80	90	105	125	140	170	200	230	270	300	325	345	375	400	435	490	520	610	700	785	870	955							
	90	105	110	135	155	185	220	250	290	320	350	385	415	445	485	545	575	665	670	760	855	935							
NOTES :																													
	1.-	Dimensiones espaciamiento entre cañerías en mm.																											
	2.-	Para líneas aisladas el espaciamiento entre cañerías deberá ser incrementado en el espesor de la aislación																											

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :113 de 144</p>
---	---	--


7.1.2 ANEXO 2 ; DISTANCIAS RECOMENDADAS ENTRE SOPORTES DE CAÑERÍAS

7.1.2.1 A2.1 Guía de Diseño para Espaciamiento Máximo Permitido para Cañerías de Acero Carbono sobre Parrón de Cañerías.

Diametro Nominal pulg	OD mm	cm	ID mm	cm	Area m ²	e STD	Pesos Cañería (Kg/m)			Espaciamiento entre apoyos L (cm)			Deflexion (cm)	
							q aire	q agua	q pulpa	cañ. vacia	cañ. c/agua	cañ. c/pulpa	Δ aire	Δ agua
3/4	27	3	21	2	0,0003	2,9	1,7	2,0	2,2					
1	33	3	27	3	0,0006	3,4	2,5	3,1	3,4					
1 1/2	48	5	41	4	0,0013	3,7	4,1	5,4	6,2	400	400	400	0,1	0,1
2	60	6	52	5	0,0022	3,9	5,4	7,6	8,9	450	450	400	0,1	0,1
3	89	9	78	8	0,0048	5,5	11,3	16,1	18,9	550	500	500	0,1	0,1
4	114	11	102	10	0,0082	6,0	16,1	24,3	29,2	700	600	600	0,2	0,1
5	141	14	128	13	0,0129	6,6	21,8	34,7	42,4	700	700	600	0,1	0,2
6	168	17	154	15	0,0186	7,1	28,3	46,9	58,1	800	800	700	0,1	0,2
8	219	22	203	20	0,0323	8,2	42,6	74,8	94,2	900	800	700	0,1	0,1
10	273	27	255	25	0,0509	9,3	60,3	111,2	141,7	1.000	900	800	0,1	0,1
12	324	32	305	30	0,0730	9,5	73,9	146,9	190,7	1.100	1.000	900	0,1	0,2
14	356	36	337	34	0,0890	9,5	81,3	170,3	223,7	1.100	1.000	900	0,1	0,1
16	406	41	387	39	0,1178	9,5	93,3	211,1	281,8	1.200	1.000	900	0,1	0,1
18	457	46	438	44	0,1506	9,5	105,2	255,8	346,2	1.300	1.100	1.000	0,1	0,1
20	508	51	489	49	0,1878	9,5	117,2	304,9	417,6	1.400	1.100	1.000	0,1	0,1
22	559	56	540	54	0,2290	9,5	129,1	358,1	495,5	1.500	1.100	1.000	0,1	0,1
24	610	61	591	59	0,2743	9,5	141,1	415,4	579,9	1.500	1.300	1.200	0,1	0,2
26	660	66	641	64	0,3226	9,5	152,9	475,5	669,1	1.600	1.300	1.200	0,1	0,2
28	711	71	692	69	0,3760	9,5	164,9	540,9	766,5	1.600	1.300	1.200	0,1	0,2
30	762	76	743	74	0,4335	9,5	176,8	610,3	870,4	1.700	1.300	1.200	0,1	0,1
32	813	81	794	79	0,4951	9,5	188,8	683,9	980,9	1.800	1.400	1.400	0,1	0,2
34	864	86	845	84	0,5607	9,5	200,3	761,0	1.097,4	2.000	1.400	1.400	0,2	0,2
36	914	91	895	89	0,6290	9,5	212,6	841,6	1.219,0	2.000	1.400	1.400	0,2	0,1
38	965	97	946	95	0,7028	9,5	224,5	927,3	1.348,9	2.000	1.400	1.400	0,1	0,1
40	1.016	102	997	100	0,7806	9,5	236,5	1.017,1	1.485,5	2.000	1.400	1.400	0,1	0,2
42	1.067	107	1.048	105	0,8625	9,5	248,5	1.111,0	1.628,5	2.000	1.400	1.400	0,1	0,2
44	1.118	112	1.099	110	0,9485	9,5	260,5	1.209,0	1.778,1	2.100	1.500	1.500	0,1	0,2
46	1.168	117	1.149	115	1,0367	9,5	272,3	1.309,0	1.931,0	2.100	1.500	1.500	0,1	0,2
48	1.219	122	1.200	120	1,1308	9,5	284,2	1.415,1	2.093,6	2.100	1.500	1.500	0,1	0,2

Ek= 2074055 (módulo de elasticidad Kgf/cm²)

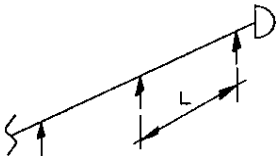
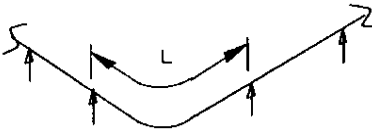
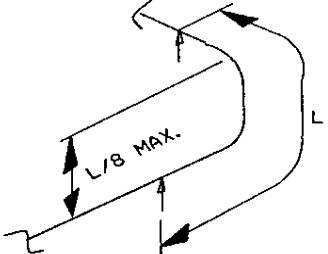
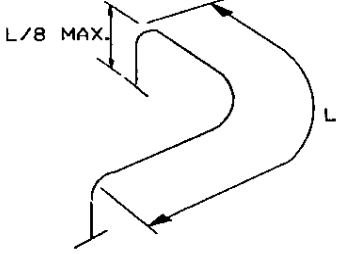
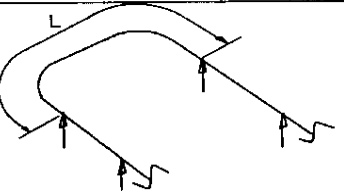
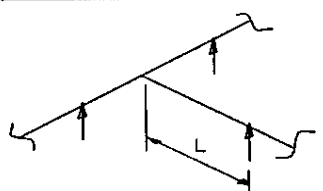
ρ_p = 1.600


 <p>CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :114 de 144</p>
--	---	--

7.1.2.2 A2.2 Guía de Diseño para Espaciamiento Distinto a Parrón de Cañerías

Para obtener el espaciamiento de otras configuraciones de cañerías, multiplique el máximo espaciamiento permitido, tabulado en Página anterior por el factor de reducción K_r como se muestra abajo.

Factor de Reducción “ K_r ”

	
<p>$K_r = 0.85$</p>	<p>$K_r = 0.75$</p>
	
<p>$K_r = 0.85$</p>	<p>$K_r = 0.64$</p>
	
<p>$K_r = 0.9$</p>	<p>$K_r = 0.7$</p>

 CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :115 de 144
--	--	---

7.1.2.3 A2.3 Guía de Diseño para Espaciamiento Máximo Permitido para Cañerías HDPE PE-100 (PN6 y PN10) sobre Parrón de Cañerías


ESPACIAMIENTO ENTRE SOPORTES - CAÑERÍA HDP

Diametro Nominal pulg	OD		ID		Area m ²	e PN10 (2"-24") PN6(28-36) (cm)	Pesos Cañería (Kg/m)			Espaciamiento entre apoyos L (cm)			Deflexion (cm)		
	mm	cm	mm	cm			q aire	q agua	q pulpa	cañ. vacia	cañ. c/agua	cañ. c/pulpa	Δ aire	Δ agua	Δ pulpa
2	63	6,3	62	6,2	0,003	0,58	1,1	4,1	5,9	150	100	100	0,2	0,1	0,2
3	90	9,0	88	8,8	0,006	0,82	2,1	8,3	11,9	150	100	100	0,1	0,1	0,1
4	110	11,0	108	10,8	0,009	1,00	3,1	12,3	17,8	200	150	150	0,2	0,2	0,3
5	125	12,5	123	12,3	0,012	1,14	4,1	15,9	23,0	200	150	150	0,1	0,2	0,3
6	160	16,0	157	15,7	0,019	1,46	6,7	26,0	37,7	250	150	150	0,2	0,1	0,2
8	200	20,0	196	19,6	0,030	1,82	10,4	40,7	58,9	300	200	200	0,3	0,2	0,3
10	250	25,0	245	24,5	0,047	2,28	16,2	63,5	91,9	300	200	200	0,2	0,1	0,2
12	315	31,5	309	30,9	0,075	2,87	25,7	100,8	145,9	300	200	200	0,1	0,1	0,1
14	355	35,5	349	34,9	0,095	3,23	32,8	128,2	185,5	350	250	250	0,2	0,2	0,2
16	400	40,0	393	39,3	0,121	3,64	41,8	162,9	235,6	350	250	250	0,1	0,1	0,2
18	450	45,0	442	44,2	0,153	4,10	53,0	206,3	298,3	400	250	250	0,2	0,1	0,2
20	500	50,0	491	49,1	0,189	4,55	65,4	254,7	368,2	400	300	300	0,1	0,2	0,3
22	560	56,0	550	55,0	0,237	5,10	81,1	318,5	460,9	400	300	300	0,1	0,1	0,2
24	630	63,0	619	61,9	0,300	5,72	102,5	403,0	583,3	500	300	300	0,2	0,1	0,2
28	710	71,0	702	70,2	0,387	4,02	85,2	472,2	704,4	500	300	300	0,2	0,1	0,2
32	800	80,0	791	79,1	0,491	4,53	107,0	598,3	893,1	500	300	300	0,1	0,1	0,2
36	900	90,0	890	89,0	0,622	5,10	136,0	757,8	1130,9	500	350	350	0,1	0,1	0,2

Notas

1. La tabla se construyó considerando la cañería apoyada en más de dos puntos con un contenido de densidad 1 000 kg/m³ para agua y 1 600 kg/m³ para pulpa.
2. La temperatura del fluido se consideró 20 °C.
3. La flecha máxima admisible es de 5 mm en el centro del vano.
4. Las propiedades de HDPE PECC 100 son: Módulo de elasticidad 14000 kg/cm², densidad 961 kg/m³
5. Para temperaturas superiores a 20 °C aplicar el siguiente factor de corrección:

Factor de corrección por Temperaturas > 20°C	
T °C	Factor
21 - 30	0.97
31 - 40	0.92

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p style="text-align: center;">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 116 de 144</p>
---	---	---

7.1.3 ANEXO 3: ANÁLISIS DE FLEXIBILIDAD

Para el análisis de flexibilidad se tendrá en cuenta que la cañería estará sometida a diferentes estados de carga, según las siguientes etapas del Proyecto: Instalación, Operación y Parada. Además, se incluirá el efecto de aceleraciones sísmicas, cargas de viento y golpe de ariete, durante la operación.

