UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTIAGO – CHILE

CÁLCULO Y DISEÑO HIDRÁULICO, PROYECTO REEMPLAZO DE MOLINOS DE REPASO PLANTA CONCENTRADORA, CODELCO DIVISIÓN CHUQUICAMATA

LUIS ANTONIO CAÑAS BERRÍOS

FELIPE ANDRÉS JAQUE DELGADO

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL.

PROFESOR GUÍA: DR. ING. DANILO ESTAY B.

PROFESOR CORREFERENTE: DR. ING. RODRIGO BARRAZA V.

SEPTIEMBRE 2017

Resumen

CODELCO, división Chuquicamata, actualmente dispone de tres áreas de concentración, denominadas A0, A1 y A2. Parte de las instalaciones de esta planta corresponden a la remolienda, donde actualmente catorce molinos procesan el concentrado obtenido de la flotación. Dichas instalaciones presentan problemas de bajo rendimiento metalúrgico y baja confiabilidad operacional. Por estas razones se solicita el reemplazo de los actuales molinos de repaso por tres molinos verticales a instalar en un nuevo edificio, proyecto que se realizara en la modalidad EPC (Engineering, Procurement and Construction).

El presente trabajo realiza una parte de la ingeniería de detalles asociada a la especialidad mecánica-piping a partir de lo indicado en la ingeniería básica. Para lograr este cometido se revisan y validan los diversos documentos, tales como, criterios de diseño, memorias de cálculo, planos entre otros.

El desarrollo de cálculo hidráulico se realiza una vez terminado y validado el balance de masa y los flujos los cual son determinados por la disciplina de procesos.

Validados los criterios de diseño y definidos los flujos, se inicia el desarrollo del cálculo de líneas de piping del proceso de manera conjunta con la selección de las bombas.

De forma paralela se desarrolla el cálculo y diseño de cajones, los cuales se fabrican de acero calidad ASTM A-36, con revestimiento interior de goma natural, para evitar el desgaste prematuro por el efecto abrasivo de la pulpa de concentrado de cobre.

Summary

CODELCO division Chuquicamata, currently has three areas of concentration, named A0, A1 and A2. Part of the facilities of this plant correspond to the remolishing, where at present fourteen mills process the concentrate obtained from the flotation. These facilities present problems of low metallurgical performance and low operational reliability. For these reasons, it is requested the replacement of the current mills by three vertical mills to be installed in a new building, a project that materializes in the EPC modality (Engineering, Procurement and Construction).

In the present work it performs a part of the engineering of details associated to the mechanical-piping specialty from the indicated in the basic engineering. In order to achieve this, various documents are reviewed and validated, such as design criteria, calculation reports, plans and others.

The development of hydraulic calculation is done once finished and validated the mass balance and flows, which is determined by the discipline of processes.

Once the design criteria have been validated and the flows have been defined, the development calculation of piping process lines is started in conjunction with the selection of the pumps.

In parallel, the calculation and design of drawers are developed, which are made of ASTM A36 grade steel, with natural rubber inner lining, to prevent premature wear due to the abrasive effect of the copper concentrate pulp.

Índice

Resumen 1

Glosario 6

1. Introducción 12

2. Objetivos 14

2.1 Objetivo general 14

2.2 Objetivos específicos 14

3. Antecedentes Generales 14

3.1 Descripción del proceso y criterios de ingeniería 14

3.2 Proceso de Conminución (Disminución de tamaños en remolienda) 15

3.3 Descripción del proceso 20

3.3.1 Subsistemas 21

4. Criterios de diseño 33

4.1 Disciplina de procesos 33

4.2 Criterio de diseño de bombas y cañerías de transporte de pulpa 34

4.3 Criterio de diseño de cajones de traspaso 43

Verificación de las columnas 59

Coeficiente sísmico máximo 59

Determinación de las cargas 60

Determinación de la tensión efectiva 61

4.4 Metodología 62

5. Conclusiones 66

6. Referencias 67

7. Anexos 68

Listado de Figuras

Figura 1.1: Planta concentradora, flotaciones A0, A1 y A2 13
Figura 3.1: Flujograma de etapas de ingeniería y ejecución de proyecto 15
Figura 3.2: Diagrama de Flujos 16
Figura 3.3: Sistema impulsión de bombas de alimentación a hidrociclones 22
Figura 3.4: Diagrama de flujo sistema impulsión de bombas de alimentación a hidrociclones 23
Figura 3.5: Sistema de impulsión a flotación cleaner 25
Figura 3.6: Diagrama de flujo sistema de impulsión a flotación cleaner 26
Figura 3.7: Sistema impulsión manejo de derrames retorno concentrado a piscina de emergencia 28
Figura 3.8: Sistema impulsión manejo de derrames de concentrados retorno cajón distribuidor 28
Figura 3.9: Diagrama de flujo sistema impulsión manejo de derrames de concentrados 29
Figura 3.10: Cajones distribuidor de concentrado y cajones de alimentación a hidrociclones 31
Figura 3.11: Diagrama de flujo cajones distribuidor de concentrado y cajón de alimentación de hidrociclones 32
Figura 4.1: Gráfico para determinar factor FL (McElvain y Cave) 35
Figura 4.2: Vista isométrica del cajón de bombeo de alimentación a hidrociclones 43
Figura 4.3: Vista de sección cajón de bombeo según descripción de caudales por ranuras mediante el Teorema de Torricelli 44
Figura 4.4: Vista isométrica cajón distribuidor 46
Figura 4.5: Vista de sección cajón distribuidor con descarga gravitacional 46
Figura 4.6: Coeficientes de descarga 47
Figura 4.7: Sección efectiva cajones 59

Listado de Tablas

Tabla 3.1: Listado de equipos 17
Tabla 3.2: Flujos de concentrado (diagrama de flujo) 18
Tabla 3.3: Equipos del sistema de impulsión a hidrociclones 21
Tabla 3.4: Equipos del sistema de impulsión de producto de remolienda 24
Tabla 3.5: Equipos del sistema de impulsión de concentrado de pozos de derrames 27
Tabla 3.6: Equipos del sistema de cajones de distribución y bombeo de concentrado 30
Tabla 4.1: Factor de espuma recomendado para el cálculo de bombas 40
Tabla 4.2: Comparativo de potencias calculadas y seleccionadas 42
Tabla 4.3: Coeficientes sísmicos según zona y tipo de suelo 49
Tabla 4.4: Factor de importancia diseño de cajones 49
Tabla 4.5: Factor de modificación de respuesta 52
Tabla 4.6: Coeficientes de placas de Stiglat Wippel para carga uniforme 57
Tabla 4.7: Comparativo de datos para el volumen de los cajones de la ingeniería básica e ingeniería de detalles 62
Tabla 4.8: Comparación ingeniería básica sobre la ingeniería de detalles 63
Tabla 4.9: Listado de equipos y anexos asociados 65

Glosario

A: Área de orificio [m²]

A_e: Espesor adicional para compensar el material removido por roscado, ranurado y erosión [mm]

A_0: Área interna de la tubería [m^2]

C_{ce}: Factor de ampliación espectral [adim]

C_d: Coeficiente de descarga [adim]

C_i: Coeficiente sísmico impulsivo [adim]

C_{max}: Coeficiente sísmico máximo [adim]

C_{me}: Coeficiente de masa efectiva [adim]

C_{ps}: Concentración en peso del sólido [% p/p] (Dato de proceso)

C_t: Carga total [Kg]

C_{vs}: Concentración en volumen del sólido [%]

d_{max}: Distancia que alcanza el oleaje sobre la superficie del líquido [adim]

D_{ext}: Espesor de pared mínimo requerido [mm]

D_i: Diámetro interno de la cañería de succión [m]

D_{int}: Diámetro interior cañería [m]

e: Espesor mínimo requerido [mm]

e_m: Espesor de pared mínimo requerido [mm]

E: Factor de unión por soldadura [adim]

f: Factor de fricción [adim]

f_{lam}: Factor de fricción flujo laminar [adim]

f_{tur}: Factor de fricción flujo turbulento [adim]

F_{de}: Factor de diseño basado en el espesor de pared nominal [adim]

F_e: Factor de espuma cajón [adim]

F_y: Tensión de fluencia [t/m²]

F_l: Factor McElvain y Cave [adim]

F_{sh}: Factor de seguridad en pérdidas de carga para la cañería y singularidades [adim]

FS: Factor de servicio [adim]

FVF: Factor de espuma bomba [adim]

g: Aceleración de gravedad [m/s^2]

h_i: Altura aplicación masa impulsiva [m]

h_c: Altura aplicación masa convectiva [m]

h_f: Pérdida de carga en la tubería [m]

h_s: Pérdida de carga singular o local [m.c.p]

h_{req}: Altura requerida [m.c.p]

H: Nivel del líquido [m]

H_a: Distancia vertical entre superficie libre y bomba [m]

H_c: Punto de aplicación de corte basal [m]

H_f: Pérdidas por fricción [m.c.p]

H_l: Altura total del cajón [m]

H_L: Profundidad de diseño del cajón [m]

I: Factor de importancia [adim]

k: Factor de pérdida por singularidades [adim]

K_1: Constante de Einstein [adim]

K_2: Constante de Guth y Simha [adim]

l: Longitud del elemento [m]

L: Longitud interior del cajón [m]

L_c: Longitud de la tubería [m]

L_i: Largo interno del cajón medida en forma paralela a la dirección de la fuerza sísmica [m]

L_x: Alto de la mayor placa empotrada en el cajón [m]

L_y: Ancho de la mayor placa empotrada en el cajón [m]

m: Momento mínimo [adim]

M: Momento unitario [t]

M_b: Momento basal total [t m]

M_c: Momento basal por columnas [t m]

M_f: Momento flector [t m]

N: Carga axial máxima por columna [t]

n: Número de bombas en operación simultánea [m]

n_c: Número de columnas [adim]

$NPSH_{disp}$: Carga de succión disponible [m.c.p]

p_c: Fuerza convectiva [kN]

p_{cy}: Presión convectiva [kN/ m²]

p_i: Fuerza impulsiva [kN]

p_{iy}: Presión impulsiva [kN/ m²]

p_y: Presión hidrodinámica [kN/ m²]]

p_{wy}: Presión inercial del manto [kN/ m²]

P: Peso de la estructura a nivel basal [t]

P_{abs}: Presión absoluta [bar]

P_e: Potencia eléctrica nominal [kW]

P_{eje}: Potencia hidráulica en el eje de la bomba [kW]

P_i: Presión interna de diseño [bar]

P_t: Presión total [kN/ m²]

q_{hy}: Presión hidrostática lateral en punto de aplicación [kN/ m²]

q: Carga distribuida [t/m]

q_0: Corte basal total [t]

Q_f: Caudal corregido para la pulpa espumosa [m³/h]

Q_{des}: Caudal de descarga cajón distribuidor [m³/s]

Q_{dis}: Caudal de diseño [m³/s]

Q_{min}: Caudal mínimo [m³/s]

Q_p: Caudal de pulpa sin considerar espuma [m³/h]

Q_{ins}: Caudal instantáneo [m³/s]

Q_0: Caudal descarga cajón [m³/h]

R_e: Número de Reynolds [adim]

Rl: Relación de longitud [adim]

R_{wc}: Factor de modificación de la respuesta de la componente convectiva [adim]

R_{wi}: Factor de modificación de la respuesta de la componente impulsiva [adim]

S_{adm}: Tensión admisible [MPa]

S_f: Factor de ampliación por sitio [adim]

S_m: Altura mínima de inmersión [m]

S_y: Límite elástico mínimo de la cañería [MPa]

tph: Toneladas por hora [tph]

t_r: Tiempo de residencia [min]

T_v: Tensión de vapor de la pulpa [kg/ m²]

TDH: Altura de carga dinámica total [m.c.p]

v: Velocidad promedio de la pulpa [m/s]

v_l: Velocidad de sedimentación [m/s]

V: Corte basal por columna [t]

V_u: Volumen mínimo requerido cajón [m³]

W_c: Peso convectivo [kN]

W_f: Módulo sección mínima [m³]

W_i: Peso impulsivo [kN]

W_l: Peso total del líquido contenido en el cajón [kN]

W_w: Peso de las paredes del cajón [kN]

y: Altura de aplicación [m]

Z_c: Coeficiente de zona [adim]

γ_p: Peso específico de la pulpa [kg/dm³]

ΔZ: Desnivel geométrico [m]

ε: Rugosidad de la cañería [mm]

η: Eficiencia de la bomba para pulpa espumosa [adim]

η_T: Eficiencia por sistema de transmisión motor-bomba [adim]

μ_p: Viscosidad dinámica de la pulpa [Pa·s]

μ_l: Viscosidad dinámica del líquido de transporte [Pa·s]

ρ_{liq}: Densidad del líquido de transporte [kg/m³]

ρ_{sol}: Densidad del sólido [kg/m³]

ρ_p: Densidad de la pulpa [kg/m³]

σ: Tensión efectiva [t]

$\emptyset$: Concentración en volumen del solido [adim]

1. Introducción

La Planta Concentradora dispone de tres áreas denominadas A0, A1 y A2, las cuales entraron en operación en forma escalonada a partir del año 1952. Parte de las instalaciones de esta planta corresponden a la remolienda o repaso (proceso de conminución), donde actualmente catorce molinos procesan el concentrado obtenido de la flotación primaria, como parte del proceso de recuperación de cobre y molibdeno. Las instalaciones actuales de remolienda presentan problemas de bajo rendimiento metalúrgico y baja confiabilidad operacional. Por estas razones y como parte de la implementación de un plan de sustentabilidad global de sus operaciones, se decide el reemplazo de los actuales molinos de repaso por tres molinos verticales a instalarse en un nuevo edificio, en el espacio exterior al sur de la concentradora A0. Este reemplazo implica la necesidad de diseñar y construir nuevas obras civiles, puente grúa, molinos, hidrociclones, redes de impulsión, conducción de concentrado, sistemas de instrumentación, sala y subestación eléctrica. Se decide ejecutar el proyecto mediante la modalidad EPC (Engineering, Procurement and Construction), para lo cual se desarrolla la ingeniería de detalles del proyecto a partir de la ingeniería básica desarrollada por la empresa FOSTER WHEELER.

El presente trabajo enfoca el desarrollo de la ingeniería en su etapa de detalles a partir de la ingeniería básica, que es el objetivo general planteado en el trabajo de título y cuenta como una primera etapa de revisión y validación de la ingeniería anterior. Esta revisión se orienta hacia la disciplina mecánica-piping, la cual se puede distinguir como etapa en la figura 3.1 y la cual se detalla en el capítulo 3.5 como una metodología.

Desde el punto de vista metalúrgico, el objetivo del proceso es la disminución del tamaño de partícula contenidas en la pulpa de concentrado de cobre, lo cual se realiza con molino de bolas vertical, en capítulo 3.3 se realiza la descripción del proceso.

Para un mejor entendimiento del proceso, se generan subsistemas detallados en el capítulo 3.31, estos se definen en el sistema de impulsión a hidrociclones, sistema de impulsión de producto de remolienda, sistema de impulsión de concentrado de pozo de derrames, sistema de cajones de distribución y bombeo.

Para el objetivo específico, se generan las correspondientes memorias de cálculo de las impulsiones y cajones de concentrado, basado en los criterios de diseño. Además de la generación de planos y hojas de datos para la realizar las adquisiciones y la construcción de los distintos equipos de bombeo, cajones de alimentación a hidrociclones y distribuidor de concentrado, la documentación se integra a los anexos.

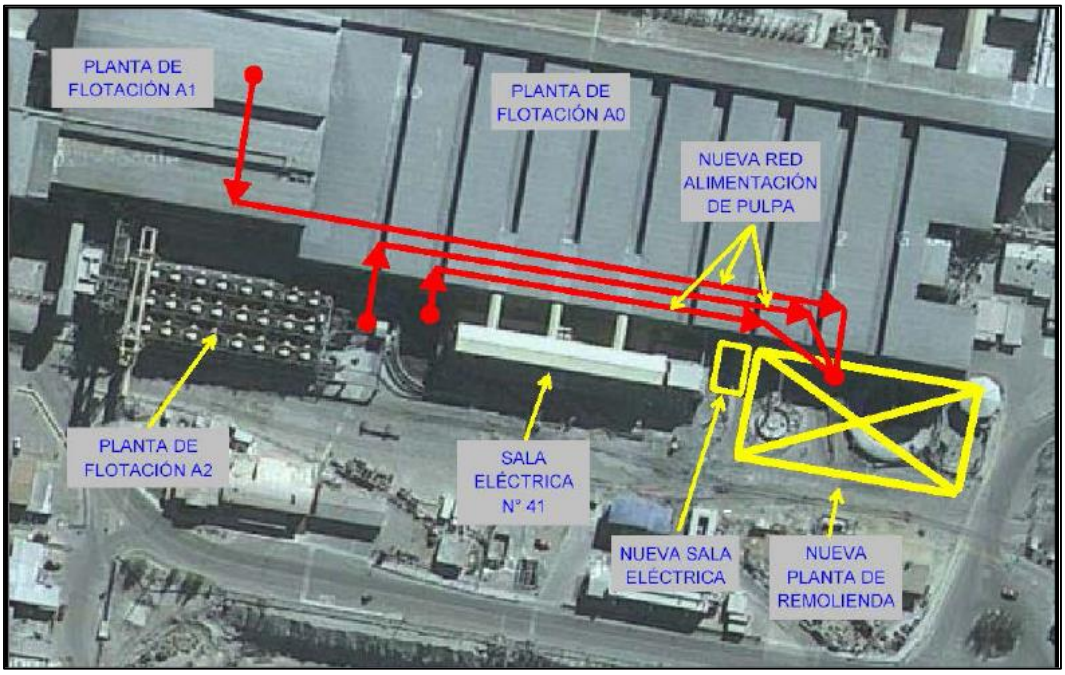


Figura 1.1: Planta concentradora, flotaciones A0, A1 y A2

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Revisar y validar lo indicado en la ingeniería básica de los sistemas de impulsión de concentrado con sus respectivos cajones de distribución y bombeo, basado en los criterios de diseño y documentos del proyecto a partir de lo indicado por la disciplina de procesos.

2.2 Objetivos específicos

- Generar la documentación de ingeniería de detalles necesaria para iniciar la etapa de adquisición y construcción.
- Establecer las bases de los criterios de diseños en función de la ingeniería básica, validar sus parámetros y determinar si es necesario integrar nuevos criterios para hacer el cierre de la ingeniería de detalles para su posterior avance a la etapa de adquisición de equipos y construcción del proyecto.

3. Antecedentes Generales

3.1 Descripción del proceso y criterios de ingeniería

Los proyectos de ingeniería se conforman de distintas fases o etapas, la primera etapa es la ingeniería conceptual en donde se evalúa la factibilidad del proyecto y se define su continuación, las etapas que antecedente a este hito son, ingeniería básica, ingeniería de detalles, adquisición, construcción, puesta en marcha y operación, el flujograma de la figura 3.1 detalla algunas de las etapas de la ingeniería y en los cuadros centrales se enfocara el trabajo de título. Esto comienza con la revisión de la ingeniería básica y se empieza a desarrollar en la etapa de ingeniería de detalles, en la cual se revisan y validan los antecedentes para la posterior implementación en la fase de adquisición y construcción.

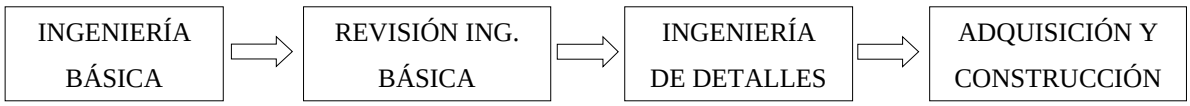


Figura 3.1: Flujograma de etapas de ingeniería y ejecución de proyecto

3.2 Proceso de Conminución (Disminución de tamaños en remolienda)

La planta de remolienda proyectada procesará los concentrados rougher (gruesos) provenientes de las plantas concentradoras A0, A1 y A2, cuyos flujos descargan en el cajón distribuidor TAG N° 4300-DI-101, (TAG N° o number TAG, es el nombre que se le asigna a cada equipo comenzada una ingeniería para su identificación y ubicación en el proyecto, generalmente el primer número indica el área en donde se va a trabajar, el segundo numero el tipo y el tercero la cantidad de equipos) cajón que a través de tres válvulas dardos, descarga por gravedad el total del concentrado rougher hasta los tres cajones de bombeo de alimentación a hidrociclones TAG N° 4300-ZM-101@103, que conforman cada uno de los tres circuitos de remolienda de la nueva planta, ver figura 3.2.

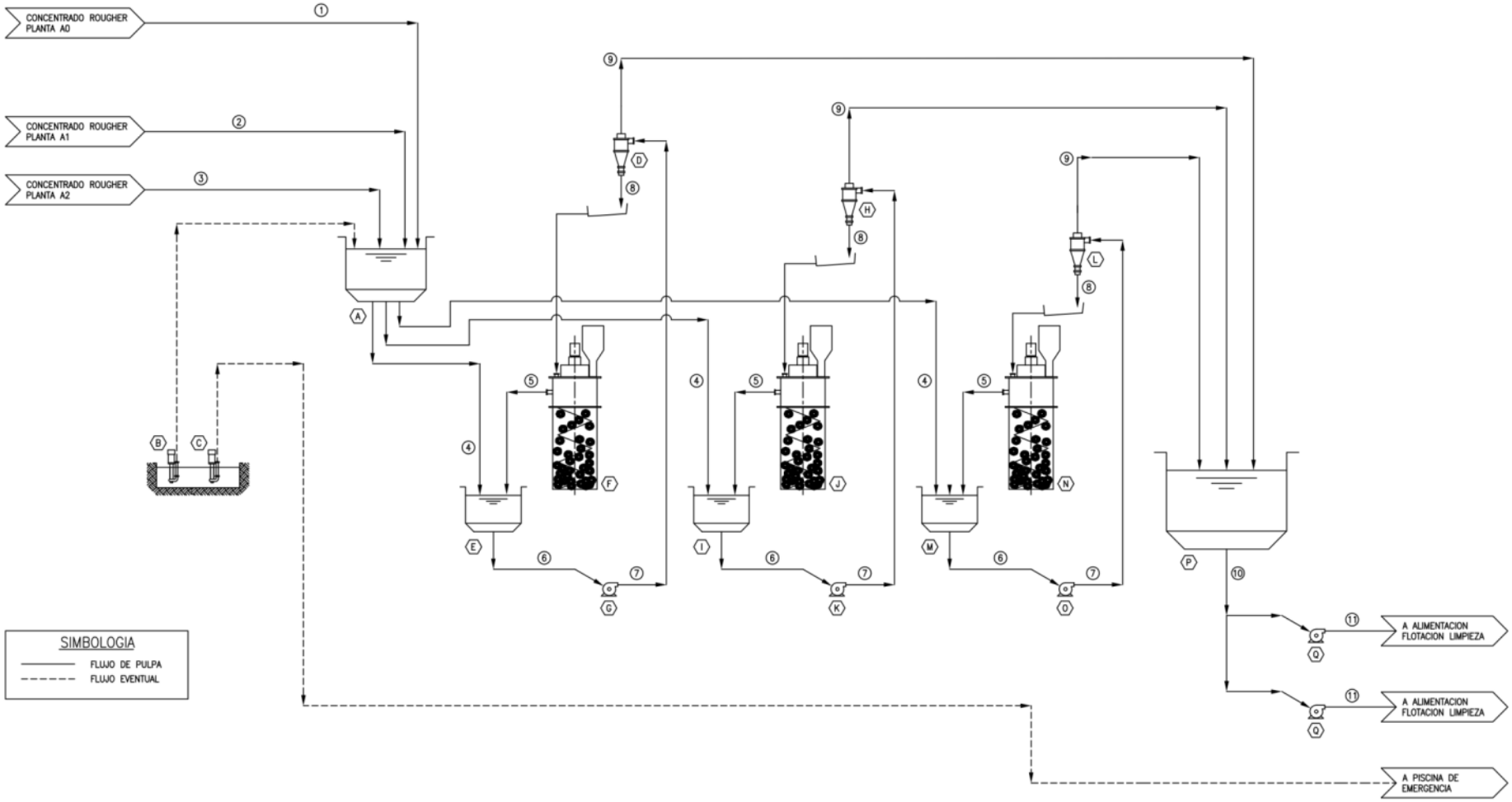


Figura 3.2: Diagrama de Flujos

Los equipos que forman parte del proceso indicado en el diagrama de flujo se ordenan en la tabla 3.1 indicando la cantidad, su TAG N°, la capacidad y el tipo de equipo, el proceso se describe en el párrafo 3.3.

Tabla 3.1: Listado de equipos

LISTADO DE EQUIPOS					
ITEM	CANT.	TAG N°	CAPACIDAD		EQUIPOS
			VALOR	UNIDAD	
A	1	4300-DI-101	90	m³	CAJÓN DISTRIBUIDOR, MATERIAL: ACERO A36 REVESTIDO
B	1	4300-PP-113	30	hp	BOMBA VERTICAL RETORNO A CAJÓN DISTRIBUIDOR
C	1	4300-PP-118	75	hp	BOMBA VERTICAL DESCARGA A PISCINA DE CONCENTRADOS
D	1	4300-CC-101	943	m³/h	BATERÍA DE HIDROCICLONES
E	1	4300-ZM-101	51,8	m³	CAJÓN DE BOMBEO, MATERIAL: ACERO A36 REVESTIDO
F	1	4300-ML-101	1200	kW	MOLINO VERTICAL
G	2	4300-PP-105/106	250	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 1 OPERANDO + 1 STAND BY
H	1	4300-CC-102	943	m³/h	BATERÍA DE HIDROCICLONES
I	1	4300-ZM-102	51,8	m³	CAJÓN DE BOMBEO, MATERIAL: ACERO A36 REVESTIDO
J	1	4300-ML-102	1200	kW	MOLINO VERTICAL
K	2	4300-PP-107/108	250	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 1 OPERANDO + 1 STAND BY
L	1	4300-CC-103	943	m³/h	BATERÍA DE HIDROCICLONES
M	1	4300-ZM-103	51,8	m³	CAJÓN DE BOMBEO, MATERIAL: ACERO A36 REVESTIDO
N	1	4300-ML-103	1200	kW	MOLINO VERTICAL
O	2	4300-PP-109/110	250	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 1 OPERANDO + 1 STAND BY
P	1	4300-TK-104	106,4	m³	ESTANQUE DE PRODUCTO, MATERIAL: ACERO A36 REVESTIDO
Q	3	4300-PP-111/112/117	200	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 2 OPERANDO + 1 STAND BY

Tabla 3.2: Flujos de concentrado (diagrama de flujo)

N° Flujos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CONCENTRADO ROUGHER PLANTA A0**	**CONCENTRADO ROUGHER PLANTA A1**	**CONCENTRADO ROUGHER PLANTA A2**	**CONCENT. ROUGHER PTA ALIMENTADO A CAJÓN ALIMENTACIÓN CICLÓN**	**DESCARGA MOLINO VERTICAL**	**DESCARGA CAJÓN ALIMENTACIÓN A HIDROCICLONES**	**ALIMENTACIÓN HIDROCICLÓN**	**UNDERFLOW HIDROCICLÓN**	**OVERFLOW HIDROCICLÓN**	**DESCARGA CAJÓN PRODUCTO REMOLIENDA**	**ALIMENTACIÓN FLOTACIÓN LIMPIEZA**
FLUJO NOMINAL												
Flujo de Sólidos	tph	145	78	177	133	201	334	334	200	134	403	201
Flujo de Agua	tph	514	278	626	473	138	667	670	133	537	1.610	809
% de Sólidos	%	22	22	22	22	59	33	33	60	20	20	19,93
Flujo de Pulpa	m³/h	552	299	673	508	191	755	754	186	572	1.716	855
G.E. Sólidos	**t/** m³	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Densidad de Pulpa	**t/** m³	1,19	1,19	1,19	1,19	1,78	1,33	**1,33**	1,79	1,17	1,17	**1,17**
Ley de Cu	%	13,63	13,6	13,63	13,63	13,63	13,63	13,63	13,63	13,63	13,63	13,63
FLUJO INSTÁNTANEO												
Flujo de Sólidos	tph	157	85	192	145	218	363	363	217	146	435	217
Flujo de Agua	tph	558	302	681	514	150	725	728	145	584	1.751	879
Flujo de Pulpa	m³/h	600	325	731	552	207	821	**820**	202	622	1.865	**929**
Utilización	%	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
FLUJO MÍNIMO												
Flujo de Sólidos	tph	157	85	96	113	170	283	283	169	113	339	169
Flujo de Agua	tph	558	302	340	400	119	568	570	116	454	1.361	682
Flujo de Pulpa	m³/h	600	325	366	430	164	643	**639**	161	483	1.450	**724**
FLUJO DE DISEÑO												
Flujo de Sólidos	tph	181	98	221	167	251	418	418	250	168	500	250
Flujo de Agua	tph	642	348	783	591	179	841	844	172	672	2.017	1.012
Flujo de Pulpa	m³/h	690	374	841	635	246	938	**943**	238	717	2.149	**1.068**

Definición de los conceptos aplicados en la tabla 3.2:

Flujo Nominal: Corresponde a la capacidad esperada anual, considerando 365 días y 24 horas de operación.

Flujo Instantáneo: Es el flujo nominal con la utilización incorporada, es decir, es el flujo nominal dividido por la utilización.

Flujo Mínimo: Se refiere a la condición de flujo, en que operaría la planta de remolienda, ante el escenario eventual de una detención de uno de los dos molinos, por mantenimiento o un evento no deseado, lo cual se traduce en una disminución del flujo total de concentrado rougher de un 20% aproximado.

Flujo de Diseño: Estos valores representan el flujo promedio al cual debe operar la planta para lograr la producción anual en el número de días u horas de operación efectivas considerando la utilización de la planta y además el factor de diseño.

Utilización: Representa la fracción respecto al tiempo total del calendario anual en que una instalación productiva se encuentra efectivamente en funcionamiento, debido a la disponibilidad de los equipos.

Factor de Diseño: Se utiliza como un respaldo en la operación, para los casos de necesitar recuperar la producción frente a imprevistos no contemplados por el factor de utilización de la planta y para permitir flexibilidad operacional. Para efectos de especificación, los equipos deben ser capaces de operar en forma continua a la capacidad de diseño y no debe utilizarse ningún otro factor adicional.

Para la realización del cálculo hidráulico del Anexo I y II, correspondiente al dimensionamiento de cañerías de impulsión, equipos de bombeo de alimentación a hidrociclones y de impulsión a flotación limpieza, se consideran la densidad de la pulpa y los flujos indicados en negrita en la tabla 3.2.

La corriente número 7 de la tabla 3.2 corresponde a los flujos de entrada del diseño de las cañerías y bombas de alimentación a hidrociclones, así como la corriente número 11 corresponde a los flujos de entrada del diseño de las cañerías y bombas de alimentación a flotación limpieza.

3.3 Descripción del proceso

Cada circuito de remolienda se compone de un cajón de bombeo de alimentación a hidrociclones TAG N° 4300-ZM-101@103, un molino vertical TAG N° 4300-ML-101@103, y una batería de diez hidrociclones (8+2), TAG N° 4300-CC-101@103, respectivamente. Este circuito comienza con la alimentación del flujo de concentrado rougher desde el cajón distribuidor TAG N° 4300-DI-101, este concentrado en conjunto con el flujo de producto de los molinos verticales TAG N° 4300-ML-101@103, forman la pulpa de alimentación a hidrociclones. Desde aquí, el flujo de pulpa es transportado mediante dos bombas centrífugas, una operando y otra en stand by TAG N° 4300-PP-105@110, para alimentar la batería de hidrociclones a una presión de operación de 18 [psi] para realizar la clasificación. Las partículas gruesas, que descargan por el underflow del hidrociclón, son enviadas hasta el molino vertical, para su reprocesamiento y retorno al circuito de clasificación. Por otro lado, las partículas finas con un producto de granulometría P80 de un tamaño de 45 [μm], son descargadas por el overflow del hidrociclón y enviadas por gravedad hasta el estanque de producto de remolienda TAG N° 4300-TK-104 el que recibe el producto de los overflow de las tres baterías de hidrociclones. Desde aquí el flujo de pulpa proveniente del proceso de remolienda, es transportado a través de tres bombas centrífugas con una configuración de dos equipos operando y una stand by, por medio de dos líneas de pulpa independientes, hasta el cajón existente que alimenta la etapa de flotación limpieza.

Para la conducción de los derrames generados en la planta de remolienda se considera el diseño del piso de hormigón en pendiente, de tal manera que conduzca los derrames, estimados en un 70 % de la carga de cada cajón, hasta un pozo ubicado en la planta en cuyo interior se dispone de dos bombas verticales TAG N° 4300-PP-118/113. De acuerdo a la magnitud del evento, el operador podrá enviar los derrames mayores hasta la piscina de emergencia y los menores hasta el cajón distribuidor de concentrado del proceso de remolienda.

3.3.1 Subsistemas

Sistema de impulsión a hidrociclones

Este sistema impulsa el concentrado desde los cajones de bombeo TAG N° 4300-ZM-101@103, hasta las baterías de hidrociclones de remolienda TAG N° 4300-CC-101@103, lo cual se realiza por medio de las bombas de impulsión, una bomba operando y una stand by, TAG N° 4300-PP-105@110. El sistema de impulsión mostrado en la figura 3.3, con seis bombas centrifugas que succionan el concentrado desde los tres cajones indicados en color gris y que impulsan el concentrado hasta los tres hidrociclones en color azul, mostrados en la parte superior.

La tabla 3.3 indica los equipos a dimensionar, correspondientes al sistema de impulsión a hidrociclones.

