

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA  
MINERA Y METALURGIA  
ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA**



**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE NEUTRALIZACION  
DE LODOS DE ALTA DENSIDAD EN LA MINA  
QUIRUVILCA”**

**INFORME DE INGENIERIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO METALURGICO**

**PRESENTADO POR:  
DAVID LUIS DÍAZ ROBLES**

**LIMA - PERÚ**

**2006**

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo no se habría concretado sin la valioso apoyo recibido de mis padres y hermanos quienes me ayudaron en mi formación universitaria y luego me incentivaron desinteresadamente para llegar a una meta propuesta.

También mi agradecimiento a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica De la Universidad Nacional de Ingeniería quienes me brindaron una formación sólida para cumplir con los requerimientos de gestión de los procesos metalúrgicos.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo dedico a mis padres:

Manuel Díaz Montalvo

Dominga Robles Jesús

Mis hijos Jean Piers y Brian

Y 8 hermanos por todo lo que representan para mí.

# **“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE NEUTRALIZACION DE LODOS DE ALTA DENSIDAD EN LA MINA QUIRUVILCA”**

## **CONTENIDO**

RESUMEN	11
OBETIVOS DEL ESTUDIO	12
INTRODUCCION	13

## **CAPITULO I**

<b>1 Aspectos generales</b>	15
1.1 Antecedentes	15
1.1.1 Pan American Silver S.A.C Mina Quiruvilca	15
1.1.2 La planta de neutralización HDS	16
1.2 Ubicación geográfica	17
1.3 Importantes cambios en la planta concentradora	17
1.4 La planta concentradora	20
1.4.1 Tratamiento y recuperación de aguas en la planta	21
1.4.1.1 Recuperación de aguas de los o/f de espesadores	21
1.4.1.2 Recuperación del agua decantada de la relavera	21
1.4.1.3 Neutralización en la relavera Santa Catalina	22
1.4.1.4 Neutralización de agua acida en la Planta HDS	22
1.5 Disposición de relaves en la relavera de Santa Catalina	22

## **CAPITULO II**

<b>2 Sistema de gestión de planta concentradora</b>	23
2.1 Modelo calidad total planta	23
2.1.1 Cronograma de implementación	24
2.2 Estructura organizacional de la planta concentradora	24
2.2.1 Organigrama de gestión de la calidad total planta	25
2.3 Elementos organizativos	25
2.4 Misión planta	26
2.5 Visión planta	26
2.6 Valores planta	26
2.7 Política de calidad planta <sup>27</sup>	27
2.8 Matriz FODA y claves de gestión	28
2.9 Identificación de las necesidades de los clientes PC.	29

2.10	Resultados de gestión 2004-2005	30
2.10.1	Indicadores de gestión	30
2.10.2	Costos	31
2.10.3	Resumen de costos planta 2004	31

### **CAPITULO III**

<b>3</b>	<b>La planta de neutralización HDS</b>	<b>32</b>
3.1	Resumen costo construcción de la planta de neutralización	32
3.2	Gestión de la planta de neutralización	33
3.2.1	Planta HDS en la organización PASSAC Mina Quiruvilca	33
3.3	Funciones de la Planta HDS dentro de la Mina Quiruvilca	33
3.4	Estrategias	34
3.5	Estadística de datos de operación de la planta de neutralización	34
3.6	Estadística de datos de operación del primer año de arranque	36
3.7	Datos operativos cuando arranco y actual	36
3.8	Diagrama de la planta neutralización HDS Mayo 1999	37
3.9	Diagrama actual de la planta de neutralización	38

### **CAPITULO IV**

<b>4</b>	<b>Química del proceso de neutralización HDS</b>	<b>39</b>
4.1	Formación de la lechada de Cal	39
4.2	Mezcla de lodos con lechada de cal	39
4.3	Reacciones de neutralización y precipitación	40
4.3.1	Reacciones de neutralización por Hidróxido de Calcio	40
4.3.2	Reacciones de neutralización por el Hidróxido Férrico	40
4.3.2.1	Reacciones de precipitación de los iones férricos	40
4.3.3	Reacciones del Sulfato Ferroso	41
4.3.3.1	Reacciones de generación del Sulfato Ferroso	41
4.3.4	Reacciones generales de precipitación de iones divalentes	41
4.3.5	Reacciones generales de precipitación de iones trivalentes	42
4.3.6	Neutralización por Oxido de Calcio	42
4.3.7	Neutralización por Carbonato de Calcio.	43
4.4.	Reacciones de oxidación y precipitación en el reactor de cal	43
4.4.1	Oxidación de $Fe^{+2}$ y precipitación por acción del Oxígeno	44

4.4.2	Oxidación de iones divalentes y precipitación por acción del Oxígeno	44
4.4.3	Precipitación de aniones de compuestos de Arsénico por fierro férrico.	44
4.4.4	Reacciones de oxidación de los iones ferrosos a férricos	45
4.4.4.1	Reacción de oxidación del Sulfato Ferroso con consumo de Acido Sulfúrico	45
4.4.4.2	Reacción de oxidación del Sulfato Ferroso y precipitación de iones férricos	45
4.4.5	Química general de las reacciones de oxidación de iones divalentes	46
4.4.5.1	Mecanismo de oxidación de los iones divalentes con consumo de Acido Sulfúrico y reducción de Oxígeno	46
4.4.5.2	Reacción de oxidación del Sulfato Ferroso y precipitación de iones férricos	46
4.4.6	Reacciones de hidrólisis del Sulfato Férrico	47

## CAPITULO V

<b>5</b>	<b>Proceso de neutralización HDS</b>	<b>48</b>
5.1	Etapas del proceso en la planta de neutralización	48
5.1.1	Diagrama del proceso de la planta de neutralización HDS	49
5.2	Recepción y almacenamiento de cal	50
5.3	Etapa de molienda de cal	51
5.3.1	Parámetros de molienda	51
5.3.2	Almacenamiento de lechada de cal en Santa Catalina	51
5.3.2.1	Diagrama de almacenamiento de lechada de cal en Santa Catalina	52
5.3.3	Balance del circuito de molienda	53
5.3.4	Análisis granulométrico de la molienda de cal.	54
5.3.5	Equipos en el sector de molienda de Cal de Santa Catalina	55
5.4	Etapa de almacenamiento de lechada de cal de planta HDS	56
5.4.1	Equipos en el sector del tanque de lechada de cal	57
5.4.2	Diagrama del tanque de lechada de cal	57
5.5	Etapa de mezcla de lodos con lechada de cal	58
5.5.1	Tiempo de residencia de la pulpa en el tanque	58
5.5.2	Equipos en el sector del tanque de mezcla de lodos con cal	58
5.5.3	Diagrama del tanque de mezcla de lodos con cal	59
5.6	Etapa de recolección y almacenamiento de agua acida	59
5.6.1	Compósito del drenaje del túnel Almirvilca1996-2003	59
5.6.2	Flujo de agua acida mina 2000-2003	60
5.6.3	Agua acida en el Pond	60

5.6.4	Equipos en el sector del Pond	61
5.6.5	Diagrama de recolección de agua acida	62
5.7	Etapa de neutralización y precipitación en el tanque de mezcla rápida	63
5.7.1	Equipos principales en el sector del tk. de mezcla rápida	63
5.7.2	Diagrama del tanque de mezcla rápida	64
5.8	Etapa de oxidación y precipitación en el reactor de cal	65
5.8.1	Equipos en el sector del tanque reactor de cal	65
5.8.2	Diagrama del tanque reactor	66
5.8.3	Características del tanque reactor	66
5.9	Etapa de clarificación	66
5.9.1	Equipos en el sector del clarificador Outokumpo	67
5.9.2	Agua neutralizada.	68
5.9.3	Diagrama general del clarificador Outokumpo	69
5.9.4	Espesador Door Oliver	70
5.9.5	Equipos en el sector del espesador Door Oliver	70
5.9.6	Esquema del espesador Door Oliver de 15 m de diámetro	71
5.10	Etapa de disposición de lodos de alta densidad	72
5.10.1	Disposición de lodos enero-diciembre del 2003	73
5.10.2	Análisis granulométrico de lodos 2003	74
5.10.3	Agua decantada de la disposición de lodos en San Felipe	75

## CAPITULO VI

<b>6</b>	<b>Resultados después de puesta en marcha de la Planta HDS</b>	<b>76</b>
6.1	Calidad del agua del Río Moche después del arranque	76
6.1.1	Parámetros químicos	76
6.1.2	Parámetros físicos	77
6.2	Monitoreo de aguas y estaciones de muestreo	78
6.2.1	Resultados antes y después del PAMA, Río Moche aguas abajo de la operación	79
6.2.2	Resultados antes y después del PAMA, efluente EF-12, relavera San Felipe	79
6.2.3	Parámetros químicos de los efluentes	79
6.2.4	Parámetros químicos de la calidad de los efluentes Pb,Cu	80
6.2.5	Parámetros químicos de la calidad de los efluentes Zn,Fe	80
6.2.6	Evolución del Ph Puente Constancia	81

## CAPITULO VII

<b>7.1</b>	<b>Observaciones,Conclusiones y Recomendaciones</b>	82
7.1.1	Observaciones	82
7.1.2	Conclusiones	84
7.1.3	Recomendaciones	86
<b>7.2</b>	<b>Anexos</b>	
Anexo 1	Plano de ubicación de la Mina Quiruvilca	88
Anexo 2	Vista de la planta de neutralizacion HDS	88
Anexo 3	Agua del ouver flow del clarificador al río Moche	89
Anexo 4	Disposición de lodos en la relavera San Felipe	89
Anexo 5	Diagrama de la neutralización en Santa Catalina	90
Anexo 6	Esquema de clasificación al muro y relleno hidráulico en la relavera Santa Catalina	91
7.3	<b>Bibliografías</b>	92
7.4	<b>Nomenclaturas Usadas</b>	95

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Matriz FODA y claves de gestión	28
Tabla 2.	Identificación de las necesidades de los clientes PC.	29
Tabla 3.	Indicadores de gestión 2004-2005	30
Tabla 4	Costos 2004-2005	31
Tabla 5.	Resumen costos 2004-2005	31
Tabla 6	Resumen costo construcción de la planta de la planta de neutralización	32
Tabla 7	Estadística de operación de la planta de neutralización 1999-2004	35
Tabla 8	Estadística de operación del primer año de arranque de May-Dic . 1999	36
Tabla 9	Datos operativos cuando arranco y actual	36
Tabla 10	Reporte de cal planta. concentradora Dic. 2003	50
Tabla 11	Balance del circuito de molienda de cal en Santa Catalina	53
Tabla 12	Equipos en el sector de molienda de Cal de Santa Catalina	55
Tabla 13	Equipos en el sector del tanque de lechada de cal	57
Tabla 14	Equipos en el sector del tk. de mezcla de lodos con cal	58
Tabla 15	Compósito del drenaje túnel almirvilca 1996-2003	59
Tabla 16	Flujo de agua acida de mina 2000-2003	60
Tabla 17	Equipos en el sector del Pond	61
Tabla 18	Equipos principales en el sector del tk. de mezcla rápida	63
Tabla 19	Equipos en el sector del tanque reactor de cal	65



Tabla 20	Equipos en el sector del clarificador outokumpo	67
Tabla 21	Características del efluente del agua neutralizada	68
Tabla 22	Equipos en el sector del espesador Door Oliver	70
Tabla 23	% sólidos disposición de lodos de enero-junio del 2003	72
Tabla 24	% sólidos disposición de lodos julio-diciembre del 2003	73
Tabla 25	Análisis granulométrico de lodos 2000	74
Tabla 26	Características del agua decantada de la relavera San Felipe	75
Tabla 27	Parámetros químicos Puente Constancia antes y después del arranque	76
Tabla 28	Parámetros físicos puente constancia antes y después del arranque	77
Tabla 29	Resultados antes y después del PAMA estación aguas abajo de la operación	79
Tabla 30	Resultados antes y después del PAMA, efluente EF-12,relavera San Felipe	79
Tabla 31	Parámetros físicos de la calidad de los efluentes (TSS,Ph)	79
Tabla 32	Parámetros químicos de la calidad de los efluentes Pb,Cu	80
Tabla 33	Parámetros químicos de la calidad de los efluentes Zn,Fe	80