La soportación de cañerías se diseñará de forma de limitar los desplazamientos excesivos, que pudieran causar alguna interferencia, y para reducir las fuerzas y momentos a valores permisibles.

En general se evitará que esfuerzos debidos a los estados de carga de las cañerías influyan en las bridas de los equipos mecánicos interconectados. En Áreas de Patios de Estanques, se considerarán juntas de expansión en las Bombas de Proceso, igualmente en la Bombas de Orgánico Cargado.

En general, las cañerías sobre 20" serán analizadas, por presentar estas, esfuerzos relevantes ante la acción del sismo. Igualmente se considerarán cañerías de diámetros menores, sometidas a un gradiente térmico sobre 30°C y cuya dilatación sea considerable respecto de las otras líneas.


Para el Área de Extracción por Solventes, se considera el análisis de todas sus líneas de procesos, exceptuando las líneas gravitacionales inferiores a 1 m de longitud, correspondientes a entradas de Agitadores desde los Decantadores.

Todas las líneas bombeadas de Áreas de Piscinas, dispuestas sobre terreno, sobre carpeta, serán analizadas considerando el esfuerzo debido al golpe de ariete. Aquellas líneas gravitacionales de PLS, Refino o ILS, serán analizadas, considerando el efecto del golpe de ariete. En especial, las líneas de PLS y Refino, serán dispuestas de manera tal de aumentar su flexibilidad sin el uso de juntas de expansión.

Para no transmitir esfuerzos y momentos a las boquillas de los equipos y estanques, se colocarán anclajes en las cañerías lo más cercano posible de la boquilla del equipo. Se tendrá especial consideración en los soportes de las cañerías de entrada de Agitadores en Plantas de Extracción por Solventes, los que incluirán llaves de corte, las que deben tomar el esfuerzo cortante, aliviando así a sus respectivos pernos de anclaje.

El empleo de juntas de Expansión se limitará al máximo, recurriendo a ellas sólo cuando no sea posible aumentar la flexibilidad del circuito. Se considerará en la Memoria de Cálculo del Análisis de Flexibilidad, un cálculo sin juntas de expansión, en el caso de no ser posible aumentar la flexibilidad de la línea, ya sea re distribuyendo soportes, permitiendo deflexión lateral, u otra; se usará una junta de expansión a especificar en la misma memoria de cálculo, luego se efectuará un segundo análisis considerando el efecto de la junta en la línea correspondiente.

La selección de las juntas de expansión será realizada en conjunto con el proveedor competente y el Technical Handbook "Non Metallic Expansion Joints and Flexible Pipe Connectors" de la Fluid Sealing

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :117 de 144</p>
---	---	--

Assosiation (FSA) y serán claramente detalladas en un Data Sheet anexo a la Memoria de Cálculo de Análisis de Flexibilidad del Proyecto.

Se considerarán las cargas debidas a las juntas mecánicas de las tuberías con los equipos mecánicos (pre carga de pernos, sobre presión operativa o vacío), tales como bombas, estanques, intercambiadores de calor, filtros, etc. Para ello se utilizarán los datos disponibles de los proveedores de los equipos. Se permite el uso de normas de diseño de los respectivos equipos, para la obtención de los datos de fuerzas y momentos a transmitir a las cañerías.

7.1.3.1 A3.1 Cargas de Diseño

El código de diseño que se empleará, será el ASME B31.3. Las tensiones que se originan en los sistemas de cañerías se deben ajustar a lo siguiente, dependiendo del tipo de aplicación, uso y condiciones entregadas en el Listado de Líneas del Proyecto y en la Especificación Técnica Material de Cañerías.

Consideraciones para líneas de proceso principales

7.1.3.1.1 A3.1.1 Tensiones Primarias SL (Cargas sostenidas)

- a) Presión de diseño del sistema, **P1**.
- b) Cargas Sostenidas
 - **W1** Peso de la cañería, componentes (válvulas, etc.), aislamiento (si aplica).
 - **W2** Peso del contenido líquido
 - **W3** Soportes de Cañerías (Roce y Desplazamientos Impuestos)
 - **W4** Cargas Sostenidas de Equipos de Procesos Interconectados.


7.1.3.1.2 A3.1.2 Tensiones Secundarias SE (Cargas Térmicas)

Corresponden al efecto de dilatación o contracción entre la máxima / mínima temperatura que alcanza la cañería en servicio y la temperatura referencial de Instalación. Además se deben considerar los desplazamientos impuestos a la cañería.

Se distinguen las siguientes condiciones de temperatura para cañerías:

-Temperatura de Referencia

- Temperatura Ambiente Máxima
- Temperatura Ambiente Promedio
- Temperatura Ambiente Mínima

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 118 de 144</p>
---	---	---

- Temperaturas Máximas de Operación

- Temperaturas Máximas Parada

Cañería Vacía

- Temperatura Mínima Parada

Tubería Vacía / Llena

7.1.3.1.3 A3.1.3 Tensiones Ocasionales SV (Cargas por viento)

Corresponden a las cargas debidas al efecto del viento propio de la ubicación geográfica de la planta. Se considerará tal efecto en las cañerías que se encuentren fuera de las naves o edificios. Para tales efectos los valores a considerar preliminarmente serán los entregados en Especificación Técnica Condiciones del Sitio del Proyecto.

7.1.3.1.4 A3.1.4 Tensiones Ocasionales SwH (Cargas debidas a Golpe de Ariete)

Corresponden a las cargas debidas al efecto del Golpe de Ariete, a ser considerado en los tramos de cañerías donde pueda existir una sobre presión (aumento momentáneo de presión) que sobre pase la tensión admisible de la cañería, o tramo de cañería correspondiente. Se considerará que el Golpe de Ariete, es mayor en magnitud cuanto mayor sea la velocidad media del fluido y mayor la distancia entre el golpe y la fuente del mismo.

Las sobrepresiones se consideraran en las líneas donde pueda existir alguno de los siguientes fenómenos:


- Partidas o detenciones súbitas de bombas centrífugas
- Aperturas o cierres bruscos de válvulas
- Cambio de dirección brusco del fluido en las partidas de las bombas.

7.1.3.2 A3.2 Análisis de las Tensiones Ocasionales

Las tensiones ocasionales son las que se originan al sumar las tensiones primarias contempladas en el proyecto y las originadas por cargas eventuales como el viento y acciones sísmicas.

- Sx Sismo Horizontal Dirección X
- Sz Sismo Vertical Dirección Z
- Sv Carga por Viento Dirección X
- S_{wh} Carga por Golpe de Ariete

La aceleración sísmica vertical (Sz) solo se considerará para trazados de cañerías que en su mayoría se encuentren en orientación vertical y quedará a criterio del especialista de flexibilidad el análisis en conjunto con la disciplina civil estructural.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p style="text-align: center;">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 119 de 144</p>
---	---	---

En el caso que corresponda se efectuará un análisis de las fuerzas de tracción o compresión debidas a los ensambles mecánicos entre cañerías y equipos de proceso. Esto será determinado mediante el análisis de resultados de la memoria de cálculo. No obstante lo anterior se restringirá al máximo la transmisión de cargas y momentos a las bridas de los equipos conectados a la cañería, mediante el uso de soportes anclaje.

7.1.3.3 A3.3 Estados de Carga

Adicionalmente a la verificación con el código ASME B31.3, se considerarán las siguientes combinaciones de cargas para los análisis de flexibilidad:

- Parada a temperatura máxima.
- Parada a temperatura mínima.
- Operación a línea llena a temperatura máxima.
- Operación a línea llena a temperatura mínima.
- Sismo X (Sx)
- Sismo Z (Sz)
- Viento (Sv)
- Golpe de Ariete (S_{wh})

Combinaciones de Estados de Carga

Las tensiones internas de las tuberías se calcularán y verificarán según la combinación de estados de cargas definidas por el ASME B.31.3

Las reacciones en los soportes para diseño según tensiones admisibles se calcularán según el efecto más crítico resultante de las siguientes combinaciones de cargas establecidas en la sección 1612.3 del UBC 97.

$$a) 0.75 \left(D + \frac{E}{1.4} + T \right)$$

$$b) 0.75 \left(0.9D \pm \frac{E}{1.4} + T \right)$$


D = carga de Peso Propio

E = carga sísmica + carga de viento + carga de golpe de ariete

T = carga de deformación proveniente de cambios de temperatura o presión.

La configuración lineal de las tuberías implica que la combinación de estados de carga (a) resulte ser la más crítica.

Para las reacciones en los soportes según diseño de capacidad última se calcularán las siguientes combinaciones, establecidas en la sección 1612.2 del UBC 97:

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 120 de 144</p>
---	---	---

- a) $1.4D + 1.2T$
- b) $1.2D + 1.0E + 1.2T$
- c) $0.9D \pm 1.0E + 1.2T$

Análisis Sísmico

La resistencia para soportar desplazamientos laterales inducidos por movimientos sísmicos del terreno, se basará en los esfuerzos sísmicos de diseño calculados de acuerdo con el método estático de fuerzas laterales, especificado para estructuras “Nonbuilding” en la sección 1634 del UBC-97.

Se hace notar que los factores sísmicos recomendados por la norma NCh2369, deben ser homologados a la norma UBC 97 (verificar clasificación de zonas y factores C1 y C2, etc.).

Las fuerzas de diseño prescritas en dicha sección son para el nivel de la base fija y el modelo elástico de la estructura comparables con los esperados de la estructura real respondiendo al movimiento del terreno. Estas fuerzas se pueden reducir usando el coeficiente R, si la estructura “nonbuilding” tiene suficiente ductilidad para disipar los efectos sísmicos.

El factor confiabilidad / redundancia p puede tomarse igual a 1 para estructuras “nonbuilding”. Para calcular las fuerzas de diseño sísmico en estructuras “nonbuilding” se debe incluir todo el contenido en operación normal de estanques, recipientes y cañerías.

Las cañerías que contienen sustancias que no son esenciales ni peligrosas, el factor de importancia $I=1.0$ que corresponde al caso general

La Zona sísmica = 4 y $Z = 0.4$

El suelo corresponde a tipo Sd


Factor $N_v=1$

$R = 2.9$ Tabla 16-P UBC-97

$C_a = 0.44$ Tabla 16-Q UBC-97

De acuerdo al párrafo 1634.5 del UBC-97 los sistemas de cañerías (“nonbuilding”) que no sean estructuras rígidas (con período menor a 0.06 seg.) serán diseñados para resistir esfuerzos sísmicos no menores que los determinados en la sección 1630 con los siguientes adicionales:

El Cortante Basal no será menor que:

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 121 de 144</p>
---	--	---

a) $V = 0.56 \bullet C_a \bullet I \bullet W$ $V=0.224 \bullet W$

b) Para zona 4

$$V = \frac{1.6 \bullet Z \bullet N_v \bullet W}{R} \quad V=0.221 \bullet W$$

Según la Sección 1630.2 el Cortante Basal V en una dirección dada debe determinarse con la ecuación:

$$V = \frac{C_v \bullet I}{R \bullet T} W$$

Además, para la Zona 4 estará en el intervalo:

$$\frac{2.5 \bullet C_a \bullet I}{R} W \geq V > \frac{0.8 \bullet Z \bullet N_v \bullet I}{R} W$$

$$0.345 \bullet W \geq V > 0.276 \bullet W$$

Dado que el período fundamental de vibración del circuito es un valor empírico a determinar, para la aceleración lateral, se utilizará el valor conservador de 0.345 g.