Tabla 3.3: Equipos del sistema de impulsión a hidrociclones

LISTADO DE EQUIPOS					
ITEM	CANT.	TAG	CAPACIDAD		EQUIPOS
			VALOR	UNIDAD	
G	2	4300-PP-105/106	250	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 1 OPERANDO + 1 STAND BY
K	2	4300-PP-107/108	250	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 1 OPERANDO + 1 STAND BY
O	2	4300-PP-109/110	250	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 1 OPERANDO + 1 STAND BY

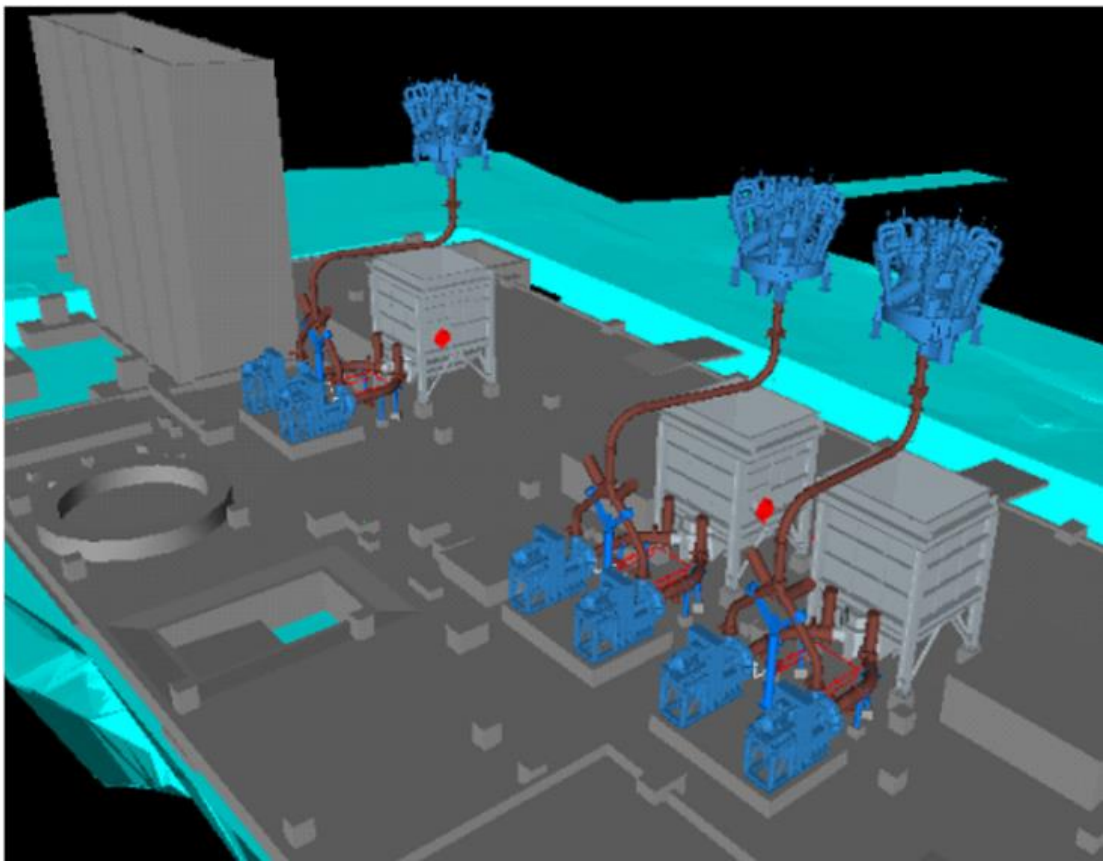


Figura 3.3: Sistema impulsión de bombas de alimentación a hidrociclones

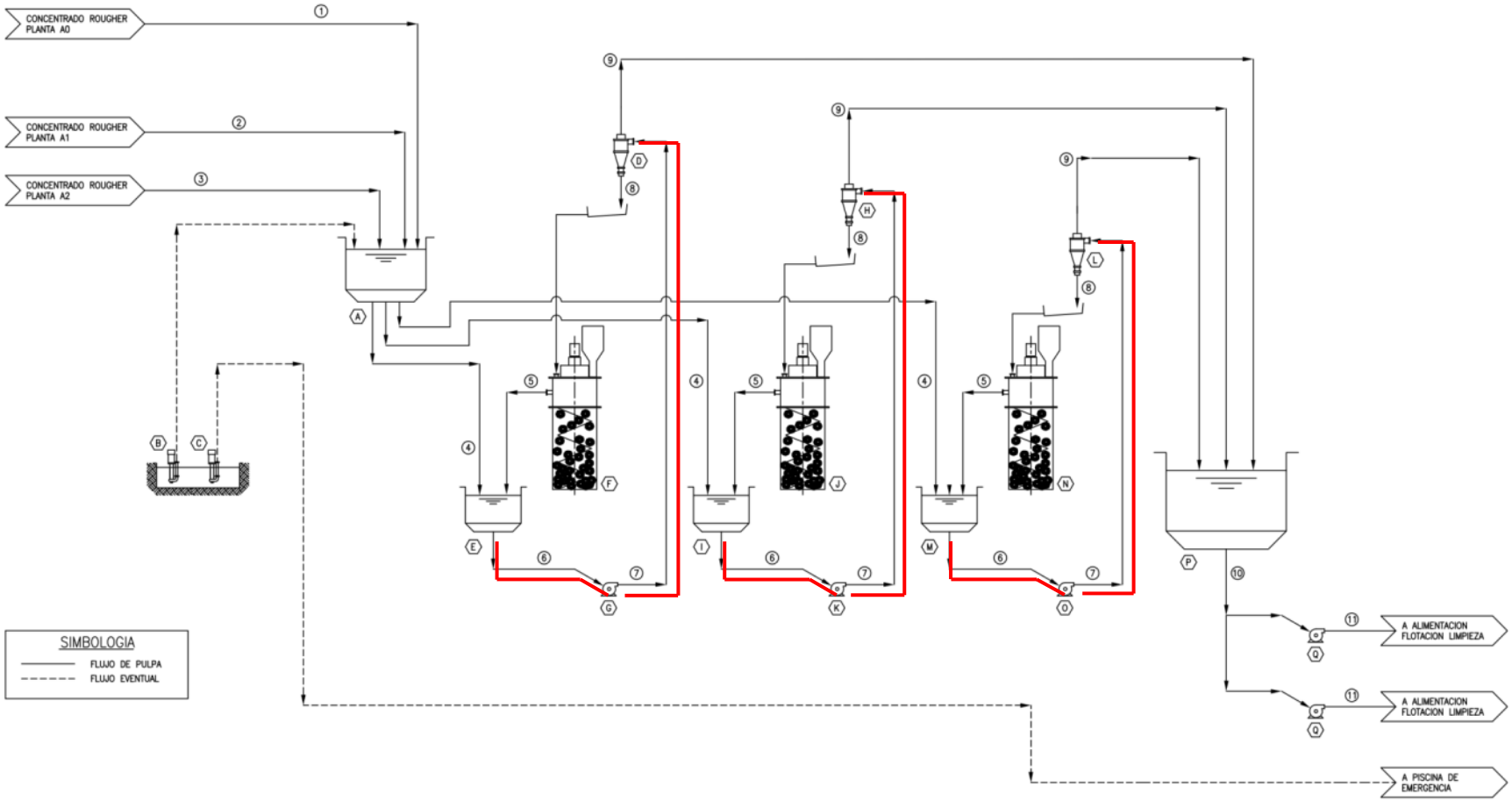


Figura 3.4: Diagrama de flujo sistema impulsión de bombas de alimentación a hidrociclones

Sistema de impulsión de producto de remolienda

Este sistema transporta el concentrado conminuido desde el estanque de producto de remolienda TAG N° 4300-TK-104, estanque cilíndrico mostrado en color blanco en la figura 3.5, hacia la flotación cleaner por una estación de bombeo compuesta por tres bombas mostradas en azul, dos bombas operando y una stand by TAG N° 4300-PP-111/112/117. Estas bombas utilizan dos líneas paralelas y transportan el concentrado hasta el cajón de alimentación limpieza existente, las cañerías se muestran en color café.

Tabla 3.4: Equipos del sistema de impulsión de producto de remolienda

LISTADO DE EQUIPOS					
ITEM	CANT.	TAG	CAPACIDAD		EQUIPOS
			VALOR	UNIDAD	
Q	3	4300-PP-111/112/117	200	hp	BOMBA CENTÍIFUGA HORIZONTAL, 2 OPERANDO + 1 STAND BY

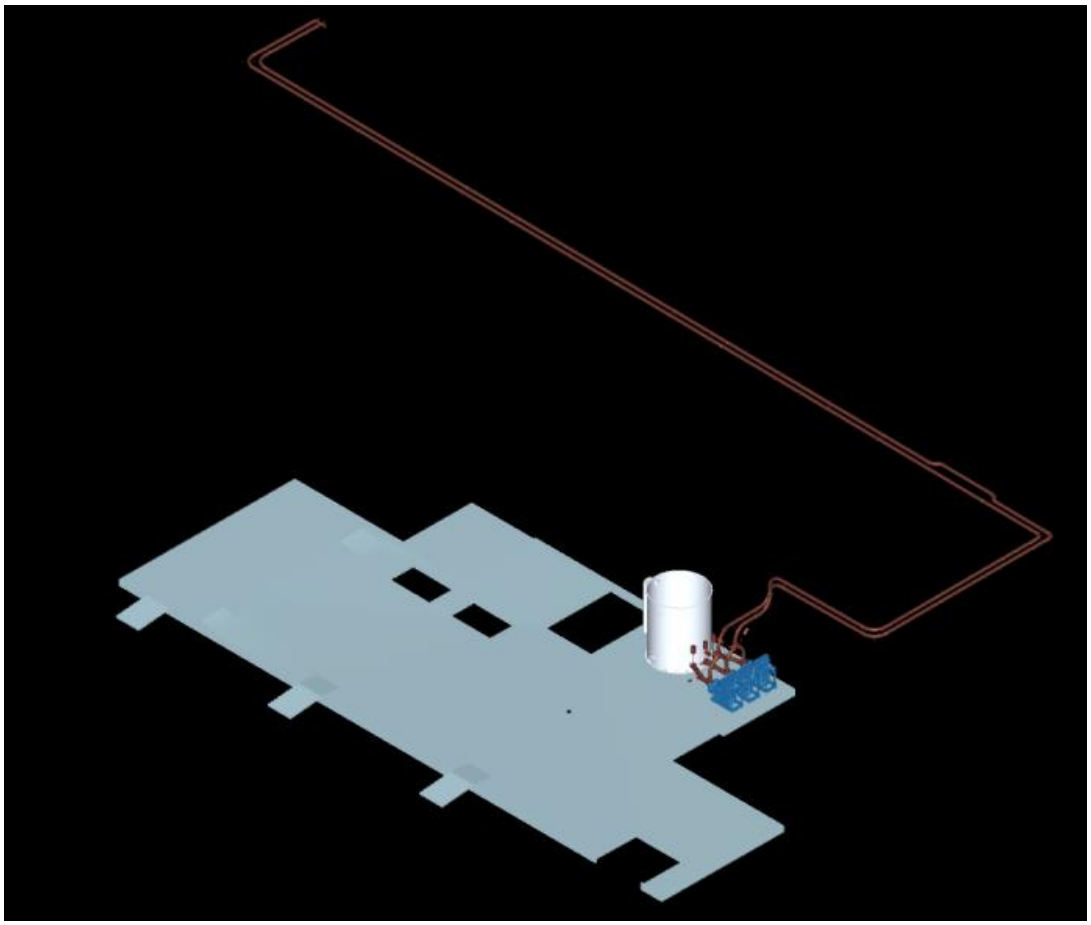


Figura 3.5: Sistema de impulsión a flotación cleaner

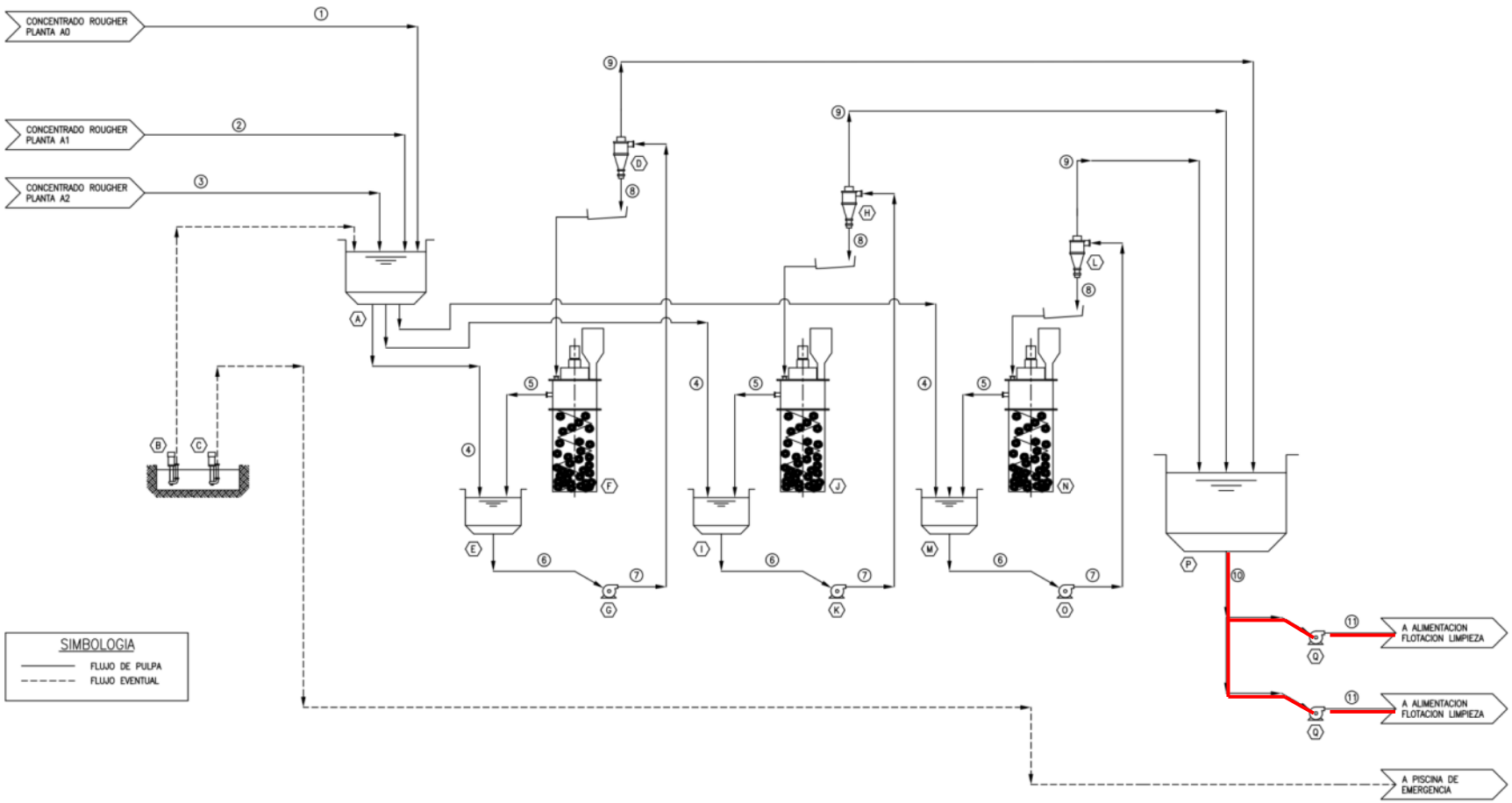


Figura 3.6: Diagrama de flujo sistema de impulsión a flotación cleaner

Sistema de impulsión de concentrado de pozos de derrames

Este sistema impulsa el concentrado eventual desde el pozo de derrames construido de hormigón armado en la planta de remolienda, en el cual se proyectan dos bombas centrífugas verticales TAG N° 4300-PP-113/118, que conducen los derrames a la piscina de emergencia o al cajón distribuidor. En la figura 3.8 se muestra el sistema de impulsión de concentrado que retorna al sistema por medio de la bomba vertical TAG N° 4300-PP-118. En la figura 3.7 se aprecia el sistema de retorno del concentrado derramado, impulsado por la bomba TAG N° 4300-PP-113 hasta el cajón distribuidor de concentrado mostrado en azul.

Tabla 3.5: Equipos del sistema de impulsión de concentrado de pozos de derrames

LISTADO DE EQUIPOS					
ITEM	CANT.	TAG	CAPACIDAD		EQUIPOS
			VALOR	UNIDAD	
B	1	4300-PP-113	30	hp	BOMBA VERTICAL RETORNO A CAJÓN DISTRIBUIDOR
C	1	4300-PP-118	75	hp	BOMBA VERTICAL DESCARGA A PISCINA DE CONCENTRADOS

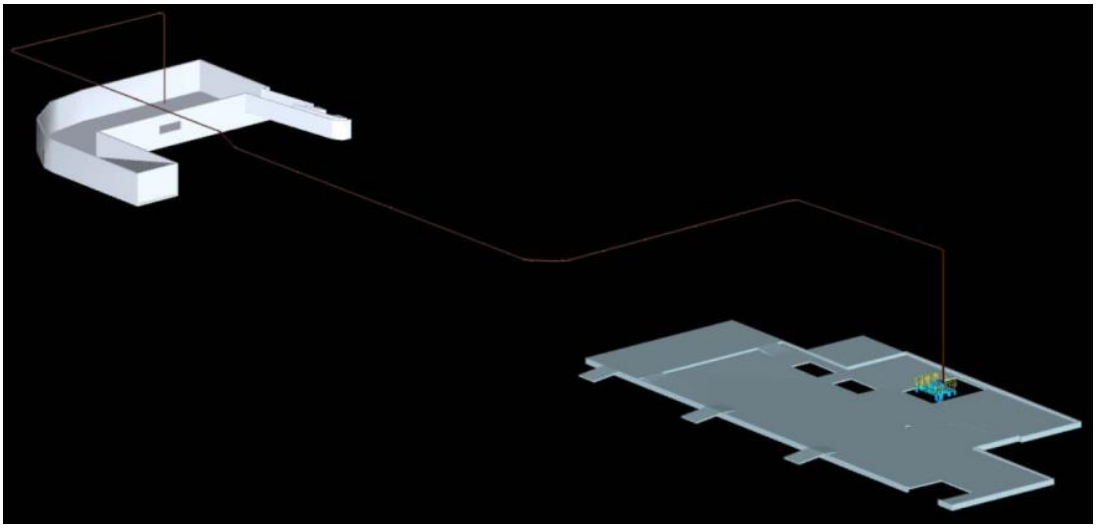


Figura 3.7: Sistema impulsión manejo de derrames retorno concentrado a piscina de emergencia

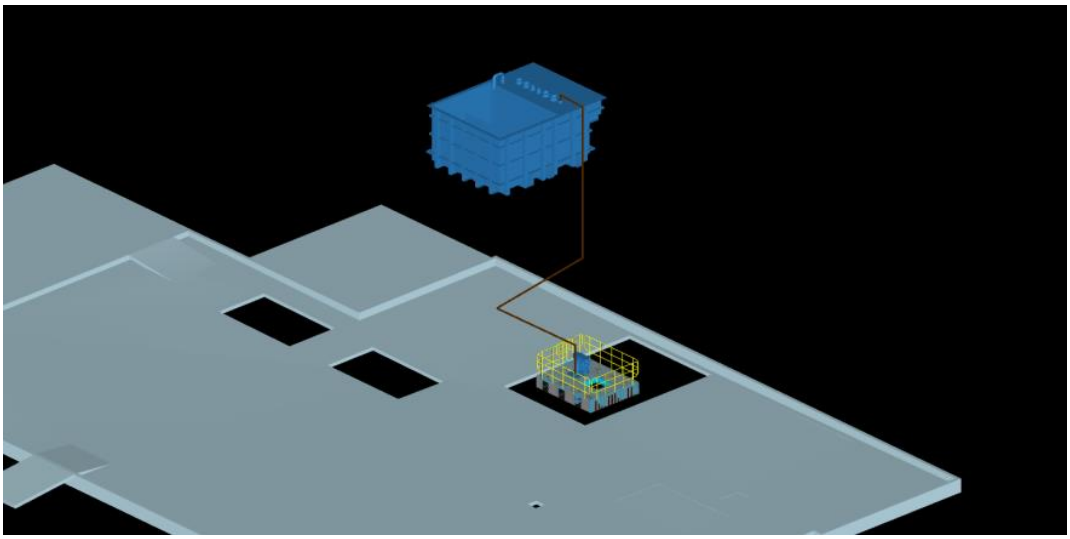


Figura 3.8: Sistema impulsión manejo de derrames de concentrados retorno cajón distribuidor

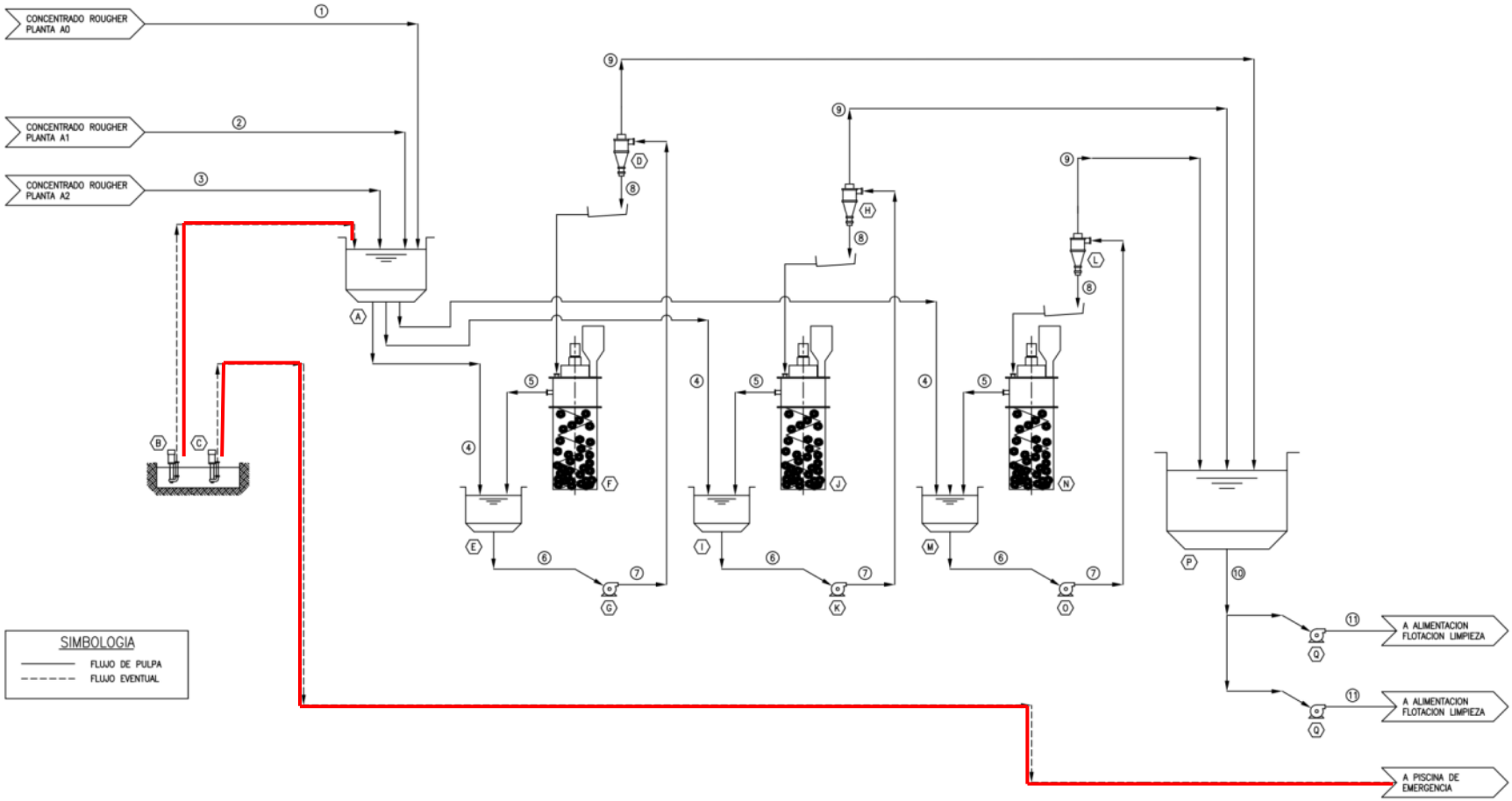


Figura 3.9: Diagrama de flujo sistema impulsión manejo de derrames de concentrados

Sistema de cajones de distribución y bombeo de concentrado

Este sistema lo conforman los cajones de bombeo de alimentación a hidrociclones TAG N° 4300-ZM-101@103, tres cajones mostrados en la figura 3.10 en color gris y el cajón distribuidor de concentrado TAG N° 4300-DI-101 mostrado en color azul.

El concentrado llega impulsado desde el proceso de flotación y descarga de manera gravitacional a los cajones de alimentación a hidrociclones.

Tabla 3.6: Equipos del sistema de cajones de distribución y bombeo de concentrado

LISTADO DE EQUIPOS					
ITEM	CANT.	TAG	CAPACIDAD		EQUIPOS
			VALOR	UNIDAD	
A	1	4300-DI-101	90	m³	CAJÓN DISTRIBUIDOR, MATERIAL: ACERO A36 REVESTIDO
E	1	4300-ZM-101	51,8	m³	CAJÓN DE BOMBEO, MATERIAL: ACERO A36 REVESTIDO
I	1	4300-ZM-102	51,8	m³	CAJÓN DE BOMBEO, MATERIAL: ACERO A36 REVESTIDO
M	1	4300-ZM-103	51,8	m³	CAJÓN DE BOMBEO, MATERIAL: ACERO A36 REVESTIDO

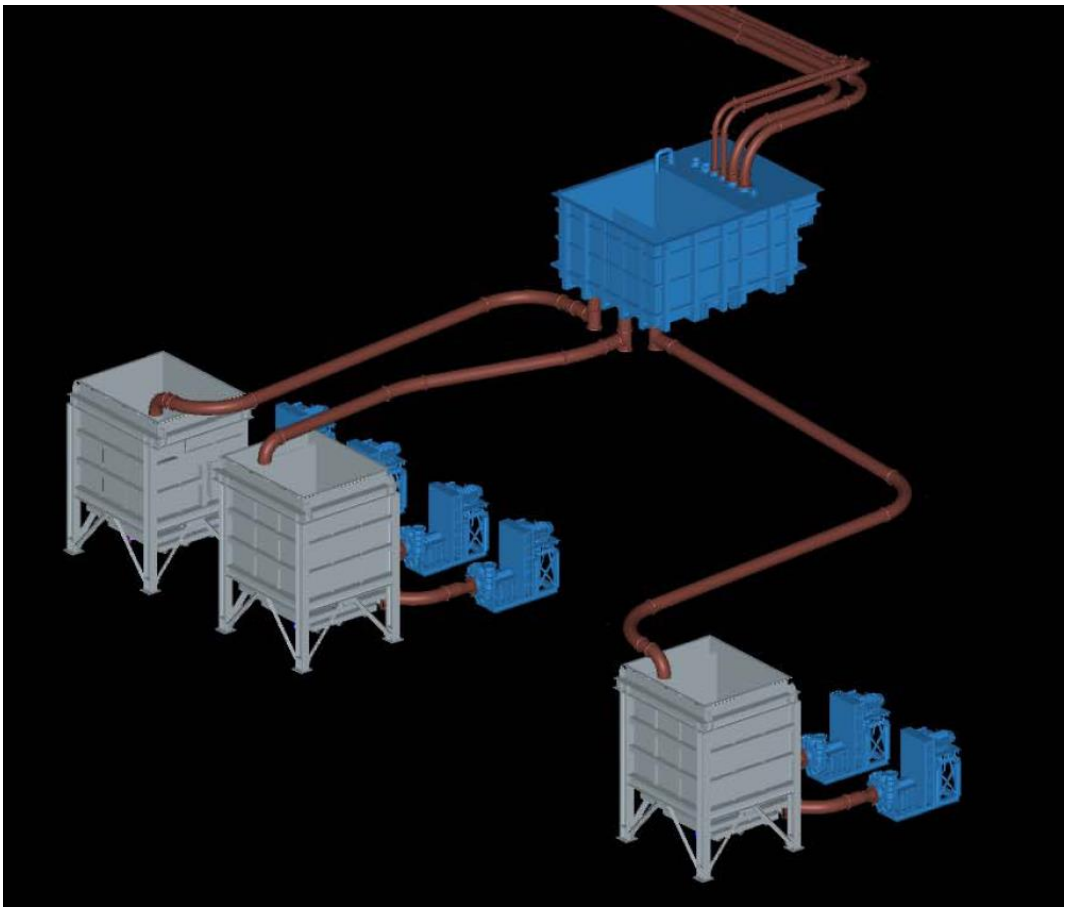


Figura 3.10: Cajón distribuidor de concentrado y cajones de alimentación a hidrociclones

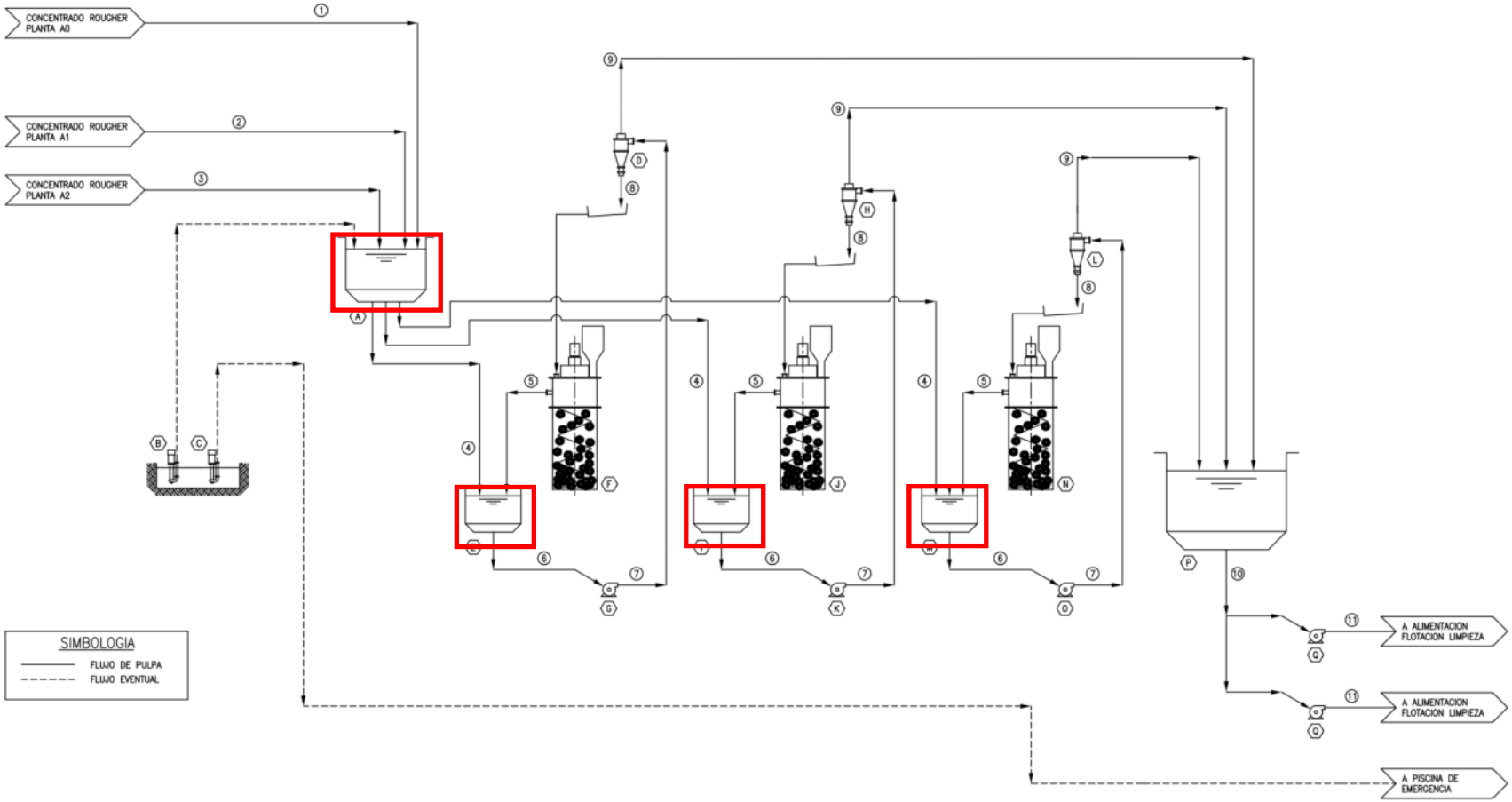


Figura 3.11: Diagrama de flujo cajón distribuidor de concentrado y cajón de alimentación de hidrociclones

4. Criterios de diseño

A continuación, se indican los criterios de diseño a utilizar en los cálculos hidráulicos y de cajones. Los criterios indicados corresponden a la integración de los criterios corporativos, criterios de la ingeniería básica revisados, fórmulas comúnmente utilizadas en el diseño de plantas, estándares y normativa vigentes.

En el presente trabajo de título, los criterios desarrollados se aplican a los equipos dimensionados e indicados en las tablas 3.3, 3.4, 3.5, y 3.6.

4.1 Disciplina de procesos

Para dar inicio a los cálculos hidráulicos y diseño de cajones se deben considerar los datos de entrada desarrollados por la disciplina de procesos.

Los parámetros aportados por esta disciplina se entregan en el informe de la especialidad y el diagrama de flujo del concentrado indicado en la tabla 3.2.

4.2 Criterio de diseño de bombas y cañerías de transporte de pulpa

Los criterios de diseño desarrollados en el presente capítulo son aplicables para el dimensionamiento de los equipos indicados en las tablas 3.3, 3.4 y 3.5.

Dimensionamiento en cañería a presión

Los diámetros y velocidades en cañerías a presión, se determinan a partir de la ecuación (1) según referencia [2]

$$D_{int} = \sqrt{\frac{Q}{v}} \tag{1}$$

Dónde:

D_{int}: Diámetro interior cañería [m]

Q: Caudal [m³/s]

v: Velocidad promedio de la pulpa [m/s]

Determinación de concentración en volumen del sólido [%]

El término de concentración de peso C_{ps} (dato de proceso) es muy usado en la metalurgia, como la manera más práctica para convertir el tonelaje total de sólidos en un flujo de pulpa a ser transportado a través de una tubería. Sin embargo, las características y las propiedades físicas de la pulpa resultante están más relacionadas con la concentración de volumen C_{vs}, según referencia [1]

$$C_{vs} = \frac{100 \cdot \dfrac{C_{ps}}{\rho_{sol}}}{\dfrac{C_{ps}}{\rho_{sol}} + \dfrac{(100 - C_{ps})}{\rho_{liq}}} \tag{2}$$

Donde:

C_{vs}: Concentración en volumen del sólido [%]

C_{ps}: Concentración en peso del sólido [%]

Determinación de la velocidad de sedimentación

En cañerías de transporte de pulpa a presión, con diámetros mayores o iguales a 8 [in], se verifica la velocidad de sedimentación mediante la ecuación (3). Para evitar la sedimentación de sólidos en suspensión, la velocidad de escurrimiento real del flujo en la cañería, debe ser no menor a un 10 % de la velocidad de sedimentación, según referencia [1]

$$v_l = 1{,}25 \cdot F_l \cdot \left[2 \cdot g \cdot D_{int} \cdot \left(\frac{\rho_{sol} - \rho_{liq}}{\rho_{liq}} \right) \right]^{0{,}25} \qquad (3)$$

Donde:

v_l: Velocidad de sedimentación [m/s]

ρ_{sol}: Densidad del sólido [kg/m³]

ρ_{liq}: Densidad del líquido de transporte [kg/m³]

g: Aceleración de gravedad [m/s^2]

F_l: Factor McElvain y Cave [adim]

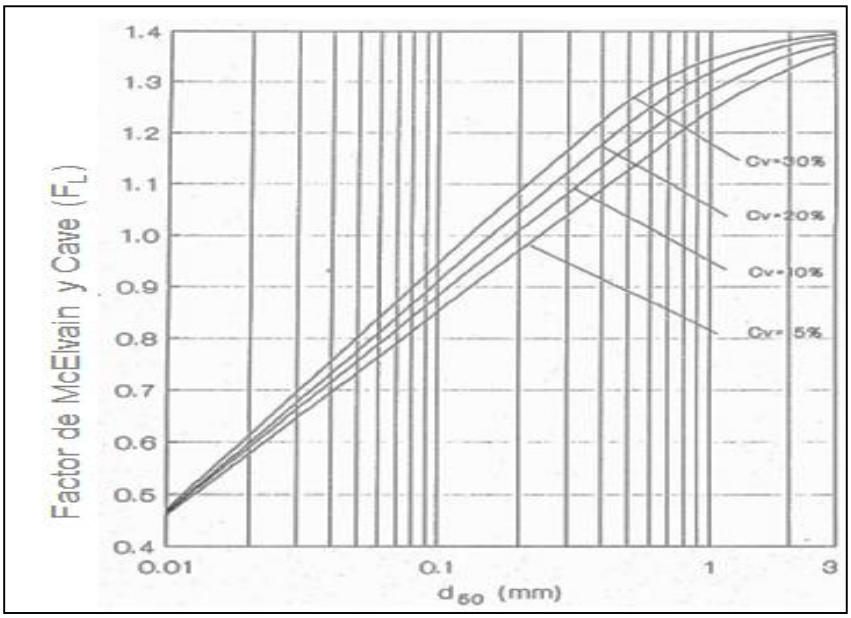


Figura 4.1: Gráfico para determinar factor FL (McElvain y Cave)

Determinación de las pérdidas de carga por fricción

La viscosidad dinámica de la pulpa está dada por la ecuación de Thomas (4), para pulpas con concentraciones volumétricas de sólido menores al 20%, según referencia [1]

$$\frac{\mu_P}{\mu_l} = 1 + K_1 \cdot \phi + K_2 \cdot \phi^2 \tag{4}$$

Donde:

K_1: Constante de Einstein [adim], que es igual a 2.5

K_2: Constante de Guth y Simha [adim], que tiene un rango de 10.05-14.1.