### **INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS**

Fig.1	Modelo de calidad total Planta	23
Fig.2	Cronograma de implementación de la calidad total	24
Fig.3.	Estructura organizacional de la planta concentradora	24
Fig.4	Organigrama de gestión de la calidad total planta	25
Fig.5	Elementos organizativos	25
Fig.6	Planta neutralización dentro de la organización PASSAC Mina Quiruvilca	33
Fig. 7	Tratamiento de agua acida en m <sup>3</sup> 1999-2004	35
Fig.8	Tratamiento de agua acida vs costo unitario	35
Fig.9	Análisis costo unitario año 1999.	35
Fig.10	Diagrama de la planta neutralización HDS cuando arranco(Mayo 1999)	37
Fig. 11.	Diagrama de la planta de neutralización con la habilitación del espesador D.O.	38
Fig.12	Neutralización por óxido de calcio,parte sin reaccionar	42
Fig.13	Diagrama del proceso de Neutralización	49
Fig.14	Diagrama de almacenamiento de lechada de cal en Santa Catalina	52
Fig.15	Balance del circuito de molienda de cal en Santa Catalina	53
Fig.16	Diagrama del tk. de lechada de cal en planta HDS	57
Fig.17	Diagrama del tanque de mezcla de lodos con cal	59
Fig.18	Diagrama recolección de agua acida para planta HDS y el Pond	62
Fig.19	Diagrama del tanque de mezcla rápida	65
Fig.20	Diagrama del tanque reactor	66
Fig.21	Diagrama general del clarificador Outokumpo	69
Fig.22	Esquema actual del espesador Door Oliver de 15 m de diámetro	71
Fig.23	Evolución del Ph Puente Constancia.	81

## RESUMEN

El proceso de neutralización de lodos de alta densidad (HDS= high density sludge) consiste en neutralizar al drenaje ácido de mina con un lodo altamente alcalino y de alta densidad. El lodo de coloración rojizo se forma al neutralizar al drenaje ácido en un medio oxidante con lechada de cal, la coloración se debe principalmente a los compuestos hidrolizados de hierro que contiene producto del proceso de neutralización, el lodo es espesado hasta que alcance una densidad entre 28 a 35% ,por lo que lleva el nombre de alta densidad .

El lodo espesado de alta densidad es recirculado al proceso de neutralización para mezclarse con la lechada de cal para darle mayor estabilidad, esta mezcla viene a ser un lodo altamente alcalino y con alto poder neutralizante y se utiliza para neutralizar al drenaje ácido de mina.

El alto poder neutralizante del lodo se debe a que la pulpa es altamente alcalino producto de la mezcla con la lechada de cal y además porque contiene principalmente hidróxidos de hierro y otros metales que consumen la acidez del drenaje ácido.

La capacidad de diseño máximo de la Planta de neutralización fue de 300m<sup>3</sup>/hr ,para un drenaje con Ph entre 2.8-3.2 .Pero con las mejoras posteriores al arranque se llevo a tratar hasta 500m<sup>3</sup>/hr ,pero a partir del año 2004 las características del drenaje ácido variaron notablemente, actualmente el Ph promedio de Setiembre del 2004 a Marzo del 2005 esta entre 1.5-2.2 originado principalmente por las filtraciones de los socavones de toda la zona norte de extracción, lo cual lo inundación con agua ácida en el año 2003 por el cierre de esa zona ,pero a pesar de eso el flujo de tratamiento actual esta en un promedio de 385m<sup>3</sup>/hr, logrado principalmente por la optimización del proceso operativo.

El costo de la puesta en marcha fue de mas de 4 millones de dólares y la optimización del proceso permitió bajar el costo operativo, el costo promedio de tratamiento anual de los cuatro últimos años es de mas de US\$800,000 mil dólares y el costo por metro cúbico tratado fue bajando desde el año 1999 de 0.65US\$/m<sup>3</sup> a 0.31 US\$/m<sup>3</sup> al 2004.

Desde que se dio el arranque de la Planta de neutralización sus resultados generales sobre la calidad de las aguas a la salida de la unidad minera fueron inmediatos, bajaron los metales disueltos por debajo de los limites permisibles y también el rango de Ph se mantiene por encima del limite permisible, cumpliendo desde entonces con los estándares establecidos por el MEM.

## SUMMARY

The high density sludge neutralization process entails neutralizing the mine acid drainage with highly alkaline and high density sludge. The reddish sludge is formed when neutralizing the acid drainage in an oxidizing environment with limewash. Coloring is due mainly to iron hydrolyzed compounds as a result of the neutralization process. The sludge is thickened until reaching a density from 28 to 35%. That's why it is called high density.

The high-density thickened sludge is re-circulated to the neutralization process to mix with the limewash for more stability. This mix is a highly alkaline sludge with a high neutralizing power and is used to neutralize the acid drainage in the mine.

The high neutralizing power of sludge is due to the high alkalinity of the pulp resulting from the mix to the limewash. In addition, it has mainly iron hydroxides and other metals that consume the acidity of the acid drainage.

The maximum design capacity of the neutralization plant was 300m<sup>3</sup>/hr for a drainage with a pH between 2.8-3.2. But with the subsequent improvements upon starting 500 m<sup>3</sup>/hr were treated, but as from the year 2004, the characteristics of the acid drainage notably changed. At present, the average pH from September 2004 to March 2005 ranges from 1.5 to 2.2, resulting mainly from the filtrations in the drift in the whole northern area of extraction, which was inundated with acid water in the year 2003 as a result of the closure of the area. However, the current treatment flow averages 385m<sup>3</sup>/hr, resulting mainly from the optimization of the operating process.

The commissioning cost was over 4 million dollars and the optimization of the process made possible to lower the operating cost. The average operating cost in the past 4 years amounts to over US\$800,000 and the cost per cubic meter treated lowered since 1999 from 0.65 US\$/m<sup>3</sup> to 0.31 US\$/m<sup>3</sup> in 2004.

Since the neutralization plant started up, the general results on the quality of the waters at the outlet of the mine were immediate. Dissolved metals lowered below the permissible limits and the Ph range maintains above the permissible limits, fulfilling since then the standards established by the MEM.

## OBETIVOS DEL ESTUDIO

Presentar el sistema de tratamiento de las aguas acidas en la unidad minera de Quiruvilca por el proceso de neutralización HDS dando a conocer todas las etapas del tratamiento ,los cambios efectuados después de la puesta en marcha y los cambios cercanos que aun se pueden hacer para mejorar la capacidad y el proceso.

Hacer considerar los distintos parámetros y factores que controlan el proceso de neutralización HDS para optimizar a un más el proceso, los costos operativos(Energía ,hrs. hombre,insumos,etc) y la productividad a fin de maximizar la eficiencia y eficacia, pero cumpliendo que el agua tratada cumpla los estándares establecidos.

Presentar las principales reacciones químicas de oxidación ,reducción y neutralización involucradas en el proceso de neutralización HDS que son generadas en la amplia variedad de condiciones físico- químicas ,así como también la influencia e importancia de la oxigenación en el comportamiento de las reacciones químicas en el proceso.

La importancia y la necesidad de hacer conocer las principales reacciones involucradas para comprender todo el proceso de neutralización HDS y así poder mejorar y/o optimizar su control operativo para darle una gestión adecuada por la comprensión de los diversos factores ,parámetros y las reacciones involucradas que controlan e intervienen en el proceso.

Contribuir al fortalecimiento de brindar mayor información para manejar más eficientemente y eficazmente la técnica hidrometalúrgica de tratamiento de aguas ácidas aprovechando la metodología del proceso HDS en beneficio mejorar la calidad de las aguas de los efluentes mineros.

Ser usado como documento de soporte técnico para ayudar a esclarecer el Proceso de Neutralización HDS y el mecanismo del proceso de neutralización para ayudar a la industria al mejor control y manejo de los drenajes ácidos mineros.

Difundir la aplicación del proceso de Neutralización HDS para que otras empresa mineras puedan aprovechar la tecnología existente y puedan construir plantas mejores diseñadas con mayor capacidad y más optimizadas para el tratamiento de sus efluentes mineros.

## INTRODUCCION

El presente trabajo pretende brindar la información necesaria para comprender todo el proceso de neutralización de lodos de alta densidad (HDS=high density sludge) de la unidad minera de Quiruvilca, se describe detalladamente todas las etapas del proceso de neutralización, identificando los parámetros y factores que intervienen y los controlan., también se hace un análisis de la química del proceso identificando a las principales reacciones que ocurren en cada etapa del proceso.

Este trabajo es un complemento del primero llamado mecanismos de generación de drenajes ácidos mineros y el presente esta basado al control de los drenajes ácidos mineros por el proceso HDS y fue desarrollado principalmente por la inquietud de hacer conocer las reacciones químicas, los factores y parámetros que controlan cada etapa del proceso de neutralización HDS y de esa forma poder mejorar el proceso y manejar mas eficientemente su control.Dado que los propios operadores que están desde el arranque conocían perfectamente todas las etapas del proceso, pero desconocían las reacciones químicas que controlaban cada etapa del proceso, debido principalmente a que cuando se arranco no dejaron bibliografía especializada del proceso de la Planta y ésta es la primera que se da a conocer de forma general sin restricciones y con interpretación personal.

Las reacciones fueron recopiladas de muchas y variadas informaciones especializadas disponibles de procesos de oxidación de sulfuros minerales , de mecanismos de generación de drenajes ácidos mineros ,de procesos de neutralización y algunas deducidas apartir de las existentes,desde donde se da una interpretación, identificando muchas reacciones probables así como los factores que intervienen y lo controlan ya que es de alta importancia que los operadores de la Planta De Neutralización HDS lo conozcan para de esa forma dar una mejor gestión operativa.

La Mina Quiruvilca es una de las más antiguas del Perú , su ubicación tiene efecto directo en la calidad del agua del principal cuerpo receptor que es el Río Moche, éste río es el principal cuerpo de agua de la región una de las principales fuentes de agua para diversas actividades agrícolas, ganaderas e industriales de la ciudad de Trujillo.

El río tiene aproximadamente 150 Km. de longitud desde la represa de Almiranta que esta en la cuota más alta de la unidad minera, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, la unidad minera se encuentra en sus nacientes y desde inicio del siglo la actividad extractiva de

los minerales sulfurados y su alteración generaron la existencia de aguas ácidas con contenido de iones y sólidos en suspensión que poco a poco fueron dañando la calidad química y biológica del agua del Río Moche que fue evidente por la desaparición de la vegetación a lo largo de la riveras , alterando toda la ecología y fauna del río.

La Unidad Minera de Quiruvilca que era administrada por Corporación Minera Nor Perú S.A. fue adquirida por la empresa canadiense Panamerican Silver Corp. en 1995 y desde entonces se desarrollo una serie de proyectos ambientales dirigidos a la recuperación de la calidad ambiental afectada por el impacto ambiental negativo de la actividad minero metalúrgica.

El 10 de Marzo de 1997, se aprobó el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) de mina Quiruvilca mediante R.D. 097-97-EM/DGM. Entre los puntos PAMA se consideraba el sistema de tratamiento y colección de las aguas ácidas de la operación minera Quiruvilca. Posteriormente, con fecha del 12 de agosto de 1997, se aprobó con R.D. 283-97-EM/DGM la ampliación del plazo a cinco años. El 24 de Noviembre de 1998, la Dirección General de Minería aprobó el cronograma de acciones e inversiones con R.D. No. 345-98-EM/DGM. Finalmente, con fecha 19 de noviembre de 1999, con R.D. No. 056-99-EM/DGM se aprobó la modificación del cronograma de acciones e inversiones del PAMA por un monto de US\$8'973,837 y de plazo cinco años.

Pan American Silver SAC, Mina Quiruvilca empezó a construir la Planta de Neutralización de Lodos de Alta Densidad (HDS ) en el año 1998 y en Mayo de 1999 lo puso en marcha para el tratamiento de todos los efluentes ácidos de la unidad minera generados por las actividades operativas ,desde entonces mejoro la calidad del agua a lo largo de los 120 Km. del Río Moche. El resultado obtenido hasta la actualidad se traduce en un impacto ambiental positivo, por el cumplimiento de los estándares establecidos por el MEM.

Los fines fundamentales de la puesta en marcha de la Planta de Neutralización HDS son: El tratamiento de todos los drenajes ácidos y otros efluentes generados por las actividades operativas de toda la unidad minera de Quiruvilca ;Rehabilitar el Impacto Ambiental Negativo generado por mas de 70 años; Mantener una buena calidad de las aguas del Río Moche principal cuerpo receptor , cumpliendo con los estándares permisibles ante el MEM. Este proceso de rehabilitación responde tanto al programa de Adecuación y Manejo Ambiental acordado con el Ministerio de Energía y Minas como al compromiso de la empresa canadiense matriz, Panamerican Silver Corp.