Análisis de Cargas debidas a la Acción del Viento

El cálculo de la presión actuante sobre las cañerías, debida a la acción del viento, se calculará de acuerdo a UBC 1997 Sección 1620.

$$P = C_e C_q q_s I_w$$

Donde:

C_e = Coeficiente de forma entregado en la Tabla 16-G.


C_q = Coeficiente de presión entregado en la Tabla 16-H.

I_w = Factor de Importancia entregado en la Tabla 16-K.

P = Presión de Viento de Diseño

q_s = presión de estancamiento de acuerdo a la Tabla 16-F.

El Área proyectada se calculará de acuerdo al Método 2 (Método del Área Proyectada), según lo indicado en UBC 1997 Parágrafo 1621.3.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :122 de 144</p>
---	---	--

El valor de diseño de P, será el mayor, entre el valor calculado en la ecuación anterior y el informado las condiciones del sitio del proyecto.

Para el caso especial de la Cañerías de Ácido Sulfúrico, se considerará un $I_w=1.15$

7.1.3.4 A3.4 Memoria de Cálculo de Flexibilidad Cañerías

Se deberá efectuar una Memoria de Cálculo que respalde la selección y ubicación de la soportación para las líneas consideradas del Proyecto a fin de garantizar la Flexibilidad suficiente de acuerdo a lo expuesto en el presente documento. El Sistema de Unidades a usar será el SI (Sistema Internacional de Unidades).

Para el análisis de flexibilidad de las líneas consideradas se podrán usar los siguientes Software de Cálculo, o similares, en atención a la siguiente clasificación.

- Pipe Stress Analysis Software — CAEPIPE™
- CAESAR II Pipe Stress Analysis
- AutoPipe


Para cada Línea Analizada, se incluirá la siguiente información mínima, dentro de la Memoria de Cálculo:

7.1.3.4.1 A3.4.1 Datos de la Cañería

Para cada Línea analizada se deberá incluir en la Memoria de Cálculo, la siguiente información propia de cada cañería. Los datos a ser incorporados, serán tomados de los documentos del proyecto, tales como P&ID, Listado de Líneas, Especificaciones Técnicas y otros documentos del proyecto.

- N° de Línea
- Fluido Transportado
- Peso Específico
- Sección Ocupada
- Diámetro
- Espesor / Schedule
- Material
- Fricción en Soportes

7.1.3.4.2 A3.4.2 Condiciones de Diseño

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :123 de 144</p>
---	---	--

Para cada Línea analizada se deberá incluir en la Memoria de Cálculo, la siguiente información referente a las condiciones de diseño.

- Temperatura de Instalación o Referencia - Tr
- Temperatura Máxima (Vacía) – T1
- Temperatura Máxima Operación (Llena) – T2
- Temperatura Mínima – T3
- Peso de la cañería y accesorios – W1
- Fluido – W2
- Presión de Diseño – P1
- Presión de Prueba – P2
- Velocidad de Viento Máxima – Sv
- Sismicidad – Sx y Sz
- Golpe de Ariete – Swh

7.1.3.4.3 A3.4.3 Desplazamientos Impuestos


Para cada Línea analizada se deberá incluir en la Memoria de Cálculo, la siguiente información respecto a las restricciones impuestas a los desplazamientos de cada cañería.

- Identificación Numérica del Nodo
- Desplazamiento Impuesto en la Dirección X
- Desplazamiento Impuesto en la Dirección Y
- Desplazamiento Impuesto en la Dirección Z

7.1.3.4.4 A3.4.4 Resultados

La documentación que se presentará para cada línea analizada contendrá al menos la siguiente información:

- Datos de partida e identificación de la línea de acuerdo a lo indicado en la Especificación Técnica de Materiales de Cañerías del proyecto
- Layout del modelo en que se muestran los soportes principales (anclajes, guías y apoyos)
- Tensiones máximas generadas para cada una de las tres verificaciones establecidas en el código ANSI B31.3
- Tensiones máximas que podrían ser transmitidas a los equipos, y comparación con las permisibles informadas por los proveedores, o comparadas con las normas de diseño de los equipos, si corresponde.
- Tabulación de Fuerzas y Momentos transmitidos a los soportes.
- Tabulación de Desplazamientos térmicos de los nodos más representativos.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 124 de 144</p>
---	---	---

- Tabulación de la Matriz de Esfuerzos y Desplazamientos
- Representación 3D de la Cañería con la Distribución de Esfuerzos, Deformaciones y Desplazamientos representados con colores que identifiquen el rango de variación.
- Representación 3D de la Cañería con la identificación de los Nodos y sus Restricciones.
- Distribución y Clasificación de los Soportes de Cañerías recomendados en el Análisis.
- Plano con la ubicación de los Soportes en Planta.

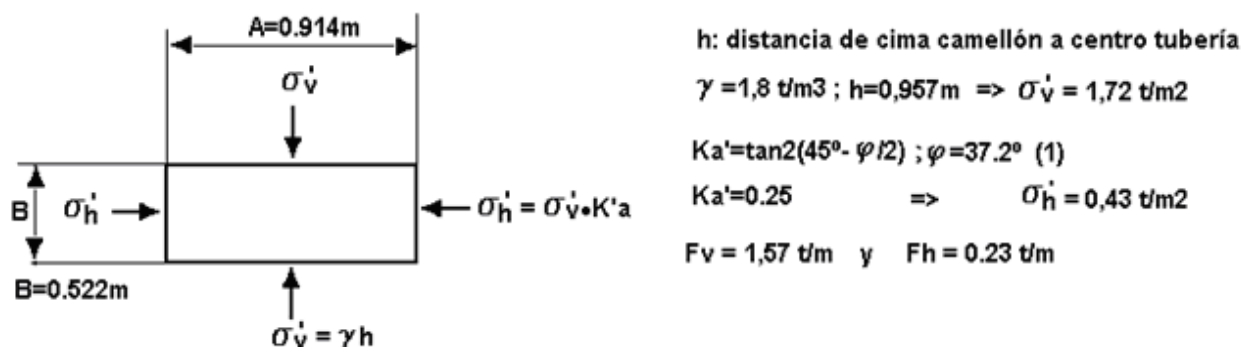
Consideraciones Especiales para uso de Camellones en Tendidos Largos de Cañerías (Pipeline)

Para fijar la cañería en un tendido largo (pipeline) se utilizarán “camellones” que son montículos de tierra, de 9m de largo (a ser verificados por el analista), cubren 0.5 m sobre la clave de la cañería, y se modelarán de la siguiente forma:

El material de relleno con un peso específico de 1,8 t/m³ actuará sobre la cañería y generará fuerzas de roce que impedirán los desplazamientos longitudinales, para cargas longitudinales moderadas. Se modela como restricción vertical con roce (Y).


Además, el material del camellón actuará como guía rígida con roce que impedirá los desplazamientos laterales.

Para modelar el efecto del roce en la cañería se reemplazará la cañería circular por un rectángulo de largo igual al diámetro de la tubería y de perímetro equivalente, al cual se le aplicará la teoría de Rankine para el estado de tensiones en el suelo.



El analista deberá verificar estos valores de acuerdo al Estudio Geotécnico correspondiente.

Para introducir el modelo del camellón en el CAESAR se utilizarán 3 nodos cada uno de los cuales tributará 3m de longitud. En cada uno de estos nodos se aplicará una fuerza normal (-F1y) equivalente a la suma de los valores absolutos de las fuerzas del suelo aplicadas al perímetro equivalente de la cañería.

 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	<p style="text-align: center;">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 125 de 144</p>
---	---	---

Para el coeficientes de roce en los camellones (superficies HDPE - relleno compactado) se usa el valor 0.66 que aparece en la siguiente tabla para cañería de 8" HDPE en arena seca.


Table 2: Static Friction Coefficients, data after Conner (1998)

Specimen	Sand					
	Dry		Wet			
		PW		PW	DM	PW + DM
6" DIP	0.63	0.10	0.34	0.12	0.30	0.08
60" DIP	1.60	0.13	0.29	0.11	0.29	0.09
8" HDPE	0.66	N/A	0.22	N/A	0.24	N/A
Abbreviations: PW: Polyethylene wrap; DM: Drilling Mud						


Conner, R.C. (1998 Proc. ASCE Conference. Pp 494-505)

7.1.4 ANEXO 4: ABREVIACIONES COMÚNMENTE EMPLEADAS


Abreviación	Inglés	Español
A	Ampere, Amp	Amperes
AG	Aboveground	Instalación sobre terreno
Amb	Ambient	Ambiente
Atm	Atmosphere	Atmósfera
BB	Bolted Bonnet	Bonete Apernado
BC	Bolted Cap	Cap Apernado
BE	Beveled Ends	Extremos Biselados
BF	Butt Fusion	Soldadura por fusión
BLE	Beveled Large End	Extremo Mayor Biselado
BOE	Beveled One End	Extremo un lado Biselado
Brz	Bronze	Bronce
BW	Butt Weld	Unión soldada de tope
CB	Clamp Bonnet	Bonete con Abrazadera
CI	Cast Iron	Hierro fundido
Conc	Concentric	Concéntrico
Conn	Connection	Conexión
CO	Chain Operated	Operado con cadena
CS	Carbon Steel	Acero al carbono
CPVC	Chlorinated Polyvinyl Chloride	Cloruro de Polivinilo Clorado
Cu	Copper	Cobre
CWP	Cold Working Pressure	Presión de trabajo en frío
°C	Degree Celsius	Grados Celsius
DI	Ductile Iron	Hierro dúctil