μ_p: Viscosidad dinámica de la pulpa [Pa·s]

μ_l: Viscosidad dinámica del líquido de transporte [Pa·s]

$\phi = \frac{C_{vs}}{100}$ [adim]

El número de Reynolds está dado por la ecuación (5), según referencia [2]

$$R_e = \frac{\rho_p \cdot v \cdot D_{int}}{\mu_p} \tag{5}$$

Donde:

R_e: Número de Reynolds [adim]

ρ_p: Densidad de la pulpa [kg/m³]

Para la determinación del factor de fricción, para flujo laminar (Re<2.300), se utiliza la ecuación (6).

$$f_{lam} = \frac{64}{R_e} \tag{6}$$

Donde:

f_{lam}: Factor de fricción para flujo laminar [adim]

ε: Rugosidad de la cañería [mm]

Para flujos con número de Re > 2300, se utiliza la ecuación de Swamee-Jain (7), según referencia [2].

$$f_{tur} = \frac{0{,}25}{\left(\log\left[\frac{\varepsilon}{3{,}7 \cdot D_{int}} + \frac{5{,}74}{R_e^{0{,}9}}\right]\right)^2} \tag{7}$$

Donde:

f_{tur}: Factor de fricción para flujo turbulento [adim]

La determinación de las pérdidas de carga para tuberías a presión, se realiza a partir de la Ecuación (8) de Darcy Weisbach, según referencia [2]

$$h_f = f \cdot \frac{L_c}{D_{int}} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \tag{8}$$

Donde:

h_f: Pérdida de carga en la tubería [m]

f: Factor de fricción [adim]

L_c: Longitud de la tubería [m]

Determinación de las pérdidas de carga por singularidades

Las pérdidas de carga por singularidades, se calculan con la ecuación (9).

$$h_S = k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \tag{9}$$

Donde:

h_s: Pérdida de carga singular o local [m.c.p]

k: Factor de pérdida por singularidades [adim]

Los valores del factor de pérdida singular (k), son determinados a partir de los gráficos de coeficiente de resistencia para fittings, extraídos del libro "Pipe Friction Manual" (Hydraulic Institute), según referencia [10]

Determinación de la carga dinámica total (TDH)

La altura de carga dinámica total requerida por la bomba, queda definida por la ecuación (10), según referencia [3]

$$\mathrm{TDH} = \Delta Z + h_f + h_S + h_{req} \tag{10}$$

Donde:

TDH: Altura de carga dinámica total [m.c.p]

ΔZ: Desnivel geométrico [m]

h_{req}: Altura requerida [m.c.p]

Determinación de la altura neta positiva de succión disponible (NPSH)

El NPSH disponible en la succión de la bomba, queda definida por la ecuación (11), según referencia [3]

$$\mathrm{NPSH}_{disp} = P_{abs} \pm H_a - \frac{10 \cdot T_v}{\gamma_p} - \frac{v^2}{2 \cdot g} - H_f \tag{11}$$

Donde:

$NPSH_{disp}$: Carga de succión disponible [m.c.p]

P_{abs}: Presión absoluta [bar]

H_a: Distancia vertical entre superficie libre y bomba [m]

T_v: Tensión de vapor de la pulpa [kg/ m²]

γ_p: Peso específico de la pulpa [kg/dm³]

H_f: Pérdidas por fricción [m.c.p]

Determinación del espesor de pared requerido

Para determinar el espesor de la pared de la cañería, se procede a calcular la tensión admisible del material por el concepto de presión interna y esfuerzos de diseño.

El valor de la tensión admisible de la cañería utilizado en la ecuación (12), según referencia [5]

$$S_{adm} = F_{de} \cdot E \cdot S_y \tag{12}$$

Donde:

S_{adm}: Tensión admisible [MPa]

F_{de}: Factor de diseño basado en el espesor de pared nominal [adim], para cañerías sin restricciones y para las cuales los esfuerzos longitudinales debido a la presión, peso y otras cargas externas prolongadas está limitada a un factor de 0,72

E: Factor de unión por soldadura [adim], por presión el valor es igual a 1.

S_y: Límite elástico mínimo de la cañería, para cañería de acero ASTM A53 Grado B el límite elástico es de 241 [MPa]

De acuerdo a la norma ASME B31.4, el espesor mínimo que debe de tener una cañería en presión está dado por la ecuación (13), según referencia [6]

$$\mathrm{e_m} = \frac{\mathrm{P_i} \cdot \mathrm{D_{ext}}}{20 \cdot \mathrm{S_{adm}}} + \mathrm{A_e} \tag{13}$$

Donde:

$\mathrm{e_m}$: Espesor de pared mínimo requerido [mm]

$\mathrm{P_i}$: Presión interna de diseño [bar]

$\mathrm{D_{ext}}$: Espesor de pared mínimo requerido [mm]

$\mathrm{A_e}$: Espesor adicional para compensar el material removido por roscado, ranurado y erosión, para este caso considerar una dimensión de 3,14 [mm], dado el ranurado victaulic utilizado en estas cañerías.

Factor de espuma

El factor de espuma es la medida de aire que contiene la espuma, se cuantifica llenando una pipeta con un volumen de espuma conocido y se procede a la medición de la columna después de la disipación del aire, se miden el volumen de agua y sólidos restantes, la relación entre el volumen original de espuma y el volumen combinado restante de agua-sólido se le denomina factor de espuma (FVF).

Las características de la espuma dependen en gran medida del tipo de mineral, de tamaño de partícula, concentración de sólidos, de la cantidad de aire, del tipo de reactivos a utilizar y de la fragilidad de la espuma.

La espuma puede variar desde frágil, la cual se descompone fácilmente y las burbujas son generalmente grandes a tenaces estables, en donde el aire está estrechamente unido por intermedio de burbujas muy finas.

Para la aplicación del factor de espuma en las celdas de flotación y en el bombeo, en la minería generalmente el valor de la tabla 4.1 es seleccionado en función de la experiencia y la aplicación de los equipos.

Tabla 4.1: Factor de espuma recomendado para el cálculo de bombas

Tipo de espumas	Factor de espuma
Frágiles	1.1 a 1.25
Medias	1.25 a 1.5
Tenaces	1.5 a 1.6

Para corregir el caudal en función del factor de espuma se utiliza la ecuación (14), según referencia [3]

$$Q_f = Q_p \cdot FVF \tag{14}$$

Donde:

Q_p: Caudal de pulpa sin considerar espuma [m³/h]

FVF: Factor de espuma bomba [adim], se utilizará un 140% según la experiencia.

Determinación de las potencias

La potencia en el eje de la bomba corresponde a la energía requerida en el eje de la entrada de la bomba, por lo tanto, no considera rendimientos de transmisión, como de poleas o reductores de velocidad, ni rendimiento del motor eléctrico. La potencia en el eje de la bomba se calcula con las ecuaciones (14) y (15), de acuerdo a lo recomendado por el estándar ANSI/ HI 12.1 - 12.6 2011 "Rotodynamic (Centrifugal) Slurry Pumps" Referencia [3]

$$P_{eje} = \frac{\rho_p \cdot TDH \cdot Q_f}{367 \cdot \eta} \tag{15}$$

Donde:

P_{eje}: Potencia hidráulica en el eje de la bomba, para obtener el resultado en [kW] se utiliza en la ecuación una constante de conversión de 367.

Q_f: Caudal corregido para la pulpa espumosa [m³/h]

η: Eficiencia de la bomba para pulpa espumosa [adim], igual a 70 % por catálogo.

La potencia eléctrica nominal del motor está dada por la ecuación (16), según referencia [3]

$$P_e = \frac{P_{eje} \cdot FS}{\eta_T} \tag{16}$$

Donde:

P_e: Potencia eléctrica nominal [kW]

FS: Factor de servicio [adim], igual a 1,15 por catálogo de bombas de pulpa.

η_T: Eficiencia por sistema de transmisión motor-bomba [adim], es igual a 0.92 por catálogo de bombas de pulpa.

Las Potencia calculadas paras la ingeniería de detalles son las que indica la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Comparativo de potencias calculadas y seleccionadas

LISTADO DE EQUIPOS						
ITEM	CANT.	TAG N°	CAPACIDAD			EQUIPOS
			CALCULADA	SELECCIONADA	UNIDAD	
B	1	4300-PP-113	20.3	30	hp	BOMBA VERTICAL RETORNO A CAJÓN DISTRIBUIDOR
C	1	4300-PP-118	62.1	75	hp	BOMBA VERTICAL DESCARGA A PISCINA DE CONCENTRADOS
G	2	4300-PP-105/106	274.2	250	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 1 OPERANDO + 1 STAND BY
K	2	4300-PP-107/108	274.2	250	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 1 OPERANDO + 1 STAND BY
O	2	4300-PP-109/110	274.2	250	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 1 OPERANDO + 1 STAND BY
Q	3	4300-PP-111/112/117	180.4	200	hp	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL, 2 OPERANDO + 1 STAND BY

Para los detalles ver los anexos con las memorias de cálculo para las bombas de pulpa, para los casos del ítem G, K y O, la potencia se disminuye por el proveedor de bombas de pulpa.

4.3 Criterio de diseño de cajones de traspaso

La metodología de cálculo y consideraciones de diseño para los cajones se describen en el presente capítulo. Los criterios de cálculo hidráulicos ocupados comúnmente en la minería expuesto en el capítulo anterior son la base del desarrollo de este capítulo y son la base con la cual se conformará los planos de diseño.

Dimensionamiento de los cajones de alimentación a hidrociclones

Para el diseño y cálculo de los cajones de bombeo de alimentación a hidrociclones se utiliza un factor de espuma igual a 2, de acuerdo al proceso de flotación y remolienda. Factor muy utilizado en minería según el tipo de concentrado pulpa de cobre que utilizamos en este tipo de procesos.

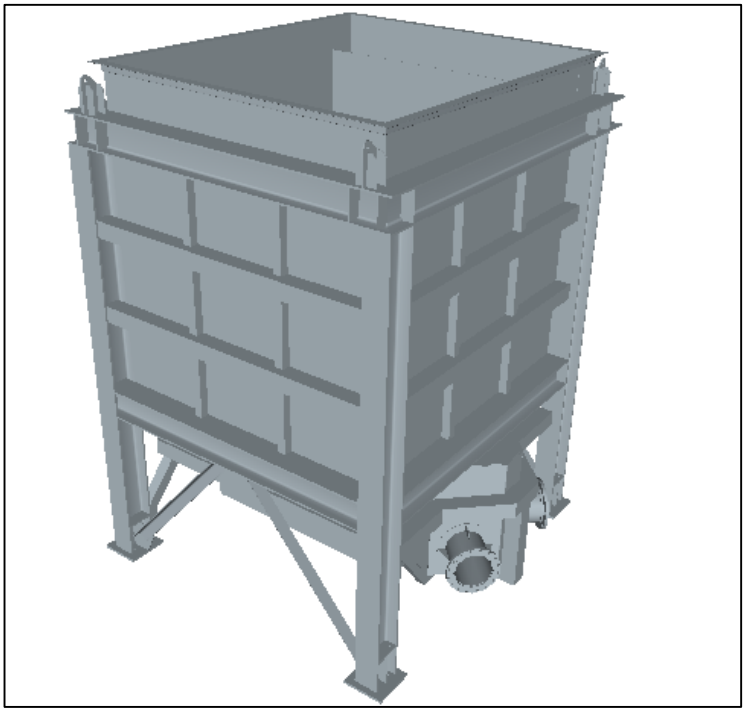


Figura 4.2: Vista isométrica del cajón de bombeo de alimentación a hidrociclones

Para la verificación y dimensionamiento de los cajones de impulsión, en primera instancia se determina el nivel mínimo de sumergencia, de modo que la bomba trabaje en todo momento con un NPSH mayor al requerido por la bomba. Seguido, se determinará el volumen de pulpa que debe contener el cajón, el cual está definido por el flujo y el tiempo de residencia.

Cálculo de la sumergencia

El nivel mínimo de sumergencia está dado, tal como se muestra en la figura 4.3

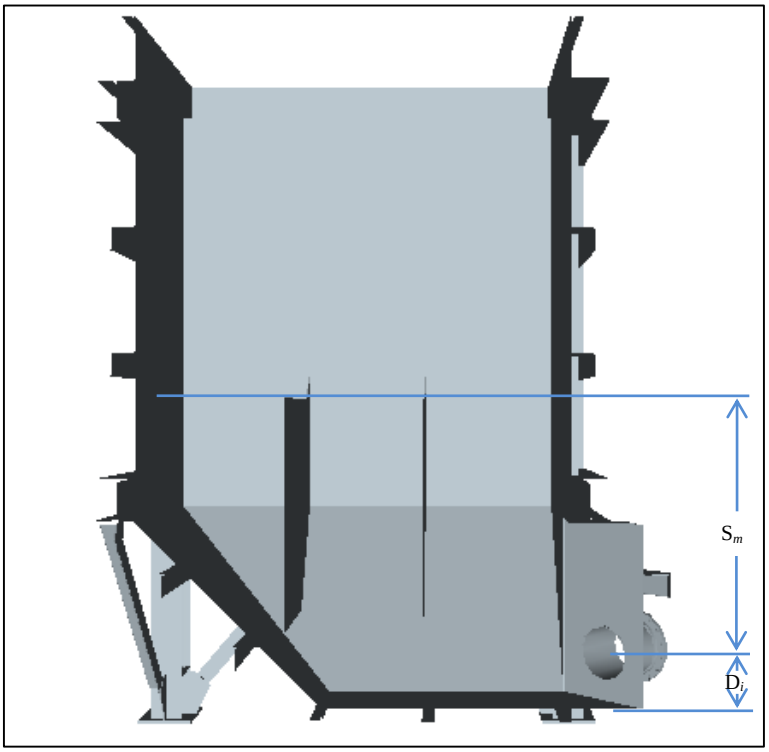


Figura 4.3: Vista de sección cajón de bombeo según descripción de caudales por ranuras mediante el Teorema de Torricelli

Teorema de Torricelli: El teorema es una aplicación del principio de Bernoulli y estudia el flujo de un líquido contenido en un recipiente y que fluye a través de un pequeño orificio bajo la acción de la gravedad. A partir del teorema de Torricelli se puede calcular el caudal de salida del flujo. Para la aplicación en nuestro caso, la velocidad del flujo en el cajón de tipo abierto, es la que tendría un cuerpo cualquiera, cayendo libremente en el vacío desde el nivel del líquido hasta el centro de gravedad del orificio.

Siempre debe haber una altura mínima entre la entrada de la tubería y el nivel de fluido. Esta distancia se conoce como altura mínima de inmersión o sumergencia, depende del caudal que transporta la tubería y el diámetro de la misma.

La altura mínima de inmersión se determina según la ecuación (18), según referencia [4]

$$S_m = D_i + 2{,}3 \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{g} \cdot \pi} \right) \cdot \left(\frac{Q_o}{n \cdot D_i^{1,5}} \right) \tag{18}$$

Donde:

S_m: Altura mínima de inmersión [m]

Q_0: Caudal descarga cajón [m³/h]

D_i: Diámetro interno de la cañería de succión [m]

n: Número de bombas en operación simultánea [m]

Determinación del volumen mínimo requerido por el cajón

El volumen mínimo que deben contener los cajones, está dado por la ecuación (19), referencia [4]

$$V_u = 60 \cdot Q_o \cdot F_e \cdot t_r \tag{19}$$

Donde:

V_u: Volumen mínimo requerido cajón [m³]

F_e: Factor de espuma cajón [adim]

t_r: Tiempo de residencia [min]

Dimensionamiento del cajón distribuidor de concentrado

Un cajón que evacúa líquido a la atmósfera se considera un cajón con descarga gravitacional, dependiente del nivel de líquido contenido en su interior, a una altura H medida desde su descarga y el nivel de líquido, tal como se representa en la figura 4.4 y 4.5.

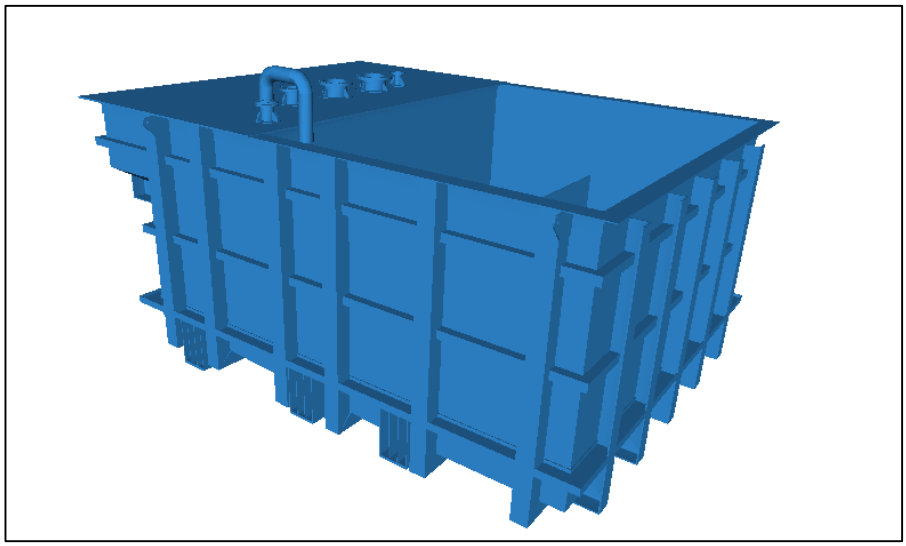


Figura 4.4: Vista isométrica cajón distribuidor

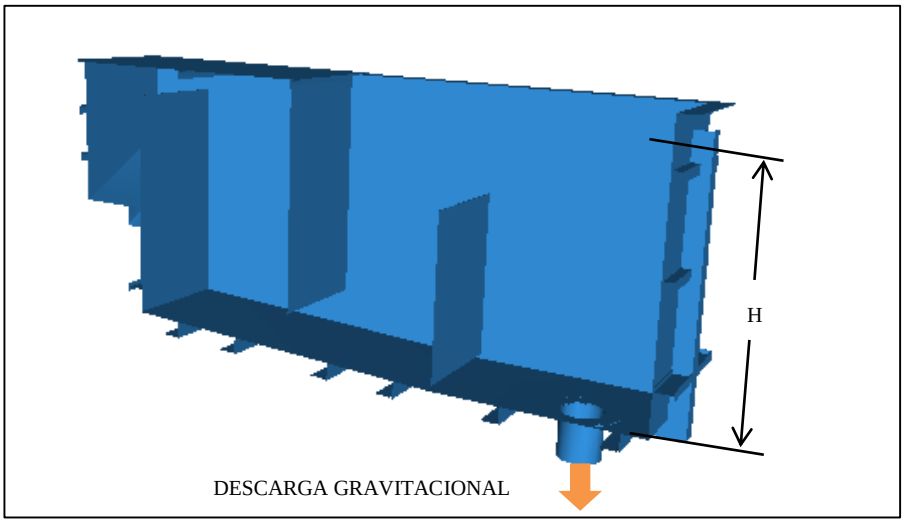


Figura 4.5: Vista de sección cajón distribuidor con descarga gravitacional

El caudal que se descarga por el orificio inferior está dado por la ecuación (20), según referencia [4]

$$Q_{des} = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2gH} \tag{20}$$

Donde:

Q_{des}: Caudal descarga cajón distribuidor [m³/h]

C_d: Coeficiente de descarga [adim]

A: Área de orificio [m²]

H: Nivel del liquido [m]

Los valores del coeficiente de descarga C_d, dependen del tipo de salida, tal como muestra la figura 4.6.

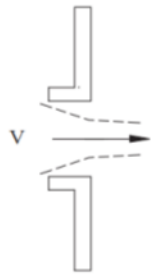
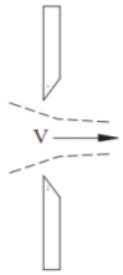
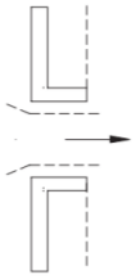
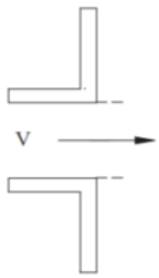
Tubo Reentrante	**Borde Afilado**	**Borde Cuadrado**	**Tubo Reentrante**
$Longitud$ = 1/2 a 1 diámetro 		La corriente borra los lados 	$Longitud$ = 2 - 1/2 diámetro 
C_d = 0.52	C_d = 0.61	C_d = 0.61	C_d = 0.73

Figura 4.6: Coeficientes de descarga

En el caso del cajón distribuidor el coeficiente de descarga Cd corresponde al valor adimensional 0.61, dado que sus salidas gravitacionales se diseñan con una arista de 90º.

Despejando la altura de la ecuación 20 se tiene el área del orificio de descarga y el caudal de descarga, como se muestra en la ecuación (21).

$$H = \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{Q_{des}}{A \cdot C_d} \right)^2 \tag{21}$$

Para definir la altura interior del cajón distribuidor, se considera el flujo de diseño amplificado por el factor de espuma y se itera con el diámetro de las descargas para obtener las áreas de descargas correspondientes y sus respectivas alturas.

Por otro lado, el cajón se diseña con tres descargas, por lo tanto, el área de descarga se triplica y además se debe analizar el caso en que una descarga queda inutilizada producto de una falla inesperada en una de las líneas agua abajo del sistema, caso que define el diseño final de la altura del cajón, el caso expuesto será el llamado crítico.

Determinación de la altura de ola por sismicidad

Debido a las aceleraciones horizontales que producen un sismo, en la pulpa almacenada se producen olas superficiales por el movimiento de la masa convectiva que pueden ocasionar derrames o daños en la estructura del cajón. La altura de la revancha debe ser a lo menos un 4% de la profundidad del líquido.

Según la norma ACI 350.3 (Diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos) los valores de la revancha considerando los coeficientes sísmicos se representan con la ecuación (22), referencia [9]

$$d_{\max} = \frac{L}{2} \cdot Z_c \cdot S_f \cdot I \cdot C_{Ce} \tag{22}$$

Donde:

d_{max}: Distancia que alcanza el oleaje sobre la superficie del líquido [adim]

L: Longitud interior del cajón [m]

Z_c: Coeficiente de zona [adim]

S_f: Factor de ampliación por sitio [adim]

I: Factor de importancia [adim]

C_{ce}: Factor de ampliación espectral [adim]

Los factores Z_c, S_f y C_{ce}, dependen del tipo de suelo y la zona sísmica. Para el caso de la segunda región definida como el Norte grande, específicamente Chuquicamata en donde está emplazada la planta, la zona sísmica corresponde a 2 y el suelo es de tipo II. Tal como lo define la norma NCh2369 (Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales) referencia [8], en la tabla 4.3 se indican los valores de los factores sísmicos según referencia [9].

Tabla 4.3: Coeficientes sísmicos según zona y tipo de suelo

Factor	Valor
Z_c	0,3
S_f	1,17
C_{ce}	0,26

El factor de importancia queda definido por la referencia [9]. Para este caso se considera que los cajones a calcular son estanques que contienen material peligroso, o sea el factor de importancia es igual a 1,5, tabla 4.4.

Tabla 4.4: Factor de importancia diseño de cajones

Uso del estanque	Factor de importancia I
Estanque que contiene material peligroso	1,5
Estanques cuyo contenido es usable para distintos propósitos después de un terremoto, o estanques que son parte de sistemas de salvataje	1,25
Otros	1

Considerando la ecuación (21), para el caso crítico, en donde una de las tres descargas falla aguas abajo y teniendo en cuenta el valor de la revancha obtenido con la ecuación (22), la altura de diseño del cajón distribuidor queda definida por la ecuación (23).

$$H_{dis} \geq H + d_{\max} \tag{23}$$

Donde:

H_{dis}: Altura mínima de diseño del cajón (m)

Determinación del espesor de plancha de manto y atiesadores de cajones

El diseño y cálculo del espesor del manto de los cajones y sus atiesadores, se establece en base a los efectos hidrodinámicos e hidrostáticos, considerando la columna de líquido que será almacenado en el interior del cajón, de acuerdo a su gravedad específica y efectos sísmicos eventuales que afectan al cajón.

Las paredes y el fondo del cajón necesitan diseñarse ante presiones hidrodinámicas generadas por movimientos impulsivos y convectivos del fluido. Las presiones impulsivas se deben al impacto del líquido en movimiento con el recipiente, en tanto que las presiones convectivas se deben a las oscilaciones del fluido.

Cuando los depósitos que almacenan líquidos experimentan una oscilación a causa de un movimiento sísmico horizontal, la pared y el líquido sufren una aceleración horizontal. A continuación, se expondrá la forma de calcular las presiones y fuerzas de inercia generadas en la pared del manto.

Las ecuaciones e indicaciones del presente capitulo son aplicables tanto al diseño del cajón distribuidor de concentrado, como al diseño de los cajones de alimentación a hidrociclones, los cálculos asociados se desarrollan en los Anexos V y VI (memorias de cálculo de los cajones) y se materializan en los planos de diseño de cajones de los Anexos XII y XIII.

Determinación de la presión hidrostática en la pared del manto

El cálculo de la presión hidrostática en la pared del manto, se determina por la ecuación (24), según referencia [9]

$$q_{hy} = \rho_p \cdot (H_l - y) \cdot g \tag{24}$$

Donde:

q_{hy}: Presión hidrostática lateral en punto de aplicación [kN/ m²]

H_l: Altura total del cajón [m]

ρ_p: Densidad de la pulpa [t/m³]

y: Altura de aplicación [m]

Donde, la densidad de la pulpa ρ_p se indica en la tabla 3.2, la cual corresponde a 1,33 [t/m³].

Determinación coeficiente de masa efectiva

El coeficiente de masa efectiva representa la razón de equivalencia entre la masa dinámica del manto del cajón y su masa total. De acuerdo a lo indicado en la referencia [9] y el coeficiente de masa efectiva queda definido por la ecuación (25).

$$C_{me} = 0,0151 \cdot \left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0,1908 \cdot \left(\frac{L}{H_L}\right) + 1,021 \leq 1 \tag{25}$$

Donde;

L: Largo interno del cajón medida en forma paralela a la dirección de la fuerza sísmica [m]

H_L: Profundidad de diseño del cajón [m]

El factor de modificación de respuesta de la componente impulsiva R_{wi}, queda definido según la tabla 4.5, según referencia [9]

Tabla 4.5: Factor de modificación de respuesta

Tipo de Estructura	R_{wi} superficial o en pendiente	Enterrado	R_{wc}
Anclados, base flexible	4,5	4,5	1
Empotrados o apoyo simple	2,75	4,0	1
No anclados, llenos o vacíos	2,0	2,75	1
Estanques elevados	3,0	-	1

Determinación de la presión inercial del manto

El cálculo de la presión inercial en la pared del manto, se determina por la ecuación (26), según referencia [9]

$$p_{wy} = Z_c \cdot S_f \cdot I \cdot C_{ce} \cdot C_{me} \cdot \frac{W_w}{R_{wi}} \tag{26}$$

Donde:

p_{wy}: Presión inercial del manto [kN/ m²]

C_{me}: Coeficiente de masa efectiva [adim]

W_w: Peso de las paredes del cajón [kN]

R_{wi}: Factor de modificación de la respuesta de la componente impulsiva [adim]

Determinación de la presión impulsiva

El cálculo del peso efectivo de la componente impulsiva W_i del líquido contenido se representa con la ecuación (27), según referencia [9]

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh\left[0{,}866(L/H_l)\right]}{0{,}866(L/H_l)} \tag{27}$$

Donde:

p_{iy}: Presión impulsiva [kN/ m²]

p_i: Fuerza impulsiva [kN]

W_l: Peso total del líquido contenido en el cajón [kN]

W_i: Peso impulsivo [kN]

El cálculo de la fuerza impulsiva en la pared del manto, se representa por la ecuación (28), según referencia [9]

$$p_i = Z_c \cdot S_f \cdot I \cdot C_{ce} \cdot C_{me} \cdot \frac{W_i}{R_{wi}} \tag{28}$$

Según la referencia [9], el cálculo de la altura de aplicación de la masa impulsiva h_i, queda definida por la ecuación (29)

$$h_i = H_l \cdot \left(0{,}5 - 0{,}09375 \cdot \frac{L}{H_l}\right) \tag{29}$$

Donde:

h_i: Altura aplicación masa impulsiva [m]

El cálculo de la presión impulsiva, se representa por la ecuación (30), según referencia [9]

$$p_{iy} = \frac{\frac{P_i}{2}\left[4H_l - 6h_i - (6H_l - 12h_i)\cdot(\frac{y}{H_l})\right]}{H_l^{\,2}} \tag{30}$$

Determinación de la presión convectiva

El cálculo del peso efectivo de la componente convectiva W_c del líquido contenido, se representa con la ecuación (31), según referencia [9]

$$\frac{W_c}{W_L} = 0{,}264(L/H_l)\tanh\left[3{,}16(H_l/L)\right] \tag{31}$$

El cálculo de la fuerza convectiva en la pared del manto, se representa por la ecuación (32), según referencia [9]

$$p_c = Z_c \cdot S_f \cdot I \cdot C_{ce} \cdot C_{me} \cdot \frac{W_c}{R_{wc}} \tag{32}$$

Donde:

W_c: Peso convectivo [kN]

R_{wc}: Factor de modificación de la respuesta de la componente convectiva [adim]

Según la referencia [9], el cálculo de la altura de aplicación de la masa convectiva h_c, queda definida por la ecuación (33), según referencia [8]

$$h_c = H_l \cdot \left(1 - \frac{\cosh\cdot(3{,}16\cdot(H_l/L)) - 1}{3{,}16\cdot(H_l/L)\cdot senh\cdot(3{,}16\cdot(H_l/L))}\right) \tag{33}$$

Para determinar la presión convectiva en la superficie del líquido, se utiliza la ecuación (34), según referencia [9]

$$p_{cy} = \frac{\frac{P_c}{2}\left[4H_l - 6h_c - (6H_l - 12h_c)\cdot(\frac{y}{H_l})\right]}{H_l^{\,2}} \tag{34}$$

Donde:

p_{cy}: Presión convectiva [kN/ m²]

p_c: Fuerza convectiva [kN]

h_c: Altura aplicación masa convectiva [m]

Determinación de la presión hidrodinámica

La presión hidrodinámica sobre el manto, según la referencia [9], se representa por la ecuación (35)

$$p_y = \sqrt{(p_{iy} + p_{wy})^2 + p_{cy}{}^2} \tag{35}$$

Donde:

p_y: Presión hidrodinámica [kN/ m²]

Determinación de la presión total

La presión total en el interior del cajón, queda definida por la suma de la presión hidrostática y la presión hidrodinámica sobre el manto y se representa por la ecuación (36), referencia [9]

$$P_t = q_{hy} + p_y \tag{36}$$

Donde:

P_t: Presión total [kN/ m²]

Determinación del espesor mínimo de plancha del manto

Para obtener el momento unitario se debe considerar la relación de longitud, correspondiente al largo y el ancho de la mayor placa empotrada en el cajón, según indica la ecuación (37).

$$Rl = \frac{L_y}{L_x} \tag{37}$$

Dónde:

Rl: Relación de longitud [adim]

L_y: Alto de la mayor placa empotrada en el cajón [m]

L_x: Ancho de la mayor placa empotrada en el cajón [m]

$$C_t = \frac{L_x \cdot L_y \cdot Pt}{g} \tag{38}$$

Con la definición de la relación de longitud (Rl) se ingresa a la tabla 4.5 de Placas de Stiglat Wippel, placa con bordes empotrados y se obtiene el factor de momento mínimo m_{min}.

Luego el momento unitario M queda definido por la expresión (39);

$$M = \frac{C_t}{m_{\min}} \tag{39}$$

Donde:

C_t: Carga total [kg]

m: Momento mínimo [adim]

Con C_t definida en la ecuación 40, según referencia [11]

Tabla 4.6: Coeficientes de placas de Stiglat Wippel para carga uniforme

(Placa N°IV/6/b, según referencia [11])

Carga Triangular (p)			$K = p \cdot L_x \cdot Ly$			$M = \frac{K}{m}$		
$\frac{L_y}{L_x}$	m_{xem}	m_{xm}	$máx \cdot m_x$	$\frac{x}{L_x}$	m_{yem}	m_{ym}	$máx \cdot m_y$	$\frac{y}{L_y}$
0,50	-35,0	525	210	0,22 y 0,78	-24,0	50,0	m_{ym}	
0,55	-31,9	325	188	0,23 y 0,77	-22,2	47,1		
0,60	-29,2	220	167	0,27 y 0,73	-21,0	45,4		
0,65	-27,0	162	147	0,32 y 0,68	-20,1	44,5		
0,70	-25,0	126	125	0,39 y 0,61	-19,4	44,4		
0,75	-23,4	104	m_{xm}		-18,9	44,9		
0,80	-22,2	87,5			-18,7	46,1		
0,85	-21,2	76,0			**-18,6**	48,0		
0,90	-20,4	67,7			-18,7	50,3		
0,95	-19,8	61,8			-19,0	53,2		
1,00	-19,4	56,8			**-19,4**	56,8		
1,10	-18,8	50,7			-20,2	66,3		
1,20	-18,6	47,3			-21,5	79,0		
1,30	-18,8	45,3			-22,9	95,8	95,6	0,48 y 0,52
1,40	-19,2	44,6			-24,5	119	117	0,41 y 0,59
1,50	-19,8	44,4			-26,2	147	140	0,34 y 0,66
1,60	-20,5	44,9			-28,0	188	157	0,29 y 0,71
1,70	-21,2	45,7			-29,7	238	172	0,26 y 0,74
1,80	-22,1	46,8			-31,5	310	186	0,24 y 0,76
1,90	-23,0	48,2			-33,2	400	198	0,23 y 0,77
2,00	-24,0	50,0			-35,0	525	210	0,22 y 0,78
$\frac{x}{L_x}$	0	0,5	Variable		0,5	0,5	0,5	
$\frac{y}{L_y}$	0,5	0,5	0,5		0	0,5	Variable	

Los cajones se dimensionan en planchas de acero atiesadas por perfiles estructurales, con el objetivo de rigidizar la plancha y disminuir su espesor. El espesor del manto se calcula como una losa delimitada por nervios estructurales, es decir empotrada en sus cuatro bordes, a partir de la ecuación (40) se obtiene el espesor mínimo del manto, según referencia [10]

$$e = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0{,}75 \cdot F_Y}} \tag{40}$$

Donde:

e: Espesor mínimo requerido [mm]

M: Momento unitario [t]

F_y: Tensión de fluencia [t/m²]

Verificación de atiesadores

Los atiesadores de los cajones se calculan como elementos en flexión simple donde el valor máximo del momento flector ocurre en el punto medio de la viga, el cálculo del momento flector se representa con la ecuación (41), según referencia [10]

$$M_f = \frac{q \cdot l^2}{8} \tag{41}$$

Donde:

M_f: Momento flector máximo [t m]

q: Carga distribuida [t/m]

l: Longitud del elemento [m]

El cálculo del módulo de sección mínimo para los cajones, se representa con la ecuación (42), referencia [10]

$$W_f = \frac{M_f}{0{,}6 \cdot F_y} \tag{42}$$

Donde:

W_f: Modulo sección mínima [m³]

Dado que la plancha de acero aporta resistencia a la flexión, ésta se considera conforme a la referencia [12], donde se determinan las propiedades para una sección efectiva que incluye 24 espesores de la placa, según se muestra en figura 4.7.