## **CAPITULO I**

### **1 ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1 ANTECEDENTES:**

##### **1.1.1 PAN AMERICAN SILVER S.A.C MINA QUIRUVILCA**

Pan American Silver Barbados Corp. es una empresa Canadiense constituida bajo las leyes de Barbados y forma parte del grupo económico Pan American, con sede en Vancouver-Canadá. Es una compañía minera enfocada exclusivamente a la producción de Plata.

En 1995 adquiere de Corporación Minera Nor Perú S.A. el 80% de las acciones de ASARCO, propietaria de la mina desde 1921 y el 19.7% de manos de accionistas peruanos totalizando el 99.7 % de las acciones totales.

En Marzo del año 2000, adquiere la Empresa Minera Huarón, como consecuencia de la estrategia agresiva de modernización y diversificación emprendida a nivel corporativo. El primero de julio del 2004 adquirió el 84% de La Mina Morococha con la cual se consolida como una de las corporaciones mas importantes en nuestro país y como uno de los mas grandes productores de Plata en el Mundo, el 60% de su producción es de Perú, entre Mina Quiruvilca, Morococha y Huarón.

La empresa realizó un cambio de denominación social el 22 de Febrero del 2000 de Corporación Minera Nor Perú SAC a Pan American Silver SAC Mina Quiruvilca. Dentro de la evolución se puede mencionar que es una sociedad anónima que viene operando la Unidad Minera Quiruvilca ubicada en el Distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco, Departamento de la Libertad.

PAN AMERICAN SILVER SAC MINA QUIRUVILCA, tiene sus oficinas en Av. La Floresta 497 Oficina 301, San Borja -Lima, Teléfono: 6183300 Fax: 6183329, La "PEPA" del Negocio de la Unidad de Quiruvilca es la actividad minera a través de las operaciones de exploración, extracción, concentración y venta de concentrados de minerales, ya sea por cuenta propia o de terceros; Concentrado de Cobre de 18-22% con 7500 a 9500grAg/tms y Oro de 4 a 6 gr/tms; concentrado de Pb de 55-60% con 3000 a 3800grAg/tms y Oro de 1.8 a 2.5 gr/tms ; Concentrado de Zn de 56-58% con 90 a 130grAg/tms. La sociedad puede realizar toda clase de actividades, contratos y negocios que el directorio acuerde emprender o realizar, inclusive participando en otras empresas.

### **1.1.2 LA PLANTA DE NEUTRALIZACIÓN HDS**

La actividad extractiva en la Mina Quiruvilca se registra desde inicio del siglo. La extracción de los minerales polimetálicos sulfurados y su alteración generaron la existencia de aguas ácidas de mina con contenido de iones y sólidos en suspensión que poco a poco fueron dañando la calidad del agua del Río Moche que fue evidente por la desaparición de la vegetación a lo largo de la riveras del río moche , alterando toda la ecología y fauna del río.

Antes de la puesta en marcha de la Planta de Neutralización la calidad del agua del río Moche era mala en casi la totalidad de los 120 Km. de recorrido. Debido que la explotación y extracción de los minerales sin control generó un grave deterioro y desequilibrio ambiental debido a que no había exigencias gubernamentales de programas de control ambiental

La dirección de asuntos ambientales del ministerio de energía y minas concordante con la preocupación de protección del medio ambiente a nivel mundial puso en marcha para las empresas operativas los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental normándolo así para controlar y evaluar los impacto al medio ambiente.

Pan American Silver Corp.,luego de adquirir el manejo total de Quiruvilca y de acuerdo al PAMA aprobado en Marzo de 1997 ,realizó un programa de inversiones de más de 22 millones de dólares. De este total, más del 33% fue destinado a la rehabilitación ambiental del PAMA, para la recuperación del río Moche, principal cuerpo receptor entre estas inversiones estaba la construcción y puesta en marcha de la Planta de Neutralización HDS que costo mas de 18% del programa de inversiones.

Dado la norma La unidad minera de Quiruvilca puso en marcha los diversos proyectos ambientales del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental y con el cumplimiento de la normatividad ambiental, se permitió el cumplimiento de los objetivos de la rehabilitación ambiental y la recuperación definitiva de la calidad del agua del Río Moche.

En Mayo de 1999 Pan American Silver SAC Mina Quiruvilca puso en marcha la Planta de Neutralización de Lodos de Alta Densidad para el tratamiento de los drenajes ácidos generados por las actividades operativas de toda la unidad minera.

El resultado obtenido hasta la actualidad luego de la puesta en marcha del proceso de la Planta de Neutralización HDS, se traduce en un impacto ambiental positivo, por el cumplimiento de los estándares establecidos por el MEM.



## **1.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA**

La Unidad Minera **Quiruvilca** se encuentra ubicada en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad, en el norte del Perú, en las vertientes del flanco Este de la cordillera Occidental de los Andes entre los 3600 y 4000 m.s.n.m. , Shorey y Quiruvilca ocupan la zona naciente del Río Moche.

El clima es propio de la sierra frígido y seco, con poca fauna y flora. Sin embargo en la localidad de Shorey se aprecian los esfuerzos de forestación con eucaliptos y pinos en amplia extensión de terrenos.

El acceso es por vía terrestre, desde Lima a Trujillo hay 562 kms. (08 horas de viaje). De Trujillo a Shorey hay 126 kms. (04 horas de viaje). De Shorey a Quiruvilca dista 06 kms.

Esta carretera es la misma que conduce a Santiago de Chuco y Huamachuco. La carretera de Trujillo Al cruce de Otuzco tiene un tramo aproximado de 60 kilómetros asfaltado. El resto del camino es afirmado, recientemente ampliado y mejorado por la Minera Barrick.

Por vía aérea se puede hacer el recorrido partiendo del Aeropuerto Jorge Chávez de Lima al Aeropuerto Carlos Martínez de Pinillos de Trujillo en un tiempo de 40 minutos, luego se inicia el recorrido por tierra, por espacio aproximado de 3 a 4 horas.

Esta región se caracteriza por valles estrechos y pampas ondulantes. El Clima es frío con una media anual de 7 a 10°C. Hay abundante precipitación estacional pluvial (Octubre – Abril) alcanzando un promedio de 800 mm. La época más fría es entre los meses de Mayo a Julio.

## **1.3 IMPORTANTES CAMBIOS EN LA PLANTA CONCENTRADORA**

Corporación Minera Nor Perú en 1992 tras una serie de cambios para mejorar la calidad de los concentrados de Plomo y Cobre construye la Planta de Retratamiento de Preconcentrado de Cobre y empieza a utilizar agua ácida de la cola de la planta de cementación de Cobre como reactivo en el circuito, debido a su bajo contenido de cobre en solución para que no active al Zn en la flotación bulk de Cu, Pb, Ag el Ph del agua ácida fluctuaba entre 1.9-3.0. El agua ácida desde entonces es utilizado como reactivo de flotación para bajar el Ph alcalino de la pulpa de 11.8-12.6 a 7.5-8.5, esta agua ácida contiene iones ferrosos que ayudan como colectores de minerales sulfurados de Cu, Pb, Ag y depresores de minerales Zn ,el agua también contiene en poca proporción iones férricos ,este proceso dio buen resultado y esta siendo utilizado hasta la actualidad, sacando buena calidad de concentrados de Cu y Pb.

En 1995 tras el cambio de razón social a PAN AMERICAN SILVER CORPORATION, en la Mina Quiruvilca se inician estrictos cambios en la administración buscando un cambio de actitud de todo el personal para mejorar la productividad dando alta importancia al trabajo con cuidado de la salud, seguridad y del medio ambiente.

En 1998 la Planta Concentradora inicia un programa de cambios y modernización pasando de 1650TMSD a 2200TMSD, con el aumento de la capacidad de la Planta de Chancado por la puesta en operación de una chancadora secundaria Cónica de 4 ¼', lo cual sacó de operación a la planta de lavado, esta chancadora aumentó la capacidad de la Planta de Chancado pasando de 80 a 115 tms/hr.

En los circuitos de molienda se aumentó la capacidad tras una serie de cambios de los parámetros de molienda y clasificación, se pasó un molino 6'x4 ½' de remolienda a molienda secundaria, lográndose sobrepasar los 2200tms/día y en el sector de flotación se realizó una ampliación de los bancos de flotación y haciendo cambios de los circuitos con lo cual se mejoró notablemente las recuperaciones y calidad de los concentrados de Cobre-Plata, Plomo-Plata y Zinc.

En Setiembre de 1998 tras una serie de pruebas la Planta Concentradora empieza a recircular el agua de los Over Flow de los espesadores para los sellos de las bombas de los sectores de molienda y flotación, esto debido a la escasez de agua por lo cual la Planta Concentradora tenía que parar al menos dos días a la semana en épocas de estío para hacer stock de agua que dura entre los meses de Abril a Setiembre, con lo cual también se evitó que el efluente alcalino con Ph entre 11.8 a 12.5 con sólidos en suspensión y metales disueltos sea descargado hacia el Río Moche, evitando su contaminación, la recirculación fue gradualmente empezando con 50% y en la actualidad se recupera el 100%. Estos cambios metalúrgicamente no afectaron a las recuperaciones ni calidad de los concentrados, este cambio logró una reducción del consumo de cal en casi 50% y desde ese entonces casi la Planta no para por falta de agua a excepción cuando hay fallas en las bombas de abastecimiento de agua a la Planta.

En Mayo de 1999 Pan American Silver SAC Mina Quiruvilca, puso en marcha la Planta de Neutralización de Lodos de Alta Densidad, reabriendo la antigua relavera de San Felipe para depositar los lodos de alta densidad. Con la puesta en marcha de esta Planta se logró captar el 100% del agua ácida de la mina para ser tratado en la Planta de Neutralización. El agua neutralizada se empezó a reciclar mediante bombeo a la planta concentradora en épocas de

ausencia de lluvias pero lo cual no dio buenos resultados debido a que es una agua donde casi no son solubles los reactivos de flotación ,causando la reducción y tapado por encalichamiento de casi todas las tuberías, también malograba las válvulas de agua, otro inconveniente fue que causo plantadas de las rastras de los espesadores por la cantidad de Calcio y floculante residual que lleva , llegando a tapar casi todas las tuberías de los conos, por lo cual se tuvo que cambiar y dejar de usar esa agua.

Actualmente el exceso de agua ácida que sobrepasa a la capacidad de la planta de HDS, se bombea hasta la relavera Santa Catalina para ser neutralizado en épocas de precipitaciones intensas de lluvias que son ente Octubre a Marzo, donde el caudal de las aguas acidas aumenta considerablemente por las filtraciones del agua de lluvia hacia el interior de la mina.

En Junio del 2003 tras una prolongado periodo de la caída de los precios de los metales en los mercados internacionales y estar operando a perdida la mina por mas de un año ,la gerencia decide bajar el tonelaje de tratamiento de 45,000tms/mes a 31,000tms/mes con lo que la planta paralizo el circuito del molino 8´x 6´ que trabajaba en circuito abierto con el molino 7´x7´ .Con este cambio la planta baja su capacidad de 2250 TMSD a 1350TMSD para tratar un mineral más selectivo con mas alta ley de cabeza en Ag de 240-260gr/tms ,un Zn de 3.5-3.8% y con un Pb de 0.90-1.2% .

En Octubre del 2003 la empresa nuevamente empieza a sacar utilidades tras una serie de cambios entre ellos, el cierre de la zona norte de explotación minera por sus altos costos, la reducción de costos de operación y la reducción de personal en todas las áreas más del 35% del total.

En la actualidad al 2005 con una política de más estricto control ambiental se a logrado captar todo drenaje acido del interior de la mina y enviarlo hacia la Planta De Neutralización de HDS ;por otro lado desde hace pocos años se ha detectado aumento del flujo de agua acida que drena del dique de la relavera Santa Catalina ,el cual se ha canalizado para su captación y enviarlo mediante tubería a la Planta de Neutralización y de otro sector fue canalizado hacia el cajón de las bomba de decantación de la posa de relaves,el cual lo bombea hacia el canal de agua que abastece a la Planta Concentradora .