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 126 de 144</p>
---	---	---


Abreviación	Inglés	Español
DSAW	Double Submerged Arc Welded	Soldadura con doble arco sumergido
DWV	Drain, Waste & Vent	Drenaje, Residuos y Ventosas
Ecc	Eccentric	Excéntrica
EII	Elbow	Codo
EFW	Electrical Fusion Welded	Soldadura eléctrica por Fusión
ERW	Electrical Resistance Welded	Soldadura por resistencia eléctrica
Fab	Fabricated	Fabricado
FM	Factory Mutual Approval	Aprobación por Factory Mutual
FF	Flat Face	Cara plana
Flg	Flange	Flange o Flanche o Brida
FS	Forged Steel	Acero forjado
Galv	Galvanized	Galvanizado
g - gm	Grams	Gramos
g/L	Grams per liter	Gramos por litro
Gr	Grade	Grado
GE	Grooved End	Extremo ranurado
GO	Gear Operated	Operado con reductor
GOE	Grooved One End	Extremo un lado ranurado
Hex	Hexagonal	Hexagonal
HDPE	High Density Polyethylene	Polietileno Alta Densidad
HP	High Pressure	Alta presión
ID	Inside Diameter	Diámetro interior
in, (")	Inches	Pulgadas
ISRS	Inside Screw Rising Stem	Vástago interno roscado, ascendente
J	Joule	Joule
kg	Kilogram	Kilogramos
kg/h	Kilograms per hour	Kilogramos por hora
km	Kilometer	Kilómetros
kV	Kilovolt	Kilovoltios
kW	Kilowatt	Kilowatts
L	Liter	Litro
L/s	Liters per second	Litros por segundo
Lb	Pounds	Libras
LP	Low Pressure	Baja presión
LO	Lever Operated	Operado por palanca
LtWt	Light Weight Type	Tipo Liviano (flanges)
Lub	Lubricated	Lubricado
Lug	Lug	Con orejas

 CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :127 de 144
--	--	---

Abreviación	Inglés	Español
Lux – lx	Illuminance and luminous emittance	Iluminancia o nivel de iluminación
m2	Square meter	Metros cuadrados
m3	Cubil meter	Metros cúbicos
Max	Maximum	Máximo
Mfr	Manufacturer	Fabricante
Min	Minimum	Mínimo
MI	Malleable Iron	Hierro Maleable
MJ	Mechanical Joint	Junta mecánica
M – m	Meter	Metro
mm	Millimeter	Milímetro
m3/h	ubil meter per hour	Metros cúbicos por hora
MNPT	Male National Pipe Thread End	Cañería roscada NPT macho
MP	acion Pressure	Presión Media
Mpa	Megapascals	Mega Pascal
NSR	Non Rising Stem	Vástago no ascendente
NPS	Nominal Pipe Size	Dimensión nominal de tubería
NPT	Nacional Pipe Threaded	Rosca Nacional Pipe Threaded
Nm3/h	Normal cubic meters per hour	Metros cúbicos normales por hora
Op	Operated	Operado
OS & Y	Outside Screw and Yoke	Tornillo y Yugo Exterior
ppm	Parts per million	Partes por millón
Pa	Pascal	Pascales
PBE	Plain both Ends	Ambos extremos Planos
PE	Plain Ends	Extremos planos
PLE	Plain Large End	Extremo Mayor Plano
PN	Nominal Pressure	Presión Nominal
POE	Plain One End	Extremo plano
POE / TOE	Plain One End / Threaded One End	Extremo un lado plano – un lado roscado
Psi	Pound per Square Inch	Libras por pulgada cuadrada
Psig	Pound per Square Inch Gauge	Libras por pulg. Cuadrada man.
PP	Polypropylene	Polipropileno
PTFE	Polytetrafluoroethylene	Politetra Fluoro Etileno
PVC	Polyvinyl Chloride	Policloruro de vinilo
PVDF	Polyvinylidene Fluoride	Policloruro de Fluoro
RF	Raised Face	Cara con resalte
RL	Rubber Lined	Revestido con goma
s	second	segundos

 CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :128 de 144
--	--	---


Abreviación	Inglés	Español
SB	Screwed Bonnet	Bonete Roscado
SC	Screwed Cap	Cap roscado
Sch	Schedule	-
Scrd	Screwed	Roscado
SE	Screwed End	Extremos roscados
S.G.	Specific Gravity	Gravedad específica
Sj	Solder Joint	Junta soldada
Smls	Seamless	Sin costura
Sq	Square	Cuadrado
SR	Short Radius	Radio Corto
SS	Stainless Steel	Acero inoxidable
Std	Standard	Estándar
SW	Socket Weld	Soqueteado
t	Metric ton	Toneladas métricas
t/h	Metric tons per hour	Toneladas métricas por hora
t/d	Metric tons per day	Toneladas métricas por día
TBE	Threaded both Ends	Ambos extremos Roscados
Temp	Temperature	Temperatura
TF	Term fusion	Termofusión
Thd	Threaded	Roscada
Thk	Thick	Espesor
T & C	Threaded and Coupled	Con hilo y cople
Tfe	Teflon	Teflón
TOE	Threaded One End	Extremo un lado roscado
Tr	Trim	Elemento de corte en válvula
TSE	Threaded Small End	Extremo Menor Roscado
UB	Union Bonnet	Unión con sombrerete
UG	Underground	Enterrado
UL	Underwriter's Laboratories Approved	Aprobado por Underwriters Laboratories
VC	Victaulic Coupling	Unión Victaulic
Wfr	Wafer	Entre flanges
WOG	Water, Oil and Gas	Agua, aceite y gas
Wt	Weight	Peso
W/	With	Con
XS	Extra Strong	Extra pesado
XXS	Double extra Strong	Doble Extra Pesado
y	year	año

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página : 129 de 144</p>
---	---	---

7.1.5 ANEXO 5: RECOMENDACIONES PARA APLICACIÓN DE VÁLVULAS ON-OFF Y DE CONTROL

Aplicación Principal	Diámetro	Tipo de Válvula	Tipo de Servicio	Tipo de Actuador	Tipo de Fluido	
					Agua Arriba	Agua abajo
Conducción de Pulpa	Menor o igual a 10"	Cuchillo	On-Off	Actuador Neumático. En caso que en el área existan válvulas hidráulica asociadas a una unidad hidráulica central debe analizarse la posibilidad de usar actuador hidráulico	Pulpa	Pulpa
	Mayor o igual a 12"	Cuchillo	On-Off	Actuador Hidráulico		
Lavado de líneas de Pulpa	Menor o igual a 10"	Cuchillo	On-Off	Actuador Neumático. En caso que en el área existan válvulas hidráulica asociadas a una unidad hidráulica central debe analizarse la posibilidad de usar actuador hidráulico	Agua	Pulpa
	Mayor o igual a 12"	Cuchillo	On-Off	Actuador Hidráulico		
Drenaje de líneas de pulpa	Menor o igual a 10"	Cuchillo	On-Off	Actuador Neumático. En caso que en el área existan válvulas hidráulica asociadas a una unidad hidráulica central debe analizarse la posibilidad de usar actuador hidráulico	Pulpa	Aire
	Mayor o igual a 12"	Cuchillo	On-Off	Actuador Hidráulico		
Drenaje de Estanques	Menor o igual a 10"	Cuchillo	On-Off	Actuador Neumático.	Pulpa	Aire
	Mayor o igual a 12"	Cuchillo	On-Off	Actuador Neumático. En casos donde los diámetros del drenaje supere la 24" se debe considerar actuador hidráulico		
Aislación de Hidrociclones	Mayor o igual a 12"	Cuchillo	On-Off	Se recomienda actuador neumáticos sujeto a recomendaciones del fabricante	Pulpa	Aire
Conducción de Aire o Agua	Menor a 6"	Globo o Bola	Control On-Off	Actuador Neumático En la eventualidad que no exista aire de instrumentación en el área puede utilizarse actuadores eléctricos.	Agua o aire	Agua o aire
Conducción de Aire o Agua	Mayor a 6"	Mariposa	Control On-Off	Actuador Neumático En la eventualidad que no exista aire de instrumentación en el área puede utilizarse actuadores eléctricos.	Agua o aire	Agua o aire
Conducción de Aire o Agua	Menor a 6"	Globo o Bola	Control Modulante	Actuador y posicionador Neumático En la eventualidad que no exista aire de instrumentación en el área puede utilizarse actuadores eléctricos. En casos muy excepcionales donde se requiera control muy preciso puede analizarse la alternativa de válvula de bola partida.	Agua o aire	Agua o aire
Control de Nivel de Celdas		Válvula Tipo dardo (tapón)	Control Modulante	Actuador Neumático con posicionador salvo indicaciones del proveedor	Pulpa	Pulpa
Cajones de traspaso		Válvula Tipo dardo (tapón)	Control On-Off	Actuador Neumático salvo indicaciones del proveedor	Pulpa	Aire

La impresión de este documento se considera una **COPIA NO CONTROLADA**; su versión vigente está disponible en la **Biblioteca SGP**. Se prohíbe su reproducción y exhibición, sin el consentimiento de CODELCO Chile.


 CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA	CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS	SGP-02CAN-CRTTC-00001 Rev. : 4 Vigencia : 31-03-2020 Página :130 de 144
---	---	---

				En la eventualidad que no exista aire de instrumentación en el área puede utilizarse actuadores eléctricos.		
Cajones Bifurcadores		Válvula Tipo dardo (tapón)	Control On- Off	Actuador Neumático salvo indicaciones del proveedor En la eventualidad que no exista aire de instrumentación en el área puede utilizarse actuadores eléctricos.	Pulpa	Aire

7.2 Disciplina Hidráulica


7.2.1 ANEXO 1: RUGOSIDAD ABSOLUTA DE CAÑERÍAS

Material	(ε) (mm)
Tubos de acero soldado de calidad normal	
Acero pulido	0,01 – 0,02
Acero comercial nuevo	0,01 – 0,15
Acero pulido por flujo de pulpas	0,05
Acero con remaches transversales en buen estado	0,10
Acero con ligera oxidación	0,10 – 0,30
Acero galvanizado	0,15
Acero limpiado después de mucho uso	0,15 – 0,20
Acero escoriado sin incrustaciones	0,25
Acero con incrustaciones	1,0
Acero con grandes incrustaciones	1,5 – 3,0
Tubos de acero lisos	
Acero laminado nuevo	0,04 – 0,1
Acero laminado recubierto por asfalto	0,05
Fierro fundido	0,25 – 0,26
Fierro fundido con incrustaciones	1,5 – 3,0
Bronce pulido, cobre	0,001 – 0,002
Plástico (PVC, PE, HDPE)	
Para diámetro < 200 mm	0,010 mm
Para diámetro > 200 mm:	0,025 mm
Poliuretano	0,0015 – 0,0025

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :131 de 144</p>
---	---	--


7.2.2 ANEXO 2 : Coeficiente de Rugosidad (C) Hazen-Williams

Tipo de Cañería	C
Plástico (HDPE, PE, PVC)	140 – 150
Polietileno	120
HDP	150
Acero	
Nuevo, sin revestir	140
Revestido de alquitrán de hulla	110
Remachado	100
Hierro galvanizado	120
Hierro colado	130
Nuevo, sin revestir	120
Viejo, sin revestir	100 - 120
Revestido de cemento	140 - 150
Revestido de esmalte bitumástico	115 -140
Cubierto de alquitrán	100
Hormigón o revestido en hormigón	140
Hormigón Usado	90
Hormigón Muy Viejo	65
Fibro cementeo	135
Cimbras de acero	120
Cimbras de madera	135
Cobre	130 - 140