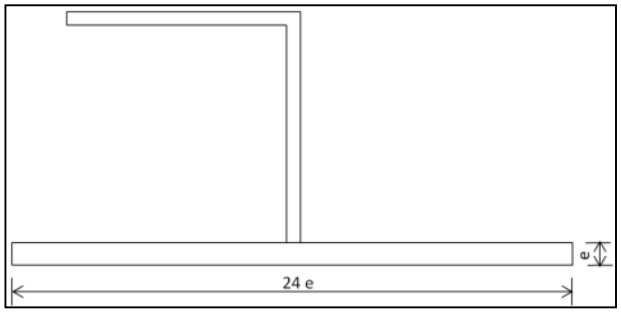


Figura 4.7: Sección efectiva cajones

Verificación de las columnas

Las columnas de los cajones al estar en contacto con el terreno existente, deben ser capaces de soportar las presiones hidrostáticas del fluido y los empujes del suelo, para este cálculo se debe tener lo siguiente:

Coeficiente sísmico máximo

Se emplea para ajustar el cálculo de la sobrecarga sísmica horizontal en la base del cajón. El coeficiente se obtiene por intermedio de la referencia (8) y se representa mediante la ecuación (43).

$$C\max = C_i \cdot 0,75 \tag{43}$$

Donde:

C_i: Coeficiente sísmico impulsivo [adim]

C_{max}: Coeficiente sísmico máximo [adim]

Determinación de las cargas

El corte basal se calcula de acuerdo a la ecuación (44), según referencia [8]

$$q_0 = C_{\max} \cdot I \cdot P \tag{44}$$

Donde:

q_0: Corte basal total [t]

P: Peso de la estructura a nivel basal [t]

El momento basal total se representa con la ecuación (45), según referencia [8]

$$M_b = q_0 \cdot H_c \tag{45}$$

Donde:

M_b: Momento basal total [t m]

H_c: Punto de aplicación de corte basal [m]

La carga axial por columna se representa por la ecuación (46), según referencia [8]

$$N = \frac{P}{n_c} \tag{46}$$

Donde:

N: Carga axial máxima por columna [t]

n_c: Numero de columnas [adim]

El momento basal por columna se representa por la ecuación (47), según referencia [8]

$$M_c = \frac{M_b}{n_c} \tag{47}$$

Donde:

M_c: Momento basal por columna [t m]

Finalmente, el cálculo del corte basal por columna se representa con la ecuación (48), según referencia [8]

$$V = \frac{q_0}{n_c} \tag{48}$$

Donde:

V: Corte basal por columna [t]

Determinación de la tensión efectiva

Las tensiones efectivas en el suelo, se representa por la ecuación (49), según referencia [8]

$$\sigma = \frac{N}{A_c} + \frac{M_c}{W}$$

(49)

Donde:

σ: Tensión efectiva [t]

Con el resultado de la ecuación (49) y $\sigma_{adm} = 0.6 \cdot Fy$, se entrega un parámetro para la selección de la columna.

Los valores más significativos en el cálculo de los cajones son las que indica la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Comparativo de datos para el volumen de los cajones de la ingeniería básica e ingeniería de detalles

ITEM	TAG	EQUIPO	UNIDAD	INGENIERÍA BÁSICA	INGENIERÌA DETALLES	ESPESOR MÍNIMO DE PLANCHA	COLUMNA SELECCIONADA
A	4300-DI-101	CAJÓN DISTRIBUIDOR	m³	43	90		
			mm			6.3	-----
E	4300-ZM-101	CAJÓN DE BOMBEO	m³	26	51,8		
			mm			8.6	HEB360
I	4300-ZM-102	CAJÓN DE BOMBEO	m³	26	51,8		
			mm			8.6	HEB360
M	4300-ZM-103	CAJÓN DE BOMBEO	m³	26	51,8		
			mm			8.6	HEB360

Para los detalles ver los anexos con las memorias de cálculo para cajones.

4.4 Metodología

Explicados los criterios de diseño, en la metodología se procede como primera actividad en el marco del desarrollo de la ingeniería de detalles, a la validación de la ingeniería básica del proyecto, con el objetivo de identificar aspectos de diseño e infraestructura que

pudiesen necesitar modificaciones, a fin de garantizar la correcta operación de las instalaciones a construir. A continuación, se indica esta validación desde el punto de vista de la disciplina mecánica-piping, incluyendo los aspectos necesarios a resolver para el desarrollo de la ingeniería de detalles y así poder generar la documentación necesaria para materializar el proyecto.

En la tabla 4.8, se definen los resultados correspondientes al análisis efectuado.

Tabla 4.8: Comparación ingeniería básica sobre la ingeniería de detalles

INGENIERÍA BÁSICA	REVISIÓN EN ETAPA DE INGENIERÍA DE DETALLES	RESULTADO DE DISEÑO
No considera flujos a Flotación Scavenger	Se indica que la ingeniería básica omite las corrientes de flujos hacia la flotación Scavenger	No se acoge el comentario indicado en la revisión de ingeniería básica y el diseño no considera flujos hacia la flotación Scavenger
Retorno de flujos de salida de muestreador	Se indica que en la ingeniería básica no se consideran líneas de retorno del concentrado al sistema, proveniente de la salida del muestreador	Las línea de retorno de concentrado debe ser conducida al estanque de producto
Presión de alimentación a hidrociclones se indica en 12 [psi]	Se considera que en el proceso de remolienda la presión de alimentación a hidrociclones debe ser de 18 [psi]	El diseño final se realiza con una presión de alimentación de 18 [psi]
Considera un factor de espuma igual a 1	El factor de espuma en proceso de remolienda debe ser 2	Se considera el factor de espuma 2 para el diseño
Diámetro de cañería de impulsión a hidrociclones 14 [in]	Al realizar cálculos se advierte que el diámetro debe ser 12 [in] para no generar decantación de sólidos en el interior de la cañería	Se acoge el diseño de la ingeniería de detalles con diámetro de 12 [in]
Diámetro de cañería de impulsión a flotación limpieza 18 [in]	Al realizar cálculos se advierte que el diámetro debe ser 14 [in] para no generar decantación de sólidos en el interior de la cañería	Se acoge el diseño de la ingeniería de detalles con diámetro de 14 [in]

En lo detallado a continuación se definen los aportes obtenidos del análisis de la ingeniería de detalles sobre la ingeniería básica:

1.- El análisis indica que se debe incluir una línea de piping de concentrado hacia la flotación Scavenger al circuito de remolienda, con el objetivo de aumentar la recuperación y la eficiencia del proceso.

2.- La conducción de retorno de las muestras de concentrado utilizadas para el análisis granulométrico deben incluirse, un tema no tratado por la ingeniería básica. Al no incluirse

en la memoria, el diseño de esta línea de retorno deberá quedar como alcance del suministrador del equipo de análisis de muestra.

3.- El análisis indica que la presión de alimentación a los hidrociclones debiese ser de alrededor de 18 a 20 [psi], en lugar de los 12 [psi] contemplados en la ingeniería básica, lo que implica la necesidad de revisión del diseño de los hidrociclones y sus sistemas de alimentación y descarga. El cambio se incorpora en el diseño de la ingeniería de detalles, tanto en el diseño de las baterías de hidrociclones, como en los sistemas de bombeo de alimentación a hidrociclones.

- La ingeniería de básica no valida los cálculos realizados para dimensionar cajones, dado que no se considera el factor de espuma presente en la pulpa. La etapa de ingeniería de detalles debe recalcular los cajones con un factor de espuma de 2.

- Los diámetros de las cañerías para transporte de concentrado, establecidos por la ingeniería básica no fueron validados, debido a que no aseguran las velocidades mínimas para efectos de evitar decantación al operar con los flujos mínimos. En la ingeniería de detalles se deben calcular los diámetros definitivos.

Tabla 4.9: Listado de equipos y anexos asociados

ITEM	TAG	EQUIPO	MEMORIA DE CÁLCULO	PLANO
A	4300-DI-101	CAJÓN DISTRIBUIDOR	ANEXO VI	ANEXO VIII
B	4300-PP-113	BOMBA VERTICAL	ANEXO III	ANEXO VIII
C	4300-PP-118	BOMBA VERTICAL	ANEXO IV	ANEXO VIII
E	4300-ZM-101	CAJÓN DE BOMBEO	ANEXO V	ANEXO VIII
G	4300-PP-105/106	BOMBA CENTÌIFUGA HORIZONTAL	ANEXO I	ANEXO VIII
I	4300-ZM-102	CAJÓN DE BOMBEO	ANEXO V	ANEXO VIII
K	4300-PP-107/108	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL	ANEXO I	ANEXO VIII
M	4300-ZM-103	CAJÓN DE BOMBEO	ANEXO V	ANEXO VIII
O	4300-PP-109/110	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL	ANEXO I	ANEXO VIII
Q	4300-PP-111/112/117	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL	ANEXO II	ANEXO VIII

5. Conclusiones

En el marco del desarrollo de la ingeniería de detalles del proyecto “Reemplazo de Molinos de Repaso, Planta Concentradora”, se logra concluir que, dada la revisión y validación de la ingeniería básica aportada, se desarrollan los diseños hidráulicos de los sistemas de bombeo y de cajones de concentrado, los cuales cumplen con lo indicado en los criterios de diseño del proyecto y las especificaciones técnicas.

En cuanto al diseño de las líneas de impulsión y transporte de pulpa de concentrado de cobre se puede indicar que en la etapa de ingeniería de detalles se verifica que la ingeniería básica no considera la restricción de las velocidades mínimas del fluido, requeridas para evitar la decantación en el interior de las líneas. Por lo tanto, el diseño efectúa una modificación en el sistema de bombeo y los diámetros de cañería.

Para el caso particular de las bombas de impulsión de concentrado, el diseño respecto a la ingeniería de detalles fue enviado para ser revisado y garantizado por la empresa especialista en bombeo y válvulas para fluidos de concentrado WEIR VULCO, que a la fecha posee más de 400 bombas instaladas en la planta concentradora. Esta empresa por su experiencia y para ser más competitivos en la oferta económica disminuye la potencia de las bombas de pulpa más grande a 250 HP

El diseño de los cajones se ajusta a las condiciones de flujo y recuperación en peso proyectado por la disciplina de procesos. Además, se realiza la corrección al factor de espuma, los parámetros omitido y el posterior aumento de volumen en el equipo.

Con las nuevas memorias de cálculo se generan los planos de diseño, las hojas de datos para las bombas y los cajones las cueles serán requeridas para la adquisición y la construcción.

6. Referencias

[1] Baha E. Abulnaga, PE, “Slurry System Handbook”, McGraw-Hill, 2002.

[2] Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Claudio Mataix, Ediciones del Castillo S.A, Madrid, 1986.

[3] Slurry Transport Using Centrifugal Pumps, K. C. Wilson, G. R. Addie, Third Edition.

[4] HI 12.1 – 12.6 : Rotodynamic (Centrifugal) Slurry Pumps for Nomenclature, Definitions, Applications and Operation.

[5] Hydraulic Institute, "Pipe Friction Manual"

[6] ASME B31.4: Pipeline transportation Systems for liquid Hydrocarbons and other liquids.

[7] ASME B31.11 Slurry Transportation 2004.

[8] NCh 2369-2003 Diseño Sísmico de Estructura e Instalaciones Industriales.

[9] ACI 350.3_0: Diseño Sísmico de Estructuras Contenedoras de Liquido.

[10] ANSI/AISC 360 Especificaciones para Construcciones de Acero.

[11] PLACAS Drs. K. Stinglat y H. Wippel, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del cemento, Madrid, 1968.

[12] Design of Welded Structures. Omer W. Blodgett. Editorial: James F. Lincoln Arc Welding Foundation, 1966

7. Anexos

I.- MEMORIA DE CÁLCULO BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A HIDROCICLONES

Determinación de concentración en volumen del sólido (%)

$\rho sol := 3.80 \cdot \frac{ton}{m^3}$ Densidad de la pulpa (tabla 3.2)

$Cps := 33.33$ Porcentaje de sólidos de la pulpa (tabla 3.2)

$$Cvs := \frac{\frac{100}{\rho sol}}{\frac{1}{\rho sol} + \left(\frac{100 - Cps}{Cps}\right) \cdot \frac{1}{1 \cdot \frac{ton}{m^3}}} \qquad (2)$$

$\boxed{Cvs = 11.626}$

$eg := 6.35 \cdot mm$ Espesor interior del engomado de la cañería

$Dn := 12 \cdot in$ Diámetro interior de la cañería

$Dint := Dn - 2 \cdot eg$

$\boxed{Dint = 292.1 \cdot mm}$ Diámetro interno

Determinación de la velocidad de sedimentación

$d50 := 83 \cdot \mu m$ Tamaño medio de partícula, (Aportado por disciplina de procesos)

$F1 := 0.85 \cdot \frac{m^{0.5}}{s^{0.5}}$ Factor de McElvain and Cave (figura 4.1)

$\rho liq := 1.00 \cdot \frac{ton}{m^3}$ Densidad del líquido de transporte (Agua)

$$V1 := 1.25 \cdot F1 \cdot \left[2 \cdot g \cdot Dint \cdot \left(\frac{\rho sol - \rho liq}{\rho liq}\right)\right]^{0.25} \qquad (3)$$

$\boxed{V1 = 2.126 \frac{m}{s}}$

Velocidades de la pulpa

Las velocidades reales deben ser un 10% mayor a la velocidad de sedimentación y además las velocidades reales no pueden exceder los 4 m/s, para minimizar los efectos abrasivos en el interior de la tubería.

$$1,1V_1 < Vreal < 4m/s$$

$$Ao := \frac{\pi \cdot Dint^2}{4}$$

$\boxed{Ao = 0.067 m^2}$

$Qmin := 638.82 \cdot \frac{m^3}{hr}$

$Qins := 819.81 \cdot \frac{m^3}{hr}$

$Qdis := 942.79 \cdot \frac{m^3}{hr}$

$$Vrmin := \frac{Qmin}{Ao}$$

$$\boxed{Vrmin = 2.648 \frac{m}{s}}$$

$$Vrdis := \frac{Qdis}{Ao}$$

$$\boxed{Vrdis = 3.908 \frac{m}{s}}$$

$$\text{if}\left(1.1 \cdot V1 < Vrmin < 4 \cdot \frac{m}{s}, \text{"OK"}, \text{"VERIFICAR"}\right) = \text{"OK"}$$

$$\text{if}\left(1.1 \cdot V1 < Vrdis < 4 \cdot \frac{m}{s}, \text{"OK"}, \text{"VERIFICAR"}\right) = \text{"OK"}$$

$\frac{Vrmin}{V1} > 1,1$	$\frac{Vrmin}{V1} = 1.245$	OK
$\frac{Vrdis}{V1} > 1,1$	$\frac{Vrdis}{V1} = 1.838$	OK
$Vrmin < 4 \cdot \frac{m}{s}$	$Vrmin = 2.648 \frac{m}{s}$	OK
$Vrdis < 4 \cdot \frac{m}{s}$	$Vrdis = 3.908 \frac{m}{s}$	OK

De acuerdo a lo anterior, la cañería de 12" asegura que el transporte se realice siempre por sobre un 10% de la la velocidad de sedimentación. Además, no se sobrepasa la velocidad máxima de diseño de 4,0 m/s.

Determinación de las pérdidas de carga por fricción

$\mu l := 1.519 \cdot 10^{-3} \cdot Pa \cdot s$

$K1 := 2.5$

$K2 := 14.1$

$$\phi := \frac{Cvs}{100}$$

$$\boxed{\phi = 0.116}$$

$$\mu p := \mu l \cdot \left(1 + K1 \cdot \phi + K2 \cdot \phi^2\right) \qquad (4)$$

$$\boxed{\mu p = 2.25 \times 10^{-3} \cdot Pa \cdot s}$$

$\rho p := 1.33 \cdot \frac{ton}{m^3}$

$$Re1 := \frac{\rho p \cdot Vrdis \cdot Dint}{\mu p} \qquad Re2 := \frac{\rho p \cdot Vrmin \cdot Dint}{\mu p}$$ Número de Reynolds (5)

$\boxed{Re1 = 6.121 \times 10^5}$ $\boxed{Re2 = 4.148 \times 10^5}$

if(Re1 > 2300, "Turbulento", "Laminar") = "Turbulento"

if(Re2 > 2300, "Turbulento", "Laminar") = "Turbulento"

$\varepsilon = 0.11 \cdot mm$

$$ftur1 := \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot Dint} + \frac{5.74}{Re1^{0.9}}\right)\right)^2} \qquad ftur2 := \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot Dint} + \frac{5.74}{Re2^{0.9}}\right)\right)^2} \quad (7)$$

$\boxed{ftur1 = 0.017}$ $\boxed{ftur2 = 0.017}$

$Fsh := 1.1$

$Lc := 19.377 \cdot m$

$$hf := Fsh \cdot ftur1 \cdot \frac{Lc}{Dint} \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} \quad (8)$$

$\boxed{hf = 0.952\,m}$

Determinación de las pérdida de carga por singularidades

$Yee := 0.5$	Tee tipo yee, revestida interior goma tipo Victaulic
$Sal := 1$	Salida de la cañería (siempre K=1)
$Kv := 0.05$	Válvula de cuchillo totalmente abierta
$C90RL := 0.14$	Codo 90 radio largo revestido interior goma tipo Victaulic
$C45RL := 0.13$	Codo 45 radio largo revestido interior goma tipo Victaulic
$RedCon := 0.5$	Reducción concéntrica revestida interior goma tipo Victaulic

$k := Yee \cdot 1 + Sal \cdot 1 + Kv \cdot 1 + C90RL \cdot 2 + C45RL \cdot 1 + RedCon \cdot 1$

$\boxed{k = 2.46}$

$$hs := Fsh \cdot k \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} \quad (9)$$

$\boxed{hs = 2.107\,m}$

Determinación de la carga dinámica total (TDH)

$\Delta Z := 12.847 \cdot m$

$$TDH := \Delta Z + hf + hs \quad (10)$$

$\boxed{TDH = 15.906\,m}$

$Pod := 18 \cdot psi$ Presión requerida en la salida del hidrociclón

$$hreq := \frac{Pod}{\rho p \cdot g}$$

$$\boxed{hreq = 10.489\,m}$$

$$TDHtotal := TDH + hreq$$

$$\boxed{TDHtotal = 26.395\,m}$$

Determinación de la altura positiva de succión disponible (NPSH)

$Htop := 1.92 \cdot m$

$$Ha := Htop + \frac{Dint}{2}$$

$$\boxed{Ha = 2.066\,m}$$

$Po := 10.52 \cdot psi$

$$Pabs := \frac{Po}{\rho p \cdot g}$$

$$\boxed{Pabs = 6.13\,m}$$

Perdida de carga por singularidades en la succión

Para la succión se considera una válvula de cuchillo totalmente abierta, una reducción excéntrica y una entrada.

$Kv = 0.05$	Válvula de cuchillo totalmente abierta
$Kred := 0.5$	Reducción excéntrica
$Kent := 0.5$	Entrada con aristas en 90°
$C45RL2 := 0.13$	Codo 45 radio largo revestido interior goma tipo Victaulic

$$ksuc := 1 \cdot Kv + 1 \cdot Kred + 1 \cdot Kent + C45RL2 \cdot 1$$

$$\boxed{ksuc = 1.18}$$

$$hssuc := Fsh \cdot ksuc \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g}$$

$$\boxed{hssuc = 1.011\,m}$$

Perdida de carga por fricción viscosa en la tubería de succión (suc)

$Dnsuc := 18 \cdot in$

$$Dintsuc := Dnsuc - 2 \cdot eg$$

$$\boxed{Dintsuc = 0.445\,m}$$

$Fsh = 1.1$

$Lcsuc := 3.398 \cdot m$

$$hfsuc := Fsh \cdot ftur1 \cdot \frac{Lcsuc}{Dintsuc} \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g}$$

$$\boxed{hfsuc = 0.11\,m}$$

$$Hf := hssuc + hfsuc$$

$$\boxed{Hf = 1.12\,m}$$

$Tv := 3372 \cdot Pa$

$\gamma p := \rho p$ * Se redefine el valor

$\gamma p = 1.207 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$

$$NPSHdisp := Pabs + Ha - \frac{Tv}{\gamma p \cdot g} - \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} - Hf \quad (11)$$

$NPSHdisp = 6.012\,m$

La bomba debe tener un NPSH requerido inferior al NPSH disponible calculado.

Determinación del espesor de pared de requerido

$Fde := 0.72$

$E := 1$

$Sy := 241 \cdot 10^6 \cdot Pa$

$$Sadm := Fde \cdot E \cdot Sy \quad (12)$$

$Sadm = 1.735 \times 10^8\,Pa$

$Pi := TDHtotal \cdot \rho p \cdot g$

$Pi = 3.123 \times 10^5\,Pa$

$esch40 := 9.53 \cdot mm$

$Dext := Dnsuc + 2 \cdot esch40$

$Dext = 0.476\,m$

$Ae := 3.14 \cdot mm$

$$em := \frac{Pi \cdot Dext}{2 \cdot Sadm} + Ae \quad (13)$$

$em = 3.569 \cdot mm$

if(esch40 > em, "OK", "Recalcular Sch") = "OK"

$\frac{esch40}{em} = 2.671$

Factor de espuma

$FVF := 1.4$

$\eta := 0.7$

$$Qf := Qdis \cdot FVF \quad (14)$$

$Qf = 1.32 \times 10^3 \cdot \frac{m^3}{hr}$

Determinación de las potencias

$$Peje := \frac{\rho p \cdot TDHtotal \cdot Qf \cdot g}{\eta} \quad (15)$$

$$\boxed{Peje = 163.582 \cdot kW}$$

$$\boxed{Peje = 219.367 \cdot hp}$$

$FS := 1.15$
$\eta T := 0.92$

$$Pe := \frac{Peje \cdot FS}{\eta T} \quad (16)$$

$$\boxed{Pe = 204.477 \cdot kW}$$

$$\boxed{Pe = 274.209 \cdot hp}$$

Por lo anterior, la potencia eléctrica comercial se selecciona en **300 hp.**

II.- MEMORIA DE CÁLCULO BOMBAS DE IMPULSIÓN PRODUCTO DE REMOLIENDA

Determinación de concentración en volumen del sólido (%)

$\rho sol := 3.80 \cdot \frac{ton}{m^3}$ Densidad de la pulpa (de tabla 3.2)

$Cps := 20$ Porcentaje de sólidos de la pulpa (de tabla 3.2)

$$Cvs := \frac{\frac{100}{\rho sol}}{\frac{1}{\rho sol} + \left(\frac{100 - Cps}{Cps}\right) \cdot \frac{1}{1 \cdot \frac{ton}{m^3}}} \qquad (2)$$

$\boxed{Cvs = 6.173}$

$eg := 6.35 \cdot mm$ Espesor interior del engomado de la cañería

$Dn := 14 \cdot in$

$Dext := 355.6mm$

$esch40 := 9.52mm$ $Dint := Dext - 2 \cdot esch40 - 2 \cdot eg$ Diámetro interior de la cañería

$\boxed{Dint = 323.86 \cdot mm}$

Determinación de la velocidad de sedimentación

$d50 := 40 \cdot \mu m$ Tamaño medio de partícula (Aportado por disciplina de procesos)

$F1 := 0.71 \cdot \frac{m^{0.5}}{s^{0.5}}$ Factor de McElvain and Cave (figura 4.1)

$\rho liq := 1.00 \cdot \frac{ton}{m^3}$ Densidad del líquido de transporte (agua)

$$V1 := 1.25 \cdot F1 \cdot \left[2 \cdot g \cdot Dint \cdot \left(\frac{\rho sol - \rho liq}{\rho liq}\right)\right]^{0.25} \qquad (3)$$

$\boxed{V1 = 1.823 \frac{m}{s}}$

Velocidades de la pulpa

Las velocidades reales deben ser un 10% mayor a la velocidad de sedimentación y además las velocidades reales no pueden exceder los 4 m/s, para minimizar los efectos abrasivos en el interior de la tubería.

$$1,1V_1 < Vreal < 4m/s$$

$$Ao := \frac{\pi \cdot Dint^2}{4}$$

$\boxed{Ao = 0.082 m^2}$

$Qmin := 724 \cdot \frac{m^3}{hr}$

$Qins := 929 \cdot \frac{m^3}{hr}$

$Qdis := 1068 \cdot \frac{m^3}{hr}$

$$Vrmin := \frac{Qmin}{Ao}$$

$$\boxed{Vrmin = 2.441 \frac{m}{s}}$$

$$Vrdis := \frac{Qdis}{Ao}$$

$$\boxed{Vrdis = 3.601 \frac{m}{s}}$$

$if\left(1.1 \cdot V1 < Vrmin < 4 \cdot \frac{m}{s}, "OK", "VERIFICAR"\right) = "OK"$

$if\left(1.1 \cdot V1 < Vrdis < 4 \cdot \frac{m}{s}, "OK", "VERIFICAR"\right) = "OK"$

$\frac{Vrmin}{V1} > 1,1$	$\frac{Vrmin}{V1} = 1.34$	OK
$\frac{Vrdis}{V1} > 1,1$	$\frac{Vrdis}{V1} = 1.976$	OK
$Vrmin < 4 \cdot \frac{m}{s}$	$Vrmin = 2.441 \frac{m}{s}$	OK
$Vrdis < 4 \cdot \frac{m}{s}$	$Vrdis = 3.601 \frac{m}{s}$	OK

De acuerdo a lo anterior, la cañería de 14" asegura que el transporte se realice siempre por sobre un 10% de la la velocidad de sedimentación. Además, no se sobrepasa la velocidad máxima de diseño de 4,0 m/s.

Determinación de las pérdidas de carga por fricción

$\mu l := 1.519 \cdot 10^{-3} \cdot Pa \cdot s$

$K1 := 2.5$

$K2 := 14.1$

$$\phi := \frac{Cvs}{100}$$

$$\boxed{\phi = 0.062}$$

$$\mu p := \mu l \cdot \left(1 + K1 \cdot \phi + K2 \cdot \phi^2\right) \qquad (4)$$

$$\boxed{\mu p = 1.835 \times 10^{-3} \cdot Pa \cdot s}$$

$\rho p := 1.17 \cdot \frac{ton}{m^3}$

$Re1 := \frac{\rho p \cdot Vrdis \cdot Dint}{\mu p}$ $\quad Re2 := \frac{\rho p \cdot Vrmin \cdot Dint}{\mu p}$ Número de Reynolds (5)

$Re1 = 6.746 \times 10^5$ $\quad Re2 = 4.573 \times 10^5$

if(Re1 > 2300, "Turbulento", "Laminar") = "Turbulento"

if(Re2 > 2300, "Turbulento", "Laminar") = "Turbulento"

$\varepsilon := 0.11 \cdot mm$

$$ftur1 := \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot Dint} + \frac{5.74}{Re1^{0.9}}\right)\right)^2} \qquad ftur2 := \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot Dint} + \frac{5.74}{Re2^{0.9}}\right)\right)^2} \qquad (7)$$

$ftur1 = 0.016$ $\quad ftur2 = 0.017$

$Fsh := 1.1$

$Lc := 140.26 \cdot m$

$$hf := Fsh \cdot ftur1 \cdot \frac{Lc}{Dint} \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} \qquad hf2 := Fsh \cdot ftur2 \cdot \frac{Lc}{Dint} \cdot \frac{Vrmin^2}{2 \cdot g} \qquad (8)$$

$hf = 5.164\,m$ $\quad hf2 = 2.429\,m$

Determinación de las pérdida de carga por singularidades

$Yee := 0.5$	Tee tipo yee, revestida interior goma tipo Victaulic
$Sal := 1$	Salida de la cañería (siempre K=1)
$Kv := 0.05$	Válvula de cuchillo totalmente abierta
$C90RL := 0.14$	Codo 90 radio largo revestido interior goma tipo Victaulic
$RedCon := 0.5$	Reducción concéntrica revestida interior goma tipo Victaulic

$k := Yee \cdot 2 + Sal \cdot 1 + Kv \cdot 1 + C90RL \cdot 7 + RedCon \cdot 1$

$k = 3.53$

$$hs := Fsh \cdot k \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} \qquad hs2 := Fsh \cdot k \cdot \frac{Vrmin^2}{2 \cdot g} \qquad (9)$$

$hs = 2.568\,m$ $\quad hs2 = 1.18\,m$

Determinación de la carga dinámica total (TDH)

$Elsuc := 2723.83 \cdot m$
$Eldes := 2733.521 \cdot m$

$\Delta Z := Eldes - Elsuc$

$\Delta Z = 9.691\,m$

$TDH := \Delta Z + hf + hs \qquad TDH2 := \Delta Z + hf2 + hs2 \qquad (10)$

$TDH = 17.423\,m$ $\quad TDH2 = 13.3\,m$

$Pod := 0 \cdot psi$ Presión requerida en la salida del hidrociclón

$$hreq := \frac{Pod}{\rho p \cdot g}$$

$$\boxed{hreq = 0}$$

$TDHtotal := TDH + hreq$ $TDHtotal2 := TDH2 + hreq$

$\boxed{TDHtotal = 17.423\,m}$ $\boxed{TDHtotal2 = 13.3\,m}$

Determinación de la altura positiva de succión disponible (NPSH)

$Htop := 1.8 \cdot m$

$$Ha := Htop$$

$$\boxed{Ha = 1.8\,m}$$

$Po := 10.49 \cdot psi$

$$Pabs := \frac{Po}{\rho p \cdot g}$$

$$\boxed{Pabs = 6.949\,m}$$

Perdida de carga por singularidades en la succión

Para la succión se considera una válvula de cuchillo totalmente abierta, una reducción excéntrica y una entrada.

$Kv = 0.05$ Válvula de cuchillo totalmente abierta

$Kred := 0.5$ Reducción excéntrica

$Kent := 0.5$ Entrada con aristas en 90°

$$ksuc := 1 \cdot Kv + 1 \cdot Kred + 1 \cdot Kent$$

$$\boxed{ksuc = 1.05}$$

$$hssuc := Fsh \cdot ksuc \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g}$$

$$\boxed{hssuc = 0.764\,m}$$

Perdida de carga por fricción viscosa en la tubería de succión (suc)

$Dnsuc := 14 \cdot in$

$$Dintsuc := Dnsuc - 2 \cdot eg$$

$$\boxed{Dintsuc = 0.343\,m}$$

$Fsh = 1.1$

$Lcsuc := 1 \cdot m$

$$hfsuc := Fsh \cdot ftur1 \cdot \frac{Lcsuc}{Dintsuc} \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g}$$

$$\boxed{hfsuc = 0.035\,m}$$

$$Hf := hssuc + hfsuc$$

$$\boxed{Hf = 0.799\,m}$$

$Tv := 3372 \cdot Pa$

$\gamma p := \rho p$ * Se redefine el valor

$\gamma p = 1.061 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$

$$NPSHdisp := Pabs + Ha - \frac{Tv}{\gamma p \cdot g} - \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} - Hf \quad (11)$$

$NPSHdisp = 6.965\,m$

La bomba debe tener un NPSH requerido inferior al NPSH disponible calculado.

Determinación del espesor de pared de requerido

$Fde := 0.72$

$E := 1$

$Sy := 241 \cdot 10^6 \cdot Pa$

$$Sadm := Fde \cdot E \cdot Sy \quad (12)$$

$Sadm = 1.735 \times 10^8\,Pa$

$Pi := TDHtotal \cdot \rho p \cdot g$

$Pi = 1.813 \times 10^5\,Pa$

$esch40 := 9.52 \cdot mm$

$Dext = 0.356\,m$

$Dext = 0.356\,m$

$Ae := 3.14 \cdot mm$

$$em := \frac{Pi \cdot Dext}{2 \cdot Sadm} + Ae \quad (13)$$

$em = 3.326 \cdot mm$

$if(esch40 > em, "OK", "Recalcular Sch") = "OK"$

$\frac{esch40}{em} = 2.862$

Factor de espuma

$FVF := 1.4$

$\eta := 0.7$

$$Qf := Qdis \cdot FVF \quad (14)$$

$Qf = 1.495 \times 10^3 \cdot \frac{m^3}{hr}$

Determinación de las potencias

$$Peje := \frac{\rho p \cdot TDHtotal \cdot Qf \cdot g}{\eta} \quad (15)$$

$$\boxed{Peje = 107.6 \cdot kW}$$

$$\boxed{Peje = 144.294 \cdot hp}$$

$FS := 1.15$

$\eta T := 0.92$

$$Pe := \frac{Peje \cdot FS}{\eta T} \quad (16)$$

$$\boxed{Pe = 134.5 \cdot kW}$$

$$\boxed{Pe = 180.368 \cdot hp}$$

Por lo anterior, la potencia eléctrica comercial se selecciona en **200 hp.**

III.- MEMORIA DE CÁLCULO BOMBA DE PISO 4300-PP-113

Determinación de concentración en volumen del sólido (%)

$\rho sol := 3.80 \cdot \frac{ton}{m^3}$ Densidad de la pulpa (tabla 3.2)

$Cps := 40$ Porcentaje de sólidos de la pulpa (tabla 3.2)

$$Cvs := \frac{\frac{100}{\rho sol}}{\frac{1}{\rho sol} + \left(\frac{100 - Cps}{Cps}\right) \cdot \frac{1}{1 \cdot \frac{ton}{m^3}}} \qquad (2)$$

$$\boxed{Cvs = 14.925}$$

$eg := 6.02 \cdot mm$ Espesor interior del engomado de la cañería

$Dext := 114.3mm$ Diámetro interior de la cañería

$$Dint := Dext - 2 \cdot eg$$

$$\boxed{Dint = 102.26 \cdot mm}$$

Determinación de la velocidad de sedimentación

$d50 := 101 \cdot \mu m$ Tamaño medio de partícula (Aportado por disciplina de procesos)

$F1 := 0.95 \cdot \frac{m^{0.5}}{s^{0.5}}$ Factor de McElvain and Cave (figura 4.1)

$\rho liq := 1.00 \cdot \frac{ton}{m^3}$ Densidad del líquido de transporte (agua)

$$V1 := 1.25 \cdot F1 \cdot \left[2 \cdot g \cdot Dint \cdot \left(\frac{\rho sol - \rho liq}{\rho liq}\right)\right]^{0.25} \qquad (3)$$

$$\boxed{V1 = 1.828 \frac{m}{s}}$$

Velocidades de la pulpa

Las velocidades reales deben ser un 10% mayor a la velocidad de sedimentación y además las velocidades reales no pueden exceder los 4 m/s, para minimizar los efectos abrasivos en el interior de la tubería.

$$1,1V_1 < Vreal < 4m/s$$

$$Ao := \frac{\pi \cdot Dint^2}{4}$$

$$\boxed{Ao = 8.213 \times 10^{-3} m^2}$$

$Qdis := 80 \cdot \frac{m^3}{hr}$

$$Vrdis := \frac{Qdis}{Ao}$$

$$\boxed{Vrdis = 2.706 \frac{m}{s}}$$

$if\left(1.1 \cdot V1 < Vrdis < 4 \cdot \frac{m}{s}, \text{"OK"}, \text{"VERIFICAR"}\right) = \text{"OK"}$

$\frac{Vrdis}{V1} > 1,1$ $\qquad \frac{Vrdis}{V1} = 1.48$ $\qquad$ OK

$Vrdis < 4 \cdot \frac{m}{s}$ $\qquad Vrdis = 2.706 \frac{m}{s}$ $\qquad$ OK

De acuerdo a lo anterior, la cañería de 6" asegura que el transporte se realice siempre por sobre un 10% de la la velocidad de sedimentación (vl). Además, no se sobrepasa la velocidad máxima de diseño de 4,0 m/s.