Otro punto de drenaje reciente que ha empezado a drenar en forma continua es la del Dique Codiciada, que es una cancha de desmonte de la mina que esta en operación generalmente de las labores de limpiezas y acceso a nuevos tajos y que cada vez esta creciendo en mayor proporción .En la base del dique se ha construido un canal de recolección de las filtraciones

que alimenta a una poza de cemento donde se ha instalado una bomba con control automático de encendido para enviarlo hasta una poza de almacenamiento(Pond) que usa la Planta de Neutralización de HDS .

#### **1.4. LA PLANTA CONCENTRADORA**

La planta Concentradora Shorey Saca el producto comercial vendible de PASSAC-MINA QUIRUVILCA , por diferentes procesos concentra la parte valiosa del mineral polimetálico de Plata,Cobre ,Plomo y Zinc eliminando la mayor parte estéril o ganga sacando concentrados de Cu-Ag,Pb-Ag y Zn.

Actualmente la planta tiene una capacidad instalada para procesar 2250 toneladas métricas secas por día, pero solo está procesando 1350 tms/día en promedio, por la baja extracción de mina, por el cierre de toda la zona norte de extracción en el año 2003 por la crisis de la minería en ese entonces.

En Junio del 2003 se paralizó el circuito de molienda del molino 8'x 6' que trabajaba en circuito abierto con el molino 7'x 7' habiendo sido reducido con esto en más de 40% de la capacidad nominal y desde entonces solo se está trabajando con el circuito de molienda del molino 9.5'x12' que trabaja con el 6'x 4. ½ ' en circuito cerrado

El proceso que usa la planta para extraer los valores valiosos es la flotación, donde el mineral previamente pasa por la planta de chancado y los circuitos de molienda para liberar los valores valiosos de la ganga ,el producto de la molienda pasa por los circuitos de flotación sacando concentrados de Cu-Ag,Pb-Ag y Zn,las espumas de los concentrados van a un sistema de espesamiento para luego entrar al sistema de filtrado de donde salen los concentrados para el despacho.

Las operaciones de la PLANTA CONCENTRADORA, comprenden las siguientes etapas:

- a) Chancado.
- b) Molienda.
- c) Flotación.
- d) Espesamiento de Concentrados y preconcentrado de Cu.
- e) Filtrado de concentrados.
- f) Recuperación de aguas del o/f de los espesadores
- g) Despacho de concentrados.
- h) Disposición de relaves.
- i) Neutralización de agua acida en la Planta HDS y en la Poza de la relavera Sta catalina.

### **1.4.1 TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE AGUAS EN LA PLANTA**

El abastecimiento de agua a la Planta concentradora es crítico durante casi todos los periodos del año, por lo que la recuperación de las aguas del proceso es de vital importancia para asegurar el funcionamiento de la Planta Concentradora, por esta razón uno de los objetivos de la construcción de la Planta de neutralización HDS, era utilizar el agua neutralizada, lo cual se frustró por la mala calidad del agua neutralizada para las operaciones de la flotación.

La Planta se abastece de agua fresca y agua reciclada. El agua fresca proviene del Río Purida que es almacenado en el Tanque de piedra de 1800m<sup>3</sup> de capacidad, el agua de Quiruvilca y el agua del canal de la quebrada de la Merced solo abastecen en épocas de lluvias.

El agua recuperada y reciclada del over flow de los espesadores es altamente alcalino con Ph 11.5-12.5 y es utilizado para todos los sellos de bombas y el agua decantada recuperado de la relavera de Santa Catalina con ph de 6-7 es usado para los molinos y chisquetes de bancos de flotación.

#### **1.4.1.1 RECUPERACIÓN DE AGUAS DE LOS O/F DE ESPESADORES**

Actualmente se recupera el 100% de las aguas de los over flow de los cinco espesadores y también el agua del pulmón de la bomba de vacío de los filtros, el flujo recuperado varía de 70 a 100 m<sup>3</sup>/hr.

LOS ESPESADORES :

- a) Espesador Denver 16'x 8' De Concentrado de Cobre
- b) Espesador Denver 16'x 8' De Concentrado de Plomo
- c) Espesador Door Oliver 16'x 8' De Concentrado de Plomo (stand by)
- d) Espesador Door Oliver 36'x 10' De Concentrado de Zinc
- e) Espesador Magensa 24'x 10' de Preconcentrado de Cobre.

#### **1.4.1.2 RECUPERACION DEL AGUA DECANTADA DE LA RELAVERA**

En épocas de estío que es generalmente entre los meses de Mayo a Octubre se recupera el 100% del agua decantada de la poza de la relavera. En estas épocas cuando el espejo de agua baja demasiado y para abastecer de agua a la Planta Concentradora se neutraliza hacia la poza el agua ácida de la cola de la Planta de cementación con lechada de cal.

### **1.4.1.3 NEUTRALIZACIÓN EN LA RELAVERA SANTA CATALINA**

La neutralización en la relavera Santa Catalina se realiza en un tanque cilíndrico agitador de 2.2x2.3m ,donde ingresa la lechada de cal y el agua acida que es bombeado desde la cola de la Planta de Cementación.El producto neutralizado es una pulpa verdosa por la presencia del sulfato ferroso y sus precipitados lo cual es depositado a la poza de la relavera.

El proceso de neutralización hacia la poza de la relavera se realiza por dos razones principalmente (ver grafico de anexos):

- Cuando se quiere aumentar el espejo de agua en la poza de relave para abastecer de agua a la Planta Concentradora ( en época de ausencia de lluvias)
- Cuando el flujo de agua ácida de mina colectado sobrepasa a la capacidad de la Planta de Neutralización HDS ( En épocas de abundancia de lluvias)

### **1.4.1.5 NEUTRALIZACION DE AGUA ACIDA EN LA PLANTA HDS**

La Planta de Neutralización HDS, trata el drenaje acido de todas las operaciones de la Unidad de Quiruvilca,se usa los lodos espesados de alta densidad generados en el proceso de neutralización,los cuales son recirculados al proceso y son previamente alcalinizados con lechada de Cal para neutralizar al agua acida de la mina.

## **1.5 DISPOSICION DE RELAVES EN LA RELAVERA DE SANTA CATALINA**

El relave general de la Planta es bombeado por un sistema de cuatro bombas en serie 6''x 6'' hasta la relavera de Santa Catalina.Aproximadamente el 15% de los relaves producidos regresan a la mina como relleno hidráulico, el saldo es depositado en la cancha Santa Catalina por un sistema de clasificación de un nido de tres o cuatro hidrociclones , los ouver flow son depositados directamente a la poza y el under flow va para el levantamiento y reforzamiento del dique de la relavera(Ver grafico anexos).

El relave a Santa Catalina llega a un tanque de cemento y por una tubería alimenta a un trommel de 1/8 '' de abertura para extraer las astillas de madera. La pulpa entra al cajón de una bomba 8''x 6'' y alimenta a un nido de tres o cuatro hidrociclones D-10 donde el U/F sirve para construir el dique del muro y los finos van para la poza de la relavera.Por intermedio de esta bomba 8''x 6'' también se alimenta al sistema de clasificación para relleno hidráulico, su clasificación consta de un nido de tres hidrociclones D-10,el U/F es almacenado en un tanque para ser bombeados a la mina para el relleno hidráulico (Capacidad 80m<sup>3</sup>/hr) y el O/F va a la poza de la relavera.

## CAPITULO II

### 2 SISTEMA DE GESTION DE PLANTA CONCENTRADORA

El proceso de mejoramiento continuo del proceso y gestión esta basado principalmente en la capacitación continúa para el cambio de actitud y comportamiento de todos los trabajadores formando trabajadores proactivos para que realicen un trabajo de calidad.

Desde 1999 la Planta Concentradora Shorey ,empezó con un programa de gestión de riesgos (ISTEC) y apartir del 2002 con una política estricta de mejora de la productividad y reducción de costos, empezándose con la implantación de un sistema de gestión de la calidad total ,para lo cual se creó un modelo de Calidad total y se dividió a la Planta en cinco sub coordinaciones a cargo de un jefe de sección los mismos que fueron nombrados lideres de los círculos de cada subcoordinación.Las Sub Coordinaciones se convirtieron a la vez en círculos de calidad los que se agruparon voluntariamente de acuerdo al área de trabajo,creandose las siguientes sub coordinaciones y/o círculos:

- Planta de chancado(un círculo)
- Planta de molienda ,flotación , filtros,Relavera Santa Catalina(dos círculos)
- Laboratorio químico y laboratorio metalúrgico(un círculo)
- Planta de Neutralización de HDS(un círculo)