 <p>CODELCO VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :132 de 144</p>
--	---	--

7.2.3 ANEXO 3: Coeficiente de Perdida Singular (K)

Singularidad	K
Entrada	0,5
Salida	1,0
Uniones	0,1
Tee recta	0,6
<u>Codos</u>	
45° Estándar	0,4 a 0,5
45° Radio Grande	0,2
90° Estándar	0,5 a 0,8
90° Ángulo Recto	1,3
180° U	1,5
<u>Válvulas (totalmente abiertas)</u>	
Compuerta	0,1 a 0,2
Mariposa	0,2 a 0,3
Diafragma	2,3
Ángulo	3,0
Globo	6,4
Seguridad (Válvula Check)	2,0 a 2,5
Retención (de pie)	15,0

	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p> <p>CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :133 de 144</p>
---	---	--

7.2.4 ANEXO 4: Coeficiente de Manning (n)

Material	n
HDPE	0,009 - 0,011
Goma	0,011 - 0,012
Acero	0,010 - 0,012
Hormigón	0,011-0.014
Roca	0,035 – 0,050
Mamposteria	0.025-0.030
Suelo (sección bien perfilada)	0.022-0.030



CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE
VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS
GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA

CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS

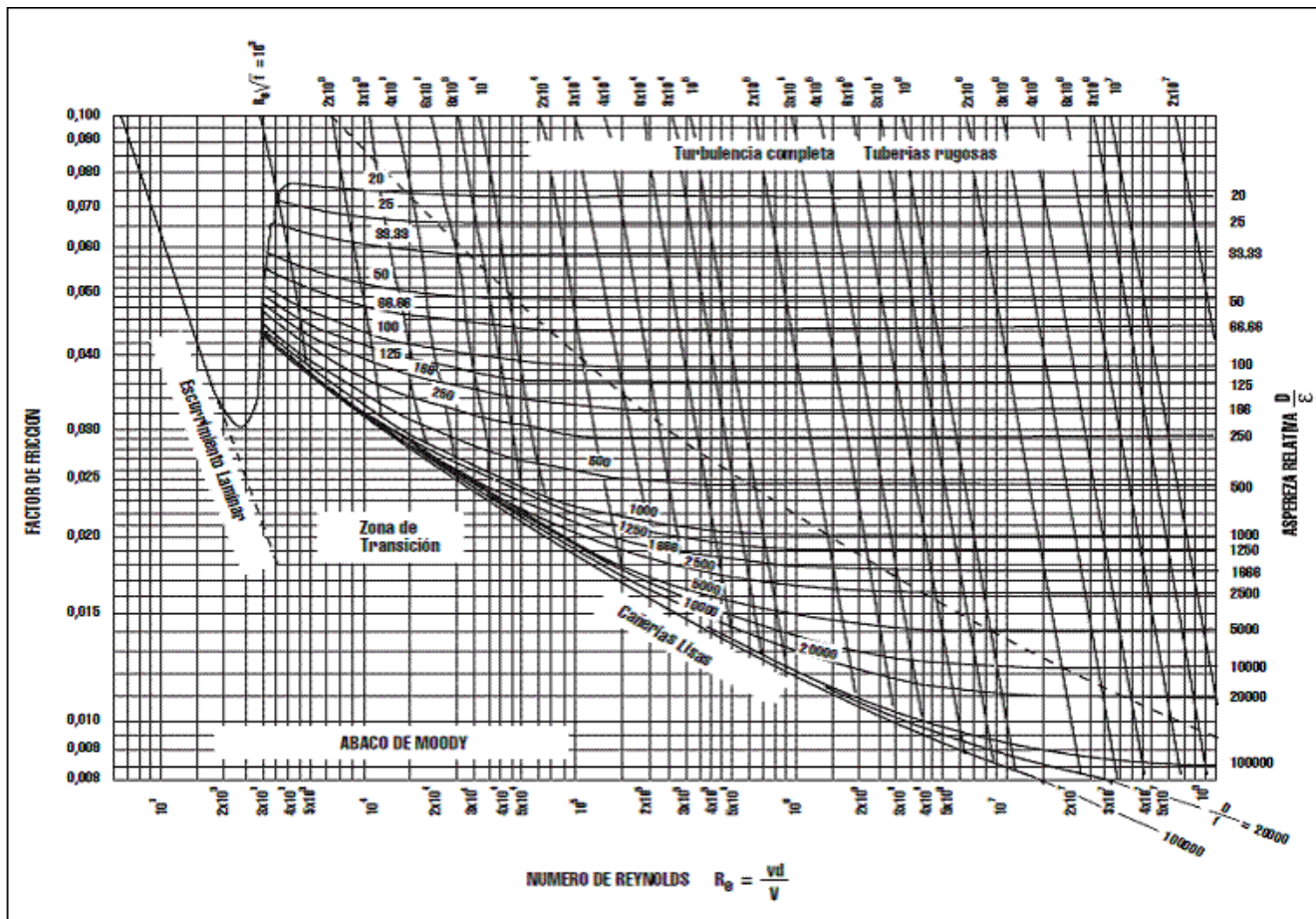
SGP-02CAN-CRTTC-00001


Rev. : 4

Vigencia : 31-03-2020

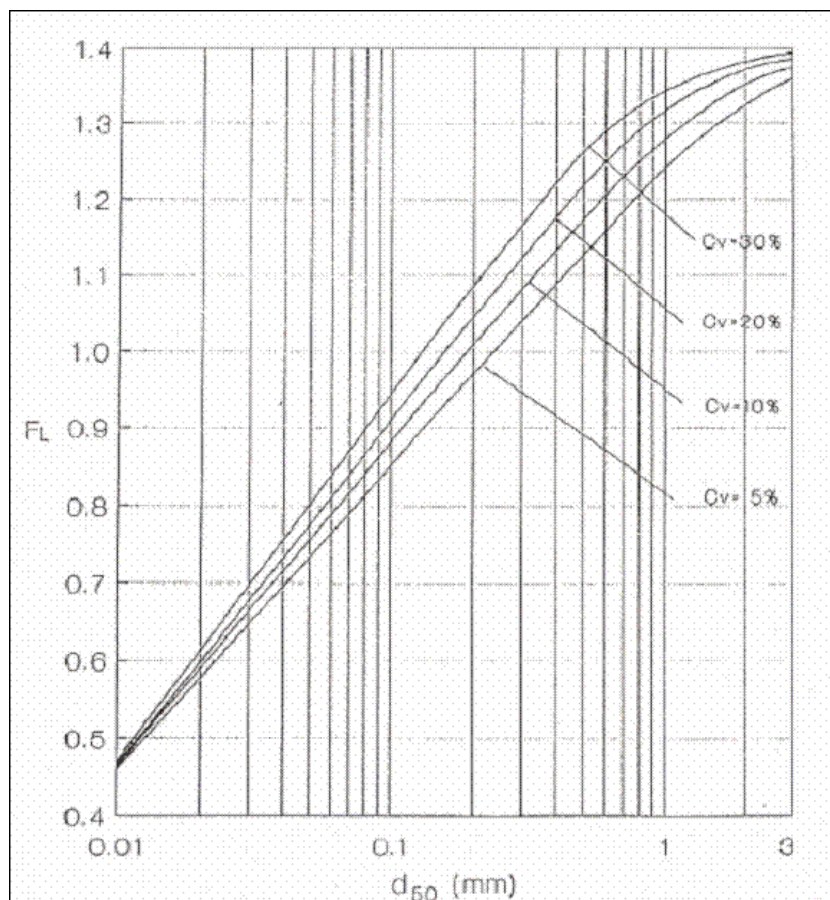
Página :134 de 144

7.2.5 ANEXO 5: Ábaco de Moody



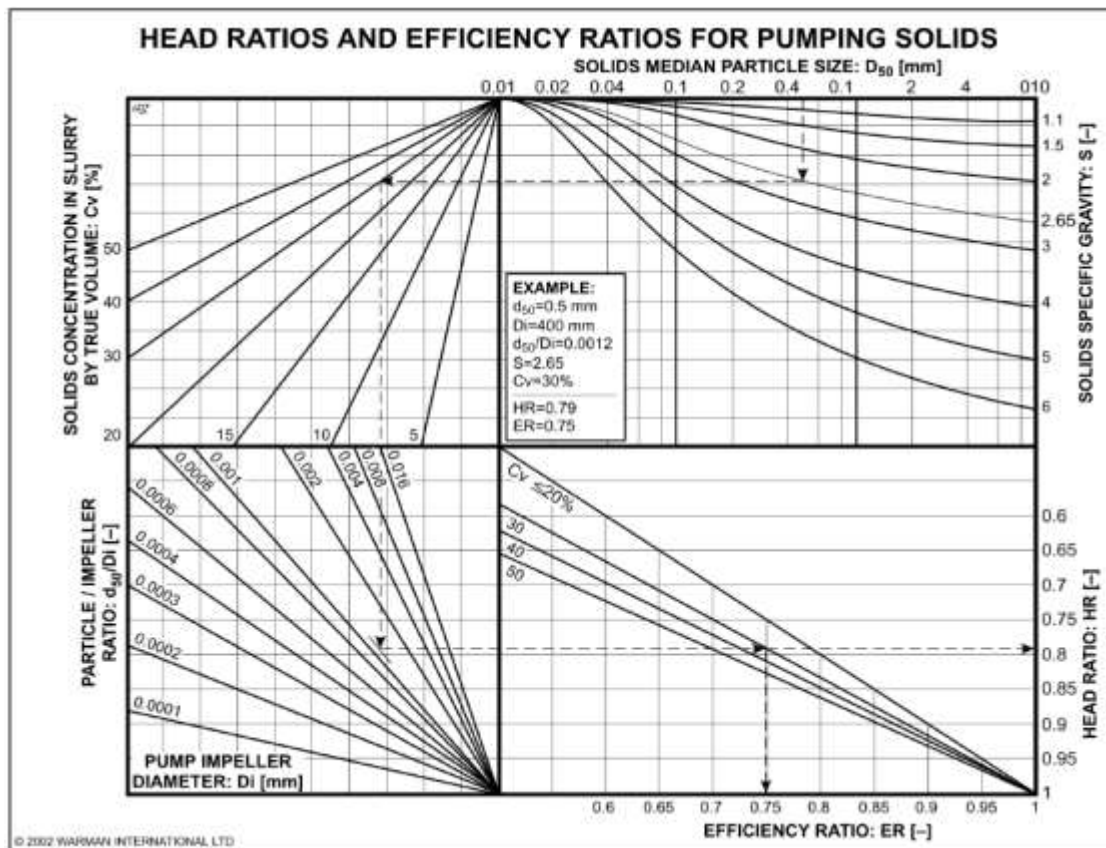
 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :135 de 144</p>
---	---	--