Determinación de las pérdidas de carga por fricción

$\mu l := 1.519 \cdot 10^{-3} \cdot Pa \cdot s$

$K1 := 2.5$

$K2 := 14.1$

$$\phi := \frac{Cvs}{100}$$

$$\boxed{\phi = 0.149}$$

$$\mu p := \mu l \cdot \left(1 + K1 \cdot \phi + K2 \cdot \phi^2\right) \qquad (4)$$

$$\boxed{\mu p = 2.563 \times 10^{-3} \cdot Pa \cdot s}$$

$\rho p := 1.42 \cdot \frac{ton}{m^3}$

$$Re1 := \frac{\rho p \cdot Vrdis \cdot Dint}{\mu p}$$ Número de Reynolds (5)

$$\boxed{Re1 = 1.391 \times 10^5}$$

$if(Re1 > 2300, \text{"Turbulento"}, \text{"Laminar"}) = \text{"Turbulento"}$

$\varepsilon := 0.06 \cdot mm$

$$ftur1 := \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot Dint} + \frac{5.74}{Re1^{0.9}}\right)\right)^2} \qquad (7)$$

$$\boxed{ftur1 = 0.02}$$

$Fsh := 1.1$

$Lc := 40 \cdot m$

$$hf := Fsh \cdot ftur1 \cdot \frac{Lc}{Dint} \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} \quad (8)$$

$$\boxed{hf = 3.218\,m}$$

Determinación de las pérdida de carga por singularidades

$Sal := 1$ Salida de la cañería (siempre K=1)

$C90RL := 0.14$ Codo 90 radio largo revestido interior goma tipo Victaulic

$$k := Sal \cdot 1 + C90RL \cdot 7$$

$$\boxed{k = 1.98}$$

$$hs := Fsh \cdot k \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} \quad (9)$$

$$\boxed{hs = 0.813\,m}$$

Determinación de la carga dinámica total (TDH)

$Elevi := 2717.78 \cdot m$

$Elevd := 2735.35 \cdot m$

$$\Delta Z := Elevd - Elevi$$

$$\boxed{\Delta Z = 17.57\,m}$$

$$TDH := \Delta Z + hf + hs \quad (10)$$

$$\boxed{TDH = 21.601\,m}$$

$Pod := 0 \cdot psi$

$$hreq := \frac{Pod}{\rho p \cdot g}$$

$$\boxed{hreq = 0}$$

$$TDHtotal := TDH + hreq$$

$$\boxed{TDHtotal = 21.601\,m}$$

Determinación de la altura positiva de succión disponible (NPSH)

$Ha := 0.5 \cdot m$

$Po := 10.52 \cdot psi$

$$Pabs := \frac{Po}{\rho p \cdot g}$$

$$\boxed{Pabs = 5.742\,m}$$

Perdida de carga por singularidades en la succión

Para la succión se considera una válvula de cuchillo totalmente abierta, una reducción excéntrica y una entrada.

$Kent := 1$ Entrada con aristas en 90°

$ksuc := 1 \cdot Kent$

$\boxed{ksuc = 1}$

$hssuc := Fsh \cdot ksuc \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g}$

$\boxed{hssuc = 0.411\,m}$

Perdida de carga por fricción viscosa en la tubería de succión (suc)

$Hf := hssuc$

$\boxed{Hf = 0.411\,m}$

$Tv := 3372 \cdot Pa$

$\gamma p := \rho p$ * Se redefine el valor

$\boxed{\gamma p = 1.288 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}}$

$$NPSHdisp := Pabs + Ha - \frac{Tv}{\gamma p \cdot g} - \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} - Hf \qquad (11)$$

$\boxed{NPSHdisp = 5.191\,m}$

La bomba debe tener un NPSH requerido inferior al NPSH disponible calculado.

Determinación del espesor de pared de requerido

$Fde := 0.72$

$E := 1$

$Sy := 241 \cdot 10^6 \cdot Pa$

$$Sadm := Fde \cdot E \cdot Sy \qquad (12)$$

$\boxed{Sadm = 1.735 \times 10^8\,Pa}$

$Pi := TDHtotal \cdot \rho p \cdot g$

$\boxed{Pi = 2.729 \times 10^5\,Pa}$

$esch40 := 7.11 \cdot mm$

$Dext = 0.114\,m$

$\boxed{Dext = 0.114\,m}$

$Ae := 6.14 \cdot mm$

$$em := \frac{Pi \cdot Dext}{2 \cdot Sadm} + Ae \qquad (13)$$

$\boxed{em = 6.23 \cdot mm}$

if(esch40 > em ,"OK" ,"Recalcular Sch") = "OK"

$$\frac{esch40}{em} = 1.141$$

Factor de espuma

$FVF := 1.4$
$\eta := 0.7$

$$Qf := Qdis \cdot FVF \tag{14}$$

$$Qf = 112 \cdot \frac{m^3}{hr}$$

Determinación de las potencias

$$Peje := \frac{\rho p \cdot TDHtotal \cdot Qf \cdot g}{\eta} \tag{15}$$

$$Peje = 12.128 \cdot kW$$

$$Peje = 16.264 \cdot hp$$

$FS := 1.15$
$\eta T := 0.92$

$$Pe := \frac{Peje \cdot FS}{\eta T} \tag{16}$$

$$Pe = 15.16 \cdot kW$$

$$Pe = 20.33 \cdot hp$$

Por lo anterior, la potencia eléctrica comercial se selecciona en **25 hp.**

IV.- MEMORIA DE CALCULO BOMBA DE PISO 4300-PP-118

Determinación de concentración en volumen del sólido (%)

$\rho sol := 3.80 \cdot \frac{ton}{m^3}$ Densidad de la pulpa (tabla 3.2)

$Cps := 40$ Porcentaje de sólidos de la pulpa (tabla 3.2)

$$Cvs := \frac{\frac{100}{\rho sol}}{\frac{1}{\rho sol} + \left(\frac{100 - Cps}{Cps}\right) \cdot \frac{1}{1 \cdot \frac{ton}{m^3}}} \qquad (2)$$

$$\boxed{Cvs = 14.925}$$

$eg := 7.11 \cdot mm$ Espesor interior del engomado de la cañería

$Dext := 168.3mm$

$$Dint := Dext - 2 \cdot eg$$

$$\boxed{Dint = 154.08 \cdot mm}$$

Determinación de la velocidad de sedimentación

$d50 := 83 \cdot \mu m$ Tamaño medio de partícula (Aportado por disciplina de procesos)

$F1 := 0.95 \cdot \frac{m^{0.5}}{s^{0.5}}$ Factor de McElvain and Cave (figura 4.1)

$\rho liq := 1.00 \cdot \frac{ton}{m^3}$ Densidad del líquido de transporte (agua)

$$V1 := 1.25 \cdot F1 \cdot \left[2 \cdot g\, Dint \cdot \left(\frac{\rho sol - \rho liq}{\rho liq}\right)\right]^{0.25} \qquad (3)$$

$$\boxed{V1 = 2.025 \frac{m}{s}}$$

Velocidades de la pulpa

Las velocidades reales deben ser un 10% mayor a la velocidad de sedimentación y además las velocidades reales no pueden exceder los 4 m/s, para minimizar los efectos abrasivos en el interior de la tubería.

$$1,1V_1 < Vreal < 4m/s$$

$$Ao := \frac{\pi \cdot Dint^2}{4}$$

$$\boxed{Ao = 0.019\, m^2}$$

$Qdis := 200 \cdot \frac{m^3}{hr}$

$$Vrdis := \frac{Qdis}{Ao}$$

$$\boxed{Vrdis = 2.98 \frac{m}{s}}$$

$if\left(1.1 \cdot V1 < Vrdis < 4 \cdot \frac{m}{s}, \text{"OK"}, \text{"VERIFICAR"}\right) = \text{"OK"}$

$\frac{Vrdis}{V1} > 1,1$ $\quad \frac{Vrdis}{V1} = 1.471$ $\quad$ OK

$Vrdis < 4 \cdot \frac{m}{s}$ $\quad Vrdis = 2.98 \frac{m}{s}$ $\quad$ OK

De acuerdo a lo anterior, la cañería de 6" asegura que el transporte se realice siempre por sobre un 10% de la la velocidad de sedimentación (vl). Además, no se sobrepasa la velocidad máxima de diseño de 4,0 m/s.

Determinación de las pérdidas de carga por fricción

$\mu l := 1.519 \cdot 10^{-3} \cdot Pa \cdot s$

$K1 := 2.5$

$K2 := 14.1$

$$\phi := \frac{Cvs}{100}$$

$$\boxed{\phi = 0.149}$$

$$\mu p := \mu l \cdot \left(1 + K1 \cdot \phi + K2 \cdot \phi^2\right) \qquad (4)$$

$$\boxed{\mu p = 2.563 \times 10^{-3} \cdot Pa \cdot s}$$

$\rho p := 1.42 \cdot \frac{ton}{m^3}$

$$Re1 := \frac{\rho p \cdot Vrdis \cdot Dint}{\mu p}$$ Número de Reynolds (5)

$$\boxed{Re1 = 2.308 \times 10^5}$$

$if(Re1 > 2300, \text{"Turbulento"}, \text{"Laminar"}) = \text{"Turbulento"}$

$\varepsilon := 0.06 \cdot mm$

$$ftur1 := \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot Dint} + \frac{5.74}{Re1^{0.9}}\right)\right)^2} \qquad (7)$$

$$\boxed{ftur1 = 0.018}$$

$Fsh := 1.1$

$Lc := 195 \cdot m$

$$hf := Fsh \cdot ftur1 \cdot \frac{Lc}{Dint} \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} \quad (8)$$

$$\boxed{hf = 11.387\,m}$$

Determinación de las pérdida de carga por singularidades

$Sal := 1$ Salida de la cañería (siempre K=1)

$C90RL := 0.14$ Codo 90 radio largo revestido interior goma tipo Victaulic

$$k := Sal \cdot 1 + C90RL \cdot 7$$

$$\boxed{k = 1.98}$$

$$hs := Fsh \cdot k \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} \quad (9)$$

$$\boxed{hs = 0.986\,m}$$

Determinación de la carga dinámica total (TDH)

$Elevi := 2718.28 \cdot m$

$Elevd := 2732.30 \cdot m$

$$\Delta Z := Elevd - Elevi$$

$$\boxed{\Delta Z = 14.02\,m}$$

$$TDH := \Delta Z + hf + hs \quad (10)$$

$$\boxed{TDH = 26.392\,m}$$

$Pod := 0 \cdot psi$

$$hreq := \frac{Pod}{\rho p \cdot g}$$

$$\boxed{hreq = 0}$$

$$TDHtotal := TDH + hreq$$

$$\boxed{TDHtotal = 26.392\,m}$$

Determinación de la altura positiva de succión disponible (NPSH)

$Ha := 0.5 \cdot m$

$Po := 10.52 \cdot psi$

$$Pabs := \frac{Po}{\rho p \cdot g}$$

$$\boxed{Pabs = 5.742\,m}$$

Perdida de carga por singularidades en la succión

Para la succión se considera una válvula de cuchillo totalmente abierta, una reducción excéntrica y una entrada.

$Kent := 1$ Entrada con aristas en 90°

$ksuc := 1 \cdot Kent$

$\boxed{ksuc = 1}$

$hssuc := Fsh \cdot ksuc \cdot \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g}$

$\boxed{hssuc = 0.498\,m}$

Perdida de carga por fricción viscosa en la tubería de succión (suc)

$Hf := hssuc$

$\boxed{Hf = 0.498\,m}$

$Tv := 3372 \cdot Pa$

$\gamma p := \rho p$ * Se redefine el valor

$\boxed{\gamma p = 1.288 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}}$

$$NPSHdisp := Pabs + Ha - \frac{Tv}{\gamma p \cdot g} - \frac{Vrdis^2}{2 \cdot g} - Hf \qquad (11)$$

$\boxed{NPSHdisp = 5.024\,m}$

La bomba debe tener un NPSH requerido inferior al NPSH disponible calculado.

Determinación del espesor de pared de requerido

$Fde := 0.72$

$E := 1$

$Sy := 241 \cdot 10^6 \cdot Pa$

$Sadm := Fde \cdot E \cdot Sy$ (12)

$\boxed{Sadm = 1.735 \times 10^8\,Pa}$

$Pi := TDHtotal \cdot \rho p \cdot g$

$\boxed{Pi = 3.334 \times 10^5\,Pa}$

$esch40 := 7.11 \cdot mm$

$Dext = 0.168\,m$

$\boxed{Dext = 0.168\,m}$

$Ae := 6.14 \cdot mm$

$$em := \frac{Pi \cdot Dext}{2 \cdot Sadm} + Ae \qquad (13)$$

$\boxed{em = 6.302 \cdot mm}$

if(esch40 > em ,"OK" ,"Recalcular Sch") = "OK"

$$\boxed{\frac{esch40}{em} = 1.128}$$

Factor de espuma

FVF := 1.4
η := 0.7

$$Qf := Qdis \cdot FVF \tag{14}$$

$$\boxed{Qf = 280 \cdot \frac{m^3}{hr}}$$

Determinación de las potencias

$$Peje := \frac{\rho p \cdot TDHtotal \cdot Qf \cdot g}{\eta} \tag{15}$$

$$\boxed{Peje = 37.046 \cdot kW}$$

$$\boxed{Peje = 49.679 \cdot hp}$$

FS := 1.15
ηT := 0.92

$$Pe := \frac{Peje \cdot FS}{\eta T} \tag{16}$$

$$\boxed{Pe = 46.307 \cdot kW}$$

$$\boxed{Pe = 62.099 \cdot hp}$$

Por lo anterior, la potencia eléctrica comercial se selecciona en **75 hp.**

V.- MEMORIA DE CÁLCULO CAJONES DE BOMBEO ALIMENTACIÓN A HIDROCICLONES

Cálculo de la sumergencia

$Dextboq := 457.20 \cdot mm$ Diámetro exterior cañería

$eschSTD := 9.52 \cdot mm$ Espesor de cañería comercial

$eg := 6.35 \cdot mm$ Espesor engomado interior cañería

$$Di := Dextboq - 2 \cdot eschSTD - 2 \cdot eg$$

$$\boxed{Di = 425.46 \cdot mm}$$

$Qo := 938 \cdot \frac{m^3}{hr}$

$n := 1$

$$Sm := Di + 2.3 \cdot \left(\frac{4}{\pi\sqrt{g}}\right) \cdot \left(\frac{Qo}{n \cdot Di^{1.5}}\right) \quad (18)$$

$$\boxed{Sm = 1.303\,m}$$

Determinación del volumen mínimo requerido por el cajón

$Fe := 2$

$tr := 1.5 \cdot min$

$$Vu := Qo \cdot Fe \cdot tr \quad (19)$$

$$\boxed{Vu = 46.9 \cdot m^3}$$

$Ac := 3.5 \cdot m$ Ancho del cajón

$L := 3.7 \cdot m$ Largo del cajón

$Hl := 5.6 \cdot m$ Alto del cajón

$Vrc := Ac \cdot L \cdot Hl$ Volumen del cajón

$$\boxed{Vrc = 72.52 \cdot m^3}$$

$alu := 4 \cdot m$ Altura útil del cajón

$Vuc := Ac \cdot L \cdot alu$ Volumen útil del cajón

$$\boxed{Vuc = 51.8 \cdot m^3}$$ Volumen real del cajón

Determinación de la altura de ola por sismicidad

$Zc := 0.3$

$Sf := 1.17$

$I := 1.5$

$Cce := 0.25697$

$$dmax := \frac{L}{2} \cdot Zc \cdot Sf \cdot I \cdot Cce \quad (22)$$

$$\boxed{dmax = 0.25\,m}$$

Determinación de la presión hidrostática en la pared del manto

$\rho p := 1.33 \cdot \frac{ton}{m^3}$

$H1 = 5.6\,m$

$y := \frac{H1}{2}$

$$qhy := \rho p \cdot (H1 - y) \cdot g \tag{24}$$

$$\boxed{qhy = 3.313 \times 10^4\,Pa}$$

Determinación coeficiente de masa efectiva

$ep := 10 \cdot mm$ Espesor de placa de manto predefinido

$\gamma ac := 7850 \cdot \frac{kg}{m^3}$ Densidad del acero

$$Ww := ep \cdot \gamma ac \cdot g$$

$$\boxed{Ww = 769.822\,Pa}$$

$$Cme := 0.0151 \cdot \left(\frac{L}{H1}\right)^2 - 0.1908 \cdot \left(\frac{L}{H1}\right) + 1.021 \tag{25}$$

$$\boxed{Cme = 0.902}$$

Determinaciónde la presión inercial del manto

$Rwi := 3$

$$Pwy := Zc \cdot Sf \cdot I \cdot Cce \cdot Cme \cdot \frac{Ww}{Rwi} \tag{26}$$

$$\boxed{Pwy = 31.299\,Pa}$$

Determinación de la presión impulsiva

$$Wl := \rho p \cdot g \cdot Vrc$$

$$\boxed{Wl = 8.581 \times 10^5\,N}$$

$$Wi := Wl \cdot \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H1}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H1}\right)} \tag{27}$$

$$\boxed{Wi = 7.753 \times 10^5\,N}$$

$$Pi := Zc \cdot Sf \cdot I \cdot Cce \cdot \frac{Cme \cdot Wi}{Rwi} \tag{28}$$

$$\boxed{Pi = 3.152 \times 10^4\,N}$$

$$hi := H1 \cdot \left(0.5 - 0.09375 \cdot \frac{L}{H1}\right) \tag{29}$$

$$\boxed{hi = 2.453\,m}$$

$fad := 1 \cdot m$ Factor dimensional

$$Piy := \frac{\frac{Pi}{2} \cdot \left[4H1 - 6hi - (6H1 - 12 \cdot hi) \cdot \frac{y}{H1}\right]}{fad\,H1^2} \tag{30}$$

$$\boxed{Piy = 2.814 \times 10^3\,Pa}$$

Determinación de la presión convectiva

$$Wc := Wl \cdot 0.264 \cdot \frac{L}{H1} \cdot \tanh\left[3.16\left(\frac{H1}{L}\right)\right] \tag{31}$$

$$\boxed{Wc = 1.497 \times 10^5\,N}$$

$Rwc := 2$

$$Pc := Zc \cdot Sf \cdot I \cdot Cce \cdot \frac{Cme \cdot Wc}{Rwc} \tag{32}$$

$$\boxed{Pc = 9.127 \times 10^3\,N}$$

$$hc := H1 \cdot \left(1 - \frac{\cosh\left(3.16 \cdot \frac{H1}{L}\right) - 1}{\sinh\left(3.16 \cdot \frac{H1}{L}\right)}\right) \tag{33}$$

$$\boxed{hc = 0.093\,m}$$

$$Pcy := \frac{\frac{Pc}{2} \cdot \left[4H1 - 6hc - (6H1 - 12 \cdot hc) \cdot \frac{y}{H1}\right]}{fad\,H1^2} \tag{34}$$

$$\boxed{Pcy = 814.881\,Pa}$$

Determinación de la presión hidrodinámica

$$Py := \sqrt{(Piy + Pwy)^2 + Pcy^2} \tag{35}$$

$$\boxed{Py = 2.96 \times 10^3\,Pa}$$

Determinación de la presión total

$$Pt := Py + qhy \tag{36}$$

$$\boxed{Pt = 3.609 \times 10^{4} Pa}$$

Determinación del espesor mínimo de plancha del manto

$Ly := 1.02 \cdot m$ Alto de plancha del cajón empotrada en sus cuatro extremos

$Lx := 1.17 \cdot m$ Ancho de plancha del cajón empotrada en sus cuatro extremos

$$Rl := \frac{Ly}{Lx} \tag{37}$$

$$\boxed{Rl = 0.872}$$

$mmin := 18.6$ Factor de momento mínimo Coeficientes de Placas de Stiglat Wippel para carga uniforme

$$Ct := Ly \cdot Lx \cdot \frac{Pt}{g} \quad \text{Carga total} \tag{38}$$

$$\boxed{Ct = 4.392 \times 10^{3} kg}$$

$$M := \frac{Ct}{mmin} \quad \text{Momento unitario} \tag{39}$$

$$\boxed{M = 236.126 kg}$$

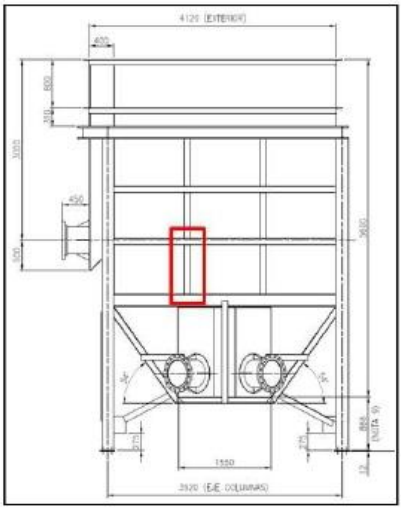
$Fy := 2530 \cdot \frac{kg}{cm^{2}}$ Esfuerzo de fluencia acero

$$emin := \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0.75 \cdot Fy}} \tag{40}$$

$$\boxed{emin = 8.641 \cdot mm}$$

Por lo tanto, se considera un espesor de plancha de **10 mm** para la fabricación del cajón.

Verificación de atiesadores (verticales conformados por un ángulo L100x100x10)



$Atriv := Lx$ Ancho tributario

$qv := Atriv \cdot \frac{Pt}{g}$ Carga distribuida

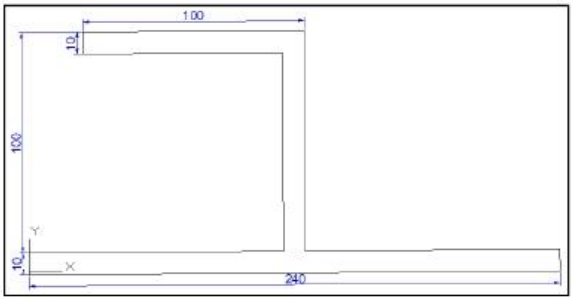
$$\boxed{qv = 4.306 \times 10^3 \frac{kg}{m}}$$

$Ley := 1.027 \cdot m$ Longitud del atiesador vertical

$$Mfv := \frac{qv \cdot Ley^2}{8} \quad (41)$$

$$\boxed{Mfv = 567.684\, m \cdot kg}$$

Conforme a Blodgett se determinan las propiedades para una sección efectiva que incluye 24 espesores de placa. Para el atiesador conformado de ángulo L100x100x10 se tiene;



$Iv := 799 \cdot cm^4$ Momento de inercia atiesador

$ycgv := 3.87 \cdot cm$ Altura centro de gravedad atiesador

$Wv := 206 \cdot cm^3$ Módulo sección atiesador

$$Wfv := \frac{Mfv}{0.6 \cdot Fy} \tag{42}$$

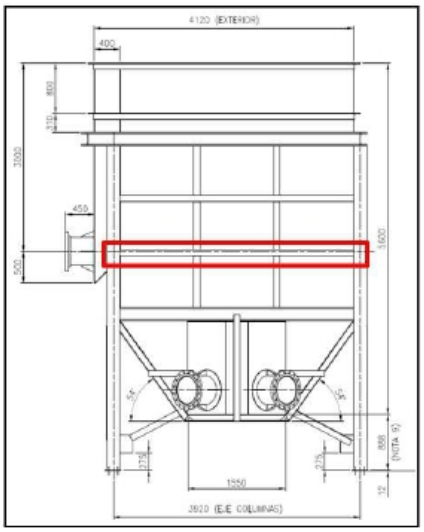
$$\boxed{Wfv = 37.397 \cdot cm^3}$$

Condición de diseño

$$\frac{Wv}{Wfv} > 1 \qquad \frac{Wv}{Wfv} = 5.508 \qquad \text{OK}$$

Para los atiesadores verticales conformados de ángulo L100x100x10, se cumple con los requerimientos de diseño dentro de los límites de los esfuerzos permisibles

Verificación de atiesadores (horizontales conformados por un ángulo L200x200x16)



$Atrih := Ly$ Ancho tributario

$qh := Atrih \cdot \frac{Pt}{g}$ Carga distribuida

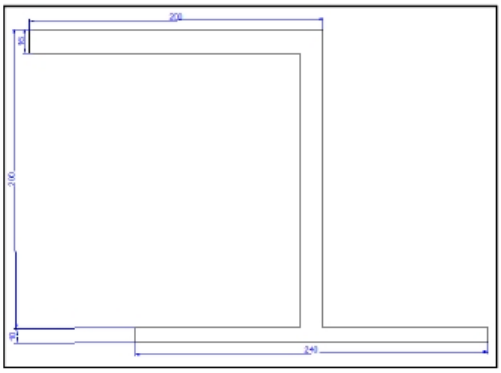
$$\boxed{qh = 3.754 \times 10^3 \frac{kg}{m}}$$

$Lex := 3.52 \cdot m$ Longitud del atisador horizontal

$$Mfh := \frac{qh \cdot Lex^2}{8}$$

$$\boxed{Mfh = 5.814 \times 10^3 \, m \cdot kg}$$

Conforme a Blodgett se determinan las propiedades para una sección efectiva que incluye 24 espesores de placa. Para el atisador conformado de ángulo L200x200x16 se tiene;



$Ih := 6224 \cdot cm^4$ Momento de inercia atiesador

$ycgh := 11.2 \cdot cm$ Altura centro de gravedad atiesador

$Wh := 555 \cdot cm^3$ Módulo sección atiesador

$$Wfh := \frac{Mfh}{0.6 \cdot Fy}$$ Módulo de sección mínimo

$$\boxed{Wfh = 382.996 \cdot cm^3}$$

Condición de diseño

$$\frac{Wh}{Wf} > 1 \qquad \frac{Wh}{Wfh} = 1.449$$ OK

Para los atiesador horizontales conformados de ángulo L200x200x16, se cumple con los requerimientos de diseño dentro de los límites de los esfuerzos permisibles

Determinación de columnas

$eplancha := 10mm$ Espesor de plancha

$\rho acero := 7850 \cdot \frac{kg}{m^3}$ Densidad del acero

$V1 := L \cdot H1 \cdot eplancha$

$V2 := Ac \cdot H1 \cdot eplancha$

$Vpared := V1 \cdot 2 + V2 \cdot 2$

$\boxed{Vpared = 0.806 \cdot m^3}$

$Wwmasa := \rho acero \cdot Vpared$

$\boxed{Wwmasa = 6.98 \cdot ton}$

$Ww1 := Wwmasa \cdot g$

$\boxed{Ww1 = 62 \cdot kN}$ Masa de los muros del cajón

$P := \frac{(Ww1 + Wl)}{g}$ Peso de la estructura a nivel basal

$\boxed{P = 103 \cdot ton}$

$Ci := 0.34$ Coeficiente sísmico impulsivo

$Cmax := Ci \cdot 0.75$

$\boxed{Cmax = 0.255}$ (43)

Determinación de las cargas

$Q0 := Cmax \cdot I \cdot P$

$\boxed{Q0 = 40 \cdot ton}$

$Hc := \frac{H1}{1.56}$

$\boxed{Hc = 3.59 \cdot m}$

$Mb := Q0 \cdot Hc$ (45)

$\boxed{Mb = 142.017 \cdot ton \cdot m}$

$N := \frac{P}{nc}$ $nc := 4$ Número de columnas (46)

$\boxed{N = 26 \cdot ton}$

$$Mc := \frac{Mb}{nc} \quad (47)$$

$$\boxed{Mc = 36 \cdot ton \cdot m}$$

$$V := \frac{Q0}{nc} \quad (48)$$

$$\boxed{V = 9.9 \cdot ton}$$

Determinación de la tensiones efectiva

$A := 181 \cdot cm^2$ Área columna, perfil de acero HEB 360

$W := 2683 \cdot cm^3$ Módulo sección, perfil de acero columna HEB 360

$$\sigma := \frac{N}{A} + \frac{Mc}{W} \quad (49)$$

$$\boxed{\sigma = 1.47 \cdot \frac{ton}{cm^2}}$$ Esfuerzo combinado en la columna

$$\sigma adm := 0.6 \cdot 2.53 \cdot \frac{ton}{cm^2}$$ $Fy = 2.53 \frac{ton}{cm^2}$ Esfuerzo fluencia acero

$$\boxed{\sigma adm = 1.518 \cdot \frac{ton}{cm^2}}$$ Tensión Admisible

La columna definida para el cálculo es una tipo HEB 360, la memoria de calculo indica que la tensión admisible es mayor a la tensión real (Esfuerzo combinado en la columna), por lo tanto, se valida la columna seleccionada por catalogo para la construcción de los cajones de alimentación a los hidrociclones.

VI.- MEMORIA DE CÁLCULO CAJÓN DISTRIBUIDOR DE CONCENTRADO
Cálculo altura interior del cajón

$Qo := 1905 \cdot \frac{m^3}{hr}$ Caudal de descarga

$Fe := 2$ Factor de espuma en cajones

$Qdes := Qo \cdot Fe$ Caudal de diseño de descarga

$Qdes = 1.058 \frac{m^3}{s}$

$Ddes := 18 \cdot in$ Diámetro exterior de las descargas

$edes := 9.52 \cdot mm$ Espesor de las descargas

$eg := 6.35 \cdot mm$ Espesor del engomado interior de las descargas

$Dides := Ddes - 2 \cdot edes - 2 \cdot eg$ Diámetro interior de las descargas

$Ades := \frac{\pi \cdot Dides^2}{4}$ Sección de descarga

$Ades = 0.142\, m^2$

$Cd := 0.61$ Coeficiente de descarga

$$Hliq3 := \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{Qdes}{3Ades \cdot Cd}\right)^2 \quad (21)$$

$Hliq3 = 0.844\, m$ Altura del líquido con tres descargas

$$Hliq2 := \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{Qdes}{2Ades \cdot Cd}\right)^2$$

$Hliq2 = 1.898\, m$ Altura del líquido con dos descargas

Determinación de la altura de ola por sismicidad

$L := 6 \cdot m$
$Zc := 0.3$
$Sf := 1.17$
$I := 1.5$
$Cce := 0.25697$

$$dmax := \frac{L}{2} \cdot Zc \cdot Sf \cdot I \cdot Cce \quad (22)$$

$dmax = 0.406\, m$

Altura mínima de diseño

$$Hdis := Hliq2 + dmax \quad (23)$$

$$\boxed{Hdis = 2.304\,m}$$

Por lo anterior la altura de diseño del cajón es de 3 [m]

Determinación del volumen mínimo requerido por el cajón

$Ac := 5 \cdot m$	Ancho del cajón
$L = 6\,m$	Largo del cajón
$H1 := 3 \cdot m$	Alto del cajón
$Vrc := Ac \cdot L \cdot H1$	Volumen del cajón

$$\boxed{Vrc = 90 \cdot m^3}$$

Determinación de la presión hidrostática en la pared del manto

$$\rho p := 1.33 \cdot \frac{ton}{m^3}$$

$$y := \frac{H1}{2}$$

$$qhy := \rho p \cdot (H1 - y) \cdot g \quad (24)$$

$$\boxed{qhy = 1.775 \times 10^4\,Pa}$$

Determinación coeficiente de masa efectiva

$ep := 10 \cdot mm$	Espesor de placa de manto predefinida
$\gamma ac := 7850 \cdot \frac{kg}{m^3}$	Densidad del acero

$$Ww := ep \cdot \gamma ac \cdot g$$

$$\boxed{Ww = 769.822\,Pa}$$

$$Cme := 0.0151 \cdot \left(\frac{L}{H1}\right)^2 - 0.1908 \cdot \left(\frac{L}{H1}\right) + 1.021 \quad (25)$$

$$\boxed{Cme = 0.7}$$

Determinaciónde la presión inercial del manto

$$Rwi := 3$$

$$Pwy := Zc \cdot Sf \cdot I \cdot Cce \cdot Cme \cdot \frac{Ww}{Rwi} \quad (26)$$

$$\boxed{Pwy = 24.295\,Pa}$$

Determinación de la presión impulsiva

$$Wl := \rho p \cdot g \cdot Vrc$$

$$\boxed{Wl = 1.065 \times 10^{6} N}$$

$$Wi := Wl \cdot \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H1}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H1}\right)} \tag{27}$$

$$\boxed{Wi = 5.775 \times 10^{5} N}$$

$$Pi := Zc \cdot Sf \cdot I \cdot Cce \cdot \frac{Cme \cdot Wi}{Rwi} \tag{28}$$

$$\boxed{Pi = 1.823 \times 10^{4} N}$$

$$hi := H1 \cdot \left(0.5 - 0.09375 \cdot \frac{L}{H1}\right) \tag{29}$$

$$\boxed{hi = 0.938 m}$$

$fad := 1 \cdot m$ Factor dimensional

$$Piy := \frac{\frac{Pi}{2} \cdot \left[4H1 - 6hi - (6H1 - 12 \cdot hi) \cdot \frac{y}{H1}\right]}{fad \cdot H1^{2}} \tag{30}$$

$$\boxed{Piy = 3.038 \times 10^{3} Pa}$$

Determinación de la presión convectiva

$$Wc := Wl \cdot 0.264 \cdot \frac{L}{H1} \cdot \tanh\left[3.16\left(\frac{H1}{L}\right)\right] \tag{31}$$

$$\boxed{Wc = 5.165 \times 10^{5} N}$$

$Rwc := 2$

$$Pc := Zc \cdot Sf \cdot I \cdot Cce \cdot \frac{Cme \cdot Wc}{Rwc} \tag{32}$$

$$\boxed{Pc = 2.445 \times 10^{4} N}$$

$$hc := H1 \cdot \left(1 - \frac{\cosh\left(3.16 \cdot \frac{H1}{L}\right) - 1}{\sinh\left(3.16 \cdot \frac{H1}{L}\right)}\right) \tag{33}$$

$$hc = 1.025\,m$$

$$Pcy := \frac{\frac{Pc}{2}\cdot\left[4H1 - 6hc - (6H1 - 12\cdot hc)\cdot\frac{y}{H1}\right]}{fad\,H1^2} \quad (34)$$

$$Pcy = 4.075 \times 10^3\,Pa$$

Determinación de la presión hidrodinámica

$$Py := \sqrt{(Piy + Pwy)^2 + Pcy^2} \quad (35)$$

$$Py = 5.097 \times 10^3\,Pa$$

Determinación de la presión total

$$Pt := Py + qhy \quad (36)$$

$$Pt = 2.285 \times 10^4\,Pa$$

Determinación del espesor mínimo de plancha del manto

$Ly := 1\cdot m$ Alto de plancha del cajón empotrada en sus cuatro extremos

$Lx := 1\cdot m$ Ancho de plancha del cajón empotrada en sus cuatro extremos

$$R1 := \frac{Ly}{Lx} \quad (37)$$

$$R1 = 1$$

$mmin := 19.4$ Factor de momento mínimo de Coeficientes de Placas de Stiglat Wippel para carga uniforme

$$Ct := Ly\cdot Lx\cdot\frac{Pt}{g}$$ Carga total (38)

$$Ct = 2.33 \times 10^3\,kg$$

$$M := \frac{Ct}{mmin}$$ Momento unitario (39)

$$M = 120.083\,kg$$

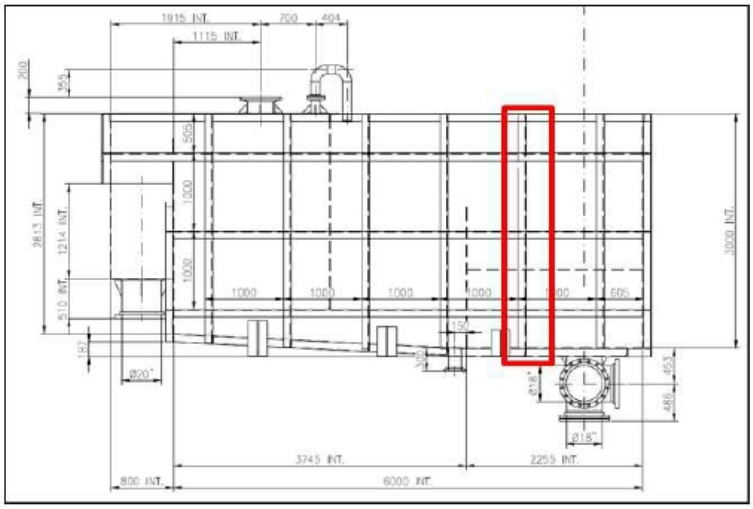
$Fy := 2530\cdot\frac{kg}{cm^2}$ Esfuerzo fluencia acero

$$emin := \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0.75 \cdot Fy}} \qquad (40)$$

$$\boxed{emin = 6.276 \cdot mm}$$

Por lo tanto, se considera un espesor de plancha de **10 mm** para la fabricación del cajón para estandarizar los diseños.