#### 2.1-MODELO CALIDAD TOTAL PLANTA

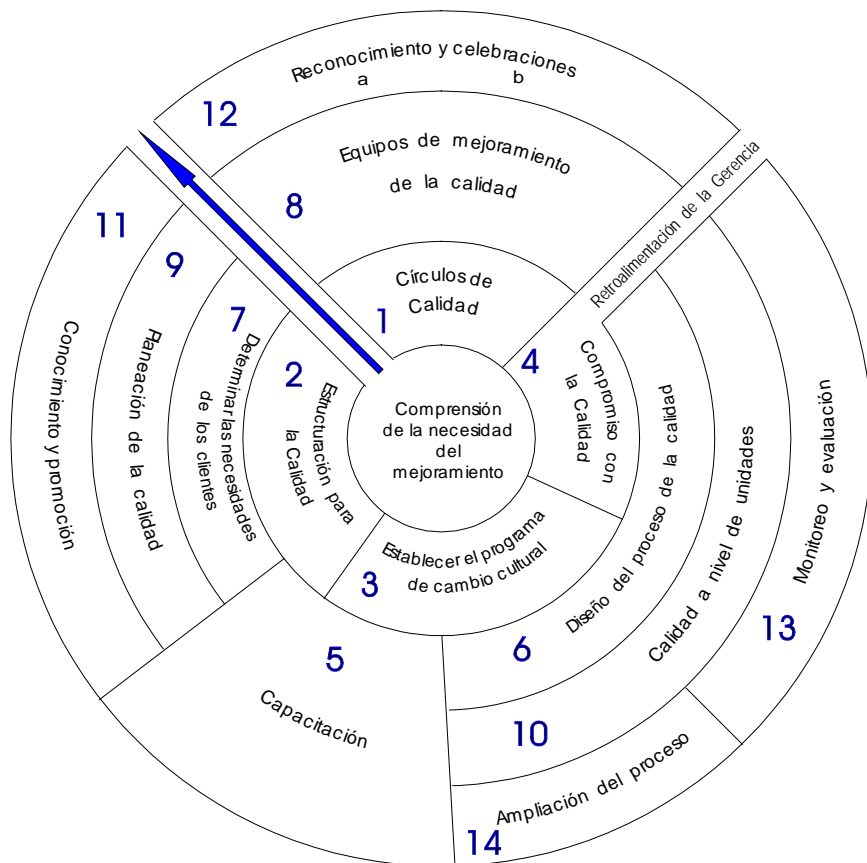


Fig.1 De acuerdo a consejo de calidad Pta. Concentradora Agosto 2002

### 2.1.1-CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION

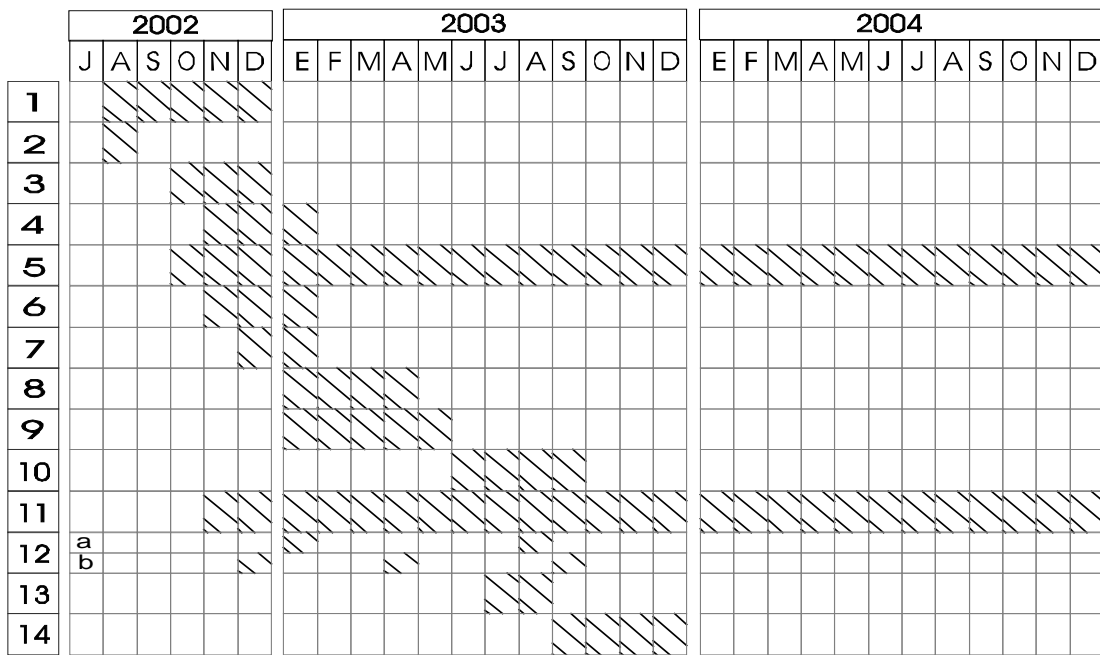


Fig.2 De acuerdo a consejo de calidad Pta. Concentradora 2002-2004

### 2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA PLANTA CONCENTRADORA

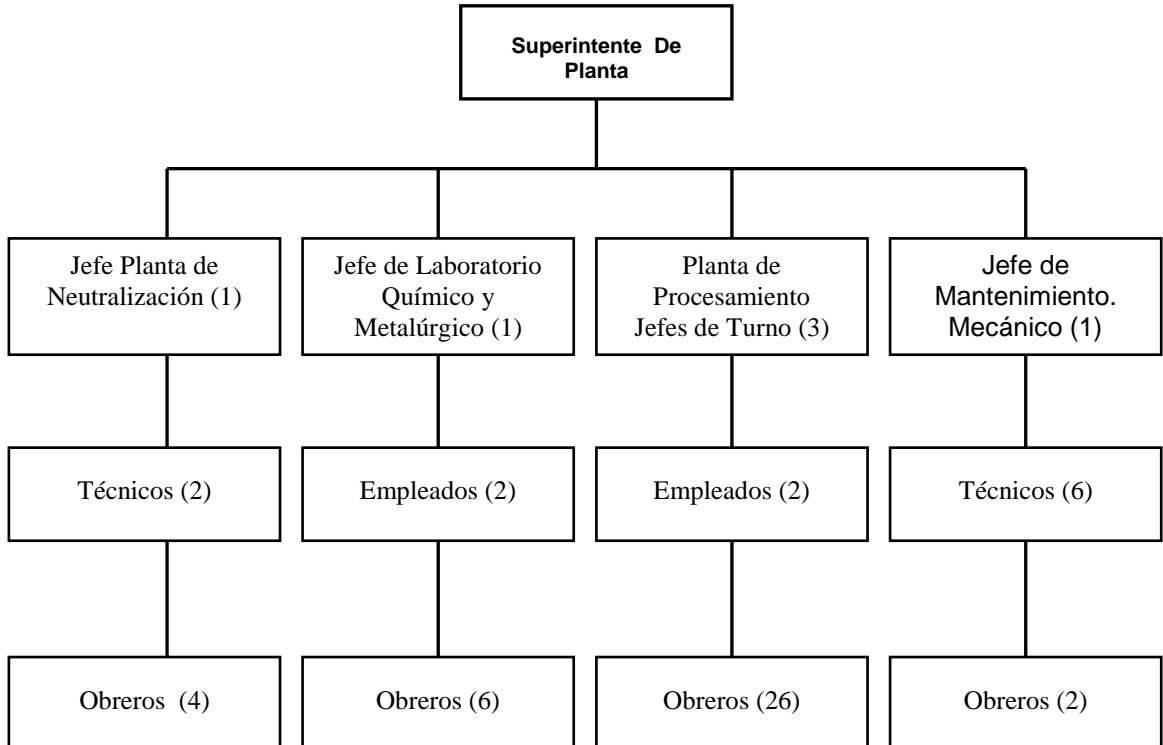
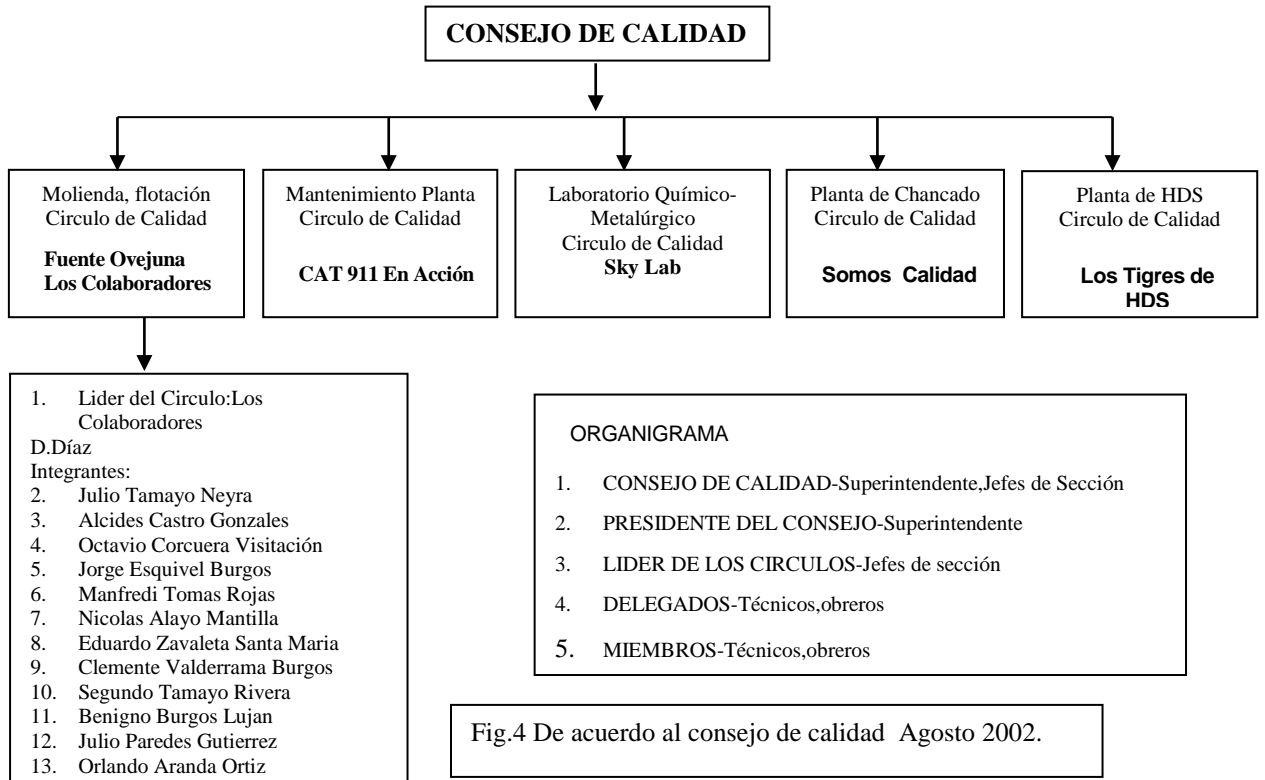


Fig.3 De acuerdo a consejo de calidad Pta. Concentradora 2003

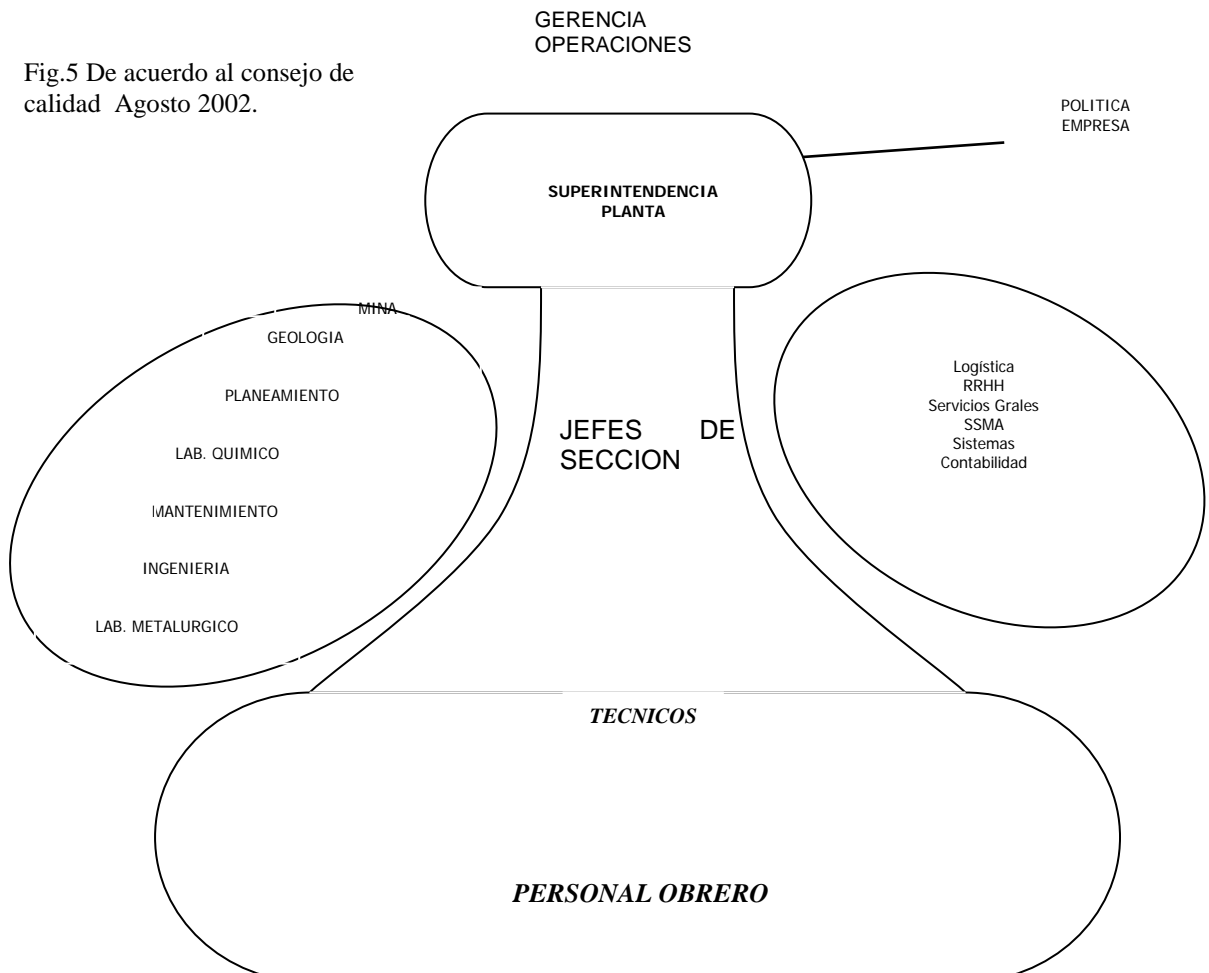


## 2.2.1 ORGANIGRAMA DE GESTION DE LA CALIDAD TOTAL PLANTA



## 2.3 ELEMENTOS ORGANIZATIVOS

Fig.5 De acuerdo al consejo de calidad Agosto 2002.



## **2.4 MISION PLANTA**

Operar nuestra Planta buscando la Excelencia dentro de un marco de Valores en todos nuestros actos para maximizar la productividad que beneficie a la Empresa, Comunidad y a nuestra Familia

## **2.5 VISION PLANTA**

Modelo de organización, de operación, proceso y servicio que nos situé dentro de las mejoras prácticas mundiales (Benchmarking).

Trabajar hacia un desarrollo sostenible y consolidar la imagen de Pan American Silver en su gestión ambiental ante organismos estatales, el mercado internacional y los sistemas financieros.

## **2.6 VALORES PLANTA**

### **INDIVIDUALES O PERSONALES**

- Honestidad.
- Respeto.
- Puntualidad.
- Responsabilidad.
- Confianza.
- Lealtad.
- Unidad.
- Cooperación.
- Humildad
- Abierto al Cambio

### **VALORES ORGANIZACIONALES O COLECTIVOS**

- Trabajo en Equipo
- Mejoramiento Continuo
- Trabajar con Estándares óptimos, cuidando la Seguridad y el Medio Ambiente
- Calidad con Eficiencia y Eficacia hacia una mejor Productividad y Ahorro de Costos
- Compromiso con el Cliente
- Ser Participativo, Proactivo, Creativo e Innovador
- Ser Competitivo con mentalidad positiva y ganadora

## **2.7 POLITICA DE CALIDAD PLANTA**



**Pan American Silver S.A.C.  
Mina Quiruvilca**

### **POLITICA DE CALIDAD**

#### **PLANTA CONCENTRADORA**

Todas nuestras actividades están encaminadas a conseguir la **PLENA SATISFACCION** de nuestros clientes; practicando nuestros valores y que estos nos permitan alcanzar nuestra visión y misión.