7.2.6 ANEXO 6: Gráfico de Mc. Elvain y Cave




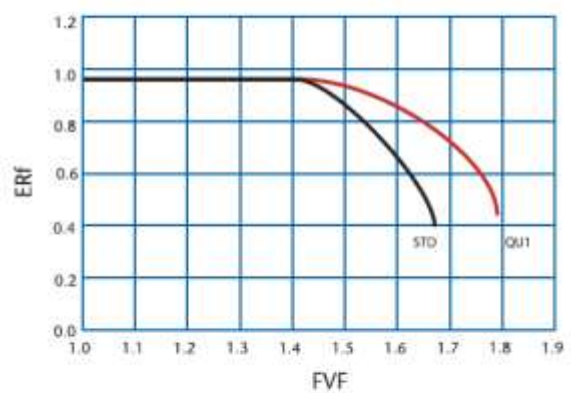
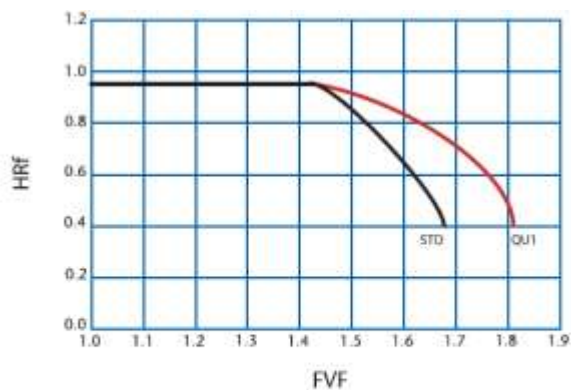
7.2.7 ANEXO 7: Factores de Corrección para Altura y Rendimiento en Pulpa

**CRITERIO
DISEÑO CAÑERÍAS**



7.2.8 ANEXO 8 Cuadros de Selección HRf y ERf

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :137 de 144</p>
---	---	--



Note:

1. *HRf & ERf are constant over flowrange*
2. *HRf & ERf also include effects of fine solids*
3. *STD = Standard open froth impeller*
4. *QU1 = Flow inducer open froth impeller*

7.2.9 ANEXO 9: Longitud Equivalente Fitting Válvulas –Warman



CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE
VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS
GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA

SGP-02CAN-CRTTC-00001

Rev. : 4

Vigencia : 31-03-2020

Página : 138 de 144


**CRITERIO
DISEÑO CAÑERÍAS**

	Radius More Than 3 x N.B.	Radius is 2 x N.B.			Minimum Radius 10 x N.B.				
INTERNAL DIAMETER inches (Nom.)	90° Long Radius Bend	90° Short Radius Bend	Elbow	Tee	Rubber Hose	Diaphragm Valve Full Open	Full Bore Valve Round Way	Plug-Lub Valve Rect. Way	"Tech-Taylor" Valve Ball Type
	LENGTH IN FEET OF STRAIGHT PIPE GIVING EQUIVALENT RESISTANCE TO FLOW								
1"	1.7	2.3	2.7	5.8	1.0	8.4	—	1.2	—
1-1/4"	2.4	3.0	3.7	7.8	1.3	10.6	—	1.6	—
1-1/2"	2.8	3.6	4.3	9.0	1.6	11.3	3.9	1.9	—
2"	3.5	4.6	5.5	11.0	1.8	12.0	4.7	2.4	—
2-1/2"	4.2	5.4	6.5	14.0	2.3	15.1	5.0	2.8	—
3"	5.1	6.8	8.1	17.0	2.8	16.0	6.3	3.4	0.66
3-1/2"	6.0	8.0	9.5	19.0	3.3	—	—	4.0	—
4"	7.0	9.1	11.0	22.0	3.8	25.0	7.2	4.6	0.77
4-1/2"	7.9	10.0	12.0	24.0	4.2	—	—	5.2	—
5"	8.9	12.0	14.0	27.0	4.7	43.0	10.0	5.8	1.0
6"	11.0	14.0	16.0	33.0	5.1	60.0	10.2	7.0	1.2
8"	14.0	18.0	21.0	43.0	7.9	65.0	26.0	9.0	2.7
10"	17.0	22.0	26.0	56.0	9.8	70.0	35.0	11.4	2.0
12"	20.0	26.0	32.0	66.0	11.0	95.0	52.0	13.4	2.5
14"	23.0	31.0	36.0	76.0	14.0	95.0	—	16.0	3.0
16"	27.0	35.0	42.0	87.0	16.0	—	—	18.0	3.4
18"	30.0	40.0	46.0	100.0	18.0	—	—	20.4	3.8
20"	34.0	43.0	52.0	110.0	20.0	—	—	24.0	4.1

"TECH-TAYLOR" VALVE IS A BALL TYPE CHANGE-OVER DEVICE USED ONLY ON THE DELIVERY SIDE OF THE PUMP.

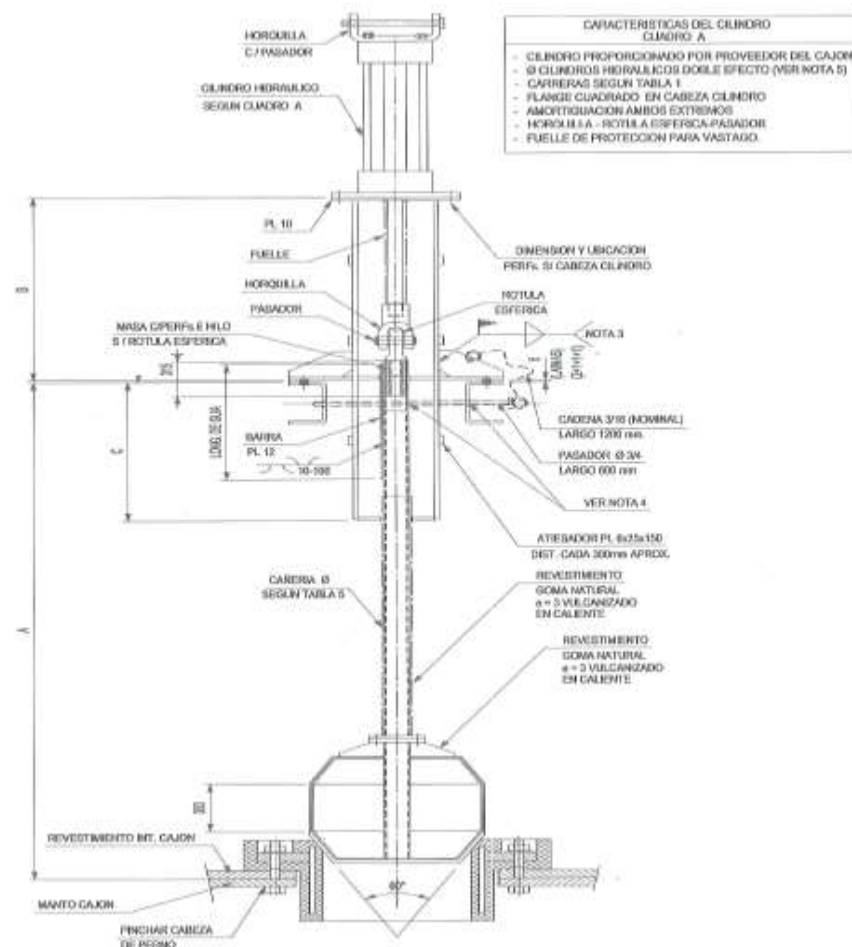
NOTE: 1. FOR 135° BEND, USE 50% OF EQUIVALENT LENGTH FOR 90° BEND.

2. L_i IS THE AGGREGATE OF EQUIVALENT LENGTHS FOR ALL PIPELINE FITTINGS AND VALVES IN A GIVEN PIPELINE.

 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :139 de 144</p>
---	---	--

7.2.10 ANEXO 10 : Estándar Tapones

A. Detalle Válvula



B. Tapón de Válvula



CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE
VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS
GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA

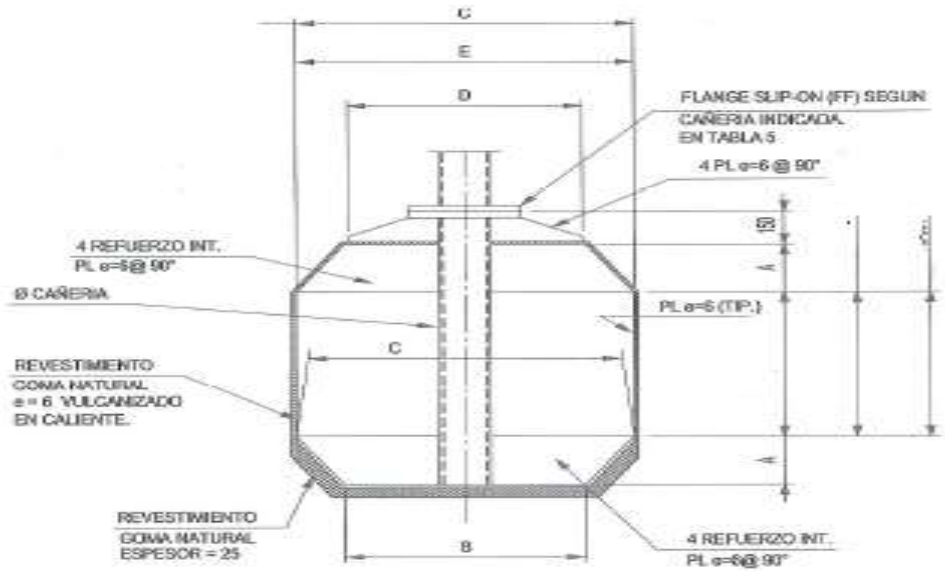
SGP-02CAN-CRTTC-00001


Rev. : 4

Vigencia : 31-03-2020

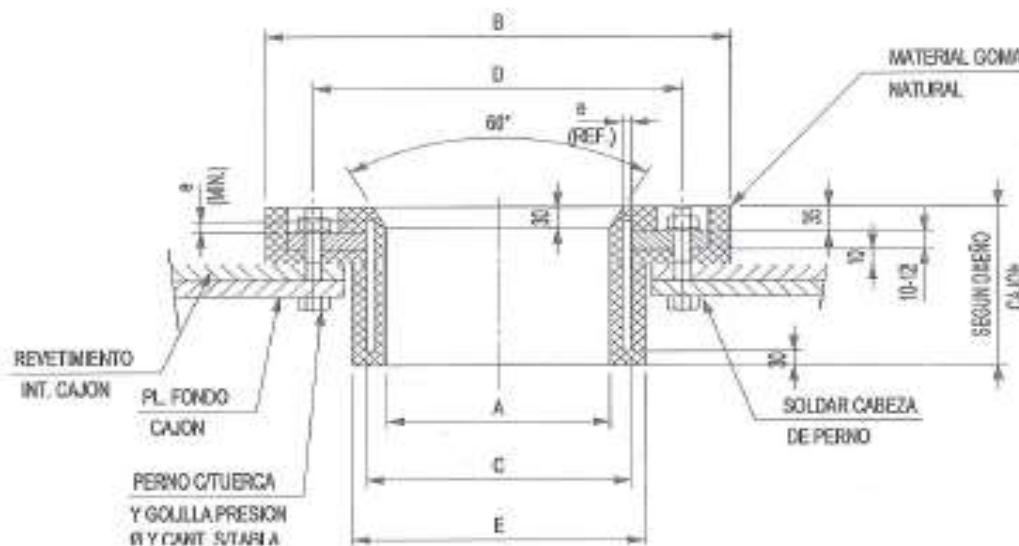
Página :140 de 144

**CRITERIO
DISEÑO CAÑERÍAS**



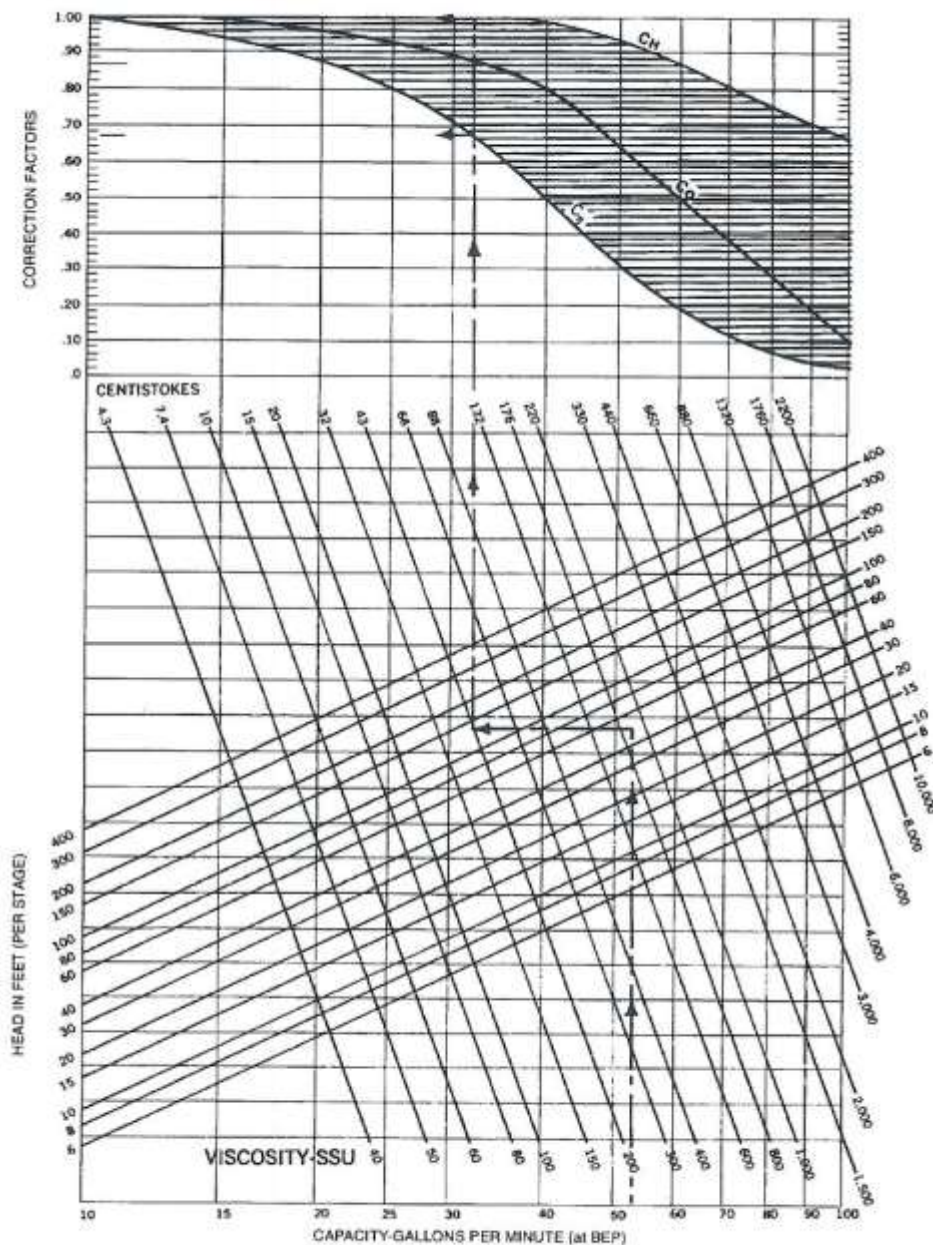
 <p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA</p>	<p align="center">CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS</p>	<p>SGP-02CAN-CRTTC-00001</p> <p>Rev. : 4</p> <p>Vigencia : 31-03-2020</p> <p>Página :141 de 144</p>
---	---	--

C. Asiento Tipo



7.2.11 ANEXO 1: Curvas de Corrección para Fluidos Viscosos

HI Centrifugal Pump Design and Application — 1994



**Figure 1.52 — Performance correction chart
for viscous liquids**



CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE
VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS
GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA

CRITERIO DISEÑO CAÑERÍAS

SGP-02CAN-CRTTC-00001

Rev. : 4

Vigencia : 31-03-2020

Página :143 de 144

HI. 1.1-1.5 94 ■ 9009130 0000078 787 ■

HI Centrifugal Pump Design and Application — 1994

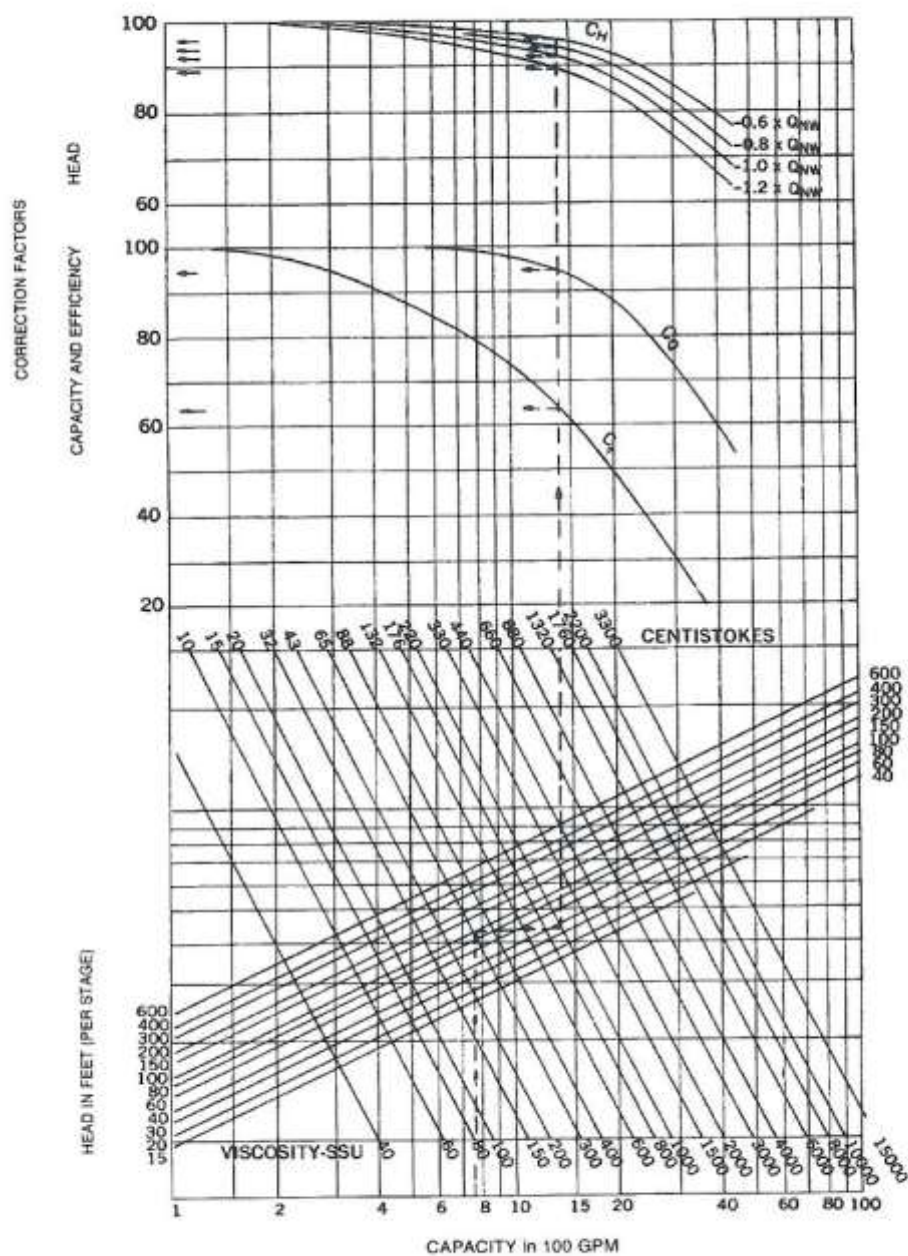


Figure 1.53 — Performance correction chart
for viscous liquids



**CRITERIO
DISEÑO CAÑERÍAS**

SGP-02CAN-CRTTC-00001

Rev. : 4

Vigencia : 31-03-2020

Página :144 de 144

7.2.12 ANEXO 2: Velocidades Específicas Recomendadas

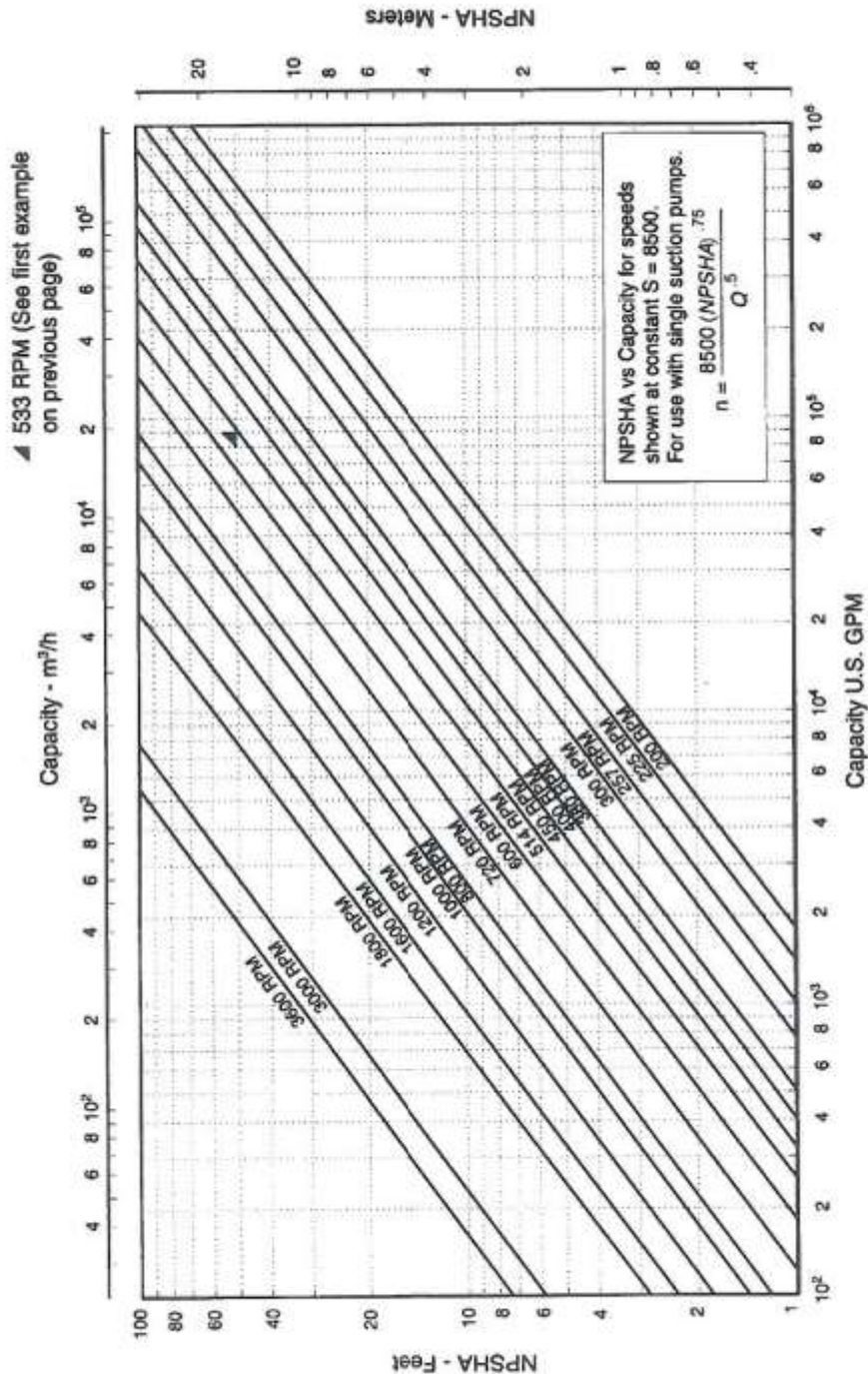


Figure 1.55 — Recommended typical operating speed limits for single suction pumps



CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE
VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS
GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA DE CARTERA

**CRITERIO
DISEÑO CAÑERÍAS**

SGP-02CAN-CRTTC-00001

Rev. : 4
Vigencia : 31-03-2020
Página :145 de 144

HI Centrifugal Pump Design and Application — 1994

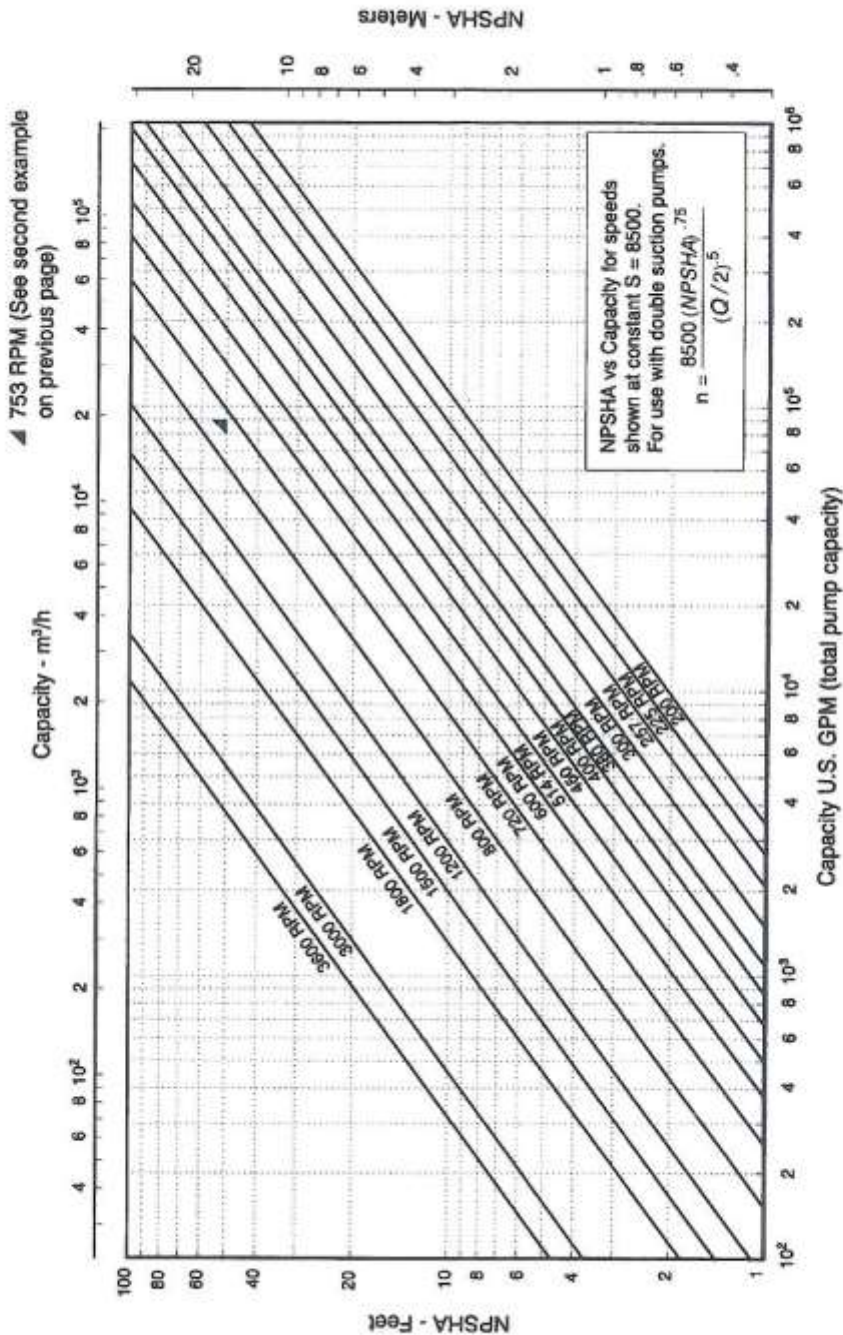


Figure 1.56 — Recommended typical operating speed limits for double suction pumps

7.2.13 ANEXO 3: Grafico Reducción NPSH por Temperatura

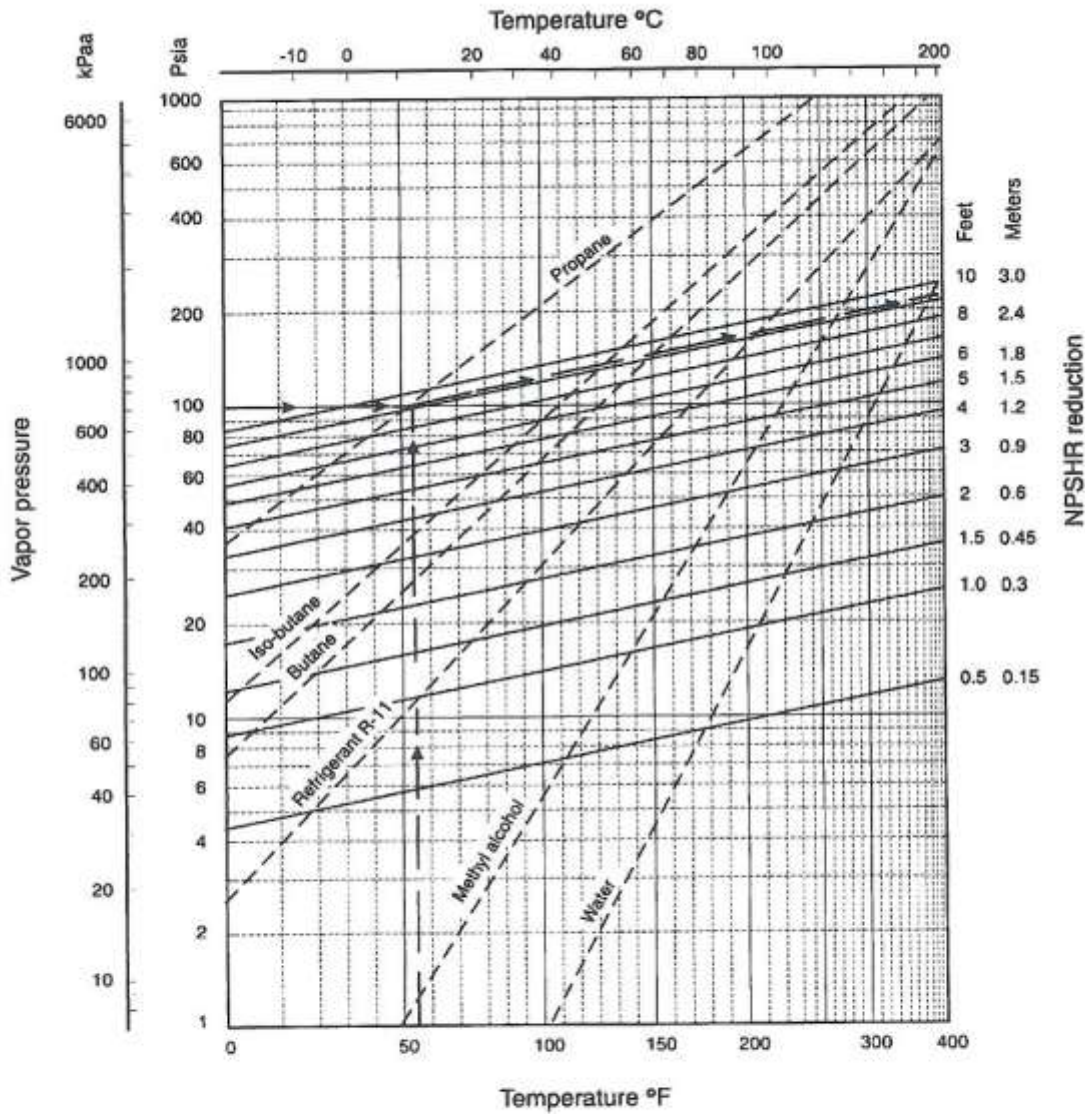


Figure 1.57 — NPSHR reduction for pumps handling hydrocarbon liquids and high-temperature water