Verificación de atiesadores (verticales conformados por un ángulo L200x200x16)



$Atriv := Lx$ Ancho tributario

$$qv := Atriv \cdot \frac{Pt}{g}$$ Carga distribuida

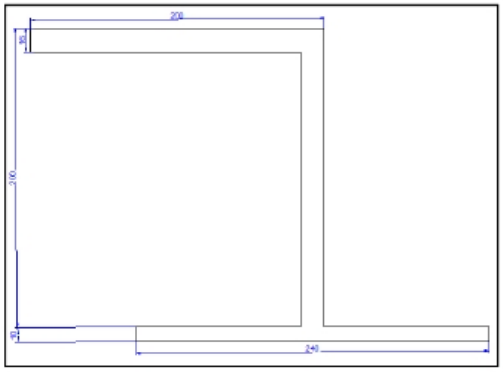
$$\boxed{qv = 2.33 \times 10^3 \frac{kg}{m}}$$

$Ley := 3 \cdot m$ Longitud del atiesador vertical

$$Mfv := \frac{qv \cdot Ley^2}{8} \qquad (41)$$

$$\boxed{Mfv = 2.621 \times 10^3 \, m \cdot kg}$$

Conforme a Blodgett se determinan las propiedades para una sección efectiva que incluye 24 espesores de placa. Para el atiesador conformado de ángulo L200x200x16 se tiene;



$Iv := 6224 \cdot cm^4$ Momento de inercia atiesador

$ycgv := 11.2 \cdot cm$ Altura centro de gravedad atiesador

$Wv := 555 \cdot cm^3$ Módulo sección atiesador

$$Wfv := \frac{Mfv}{0.6 \cdot Fy} \tag{42}$$

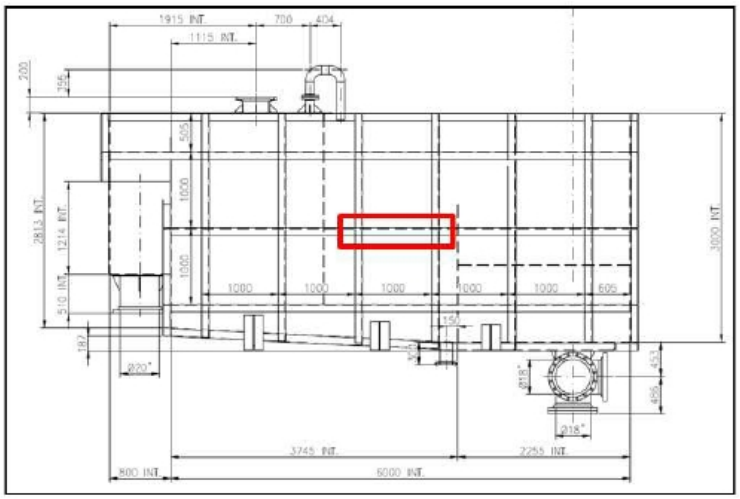
$$\boxed{Wfv = 172.649 \cdot cm^3}$$

Condición de diseño

$$\frac{Wv}{Wfv} > 1 \qquad \frac{Wv}{Wfv} = 3.215 \qquad \text{OK}$$

Para los atiesadores verticales conformados de ángulo L200x200x16, se cumple con los requerimientos de diseño dentro de los límites de los esfuerzos permisibles

Verificación de atiesadores (horizontales conformados por un ángulo L100x100x10



$Atrih := Ly$ Ancho tributario

$qh := Atrih \cdot \frac{Pt}{g}$ Carga distribuida

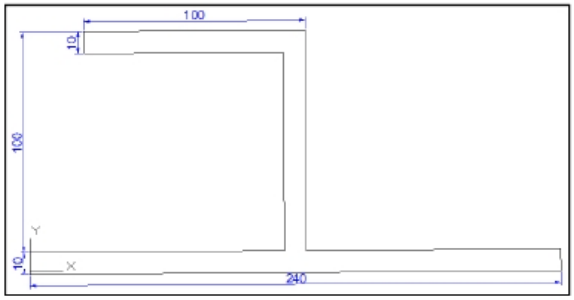
$\boxed{qh = 2.33 \times 10^{3} \frac{kg}{m}}$

$Lex := 1 \cdot m$ Longitud del atiesador horizontal

$Mfh := \frac{qh \cdot Lex^{2}}{8}$

$\boxed{Mfh = 291.202\ m \cdot kg}$

Conforme a Blodgett se determinan las propiedades para una sección efectiva que incluye 24 espesores de placa. Para el atiesador conformado de ángulo L200x200x16 se tiene;



$Ih := 799 \cdot cm^4$ Momento de inercia atiesador

$ycgh := 3.87 \cdot cm$ Altura centro de gravedad atiesador

$Wh := 206 \cdot cm^3$ Módulo sección atiesador

$$Wfh := \frac{Mfh}{0.6 \cdot Fy}$$ Módulo de sección mínimo

$$\boxed{Wfh = 19.183 \cdot cm^3}$$

Condición de diseño

$$\frac{Wh}{Wf} > 1 \qquad \frac{Wh}{Wfh} = 10.739$$ OK

Para los atiesadores horizontales conformados de ángulo L100x100x10, se cumple con los requerimientos de diseño dentro de los límites de los esfuerzos permisibles

Nota: El diseño del cajón distribuidor de concentrado no contempla columnas soportantes, por lo tanto, no requiere calculo de vigas.

VII. Hojas de datos bombas centrifugas

BOMBAS ALIMENTACIÓN BATERÍA DE HIDROCICLONES

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)	OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)
1.0	**CARACTERÍSTICAS GENERALES**			
1.1	Nombre del proveedor	-		**A Especificar**
1.2	Nombre del fabricante	-		**A Especificar**
1.3	Procedencia	-		**A Especificar**
1.4	Modelo	-		**A Especificar**
1.5	Plazo de entrega	Semanas		**A Especificar**
1.6	Lugar de entrega	-	Chuquicamata	
2.0	**CONDICIONES DE SITIO**			
2.1	Elevación	m.s.n.m.	2.750	
2.2	Temperatura máxima	ºC	30	
2.3	Temperatura mínima	ºC	-5	
2.4	Humedad promedio	%	23 - 42	
2.5	Radiación solar	kW / m^2	450	
2.6	Precipitación anual	mm/a	37	
2.7	Velocidad del viento (máx. reg. en la zona)	km / h	162	
2.8	Sismicidad según Norma NCh 2369	Zona	2	
2.9	Sismicidad según Norma UBC CD7 Codelco	Zona	III	
2.10	Ambiente	-	Sucio y polvoriento, algunas zonas con gases y vapores corrosivos.	
3.0	**CARACTERÍSTICAS GENERALES**			
3.1	**Datos del Equipo**			
3.1.1	TAG N°	-	4300-PP-105@110	
3.1.2	Tipo	-	Centrífuga Horizontal	
3.1.3	Cantidad	un	6	

3.1.4	Configuración	-	Tres grupos 1+1	
ÍTEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)**	**OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)**
3.1.5	Servicio	-	Continuo	
3.2	**Características del Fluido**			
3.2.1	Fluido	-	Pulpa de Concentrado	
3.2.2	Concentración de sólidos en peso Cp	%	33	
3.2.3	Densidad del fluido	t/m^3	1,33	
3.2.4	Densidad del sólido	t/m^3	3,8	
3.2.5	Viscosidad dinámica de diseño	Pa s	2,25E-03	
3.2.6	Granulometría d50	µm	83	
3.2.7	Factor de espuma	-	1,4	
3.3	**Operación**			
3.3.1	Horas por día	h	24	
3.3.2	Días por año	días	365	
3.3.3	Número de partidas por hora	-	4	
3.3.4	Opera con variador de frecuencia	-	Si	
3.4	**Capacidad y Características de la Bomba**			
3.4.1	Caudal mínimo	m^3/h	644	
3.4.2	Caudal instantáneo	m^3/h	824	
3.4.3	Caudal máximo	m^3/h	954	
3.4.4	TDH con caudal 644 m^3/h	mcf	24,5	
3.4.5	TDH con caudal 824 m^3/h	mcf	25,3	
3.4.6	TDH con caudal 954 m^3/h	mcf	26,1	
3.4.7	Velocidad Máxima periférica del Rodete	m/s	28	
3.4.8	NPSHR	mcf		**A Especificar**
3.4.9	Eficiencia mínima de la bomba	%	70	
3.4.10	Potencia en el eje de la bomba	kW	179,5	
3.4.11	Requerimiento de agua de sello	m^3/h		**A Especificar**
3.4.12	Presión de inyección de agua de sello	kPa		**A Especificar**
3.5	**Materiales de Construcción**			
3.5.1	Carcasa: material, dureza, espesor	-		**A Especificar**
3.5.2	Revestimiento carcaza: material, espesor	-		**A Especificar**

3.5.3	Material de la succión	-		**A Especificar**
ÍTEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)**	**OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)**
3.5.4	Revestimiento succión: material, espesor, dureza	-		**A Especificar**
3.5.5	Material del impulsor	-		**A Especificar**
3.5.6	Revestimiento impulsor: material, espesor, dureza	-		**A Especificar**
3.5.7	Sellos y empaquetaduras	-		**A Especificar**
3.5.8	Placa soporte motor	-		**A Especificar**
3.5.9	Eje	-		**A Especificar**
3.5.10	Camisa del eje	-		**A Especificar**
3.6	**Construcción**			
3.6.1	Tipo de impulsor (Abierto / Cerrado)	-		**A Especificar**
3.6.2	Norma de los flange	-	ASME B16.5	
3.6.3	Cara de los flanges	-	Flat face	
3.6.4	Clase de los flanges	-	150	
3.6.5	Diámetro del flange de succión	-		**A Especificar**
3.6.6	Diámetro del flange de descarga	-		**A Especificar**
3.6.7	Diámetro del Impulsor	mm		**A Especificar**
3.7	**Transmisión Motor - Bomba**			
3.7.1	Tipo (Reductor / Poleas)	-		**A Especificar**
3.7.1	Relación de reducción	-		**A Especificar**
3.7.2	Distancia entre centros	mm		**A Especificar**
3.7.3	Nº de correas	un		**A Especificar**
3.7.4	Diámetro de polea del motor	mm		**A Especificar**
3.7.5	Diámetro de polea de la bomba	mm		**A Especificar**
3.8	**Peso del equipo**			
3.8.1	Peso del motor	-		**A Especificar**
3.8.2	Peso del reductor	-		**A Especificar**
3.8.3	Peso de la bomba	-		**A Especificar**
3.8.4	Peso del conjunto	-		**A Especificar**

BOMBAS IMPULSIÓN PRODUCTO REMOLIENDA

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)	OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)
1.0	**CARACTERÍSTICAS GENERALES**			
1.1	Nombre del proveedor	-		**A Especificar**
1.2	Nombre del fabricante	-		**A Especificar**
1.3	Procedencia	-		**A Especificar**
1.4	Modelo	-		**A Especificar**
1.5	Plazo de entrega	Semanas		**A Especificar**
1.6	Lugar de entrega	-	Chuquicamata	
2.0	**CONDICIONES DE SITIO**			
2.1	Elevación	m.s.n.m.	2.750	
2.2	Temperatura máxima	ºC	30	
2.3	Temperatura mínima	ºC	-5	
2.4	Humedad promedio	%	23 - 42	
2.5	Radiación solar	kW / m^2	450	
2.6	Precipitación anual	mm/a	37	
2.7	Velocidad del viento (máx. reg. en la zona)	km / h	162	
2.8	Sismicidad según Norma NCh 2369	Zona	2	
2.9	Sismicidad según Norma UBC CD7 Codelco	Zona	III	
2.10	Ambiente	-	Sucio y polvoriento, algunas zonas con gases y vapores corrosivos.	
3.0	**CARACTERÍSTICAS GENERALES**			
3.1	**Datos del Equipo**			
3.1.1	TAG N°	-	4300-PP-111/112 /117	
3.1.2	Tipo	-	Centrífuga Horizontal	
3.1.3	Cantidad	un	3	
3.1.4	Configuración	-	2+1	
3.1.5	Servicio	-	Continuo	

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)	OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)
3.2	**Características del Fluido**			
3.2.1	Fluido	-	Pulpa de Concentrado	
3.2.2	Concentración de sólidos en peso Cp	%	20	
3.2.3	Densidad del fluido	t/m^3	1,17	
3.2.4	Densidad del sólido	t/m^3	3,8	
3.2.5	Viscosidad dinámica de diseño	Pa s	1,83E-03	
3.2.6	Granulometría d50	µm	40	
3.2.7	Factor de espuma	-	1,4	
3.3	**Operación**			
3.3.1	Horas por día	h	24	
3.3.2	Días por año	días	365	
3.3.3	Número de partidas por hora	-	4	
3.3.4	Opera con variador de frecuencia	-	Si	
3.4	**Capacidad y Características de la Bomba**			
3.4.1	Caudal mínimo	m^3/h	724	
3.4.2	Caudal instantáneo	m^3/h	929	
3.4.3	Caudal máximo	m^3/h	1.068	
3.4.4	TDH con caudal 724 m^3/h	mcf	14,5	
3.4.5	TDH con caudal 929 m^3/h	mcf	16,7	
3.4.6	TDH con caudal 1.068 m^3/h	mcf	18,5	
3.4.7	Velocidad Máxima periférica del Rodete	m/s	28	
3.4.8	NPSHR	mcf		**A Especificar**
3.4.9	Eficiencia mínima de la bomba	%	70	
3.4.10	Potencia en el eje de la bomba	kW	125,7	
3.4.11	Requerimiento de agua de sello	m^3/h		**A Especificar**
3.4.12	Presión de inyección de agua de sello	kPa		**A Especificar**
3.5	**Materiales de Construcción**			
3.5.1	Carcasa: material, dureza, espesor	-		**A Especificar**
3.5.2	Revestimiento carcaza: material, espesor	-		**A Especificar**
3.5.3	Material de la succión	-		**A Especificar**
3.5.4	Revestimiento succión: material, espesor, dureza	-		**A Especificar**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)	OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)
3.5.5	Material del impulsor	-		**A Especificar**
3.5.6	Revestimiento impulsor: material, espesor, dureza	-		**A Especificar**
3.5.7	Sellos y empaquetaduras	-		**A Especificar**
3.5.8	Placa soporte motor	-		**A Especificar**
3.5.9	Eje	-		**A Especificar**
3.5.10	Camisa del eje	-		**A Especificar**
3.6	**Construcción**			
3.6.1	Tipo de impulsor (Abierto / Cerrado)	-		**A Especificar**
3.6.2	Norma de los flange	-	ASME B16.5	
3.6.3	Cara de los flanges	-	Flat face	
3.6.4	Clase de los flanges	-	150	
3.6.5	Diámetro del flange de succión	-		**A Especificar**
3.6.6	Diámetro del flange de descarga	-		**A Especificar**
3.6.7	Diámetro del Impulsor	mm		**A Especificar**
3.7	**Transmisión Motor - Bomba**			
3.7.1	Tipo (Reductor / Poleas)	-		**A Especificar**
3.7.1	Relación de reducción	-		**A Especificar**
3.7.2	Distancia entre centros	mm		**A Especificar**
3.7.3	Nº de correas	un		**A Especificar**
3.7.4	Diámetro de polea del motor	mm		**A Especificar**
3.7.5	Diámetro de polea de la bomba	mm		**A Especificar**
3.8	**Peso del equipo**			
3.8.1	Peso del motor	-		**A Especificar**
3.8.2	Peso del reductor	-		**A Especificar**
3.8.3	Peso de la bomba	-		**A Especificar**
3.8.4	Peso del conjunto	-		**A Especificar**

BOMBA VERTICAL DE POZO HACIA PISCINA DE EMERGENCIA

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)	OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)
1.0	**CARACTERÍSTICAS GENERALES**			
1.1	Nombre del proveedor	-		**A Especificar**
1.2	Nombre del fabricante	-		**A Especificar**
1.3	Procedencia	-		**A Especificar**
1.4	Modelo	-		**A Especificar**
1.5	Plazo de entrega	Semanas		**A Especificar**
1.6	Lugar de entrega	-	Chuquicamata	
2.0	**CONDICIONES DE SITIO**			
2.1	Elevación	m.s.n.m.	2.750	
2.2	Temperatura máxima	ºC	30	
2.3	Temperatura mínima	ºC	-5	
2.4	Humedad promedio	%	23 - 42	
2.5	Radiación solar	kW / m^2	450	
2.6	Precipitación anual	mm/a	37	
2.7	Velocidad. del viento (máx. reg. en la zona)	km / h	162	
2.8	Sismicidad según Norma NCh 2369	Zona	2	
2.8	Sismicidad según Norma UBC o CD7 Codelco	Zona	III	
2.10	Ambiente	-	Sucio y polvoriento, algunas zonas con gases y vapores corrosivos.	
3.0	**CARACTERÍSTICAS GENERALES**			
3.1	**Datos del Equipo**			
3.1.1	TAG N°	-	4300-PP-118	
3.1.2	Tipo	-	Centrífuga Vertical	
3.1.3	Cantidad	un	1	
3.1.4	Configuración	-	1 + 0	

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)	OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)
3.1.5	Aplicación	-	Drenaje	
3.2	**Características del Fluido**			
3.2.1	Fluido	-	Derrames de Pulpas	
3.2.2	Concentración de sólidos en peso Cp	% p/p	40	
3.2.3	Densidad del fluido	t/m^3	1,42	
3.2.4	Densidad del sólido	t/m^3	3,8	
3.2.5	Viscosidad dinámica de diseño	Pa s	2,56E-03	
3.2.6	Granulometría d50	µm	131	
3.2.7	Factor de espuma	-	1,4	
3.3	**Operación**			
3.3.1	Horas por día	h	24	
3.3.2	Días por año	días	365	
3.3.3	Número de partidas por hora	-	4	
3.3.4	Opera con variador de frecuencia	-	No	
3.4	**Capacidad y Características de la Bomba**			
3.4.1	Caudal mínimo	m^3/h	200	
3.4.2	Caudal instantáneo	m^3/h	200	
3.4.3	Caudal de diseño	m^3/h	200	
3.4.4	TDH con caudal mínimo	mcf	26,2	
3.4.5	TDH con caudal instantáneo	mcf	26,2	
3.4.6	TDH con caudal de diseño	mcf	26,2	
3.4.7	Velocidad máxima periférica del rodete	m/s	28	
3.4.8	NPSHR	mcf		**A Especificar**
3.4.9	Eficiencia mínima de la bomba	%	70	
3.4.10	Potencia en el eje de la bomba	kW	40,6	
3.4.11	Requerimiento de agua de sello	m^3/h	N/A	
3.4.12	Presión de inyección de agua de sello	kPa	N/A	
3.5	**Materiales de Construcción**			
3.5.1	Carcasa: material, dureza, espesor	-		**A Especificar**
3.5.2	Revestimiento carcaza: material, espesor	-		**A Especificar**
3.5.3	Material de la succión	-		**A Especificar**

3.5.4	Revestimiento succión: material, espesor, dureza	-		**A Especificar**
ÍTEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)**	**OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)**
3.5.5	Material del impulsor	-		**A Especificar**
3.5.6	Revestimiento impulsor: material, espesor, dureza	-		**A Especificar**
3.5.7	Sellos y empaquetaduras	-		**A Especificar**
3.5.8	Placa soporte motor	-		**A Especificar**
3.5.9	Eje	-		**A Especificar**
3.5.10	Camisa del eje	-		**A Especificar**
3.6	**Construcción**			
3.6.1	Tipo de impulsor (Abierto / Cerrado)	-		**A Especificar**
3.6.2	Norma de flange	-	ASME B16.5	
3.6.3	Cara del flange	-	Flat face	
3.6.4	Clase del flange	-	150	
3.6.5	Diámetro del flange de succión	-	N/A	
3.6.6	Diámetro del flange de descarga	-		**A Especificar**
3.6.7	Diámetro del impulsor	mm		**A Especificar**
3.6.8	Longitud mínima del cantiléver	mm	1.500	
3.7	**Transmisión Motor - Bomba**			
3.7.1	Tipo	-	Poleas	
3.7.1	Relación de reducción	-		**A Especificar**
3.7.2	Distancia entre centros	mm		**A Especificar**
3.7.3	Nº de correas	un		**A Especificar**
3.7.4	Diámetro de polea del motor	mm		**A Especificar**
3.7.5	Diámetro de polea de la bomba	mm		**A Especificar**
3.8	**Peso del equipo**			
3.8.1	Peso del motor	-		**A Especificar**
3.8.2	Peso del reductor	-	N/A	
3.8.3	Peso de la bomba	-		**A Especificar**
3.8.4	Peso del conjunto	-		**A Especificar**

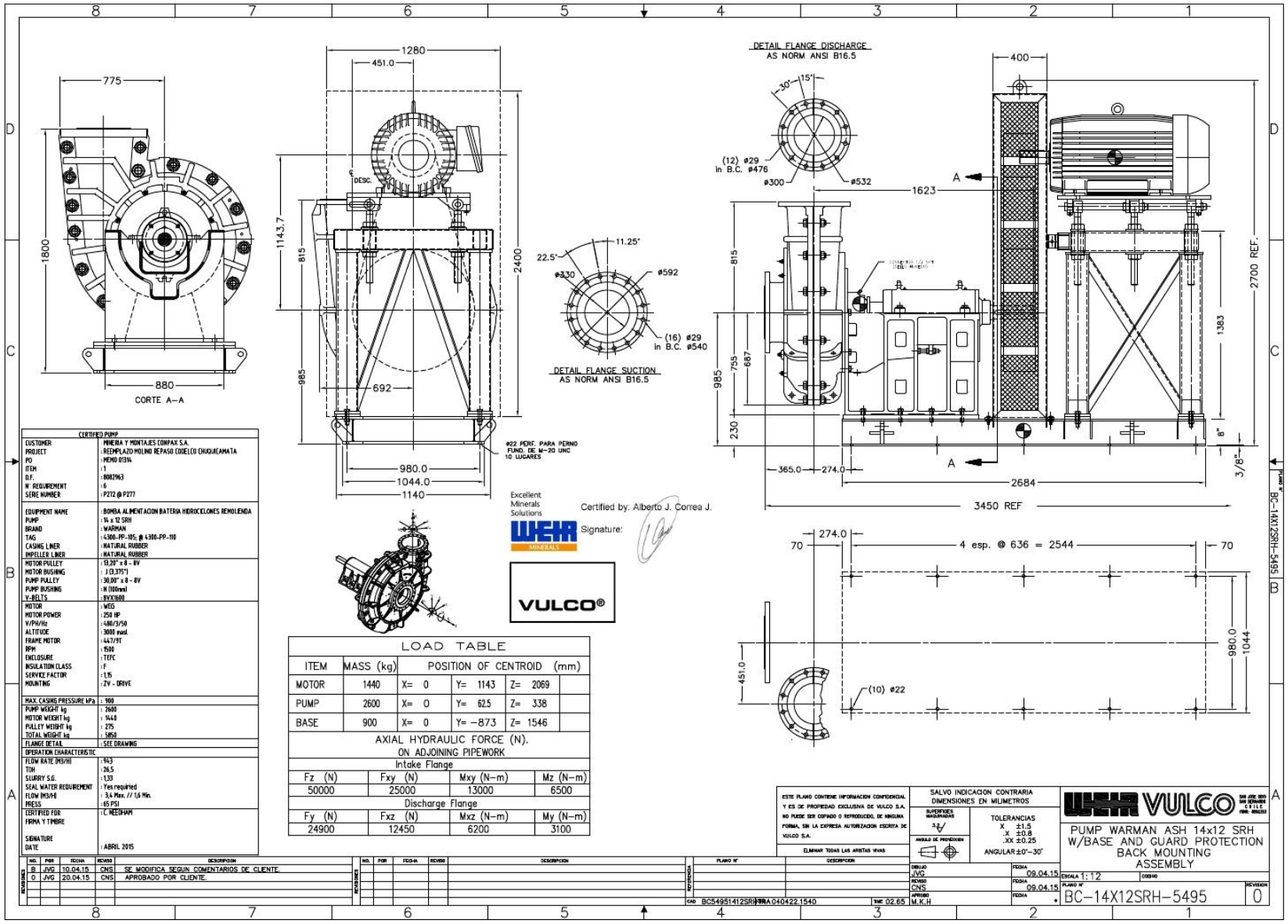
BOMBA VERTICAL DE POZO HACIA CAJÓN DISTRIBUIDOR

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)	OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)
1.0	**CARACTERÍSTICAS GENERALES**			
1.1	Nombre del proveedor	-		**A Especificar**
1.2	Nombre del fabricante	-		**A Especificar**
1.3	Procedencia	-		**A Especificar**
1.4	Modelo	-		**A Especificar**
1.5	Plazo de entrega	Semanas		**A Especificar**
1.6	Lugar de entrega	-	Chuquicamata	
2.0	**CONDICIONES DE SITIO**			
2.1	Elevación	m.s.n.m.	2.750	
2.2	Temperatura máxima	ºC	30	
2.3	Temperatura mínima	ºC	-5	
2.4	Humedad promedio	%	23 - 42	
2.5	Radiación solar	kW / m^2	450	
2.6	Precipitación anual	mm/a	37	
2.7	Velocidad del viento (máx. reg. en la zona)	km / h	162	
2.8	Sismicidad según Norma NCh 2369	Zona	2	
2.8	Sismicidad según Norma UBC o CD7 Codelco	Zona	III	
2.10	Ambiente	-	Sucio y polvoriento, algunas zonas con gases y vapores corrosivos.	
3.0	**CARACTERÍSTICAS GENERALES**			
3.1	**Datos del Equipo**			
3.1.1	TAG N°	-	4300-PP-113	
3.1.2	Tipo	-	Centrífuga Vertical	
3.1.3	Cantidad	un	1	
3.1.4	Configuración	-	1 + 0	
3.1.5	Aplicación	-	Drenaje	

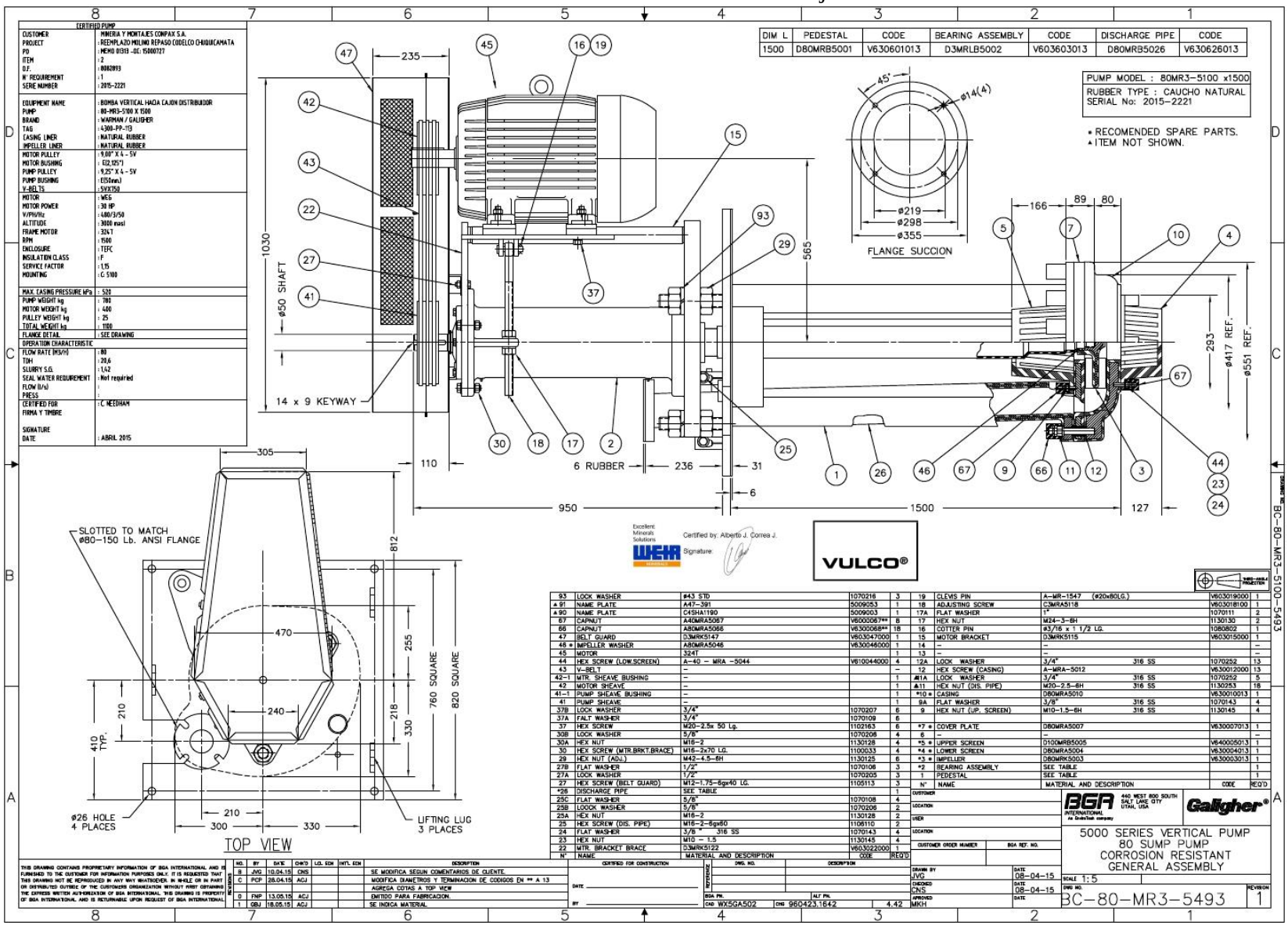
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)	OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)
3.2	**Características del Fluido**			
3.2.1	Fluido	-	Derrames de Pulpas	
3.2.2	Concentración de sólidos en peso Cp	% p/p	40	
3.2.3	Densidad del fluido	t/m^3	1,42	
3.2.4	Densidad del sólido	t/m^3	3,8	
3.2.5	Viscosidad dinámica de diseño	Pa s	2,56E-03	
3.2.6	Granulometría d50	Mm	131	
3.2.7	Factor de espuma	-	1,4	
3.3	**Operación**			
3.3.1	Horas por día	H	24	
3.3.2	Días por año	Días	365	
3.3.3	Número de partidas por hora	-	4	
3.3.4	Opera con variador de frecuencia	-	No	
3.4	**Capacidad y Características de la Bomba**			
3.4.1	Caudal mínimo	m^3/h	80	
3.4.2	Caudal instantáneo	m^3/h	80	
3.4.3	Caudal de diseño	m^3/h	80	
3.4.4	TDH con caudal mínimo	Mcf	21,6	
3.4.5	TDH con caudal instantáneo	Mcf	21,6	
3.4.6	TDH con caudal de diseño	Mcf	21,6	
3.4.7	Velocidad máxima periférica del rodete	m/s	28	
3.4.8	NPSHR	Mcf		**A Especificar**
3.4.9	Eficiencia mínima de la bomba	%	70	
3.4.10	Potencia en el eje de la bomba	kW	13,4	
3.4.11	Requerimiento de agua de sello	m^3/h	N/A	
3.4.12	Presión de inyección de agua de sello	kPa	N/A	
3.5	**Materiales de Construcción**			
3.5.1	Carcasa: material, dureza, espesor	-		**A Especificar**
3.5.2	Revestimiento carcaza: material, espesor	-		**A Especificar**
3.5.3	Material de la succión	-		**A Especificar**
3.5.4	Revestimiento succión: material, espesor, dureza	-		**A Especificar**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO (Valores / Parámetros)	OFRECIDO (A llenar por el Proveedor)
3.5.5	Material del impulsor	-		**A Especificar**
3.5.6	Revestimiento impulsor: material, espesor, dureza	-		**A Especificar**
3.5.7	Sellos y empaquetaduras	-		**A Especificar**
3.5.8	Placa soporte motor	-		**A Especificar**
3.5.9	Eje	-		**A Especificar**
3.5.10	Camisa del eje	-		**A Especificar**
3.6	**Construcción**			
3.6.1	Tipo de impulsor (Abierto / Cerrado)	-		**A Especificar**
3.6.2	Norma de flange	-	ASME B16.5	
3.6.3	Cara del flange	-	Flat face	
3.6.4	Clase del flange	-	150	
3.6.5	Diámetro del flange de succión	-	N/A	
3.6.6	Diámetro del flange de descarga	-		**A Especificar**
3.6.7	Diámetro del impulsor	Mm		**A Especificar**
3.6.8	Longitud mínima del cantilever	Mm	1.500	
3.7	**Transmisión Motor - Bomba**			
3.7.1	Tipo	-	Poleas	
3.7.1	Relación de reducción	-		**A Especificar**
3.7.2	Distancia entre centros	Mm		**A Especificar**
3.7.3	Nº de correas	Un		**A Especificar**
3.7.4	Diámetro de polea del motor	Mm		**A Especificar**
3.7.5	Diámetro de polea de la bomba	Mm		**A Especificar**
3.8	**Peso del equipo**			
3.8.1	Peso del motor	-		**A Especificar**
3.8.2	Peso del reductor	-	N/A	
3.8.3	Peso de la bomba	-		**A Especificar**
3.8.4	Peso del conjunto	-		**A Especificar**

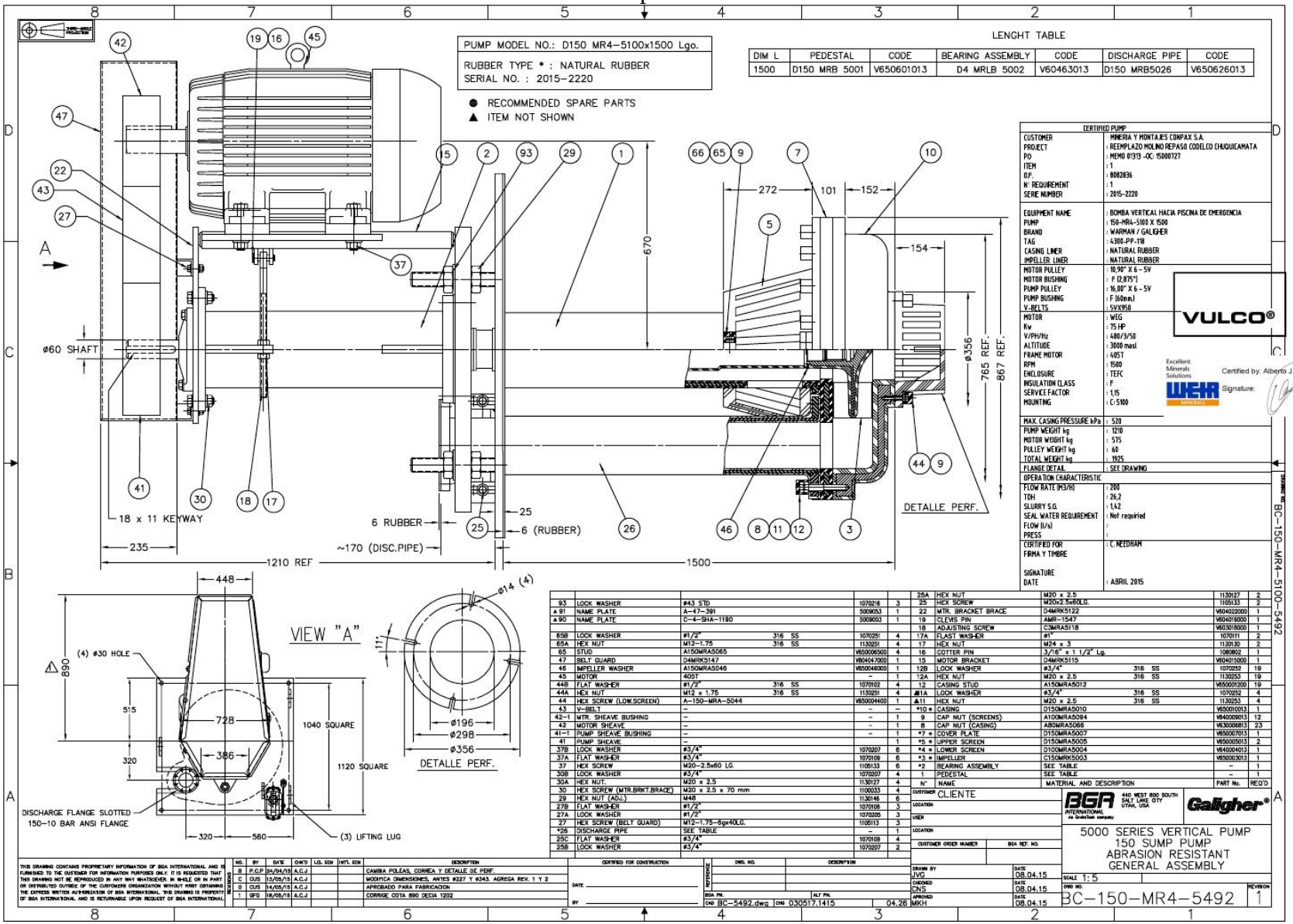
VIII. Plano bombas de alimentación a hidrociclones TAG N° 4300-PP-105@110