Dentro de nuestra **POLITICA DE CALIDAD CONSIDERAMOS AL PERSONAL** como el ente más importante del Sistema; fomentando programas de capacitación permanente en pos de un mejoramiento continuo para lograr cero defectos.

Desarrollamos estrategias de **COMUNICACIÓN** que garanticen la participación y compromiso en la Gestión de Calidad, cumpliendo las normas, políticas, estándares y procedimientos

Apoyándonos en esta Política de Calidad, aspiramos alcanzar la **EXCELENCIA** en la Productividad.

**Ing. Teodoro Mallqui  
SUPERINTENDENTE DE PLANTA**

**Ing. Jesús Cárdenas  
GERENTE DE OPERACIONES**

## 2.8 MATRIZ FODA Y CLAVES DE GESTION

<p style="text-align: center;">INTERNAS</p> <p style="text-align: center;">EXTERNAS</p>	<p style="text-align: center;"><b>FORTALEZAS F</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Clima Organizacional muy bueno</li> <li>2. Instalaciones y Tecnología Moderna (HDS)</li> <li>3. Personal Técnico y operarios calificados por encima del promedio(HDS)</li> <li>4. Estructura simple y poco personal</li> <li>5. Flexibilidad para realizar cambios</li> <li>6. Cultura Organizacional en desarrollo</li> <li>7. Amplia experiencia de personal</li> <li>8. Interacción permanente</li> <li>9. Profesionales dispuestos a la visión de la Planta</li> <li>10. Visión, Misión y Sistema de Valores compartidos</li> <li>11. Sistema de Información disponible</li> <li>12. Control de Calidad de Insumos</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>DEBILIDADES D</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 15% del personal con edad próxima a jubilación (Concentradora)</li> <li>2. 9% del personal analfabeto (Concentradora)</li> <li>3. Falta de capacitación técnica por parte de la empresa</li> <li>4. Tecnología limitada(Concentradora)</li> <li>5. Poca experiencia de los líderes en implementación de la Gestión de la Calidad Total</li> <li>6. Instalaciones antiguas y deterioradas (P.Precipitado y Lab Qco.)</li> <li>7. Supervisión insuficiente en secciones distantes (Chancado, Santa Catalina, Precipitado y San Felipe)</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>OPORTUNIDADES O</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Situación económica y financiera actual de la Empresa</li> <li>2. Modelo de Gestión de la Gerencia de Operaciones</li> <li>3. Mineralogía cambiante</li> <li>4. Aporte de la Cía Huaron con buena Calidad de Concentrado de cobre</li> <li>5. Cooperación de Huaron en el aspecto técnico</li> <li>6. Empresa Corporativa en expansión con acciones en la Bolsa</li> <li>7. Plana de docentes de la empresa</li> <li>8. Elección de proveedores por operaciones</li> <li>9. Respaldo de la Gerencia de Operaciones</li> <li>10. Hacer partícipe a otras Areas en el Sistema de Gestión de Calidad</li> <li>11. Buena apreciación de los clientes de la gestión de calidad</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS FO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantener el desarrollo del sistema de gestión de calidad total e impulsar su desarrollo en toda la empresa para mejorar la situación actual en general que garantice la continuidad de las operaciones.</li> <li>2. Aprovechar la predisposición de los profesionales, trabajadores para realizar innovaciones en el proceso, convirtiendo los cambios mineralógicos en una oportunidad; asimismo desarrollar la cooperación e intercambio con Huarón y otras unidades de Pan American Silver Corp.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS DO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Información y asesoramiento a los trabajadores de edad avanzada sobre sistemas de jubilación a través de RR.HH.</li> <li>1. En coordinación con la gerencia y RR.HH. crear programas de alfabetización con la plana docente disponible para mejorar el nivel académico del personal</li> <li>2. Estructurar un programa de capacitación técnica y de gestión para todo el personal y gestionar con la gerencia.</li> <li>3. Desarrollar proyectos de actualización tecnológica en la Pta Concentradora.</li> <li>4. Capacitación del personal de secciones alejadas en toma de decisiones al alcance de sus responsabilidades.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>AMENAZAS A</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Situación económica y financiera actual de la Empresa</li> <li>2. Mineralogía cambiante</li> <li>3. Factores naturales y fenómeno del niño</li> <li>4. Servicio Mantenimiento mecánico Planta</li> <li>5. Información de fuentes no autorizadas que crean confusión en el personal</li> <li>6. Incremento de precios y/o desmejoramiento de la calidad de los insumos y materiales por los proveedores</li> <li>7. Desactualización tecnológica</li> <li>8. Comprador exige cumplimiento de contrato en calidad de concentrado de cobre</li> <li>9. Cierre de operaciones</li> <li>10. Cambio de apreciación de los clientes de la gestión de calidad</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS FA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Idem 2º Estrategia FO.</li> <li>2. Desarrollar plan de contingencias ante fenómenos naturales y/o desastres</li> <li>3. Implementación de un plan de capacitación en mantenimiento proactivo, predictivo y correctivo a los operadores (TPM)</li> <li>4. Desarrollar estrategias de comunicación que garantice mantener una información veraz y confiable.</li> <li>5. Participar a los proveedores en la gestión de calidad para asegurar el cumplimiento de nuestros requerimientos (lealtad proveedor – cliente)</li> <li>6. Complementar la tecnología disponible con la experiencia y habilidad del personal.</li> <li>7. Idem. 1º Estrategia FO.</li> <li>8. Determinar los requerimientos y necesidades de los clientes.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS DA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantener situación actual, impulsando el desarrollo de las estrategias DO y FA.</li> </ol>

Tabla 1 De acuerdos de consejos de calidad Planta Nov.2002-Ene.2003

## **2.9-IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES P.C.**

<b>CLIENTE</b>	<b>NECESIDADES</b>
Gerencia de Operaciones (Ing. J. Cárdenas)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buena Calidad de Concentrados</li> <li>2. Investigar para poder admitir mayor ley de cobre en la cabeza</li> <li>3. Orden y limpieza en las instalaciones así mismo pintado con mínimo presupuesto</li> <li>4. Optimizar el consumo de energía Kw-Hr/TMS (control de derroches)</li> <li>5. Parar menor número de veces la Planta por problemas mecánico</li> <li>6. Cumplir las metas programadas</li> <li>7. Dar de baja activos que ya no se usan</li> <li>8. Sintetizar y uniformizar informes mensuales</li> <li>9. Programar conferencias sobre Calidad en Jueves mineros y lanzar nuevo nombre, ejemplo viernes de Calidad</li> <li>10. Círculos de Calidad deben exponer sus trabajos en el casino</li> <li>11. Difusión de cómo se inició los Círculos de Calidad en Planta</li> <li>12. Humedad de los concentrados debe ser la adecuado</li> <li>13. Ayudar a mantenimiento en la supervisión de la tubería de relave a Santa Catalina, con los operadores de Planta</li> <li>14. Excelente Control de costos y cero accidentes</li> <li>15. Difusión del trabajo de Planta Concentradora: Chancado, Molienda, flotación, etc.</li> <li>16. Realizar análisis estadísticos de las operaciones</li> <li>17. Acercamiento a la comunidad, visitas guiadas, descripción del proceso en folletos u otro medio</li> <li>18. Planta HDS debe bajar consumo de cal, investigar para evitar la formación de mayor volumen de agua ácida.</li> </ol>
Gerencia de Operaciones (Ing. M. Jordan)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los reportes de costos debe enviársele con la siguiente descripción: "Abr-03 Explicación Costos Planta Concentradora y Neutralización" según sea el mes y un día antes de la reunión en Gerencia</li> <li>2. La hoja resumen del reporte mensual debe enviarle antes del día 7 de cada mes con la siguiente descripción: "Abr-03 Reporte Mensual Planta Concentradora y Neutralización"</li> <li>3. La memoria Anual debe enviarse el 30 de enero de cada año con la siguiente descripción: "Memoria Anual 2004 Planta Concentradora"</li> </ol>
Recursos Humanos (Dr. J. La Torre y Alfredo Alcántara)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entrega puntual de fichas de tareo</li> <li>2. Los descansos por horas acumuladas deben hacerse en hojas de movimiento y no firmar las fichas</li> <li>3. Enviar cronograma de Vacaciones de todo el año</li> <li>4. Las fichas de la Planta Neutralización de los domingos debe entregarse los sábados para evitar retrasos los días lunes</li> <li>5. Renovación de personal temporal debe devolverse de inmediato</li> <li>6. Los descansos médicos debe cumplirse según la boleta, no debe aceptarse que la gente trabaje cuando debe estar gozando su descanso médico</li> </ol>
Mina (Ing C. Trillo)	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Reportes de análisis granulométrico de relleno hidráulico en forma periódica, con un balance de materiales en m<sup>3</sup>.</li> <li>3. Inducción de uso, preparación y dosificación de floculante al personal de mina.</li> <li>4. Reportar tonelaje de relave a R.H. en el reporte diario de planta.</li> <li>5. Reporte preliminar del T-B</li> </ol>
Mantenimiento Mecánico Planta (V. Manriquez)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Envió de reporte diario</li> <li>2. Envió de reporte mensual hasta el 5 de cada mes</li> <li>3. Anotar cambio de fajas de transmisión de lo equipos en Planta y no arrojar fajas por cualquier lado</li> <li>4. Mejor utilización de cilindros de residuos</li> <li>5. Utilizar los procedimientos para el uso del esmeril</li> <li>6. Orden y limpieza en las áreas donde se realicen trabajos mecánicos</li> <li>7. Mayor información sobre las fallas en los equipos cuando se solicite apoyo mecánico</li> <li>8. Seguimiento a los trabajos</li> </ol>
Mantenimiento Eléctrico (R. Barrientos)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mejorar la comunicación entre el Jefe de turno y su personal, para precisar mejor las necesidades.</li> <li>2. Participar una vez por semana en las reuniones de planta, para coordinar los trabajos, sábado.</li> <li>3. El Jefe de guardia debe definir bien los problemas para evitar llamadas innecesarias.</li> <li>4. Al culminar los trabajos de mantenimiento el Jefe de Guardia debe recepcionar y verificar dichos trabajos (Domingos y programas mensuales)</li> <li>5. Capacitación mutua entre Planta y Mantenimiento Eléctrico (técnica y de seguridad).</li> </ol>
Taller Electrónico (ing. L. Moncada)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Necesitamos ser informados cuando Planta paraliza sus labores por cualquier circunstancia.</li> <li>2. Necesitamos que los jefes de guardia sean mas específicos al momento de llamar al taller e informar de algún problema</li> <li>3. Necesitamos mejorar la comunicación y tratar de que todos tengamos mente amplia y flexible al encontrar soluciones</li> <li>4. Necesitamos que los jefes de guardia realicen algunas inspecciones de rutina en algunos de sus equipos.</li> <li>5. Necesitamos que los equipos se manipulen lo estrictamente necesario</li> </ol>
Contabilidad (V. Ponce)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Balance metalúrgico físico</li> <li>2. Flash quincenal</li> <li>3. Explicaciones mensuales</li> <li>4. Inventario de concentrados</li> <li>5. Datos de cal en neutralización</li> <li>6. Conformidad del mayor mensual</li> <li>7. Cartas de producción del mes</li> </ol>

Tabla 2 De acuerdos de consejos de calidad Planta Nov.2002-Ene.2003

## 2.10 RESULTADOS DE GESTION 2004-2005

### 2.10.1 Indicadores de Gestión

Indicador	Unidad	Estándar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	2004	
Area: Planta																
Operaciones																
. Molienda	Hrs	540	525.3	511.5	538	496.5	476.8	540.5	496.5	543.8	514.3	496.5	503	486	6128.5	
. Tratamiento		30200	30585	29571	32064	30045	31445	32255	31045	33780	33800	33057	32140	31450	381237	
.. Productividad	TMS/H-H	4.80	5.06	4.29	5.07	5.03	5.38	4.95	4.73	5.68	5.64	5.11	5.05	4.77	5.06	
Balance Metalúrgico																
1. TMS y Leyes																
Concentrado de Cu:	TMS	474	460	410	475	506	553	594	547	636	604	569	510	495	6357	
. Ag	Gr/TMS	7460	8477	8306	8394	7647	7493	7528	7680	7420	7772	8119	9625	8320	8028	
. Cu	%	19.90	16.18	16.63	17.01	15.75	16.36	16.25	17.33	17.22	17.60	17.17	18.09	18.30	17.00	
Concentrado de Pb	TMS	520	594	654	697	581	556	604	533	543	510	567	427	444	6710	
. Ag	Gr/TMS	3199	3891	3937	3513	3608	3909	3584	4032	3693	3825	3921	4103	3531	3788	
. Pb	%	63.02	60.69	57.63	56.50	55.42	56.28	55.69	56.31	56.08	55.83	55.51	55.48	57.15	56.59	
Concentrado de Zn	TMS	1584	1806	1872	1977	1666	1643	1701	1749	1734	1665	1764	1490	1572	20639	
. Zn	%	57.93	56.88	56.81	57.37	57.33	56.59	56.71	56.76	56.63	56.78	56.48	56.11	56.09	56.73	
3. Recuperaciones																
. Ag	%	87.60	88.45	88.45	87.94	87.62	88.01	88.02	88.03	87.87	87.42	88.09	88.00	86.85	87.90	
. Cu	%	68.42	64.73	61.11	63.66	65.75	66.46	68.35	66.03	70.13	68.27	65.70	68.66	68.2	66.60	
. Pb	%	87.59	85.54	87.43	86.56	84.22	83.08	84.03	82.66	82.14	81.33	83.67	80.31	81.33	83.75	
. Zn	%	88.09	87.84	87.62	87.61	86.84	85.75	85.88	86.44	84.26	84.44	85.01	85.24	84.74	86.02	
Consumo de Materiales																
1. Reactivos																
. Z-11	Gr/TMS	86.7	85.5	85.0	88.2	89.1	85.4	86.5	94.2	90.3	88.8	87.6	85.7	93.4	88.3	
. NaCN	Gr/TMS	64.0	66.9	59.2	63.8	62.6	55.6	72.0	65.5	66.8	63.9	68.8	64.3	65.0	64.8	
. ZnSO4	Gr/TMS	106.4	103.6	104.1	97.1	95.3	98.4	105.2	101.4	107.6	94.9	98.0	90.3	92.5	99.1	
. MIBC	Gr/TMS	39.4	40.8	40.2	41.4	39.3	33.5	37.3	36.5	28.4	29.0	35.9	33.9	37.2	36.3	
. CuSO4	Gr/TMS	195.4	214.0	208.7	226.1	202	182.4	227.3	206.6	207.5	198.1	201.2	193.9	199.4	205.6	
. Cal	Gr/TMS	1050.0	980.9	980.7	898.2	965.2	521.5	620.1	998.6	985.8	1000	1000	995.6	1431	947.9	
. ZnO	Gr/TMS	52.1	50.8	47.5	48.2	46.4	42.8	53.4	53.5	51.4	48.2	49.9	51.3	47.2	49.3	
. NaHSO3	Gr/TMS	36.8	59.3	54.7	61.1	65.8	65.0	65.1	73.0	69.8	71.0	65.7	58.8	58.8	64.1	
2- Bolas de Acero	Gr/TMS	600.0	528.1	604.8	602.9	550.4	703.0	598.0	591.9	582.9	565.2	725.5	379.6	453.6	573.8	
Planta Neutralización															2004	
Tratamiento	miles m3		128.8	210.2	223.9	268.2	234.2	174.7	126.9	103.7	102.7	162.3	244.0	307.4	2287.7	
Solidos dispuestos Constancia	TMS		2973	3905	4465	4810	3531	2888	2191	1362	1507	2875	4863	5759	41133.9	
Consumo de Materiales																
. Cal	TMS		404	777	813	1012	892	655	463	394	390	601	926	1474	8802	
. Floculante	Kg		374	631	671	797	652	488	347	215	274	421	622	772	6265	
Ratios de Consumo																
. Cal	g/L		3.9	3.14	3.69	3.63	3.77	3.81	3.75	3.65	3.80	3.80	3.70	3.79	4.79	3.85
. Floculante	mg/L		2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	2.8	2.8	2.7	2.1	2.7	2.6	2.6	2.5	2.7
Costo Tratamiento	US\$/m3	0.30	0.26	0.29	0.28	0.30	0.30	0.31	0.31	0.36	0.37	0.35	0.29	0.36	0.31	
Laboratorio Quimico																
. Productividad	Mues/H-H	5.75	6.14	5.95	6.16	5.55	5.71	5.93	5.73	5.58	6.5	5.71	6.45	5.91	5.94	
. Numero Muestra	Mus	2000	2648	2022	2470	2049	2387	2427	2166	2315	2757	2228	2585	2410	28464	
. Numero Determinaciones	Determ	17500	17499	14056	17220	14846	17700	18598	17671	18156	20443	18133	18657	20691	17806	

Tabla 3. De Memoria anual 2004 Planta Concentradora

## 2.10.2 COSTOS PLANTA 2004

	Unidad	Estándar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	2004
<b>Area: Planta Concentradora</b>															
Total		57718	57721	55887	59197	59486	64089	66332	66614	72047	70353	70604	64928	73180	65066
. Materiales	\$	34535	34662	33527	36762	35654	39496	40646	41139	46233	43314	40950	38900	43612	39574
. Mano de Obra	\$	22418	22504	21982	21890	23280	24045	25095	24502	24543	23436	23758	23735	26919	23807
. Terceros	\$	765	554	378	545	551	549	591	973	1632	3604	5896	2293	2649	1685
Total (Unitarios)		1.91	1.89	1.88	1.85	1.98	2.04	2.06	2.15	2.15	2.08	2.14	2.02	2.33	2.05
. Materiales	\$/TM	1.14	1.13	1.13	1.15	1.19	1.26	1.26	1.33	1.37	1.28	1.24	1.21	1.39	1.25
. Mano de Obra	\$/TM	0.74	0.74	0.74	0.68	0.77	0.76	0.78	0.79	0.73	0.69	0.72	0.74	0.86	0.75
. Terceros	\$/TM	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.11	0.18	0.07	0.08	0.05

	Unidad	Estándar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	2004
<b>Area: Planta Neutralizacion</b>															
Total	\$		33203	60671	63395	78703	70470	53576	39359	35997	37614	55084	70099	110662	708832
. Materiales	\$		27890	53539	57722	71136	63349	46767	32947	28974	30482	48865	63345	102850	627866
. Mano de Obra	\$		5143	6772	4985	5430	5112	5267	4529	5748	5260	5200	5357	6241	65046
. Terceros	\$		169	360	688	2136	2008	1542	1883	1275	1872	1019	1398	1571	15921
Total (Unitarios)		1.85	1.09	1.99	1.98	2.62	2.24	1.66	1.27	1.07	1.11	1.67	2.18	3.52	1.86
. Materiales	\$/TM	1.65	0.91	1.81	1.80	2.37	2.01	1.45	1.06	0.86	0.90	1.48	1.97	3.27	1.65
. Mano de Obra	\$/TM	0.19	0.17	0.16	0.16	0.18	0.16	0.16	0.15	0.17	0.16	0.16	0.17	0.20	0.17
. Terceros	\$/TM	0.02	0.01	0.01	0.02	0.07	0.06	0.05	0.06	0.04	0.06	0.03	0.04	0.05	0.04

Tabla 4. De Memoria anual 2004 Planta Concentradora

## 2.10.3 Resumen de costos Planta 2004



Tabla 5. De Memoria anual 2004 Planta Concentradora

## CAPITULO III

### **3 LA PLANTA DE NEUTRALIZACIÓN HDS**

Pan American Silver SAC, Mina Quiruvilca inicia la construcción de La Planta de Neutralización de lodos de alta densidad en Mayo del año 1998 y después de un año de construcción en Mayo de 1999 lo pone en marcha, para tratar los drenajes ácidos generados por todas las actividades operativas de la unidad minera.

La Planta se construyo como Proyecto de cumplimiento del PAMA con una inversión total de US\$ 4'037,783.00, hasta el 31 de Marzo del año 2000.

El resultado obtenido después de la puesta en marcha de la Planta de Neutralización, se tradujo inmediatamente en un impacto ambiental positivo de alta importancia por el mejoramiento de la calidad del agua del Río Moche, por el cumplimiento de los estándares establecidos por el MEM.

Actualmente el control del medio ambiente en todas las empresas tiene bastante importancia debido a que las grandes inversiones y créditos bancarios están condicionados por las normas ambientales y ecológicas nacionales e internacionales.

Después del primer año de operación QUIRUVILCA obtuvo el premio internacional Manejo Ambiental en la minería poli metálica, otorgado por la Organización Latinoamericana de Minería y represento al Perú ante la OLAMI.

#### **3.1 RESUMEN COSTO CONSTRUCCION DE LA PLANTA HDS**

		<b>GASTOS</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>AÑO</b>	<b>SOLES</b>	<b>DOLARES</b>
Planta de Neutralización	1,998	9,623,077.45	3,188,804.00
Planta de Neutralización	1,999	2,341,245.08	702,018.49
Puesta en Marcha Planta de Neutralización	1,999	392,194.61	117,808.01
Saldo Planta de Neutralización al 31.12.99		12,356,517.14	4,008,630.50
Adiciones 2,000	2,000	100,783.18	29,153.00
Saldo Planta de Neutralización al 31.03.00		<b>12,457,300.32</b>	<b>4,037,783.50</b>

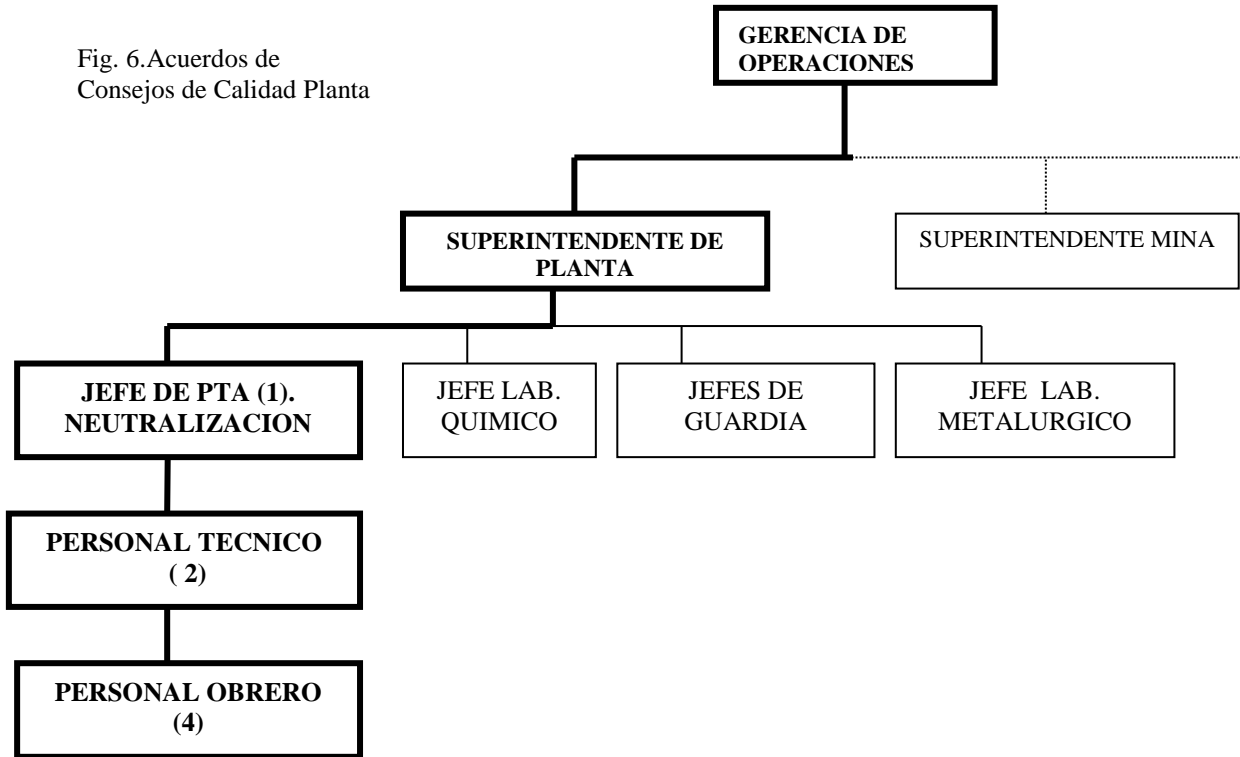
Tabla 6. De informe de ingeniería costo construcción Pta. Neutralización 2000



## **3.2 GESTION DE LA PLANATA DE NEUTRALIZACION**

### **3.2.1 PLANTA NEUTRALIZACION DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN PASSAC MINA QUIRUVILCA**

Fig. 6. Acuerdos de Consejos de Calidad Planta



## **3.3 FUNCIONES DE LA PLANTA HDS DENTRO DE LA MINA QUIRUVILCA**

- Tratamiento de drenajes ácidos generados por las actividades operativas de toda la unidad minera de Quiruvilca (Areas de Mina y Planta).
- Mantener buena calidad de las aguas del Río Moche principal cuerpo receptor de los efluentes de la unidad minera, cumpliendo con los estándares permisibles.
- Recuperación del agua neutralizada para abastecimiento de la Planta Concentradora en época de estío.
- Cumplimiento efectivo de las metas propuestas en el PAMA ante el MEM.
- Optimizar los costos y mejorar la productividad a fin de maximizar la eficiencia; se ha logrado bajar el costo operativo de la Planta HDS de 0.50 a 0.30\$/m<sup>3</sup> y el incremento de la productividad.
- Trabajo en equipo por parte de toda la supervisión, Cambio de actitud del personal, hacia una mentalidad proactiva y productiva, con delegación de responsabilidades hacia los supervisores, descentralización en la toma de dediciones.