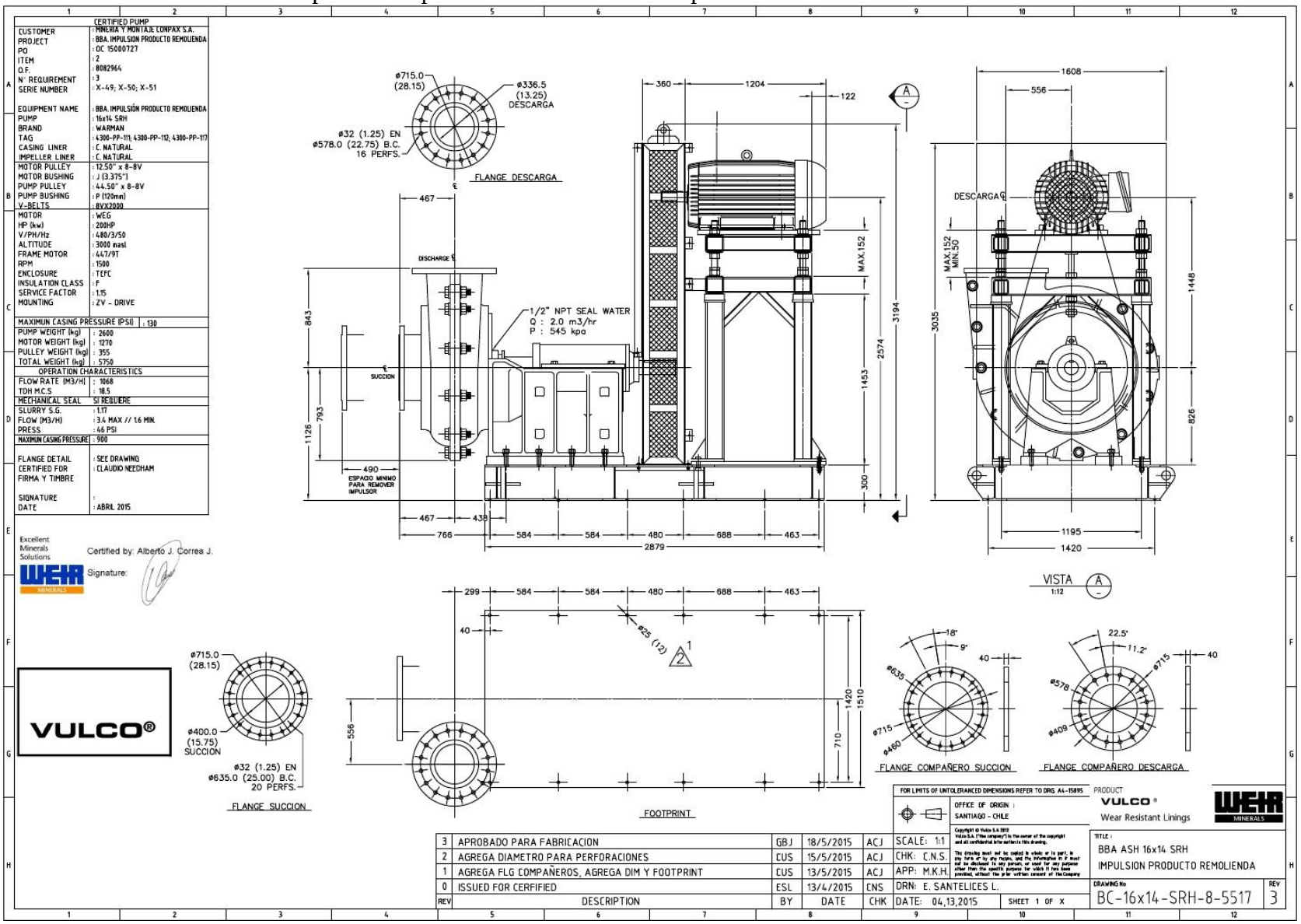
IX. Plano bomba vertical TAG N° 4300-PP-113 retorno de concentrado a cajón distribuidor



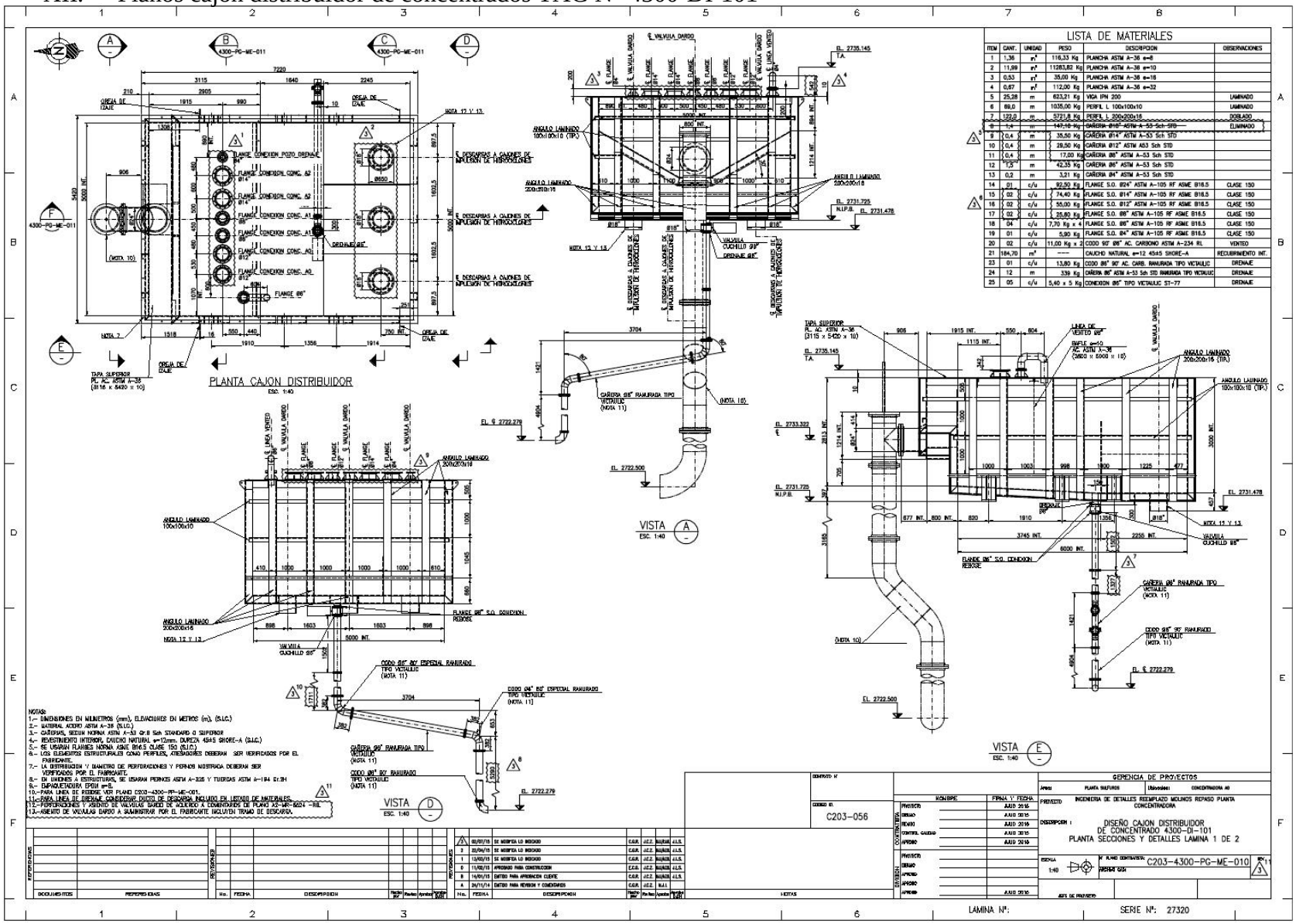
X. Plano bomba vertical TAG N° 4300-PP-118 retorno a piscina de concentrados

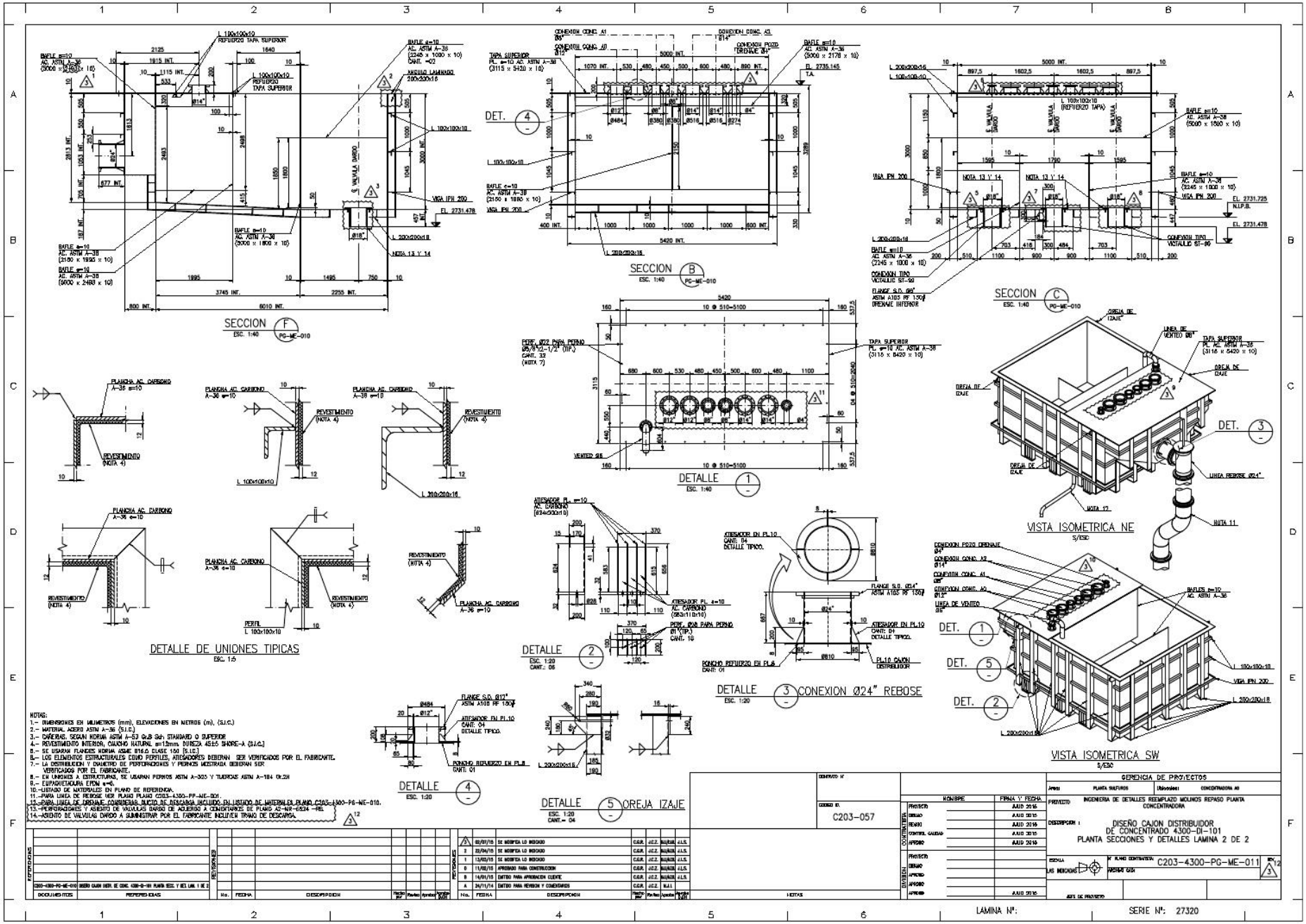


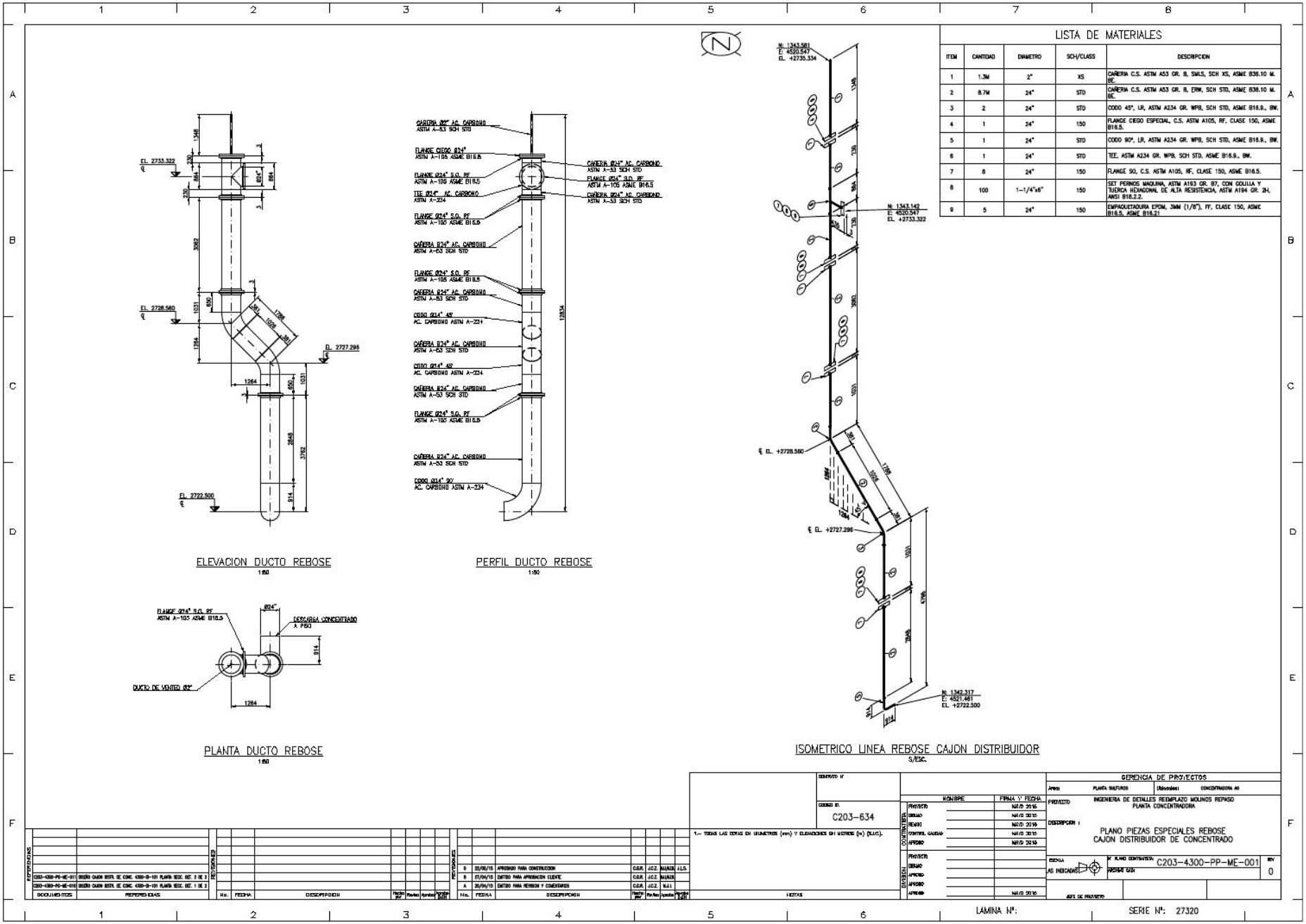
XI. Plano bombas de impulsión de producto a flotación de limpieza TAG N° 4300-PP-111/112/117



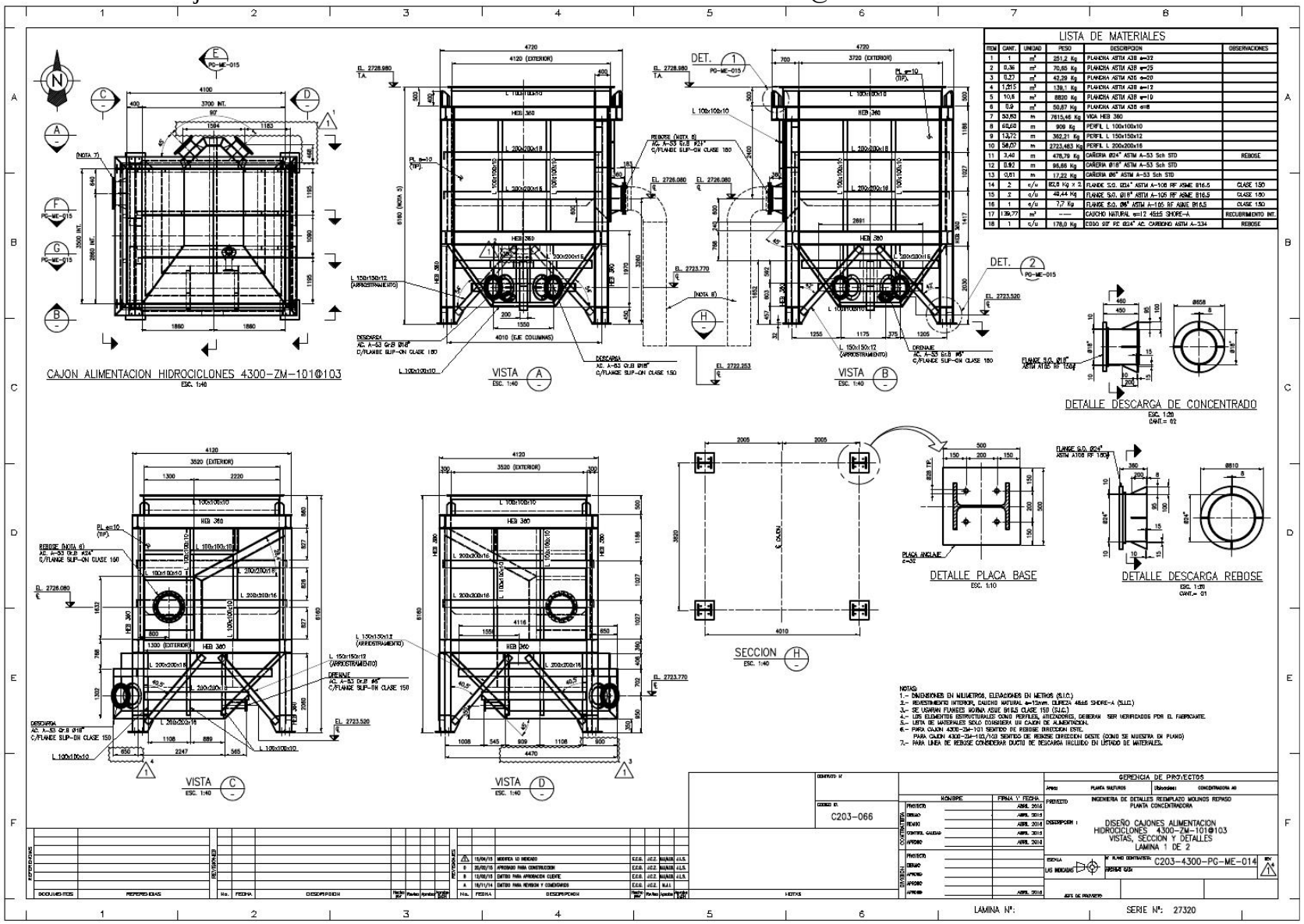
XII. Planos cajón distribuidor de concentrados TAG N° 4300-DI-101

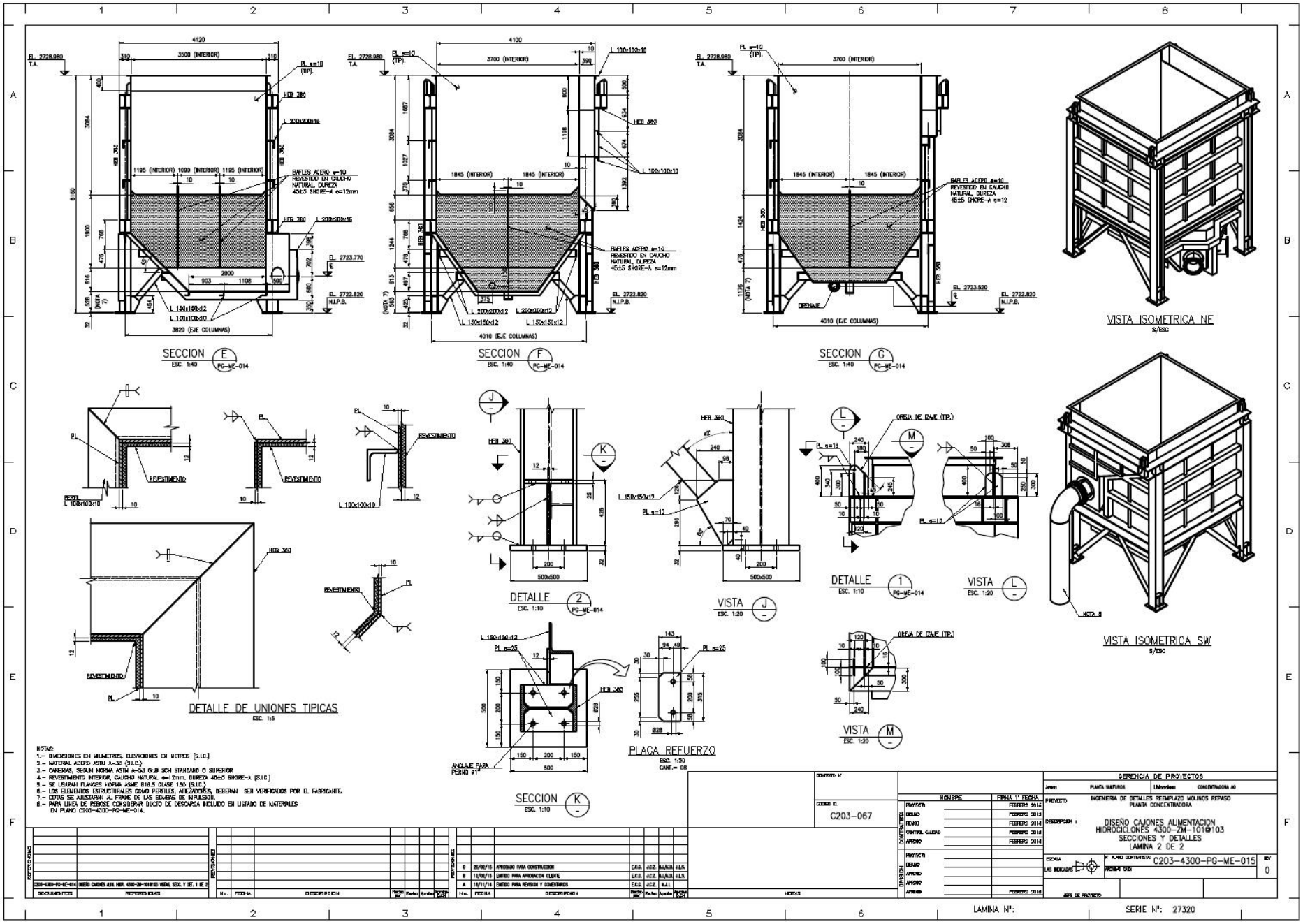



SECCION F
SECCION B
SECCION C
DETALLE
DETALLE DE UNIONES TIPICAS
DETALLE 2
DETALLE 3 CONEXION Ø24" REBOSE
DETALLE 4
DETALLE 5 OREJA IZAJE
VISTA ISOMETRICA NE
VISTA ISOMETRICA SW
NOTAS:
1.- DIMENSIONES EN MILIMETROS (mm), ELEVACIONES EN METROS (m), (S.I.C.)
2.- MATERIAL ACERO ASTM A-36 (S.I.C.)
3.- CAÑERIAS, SEGUN NORMA ASTM A-53 GrB Sch STANDARD O SUPERIOR
4.- REVESTIMIENTO INTERIOR, CAUCHO NATURAL e=12mm DUREZA 45±5 SHORE-A (S.I.C.)
5.- SE USARAN PLANCHAS NORMA ASME B16.5 CLASE 150 (S.I.C.)
6.- LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES COMO PERFILES, ATIESADORES DEBERAN SER VERIFICADOS POR EL FABRICANTE.
7.- LA DISTRIBUCION Y DIAMETRO DE PERFORACIONES Y PERNOS MOSTRADA DEBERAN SER VERIFICADOS POR EL FABRICANTE.
8.- EN UNIONES A ESTRUCTURAS, SE USARAN PERNOS ASTM A-325 Y TUERCAS ASTM A-194 Gr.2H
9.- EPAXIDIETAQUIRA EPON e=4S.
10.-LISTADO DE MATERIALES EN PLANO DE REFERENCIA.
11.-PARA LINEA DE REBOSE VER PLANO PLANO C203-4300-PP-ME-001.
12.-PARA LINEA DE DRENAJE CONSIDERAR BUCKLE DE RASCADA INCLUIDO EN LISTADO DE MATERIALES PLANO C203-4300-PG-ME-010.
13.-PERFORACIONES Y ASIENTO DE VALVULAS DAROO DE ACUERDO A CONSTRATARCE DE PLANO A2-MR-6034 -RB.
14.-ASIENTO DE VALVULAS DAROO A SUMINISTRAR POR EL FABRICANTE INCLUYEN TIRADO DE DESCARGA.
C203-057
GERENCIA DE PROYECTOS
INGENIERIA DE DETALLES REEMPLAZO MOLINOS REPASO PLANTA CONCENTRADORA
DISEÑO CAJON DISTRIBUIDOR DE CONCENTRADO 4300-DI-101 PLANTA SECCIONES Y DETALLES LAMINA 2 DE 2
C203-4300-PG-ME-011
LAMINA Nº:
SERIE Nº: 27320

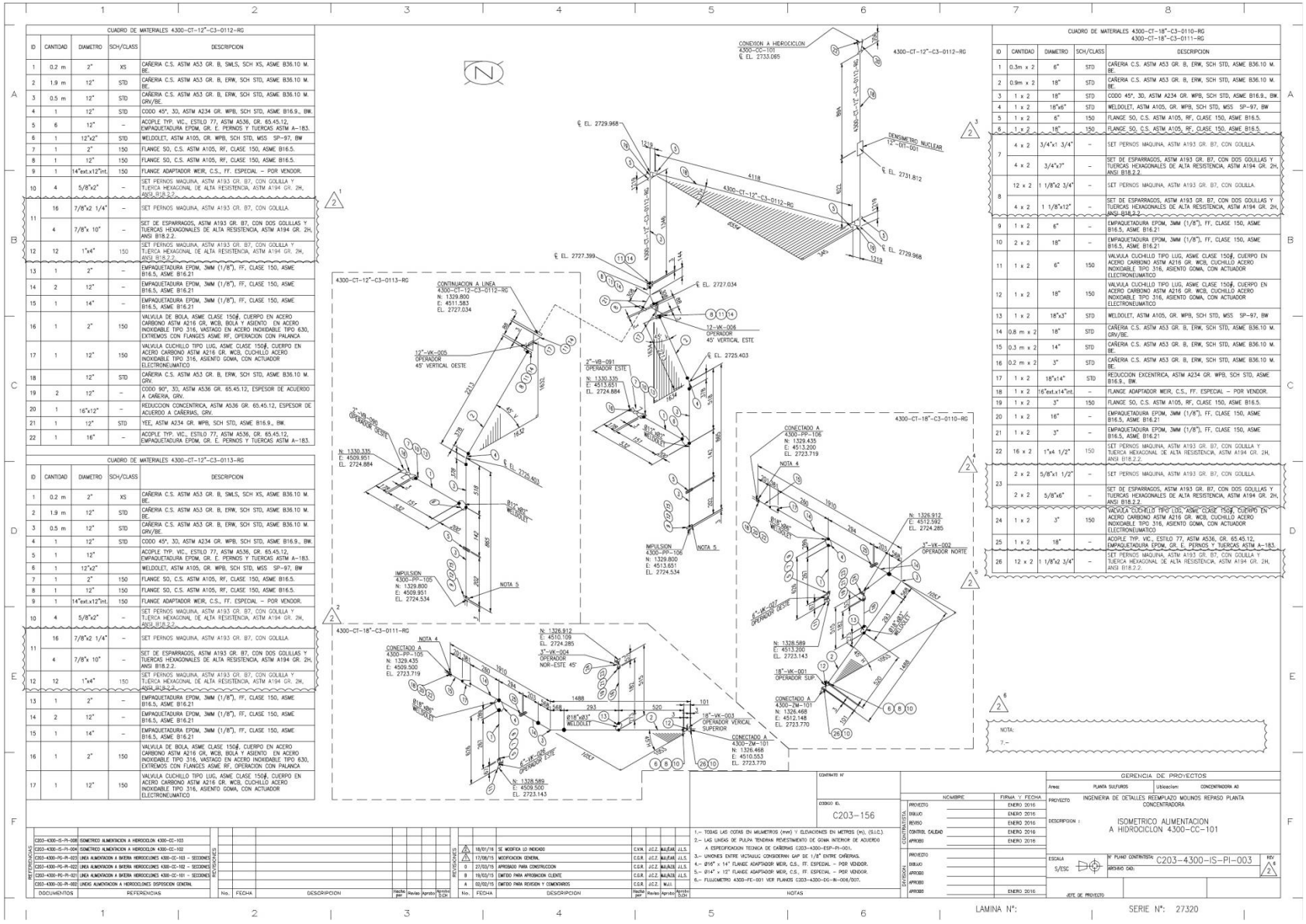

LISTA DE MATERIALES
ITEM | CANTIDAD | DIAMETRO | SCH/CLASS | DESCRIPCION
1 | 1.3M | 2" | XS | CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, SMLS, SCH XS, ASME B36.10 M. BE.
2 | 8.7M | 24" | STD | CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
3 | 2 | 24" | STD | CODO 45°, LR, ASTM A234 GR. WPB, SCH STD, ASME B16.9., BW.
4 | 1 | 24" | 150 | FLANGE CIEGO ESPECIAL, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
5 | 1 | 24" | STD | CODO 90°, LR, ASTM A234 GR. WPB, SCH STD, ASME B16.9., BW.
6 | 1 | 24" | STD | TEE, ASTM A234 GR. WPB, SCH STD, ASME B16.9., BW.
7 | 8 | 24" | 150 | FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
8 | 100 | 1-1/4"x6" | 150 | SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA Y TUERCA HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
9 | 5 | 24" | 150 | EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
ELEVACION DUCTO REBOSE
1:50
PERFIL DUCTO REBOSE
1:50
PLANTA DUCTO REBOSE
1:50
ISOMETRICO LINEA REBOSE CAJON DISTRIBUIDOR
S/ESC.
GERENCIA DE PROYECTOS
INGENIERIA DE DETALLES REEMPLAZO MOLINOS REPASO PLANTA CONCENTRADORA
PLANO PIEZAS ESPECIALES REBOSE CAJON DISTRIBUIDOR DE CONCENTRADO
C203-634
C203-4300-PP-ME-001
SERIE Nº: 27320

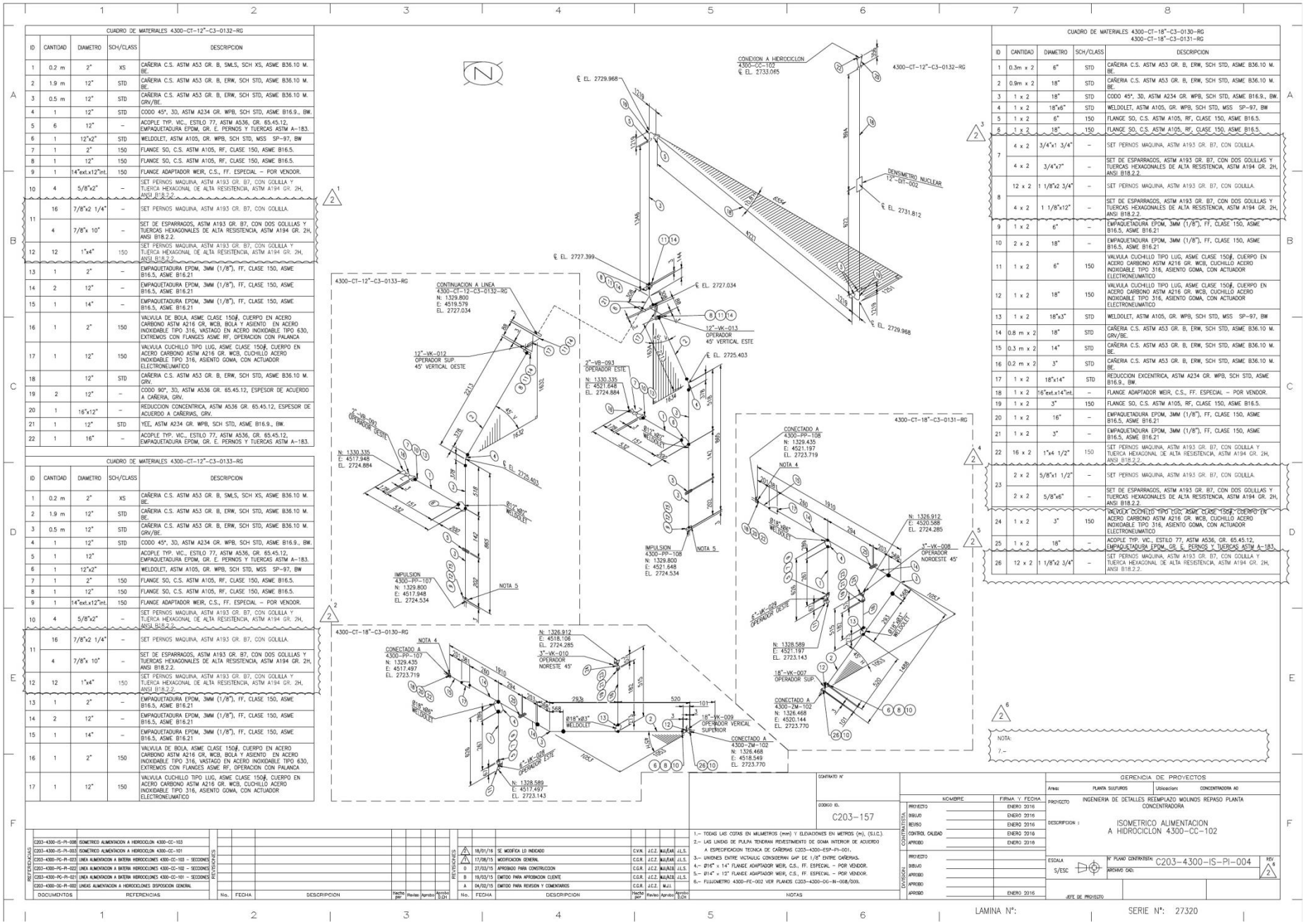
XIII. Planos cajones de alimentación a hidrociclones TAG N° 4300-ZM-101@103




SECCION E
ESC. 1:40
SECCION F
ESC. 1:40
SECCION G
ESC. 1:40
VISTA ISOMETRICA NE
S/ESC
DETALLE DE UNIONES TIPICAS
ESC. 1:5
DETALLE 2
ESC. 1:10
VISTA J
ESC. 1:20
DETALLE 1
ESC. 1:10
VISTA L
ESC. 1:20
VISTA ISOMETRICA SW
S/ESC
SECCION K
ESC. 1:10
PLACA REFUERZO
ESC. 1:20
CANT.= 08
VISTA M
ESC. 1:20
NOTAS:
1.- DIMENSIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES EN METROS (S.I.C.)
2.- MATERIAL ACERO ASTM A-36 (S.I.C.)
3.- CAÑERIAS, SEGUN NORMA ASTM A-53 Gr.B SCH STANDARD O SUPERIOR
4.- REVESTIMIENTO INTERIOR, CAUCHO NATURAL e=12mm. DUREZA 45±5 SHORE-A (S.I.C.)
5.- SE USARAN FLANGES NORMA ASME B16.5 CLASE 150 (S.I.C.)
6.- LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES COMO PERFILES, ATIEZADORES, DEBERAN SER VERIFICADOS POR EL FABRICANTE.
7.- COTAS SE AJUSTARAN AL FRAME DE LAS BOMBAS DE IMPULSION.
8.- PARA LINEA DE REBOSE CONSIDERAR DUCTO DE DESCARGA INCLUIDO EN LISTADO DE MATERIALES EN PLANO C203-4300-PG-ME-014.
C203-067
GERENCIA DE PROYECTOS
INGENIERIA DE DETALLES REEMPLAZO MOLINOS REPASO
PLANTA CONCENTRADORA
DISEÑO CAJONES ALIMENTACION
HIDROCICLONES 4300-ZM-101@103
SECCIONES Y DETALLES
LAMINA 2 DE 2
C203-4300-PG-ME-015
0
LAMINA Nº:
SERIE Nº: 27320

XIV. Planos isométricos de cañerías





CUADRO DE MATERIALES 4300–CT–12"–C3–0132–RG

ID	CANTIDAD	DIAMETRO	SCH/CLASS	DESCRIPCION
1	0.2 m	2"	XS	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, SMLS, SCH XS, ASME B36.10 M. BE.
2	1.9 m	12"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
3	0.5 m	12"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. GRV/BE.
4	1	12"	STD	CODO 45°, 3D, ASTM A234 GR. WPB, SCH STD, ASME B16.9., BW.
5	6	12"	–	ACOPLE TYP. VIC., ESTILO 77, ASTM A536, GR. 65.45.12, EMPAQUETADURA EPDM, GR. E. PERNOS Y TUERCAS ASTM A–183.
6	1	12"x2"	STD	WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP–97, BW
7	1	2"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
8	1	12"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
9	1	14"ext.x12"int.	150	FLANGE ADAPTADOR WEIR, C.S., FF. ESPECIAL – POR VENDOR.
10	4	5/8"x2"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA Y TUERCA HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
11	16	7/8"x2 1/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA.
	4	7/8"x 10"	–	SET DE ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7, CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONALES DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
12	12	1"x4"	150	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA Y TUERCA HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
13	1	2"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
14	2	12"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
15	1	14"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
16	1	2"	150	VALVULA DE BOLA, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, BOLA Y ASIENTO EN ACERO INOXIDABLE TIPO 316, VASTAGO EN ACERO INOXIDABLE TIPO 630, EXTREMOS CON FLANGES ASME RF, OPERACION CON PALANCA
17	1	12"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
18		12"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. GRV.
19	2	12"	–	CODO 90°, 3D, ASTM A536 GR. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIA, GRV.
20	1	16"x12"	–	REDUCCION CONCENTRICA, ASTM A536 GR. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIAS, GRV.
21	1	12"	STD	YEE, ASTM A234 GR. WPB, SCH STD, ASME B16.9., BW.
22	1	16"	–	ACOPLE TYP. VIC., ESTILO 77, ASTM A536, GR. 65.45.12, EMPAQUETADURA EPDM, GR. E. PERNOS Y TUERCAS ASTM A–183.

CUADRO DE MATERIALES 4300–CT–12"–C3–0133–RG

ID	CANTIDAD	DIAMETRO	SCH/CLASS	DESCRIPCION
1	0.2 m	2"	XS	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, SMLS, SCH XS, ASME B36.10 M. BE.
2	1.9 m	12"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
3	0.5 m	12"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. GRV/BE.
4	1	12"	STD	CODO 45°, 3D, ASTM A234 GR. WPB, SCH STD, ASME B16.9., BW.
5	1	12"		ACOPLE TYP. VIC., ESTILO 77, ASTM A536, GR. 65.45.12, EMPAQUETADURA EPDM, GR. E. PERNOS Y TUERCAS ASTM A–183.
6	1	12"x2"		WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP–97, BW
7	1	2"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
8	1	12"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
9	1	14"ext.x12"int.	150	FLANGE ADAPTADOR WEIR, C.S., FF. ESPECIAL – POR VENDOR.
10	4	5/8"x2"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA Y TUERCA HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
11	16	7/8"x2 1/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA.
	4	7/8"x 10"	–	SET DE ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7, CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONALES DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
12	12	1"x4"	150	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA Y TUERCA HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
13	1	2"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
14	2	12"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
15	1	14"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
16	1	2"	150	VALVULA DE BOLA, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, BOLA Y ASIENTO EN ACERO INOXIDABLE TIPO 316, VASTAGO EN ACERO INOXIDABLE TIPO 630, EXTREMOS CON FLANGES ASME RF, OPERACION CON PALANCA
17	1	12"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO

CUADRO DE MATERIALES 4300–CT–18"–C3–0130–RG
4300–CT–18"–C3–0131–RG

ID	CANTIDAD	DIAMETRO	SCH/CLASS	DESCRIPCION
1	0.3m x 2	6"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
2	0.9m x 2	18"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
3	1 x 2	18"	STD	CODO 45°, 3D, ASTM A234 GR. WPB, SCH STD, ASME B16.9., BW.
4	1 x 2	18"x6"	STD	WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP–97, BW
5	1 x 2	6"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
6	1 x 2	18"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
7	4 x 2	3/4"x1 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA.
	4 x 2	3/4"x7"	–	SET DE ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7, CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONALES DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
8	12 x 2	1 1/8"x2 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA.
	4 x 2	1 1/8"x12"	–	SET DE ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7, CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONALES DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
9	1 x 2	6"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
10	2 x 2	18"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
11	1 x 2	6"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
12	1 x 2	18"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
13	1 x 2	18"x3"	STD	WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP–97, BW
14	0.8 m x 2	18"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. GRV/BE.
15	0.3 m x 2	14"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
16	0.2 m x 2	3"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
17	1 x 2	18"x14"	STD	REDUCCION EXCENTRICA, ASTM A234 GR. WPB, SCH STD, ASME B16.9., BW.
18	1 x 2	16"ext.x14"int.	–	FLANGE ADAPTADOR WEIR, C.S., FF. ESPECIAL – POR VENDOR.
19	1 x 2	3"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
20	1 x 2	16"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
21	1 x 2	3"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
22	16 x 2	1"x4 1/2"	150	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA Y TUERCA HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
23	2 x 2	5/8"x1 1/2"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA.
	2 x 2	5/8"x6"	–	SET DE ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7, CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONALES DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
24	1 x 2	3"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
25	1 x 2	18"	–	ACOPLE TYP. VIC., ESTILO 77, ASTM A536, GR. 65.45.12, EMPAQUETADURA EPDM, GR. E. PERNOS Y TUERCAS ASTM A–183.
26	12 x 2	1 1/8"x2 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON GOLILLA Y TUERCA HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.

LISTADO DE MATERIALES 4300-CT-18-C3-0174-RG

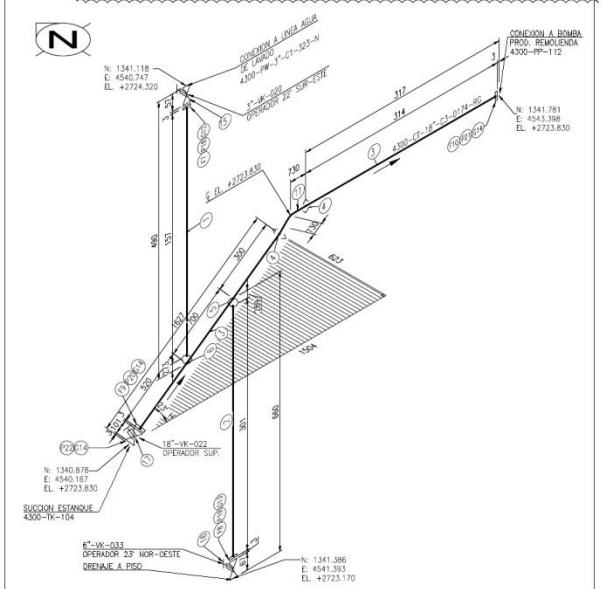
ITEM	CANTIDAD	DIAMETRO	CLASE	DESCRIPCION
1	0.2M	3"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
2	0.3M	6"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
3	2.0M	18"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. GRV.
4	2	18"	–	ACOPLE TYP. VIC., ESTILO 77, ASTM A536, GR. 65.45.12, EMPAQUETADURA EPDM, GR. E. PERNOS Y TUERCAS ASTM A-183.
5	1	18"x6"	–	WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP-97, BW
6	1	18"x3"	–	WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP-97, BW
7	1	3"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
8	1	6"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
9	1	18"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
10	1	18"	150	FLANGE ADAPTADOR WEIR, C.S., FF, ESPECIAL – POR VENDOR
11	1	18"	–	CODO 22.5°, 3D, ASTM A536 GR. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIAS, GRV
12	1	3"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
13	1	6"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
14	3	18"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
15	1	3"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
16	1	6"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
17	1	18"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
18	2	5/8"x1 1/2"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	2	5/8"/4"x7"	–	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
19	4	3/4"x1 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	4	3/4"x7"	–	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
20	12	1 1/8"x2 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	4	1 1/8"x12"	–	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
21	20	1 1/4"x4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
22	12	1 1/8"x2 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.

LISTADO DE MATERIALES 4300-CT-18-C3-0171-RG

ITEM	CANTIDAD	DIAMETRO	CLASE	DESCRIPCION
1	0.2M	3"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
2	0.3M	6"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
3	3.0M	18"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
4	1	18"x3"	–	WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP-97, BW
5	1	18"x6"	–	WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP-97, BW
6	1	3"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
7	1	6"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
8	2	18"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
9	1	18"	150	FLANGE ADAPTADOR WEIR, C.S., FF, ESPECIAL – POR VENDOR
10	1	3"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
11	1	6"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
12	2	18"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
13	1	3"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
14	1	6"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
15	1	18"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
16	2	5/8"x1 1/2"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	2	5/8"/4"x7"	–	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
17	4	3/4"x1 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	4	3/4"x7"	–	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
18	12	1 1/8"x2 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	4	1 1/8"x12"	–	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
19	20	1 1/4"x4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
20	12	1 1/8"x2 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.

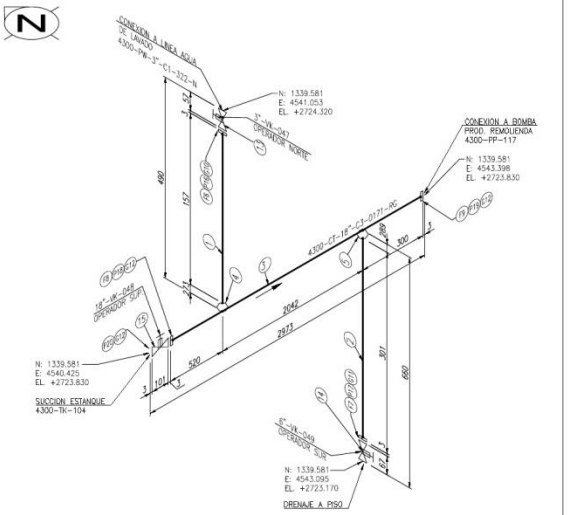
LISTADO DE MATERIALES 4300-CT-18-C3-0170-RG

ITEM	CANTIDAD	DIAMETRO	CLASE	DESCRIPCION
1	0.2M	3"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
2	0.3M	6"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. BE.
3	2.0M	18"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 GR. B, ERW, SCH STD, ASME B36.10 M. GRV.
4	2	18"	–	ACOPLE TYP. VIC., ESTILO 77, ASTM A536, GR. 65.45.12, EMPAQUETADURA EPDM, GR. E. PERNOS Y TUERCAS ASTM A-183.
5	1	18"x6"	–	WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP-97, BW
6	1	18"x3"	–	WELDOLET, ASTM A105, GR. WPB, SCH STD, MSS SP-97, BW
7	1	3"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
8	1	6"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
9	1	18"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
10	1	18"	150	FLANGE ADAPTADOR WEIR, C.S., FF, ESPECIAL – POR VENDOR
11	1	18"	–	CODO 22.5°, 3D, ASTM A536 GR. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIAS, GRV
12	1	3"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
13	1	6"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
14	3	18"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
15	1	3"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
16	1	6"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
17	1	18"	150	VALVULA CUCHILLO TIPO LUG, ASME CLASE 150#, CUERPO EN ACERO CARBONO ASTM A216 GR. WCB, CUCHILLO ACERO INOXIDABLE TIPO 316, ASIENTO GOMA, CON ACTUADOR ELECTRONEUMATICO
18	2	5/8"x1 1/2"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	2	5/8"/4"x7"	–	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
19	4	3/4"x1 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	4	3/4"x7"	–	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
20	12	1 1/8"x2 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	4	1 1/8"x12"	–	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
21	20	1 1/4"x4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
22	12	1 1/8"x2 3/4"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.



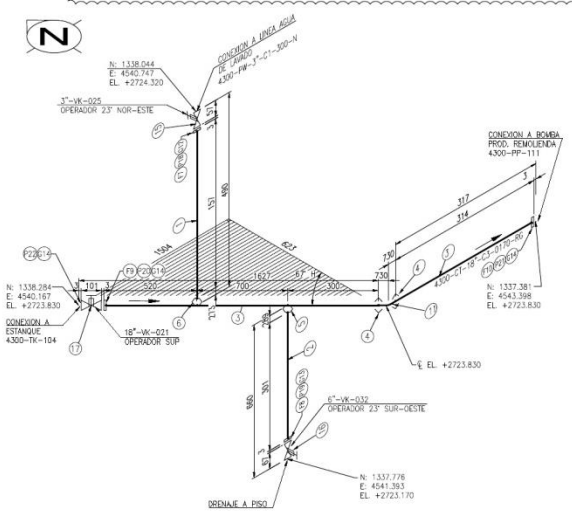
ISOMETRICO LINEA SUCCION BOMBA 4300-PP-112

S/ESC.



ISOMETRICO LINEA SUCCION BOMBA 4300-PP-117

S/ESC.



ISOMETRICO LINEA SUCCION BOMBA 4300-PP-111

S/ESC.

DOCUMENTOS	REFERENCIAS
C203-4300-PG-PI-005	SECCION LINEAS ALIMENTACION RETORNO A FLOTACION
C203-4300-DC-PI-003	DISPOSICION GENERAL LINEAS ALIMENTACION RETORNO A FLOTACION

REFERENCIAS

No.	FECHA	DESCRIPCION	Hecho por	Revisa	Aprobo	Aprobo SGM

REVISIONES

No.	FECHA	DESCRIPCION	Hecho por	Revisa	Aprobo	Aprobo SGM
4	18/01/16	SE MODIFICA LO INDICADO	C.V.N.	J.C.Z.	M.J.L	R.A.Z.	B.L.L.S.
3	17/08/15	MODIFICACION GENERAL	C.G.R.	J.C.Z.	M.J.L	R.A.Z.	B.L.L.S.
0	27/03/15	APROBADO PARA CONSTRUCCION	C.G.R.	J.C.Z.	M.J.L	R.A.Z.	B.L.L.S.
B	16/03/15	EMITIDO PARA APROBACION CLIENTE	C.G.R.	J.C.Z.	M.J.L	R.A.Z.	B.L.L.S.
A	27/01/15	EMITIDO PARA REVISION Y COMENTARIOS	C.G.R.	J.C.Z.	M.J.L	

REVISIONES

NOTAS

1.– TODAS LAS COTAS EN MILIMETROS (mm) Y ELEVACIONES EN METROS (m), (S.I.C.).

2.–

CONTRATO N°

CODIGO PLANO: C203-162

	NOMBRE	FIRMA Y FECHA
CONTRAMISTA: PROYECTO		ENERO 2016
DIBUJO		ENERO 2016
REVISO		ENERO 2016
CONTROL CALIDAD		ENERO 2016
APROBO		ENERO 2016
DIVISION: PROYECTO		
DIBUJO		
APROBO		
APROBO		
APROBO		ENERO 2016

GERENCIA DE PROYECTOS

Area: PLANTA SULFUROS — Ubicacion: CONCENTRADORA AD

PROYECTO: INGENIERIA DE DETALLES REEMPLAZO MOLINOS REPASO PLANTA CONCENTRADORA

DESCRIPCION: ISOMETRICO LINEAS SUCCION BOMBAS PRODUCTO FINAL 4300-PP-111/112/117

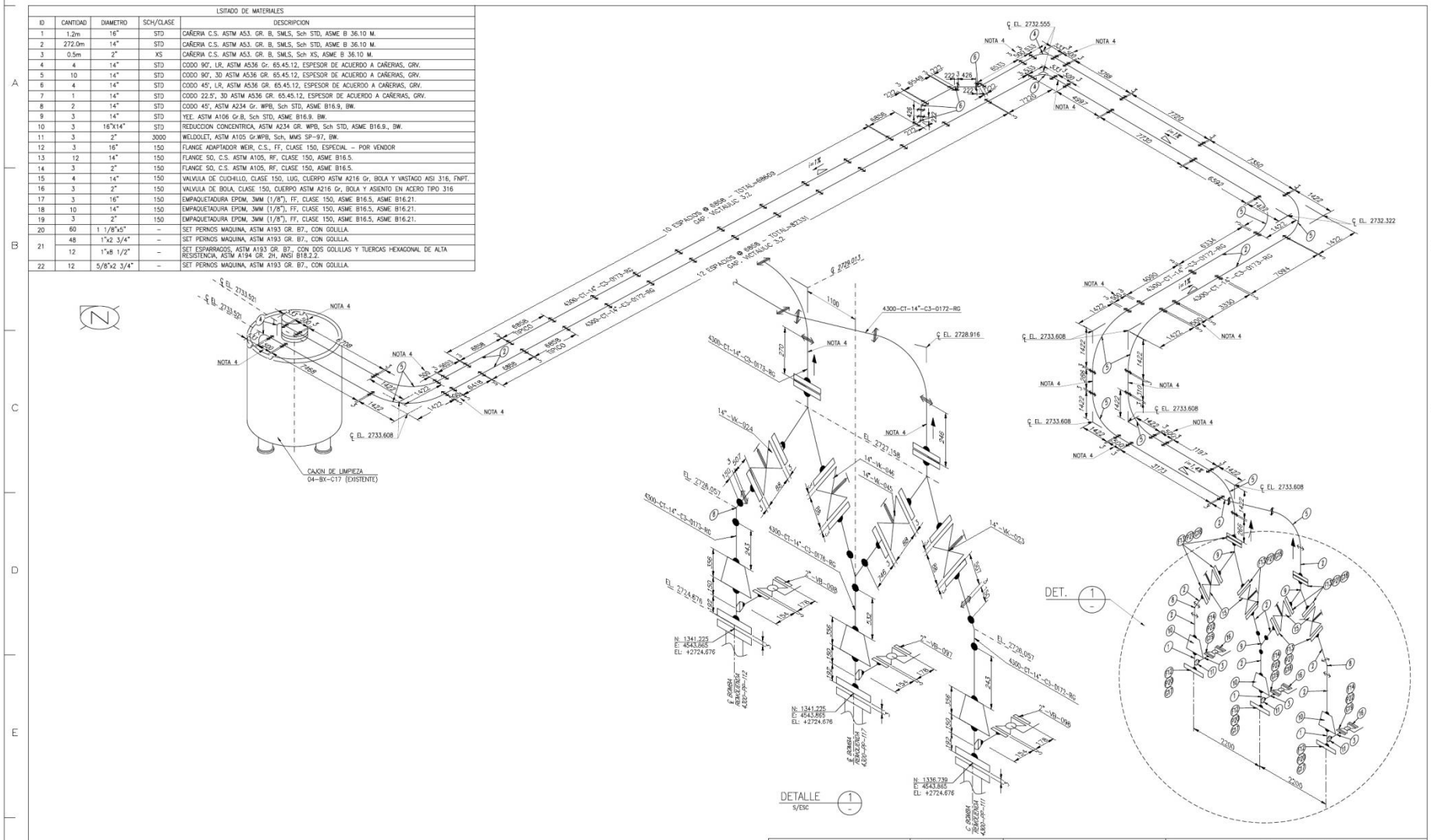
ESCALA S/ESC. — N° PLANO CONTRATISTA: C203-4300-IS-PI-017 — REV A

ARCHIVO CAD:

JEFE DE PROYECTO

LAMINA No: — SERIE No: 27320

LSITADO DE MATERIALES				
ID	CANTIDAD	DIAMETRO	SCH/CLASE	DESCRIPCION
1	1.2m	16"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53. GR. B, SMLS, Sch STD, ASME B 36.10 M.
2	272.0m	14"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53. GR. B, SMLS, Sch STD, ASME B 36.10 M.
3	0.5m	2"	XS	CAÑERIA C.S. ASTM A53. GR. B, SMLS, Sch XS, ASME B 36.10 M.
4	4	14"	STD	CODO 90°, LR, ASTM A536 Gr. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIAS, GRV.
5	10	14"	STD	CODO 90°, 3D ASTM A536 GR. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIAS, GRV.
6	4	14"	STD	CODO 45°, LR, ASTM A536 GR. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIAS, GRV.
7	1	14"	STD	CODO 22.5°, 3D ASTM A536 GR. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIAS, GRV.
8	2	14"	STD	CODO 45°, ASTM A234 Gr. WPB, Sch STD, ASME B16.9, BW.
9	3	14"	STD	YEE. ASTM A106 Gr.B, Sch STD, ASME B16.9, BW.
10	3	18"X14"	STD	REDUCCION CONCENTRICA, ASTM A234 GR. WPB, Sch STD, ASME B16.9., BW.
11	3	2"	3000	WELDOLET, ASTM A105 Gr.WPB, Sch, MMS SP-97, BW.
12	3	16"	150	FLANGE ADAPTADOR WEIR, C.S., FF, CLASE 150, ESPECIAL - POR VENDOR
13	12	14"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
14	3	2"	150	FLANGE SO, C.S. ASTM A105, RF, CLASE 150, ASME B16.5.
15	4	14"	150	VALVULA DE CUCHILLO, CLASE 150, LUG, CUERPO ASTM A216 Gr, BOLA Y VASTAGO AISI 316, FNPT.
16	3	2"	150	VALVULA DE BOLA, CLASE 150, CUERPO ASTM A216 Gr, BOLA Y ASIENTO EN ACERO TIPO 316
17	3	16"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21.
18	10	14"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21.
19	3	2"	150	EMPAQUETADURA EPDM, 3MM (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21.
20	60	1 1/8"x5"	-	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
21	48	1"x2 3/4"	-	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.
	12	1"x8 1/2"	-	SET ESPARRAGOS, ASTM A193 GR. B7., CON DOS GOLILLAS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
22	12	5/8"x2 3/4"	-	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7., CON GOLILLA.



REFERENCIAS		
DOCUMENTOS	REFERENCIAS	
C203-4300-PG-PI-005	SECCION LINEAS ALIMENTACION RETORNO A FLOTACION	
C203-4300-DG-PI-003	DISPOSICION GENERAL LINEAS ALIMENTACION RETORNO A FLOTACION	

REVISIONES					
No.	FECHA	DESCRIPCION	Hecho por	Revisa	Aprobo	Aprobo DOH

REVISIONES							
No.	FECHA	DESCRIPCION	Hecho por	Revisa	Aprobo	Aprobo DOH
1	25/08/15	MODIFICACION GENERAL	H.T.J.	J.C.Z.	M.J.E.M.	J.L.S.
0	27/03/15	APROBADO PARA CONSTRUCCION	H.T.J.	J.C.Z.	M.J.E.M.	J.L.S.
B	16/03/15	EMITIDO PARA APROBACION CLIENTE	H.T.J.	J.C.Z.	M.J.E.M.	J.L.S.
A	17/02/15	EMITIDO PARA REVISION Y COMENTARIOS	H.T.J.	J.C.Z.		

NOTAS

1.- TODAS LAS COTAS EN MILIMETROS (mm) Y ELEVACIONES EN METROS (m), (S.L.C.).
2.- SE DEBE REALIZAR LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE INTERFERENCIAS AL INTERIOR DE LA CONCENTRADORA AG.
3.- UNIONES ENTRE VICTAULIC CONSIDERAN GAP DE 1/8" ENTRE CAÑERIAS
4.- TRAMO DE AJUSTE EN TERRENO.

CONTRATO N°

CODIGO ID.
C203-163

	NOMBRE	FIRMA Y FECHA
CONTRATISTA	PROYECTO	AGOSTO 2015
	DIBUJO	AGOSTO 2015
	REVISO	AGOSTO 2015
	CONTROL CALIDAD	AGOSTO 2015
	APROBO	AGOSTO 2015
DIVISION	PROYECTO	
	DIBUJO	
	APROBO	
	APROBO	
	APROBO	AGOSTO 2015

GERENCIA DE PROYECTOS

Area: PLANTA SULFUROS — Ubicacion: CONCENTRADORA AG

PROYECTO: INGENIERIA DE DETALLES REEMPLAZO MOLINOS REPASO PLANTA CONCENTRADORA

DESCRIPCION: DISPOSICION LINEAS ALIMENTACION A RETORNO FLOTACION ISOMETRICO

ESCALA 5/ESC — N° PLANO CONTRATISTA: C203-4300-IS-PI-018 — REV 1

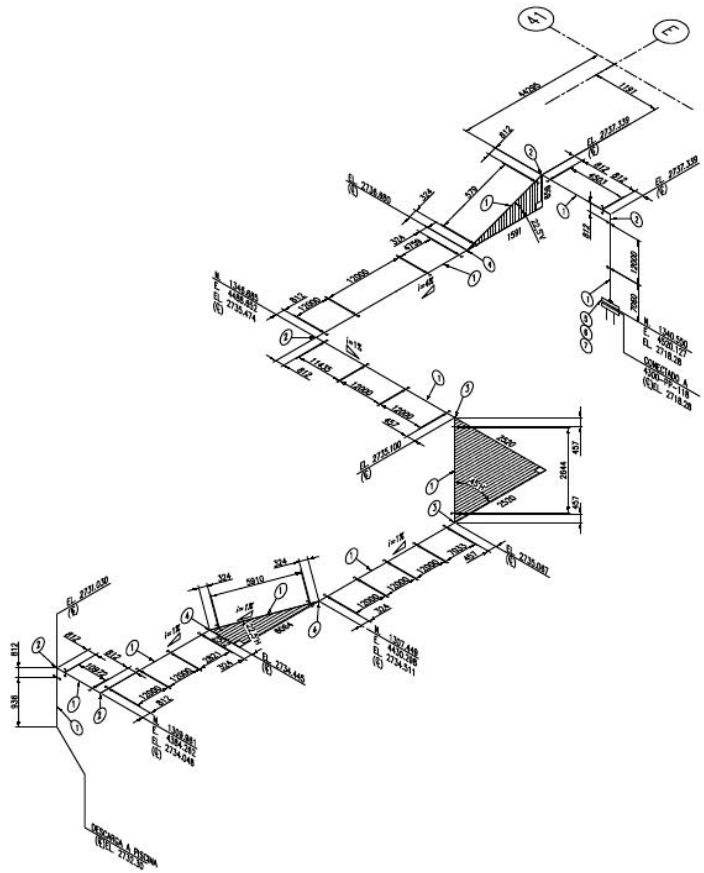
ARCHIVO CAD:

JEFE DE PROYECTO

LAMINA N°: — SERIE N°: 27320

CUADRO DE MATERIALES 4300-CT-6"-C2-0120-N

ID	CANTIDAD	DIAMETRO	SCH/CLASS	DESCRIPCION
1	178.7m	6"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 Gr. B, ERW, Sch STD, ASME B36.10 M. GRV.
2	5	6"	–	CODO 90°, 3D, ASTM A536 Gr. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIA, GRV.
3	2	6"	–	CODO 45°, 3D, ASTM A536 Gr. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIA, GRV.
4	3	6"	–	CODO 22.5°, 3D, ASTM A536 Gr. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIAS, GRV.
5	1	6"	150	FLANGE SO, ASTM A105, CLASE 150, RF, ASME B16.5.
6	1	5/8"x3"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON COLILLA Y TUERCA HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
7	1	6"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3mm (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
8	30	6"	–	ACOPLE TYP. VIC. ESTILO 77, ASTM A536, Gr. 65.45.12, EMPAQUETADURA EPDM, Gr. E. PERNOS Y TUERCAS ASTM A-183.



1.- TODAS LAS COTAS EN DIAMETROS (mm) Y ELEVACIONES EN METROS (m). (U.T.C.).
2.- UNIONES ENTRE VISTALLE CONSIDERAR GAP DE 1/8" ENTRE CAÑERIA.
3.- TRAZADO DE CAÑERIA DEBE SER REPLANTEADO EN TERRENO.
4.- TRAZADO DE CAÑERIAS SUJETO A ALINEACIÓN CONSIDERANDO AO, PERMANENTE COMPONER A CARTA DCN N° H103C01-I-4001-4700700-978-2018

Rev.	Fecha	Descripción	Hecho	Revisado	Aprobado
A	13/02/15	EMITIDO PARA REVISION Y COMENTARIOS	M.M.S.	J.C.Z.	M.A.I.
B	13/03/15	EMITIDO PARA APROBACION CLIENTE	M.M.S.	J.C.Z.	MAURIN J.L.S.
B	27/03/15	APROBADO PARA CONSTRUCCION	M.M.S.	J.C.Z.	MAURIN J.L.S.
0	30/06/15	MODIFICACION GENERAL	C.A.R.	J.C.Z.	MAURIN J.L.S.

C203-4300-DC-PI-001 CONDUCCION A CAJON DISTRIBUIDOR – DISPOSICION GENERAL

DOCUMENTOS REFERENCIA

No.	FECHA	DESCRIPCION

CONTRATO N°

CODIGO ID.: C203-151

	NOMBRE	FIRMA Y FECHA
CONTRATISTA: PROYECTO		
DIBUJO		
REVISO		
CONTROL CALIDAD		
APROBO		
MINSA: PROYECTO		
DIBUJO		
APROBO		
APROBO		
APROBO		

GERENCIA DE PROYECTOS

Area: PLANTA SULFUROS — Ubicación: CONCENTRADORA AO

PROYECTO: INGENIERIA DE DETALLES REEMPLAZO MOLINOS REPASO PLANTA CONCENTRADORA

DESCRIPCION: ISOMETRICO CONDUCCION A PISCINA RECOLECTORA DE DERRAMES DESDE BOMBA VERTICAL 4300-PP-118

ESCALA: S/ESC.

N° RUND DOCUMENTACION: C203-4300-IS-PI-002

REV. 1

ARCHIVO: C203.dwg

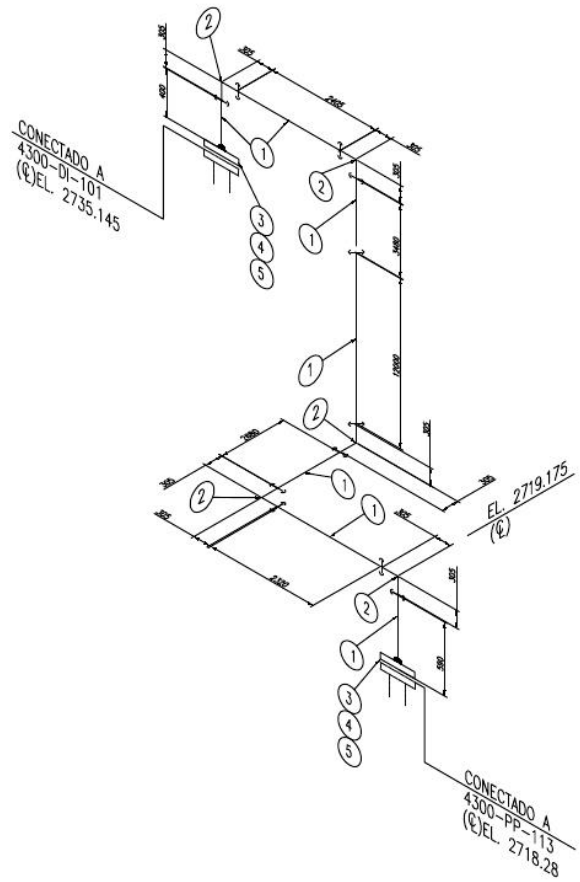
JEFE DE PROYECTO

LAMINA N°:

SERIE N°: 27320

CUADRO DE MATERIALES 4300-CT-4"-C2-0108-N

ID	CANTIDAD	DIAMETRO	SCH/CLASS	DESCRIPCION
1	20.4m	4"	STD	CAÑERIA C.S. ASTM A53 Gr. B, ERW, Sch STD, ASME B36.10 M. GRV.
2	5	4"	–	CODO 90°, 3D, ASTM A536 Gr. 65.45.12, ESPESOR DE ACUERDO A CAÑERIA, GRV.
3	2	4"	150	FLANGE SO, ASTM A105, CLASE 150, RF, ASME B16.5.
4	2	5/8"x3"	–	SET PERNOS MAQUINA, ASTM A193 GR. B7, CON COLILLA Y TUERCA HEXAGONAL DE ALTA RESISTENCIA, ASTM A194 GR. 2H, ANSI B18.2.2.
5	2	4"	–	EMPAQUETADURA EPDM, 3mm (1/8"), FF, CLASE 150, ASME B16.5, ASME B16.21
6	11	4"	–	ACOPLE TYP. VIC., ESTILO 77, ASTM A536, Gr. 65.45.12, EMPAQUETADURA EPDM, Gr. E. PERNOS Y TUERCAS ASTM A-183.



No.	FECHA	DESCRIPCION	Hecho por	Revisado	Aprobado	Revisado Cliente
0	30/06/15	MODIFICACION GENERAL	C.A.R.	J.C.Z.	M.A.N.A	J.L.S.
B	27/03/15	APROBADO PARA CONSTRUCCION	M.M.S.	J.C.Z.	M.A.N.A	J.L.S.
B	13/03/15	EMITIDO PARA APROBACION CLIENTE	M.M.S.	J.C.Z.	M.A.N.A	J.L.S.
A	13/02/15	EMITIDO PARA REVISION Y COMENTARIOS	M.M.S.	J.C.Z.	M.J.I.	

NOTAS

1.- TODAS LAS COTAS EN MILIMETROS (mm) Y ELEVACIONES EN METROS (m), (S.N.C.).
2.- UNIONES ENTRE VASTAGO SEMIBOCINA BHP DE 1/8" ENTRE CAÑERIA.
3.- TRAZADO DE CAÑERIA DEBE SER REPLANTEADO EN TERRENO.
4.- TRAZADO DE CAÑERIAS SUJETO A ALINEACION CONCENTRADO AG, PENDIENTE CONFORME A CARTA DCN N° H1X2C31-4001-C0200-0175-2018

COMPUTO N°

CODIGO ID.
C203-152

	NOMBRE	FIRMA Y FECHA
CONTRATISTA	PROYECTO	
	DIBUJO	
	REVISO	
	CONTROL CALIDAD	
	APROBO	
DIVISION	PROYECTO	
	DIBUJO	
	APROBO	
	APROBO	

GERENCIA DE PROYECTOS

Area: PLANTA SULFUROS | Ubicación: CONCENTRADORA AG

PROYECTO: INGENIERIA DE DETALLES REEMPLAZO MOLINOS REPASO PLANTA CONCENTRADORA

DESCRIPCION: ISOMETRICO CONDUCCION A CAJON DISTRIBUIDOR DE CONCENTRADOS DESDE BOMBA VERTICAL 4300-PP-113

ESCALA: S/ESC.

N° PLANO CONTRATISTA: C203-4300-IS-PI-006

REV: 1

REFERENCIAS: C203-4300-DC-PI-001 CONDUCCION A CAJON DISTRIBUIDOR – DISPOSICION GENERAL; DCCU1483-ITC05 REPEPERO IDEAS

REVISIONES: No. | FECHA | DESCRIPCION

ARTE DE PROYECTO

LAMINA N°: ·

SERIE N°: 27320