### **3.4 ESTRATEGIAS**

- Optimización de la operación de la Planta De Neutralización y reducción del costo operativo: Energía ,hrs. hombre,insumos,etc.
- Impulsar la política de desarrollo sostenible.
- Consolidar la imagen de Pan American Silver-Mina Quiruvilca ante el mercado internacional y los sistemas financieros.
- Cumplimiento efectivo de las metas propuestas en el PAMA ante el MEM

### **3.5 ESTADISTICA DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE NEUTRALIZACIÓN**

El cuadro muestra un resumen de la estadística de operación Planta de Neutralización

DESCRIPCION	UNID	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Proyección 2005
TRATAMIENTO								
DRENAJES ACIDOS	m3	927 232	1 957 636	2 363 326	2 456 037	2 037 929	2 287 692	2502 240
CONSUMO CAL	TM	4 659	9 844	10 595	9 513	7 176	8 802	9 634
SOLIDOS DISPUESTOS EN S.FELIPE	TMS	15 868	37 439	56 078	46 554	29 165	41 134	42 538
m3 OCUPADOS EN S.FELIPE	m3	22 479	53 038	79 444	65 952	41 317	58 273	60 262
COSTO OPERATIVO	US \$	602 555	1 081 122	885 144	746 175	580 436	717 765	705 633
INDICE CONSUMO CAL	g/L	5.0	5.0	4.5	3.9	3.5	3.85	3.9
INDICE COSTO TRATAM.	US\$/m3	0.65	0.55	0.37	0.30	0.28	0.31	0.30

Tabla 7.De memorias anuales años 1999-2004

La disminución del volumen de tratamiento en el 2003, se debe a la derivación de parte del agua acida de mina hacia los niveles inferiores de la zona norte, durante el último trimestre de ese año se inundó las socavones de toda la zona norte, por el cierre de las operaciones mineras en toda esa zona. En el 2004, la presencia de lluvias desde Octubre incrementó el flujo del agua de mina hasta alcanzar valores normales a épocas de lluvia.

Para el 2005, se proyectó un costo operativo anual de \$705 633 con un volumen de tratamiento de 2'502 240 m<sup>3</sup>, pero el cual aparentemente va a ser superado por el aumento considerable de agua ácida y con un nivel de Ph mas bajo de lo esperado, debido a que las filtraciones de las zonas inundadas están generando filtraciones las cuales están generando aguas acidas con niveles de Ph muy por debajo que los anteriores drenajes.

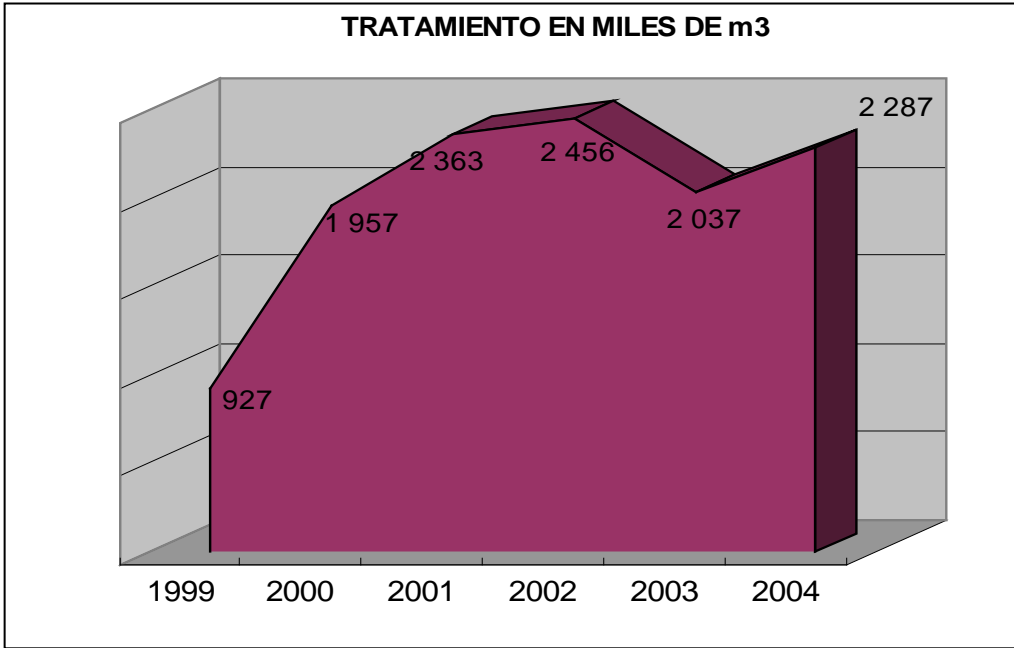


Fig 7.  
De  
tabla 7

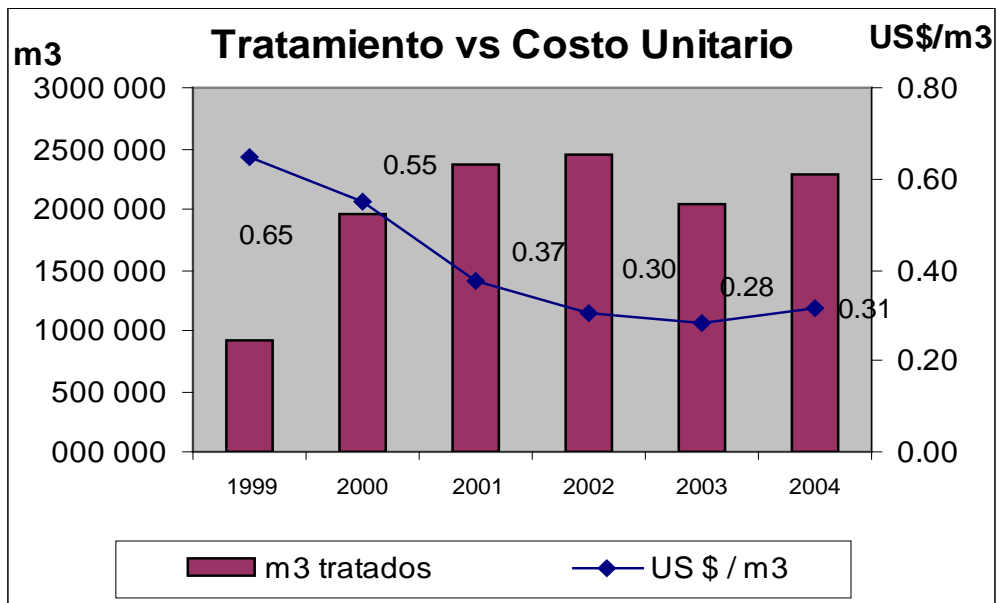


Fig 8.  
De  
tabla 7

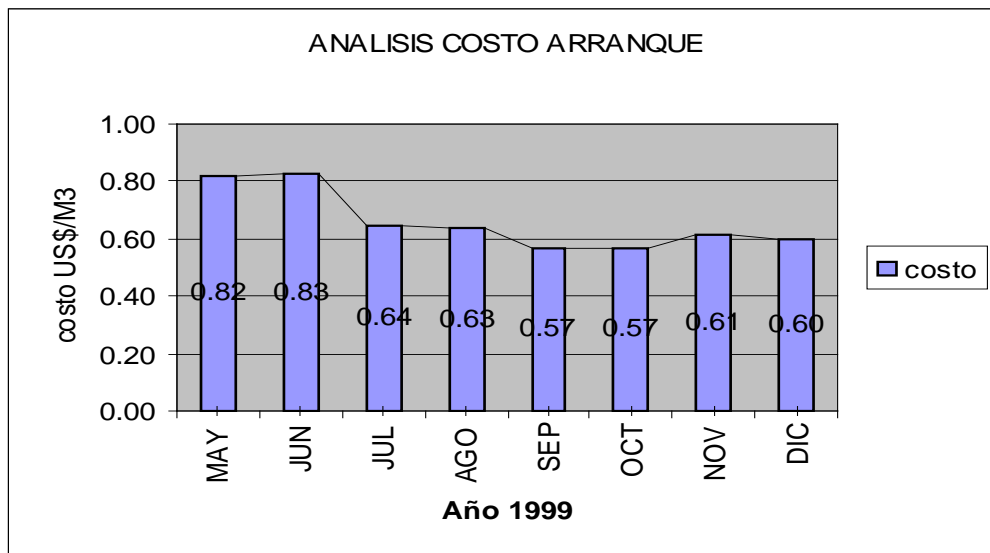


Fig 9.  
De  
tabla 7

### **3.6 Estadística de la operación del primer año de arranque de Mayo a Diciembre de . 1999**

DESCRIPCION	UNI	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT-AÑO
TRATAM. HDS	m3	80330	118501	112703	102093	106966	144129	125239	137271	927232
SOLIDOS DISPUESTOS EN SAN FELIPE	TMS	1360.9	2435	2163.3	1532.1	1345.1	2485.7	1986.3	2559.1	15867.5
COSTO OPERATIVO	US \$	65692	97893	72332	64752	60634	82262	76494.97	82494.86	602554.83
CONSUMO CAL	TM	490.336	753.265	501.6	455.9	428.544	649.14	635.322	744.73	4658.837
INDICE CONSUMO CAL	g/L	6.10	6.36	4.45	4.47	4.01	4.50	5.07	5.43	5.02
COSTO TRATAMIENTO	US\$/m3	0.82	0.83	0.64	0.63	0.57	0.57	0.61	0.60	0.65

Tabla 8. De estadística de operación 1999 Pta. De Neutralización

### **3.7 DATOS OPERATIVOS CUANDO ARRANCO Y ACTUAL:**

<b>Sistema De Colección De Agua Mina</b>	<b>1999</b>	<b>2004</b>
Diseño De Flujo Máximo	300m <sup>3</sup> /hr	385m <sup>3</sup> /hr
Flujo Máximo	300m <sup>3</sup> /hr	385m <sup>3</sup> /hr
Flujo Promedio	230m <sup>3</sup> /hr	285m <sup>3</sup> /hr
Flujo mínimo	150m <sup>3</sup> /hr	150m <sup>3</sup> /hr
Velocidad de Generación de Sólidos	24gr/lt	17gr/lt
G.E Solidos	2.4	2.4
Ratio de Recirculación	4:1	4:1
Under Flow Sólidos Del Clarificador	30-35%	24 -35%
Ouver Flow Sólidos Del Clarificador	<50ppm	5ppm
Velocidad de Clarificación	1.6m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	1.9m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Ph del Proceso	7.5-8.2	7.5-8.0
Velocidad de Adición de Cal	5.4gr/lt	3.6gr/lt
Velocidad de adición de Floculante	4.2mg/lt	2.9mg/lt

Tabla No 9. Resumen extraído de datos de operación años 1999-2004

### 3.8 DIAGRAMA DE LA PLANTA NEUTRALIZACION HDS CUANDO ARRANCO (MAYO 1999)

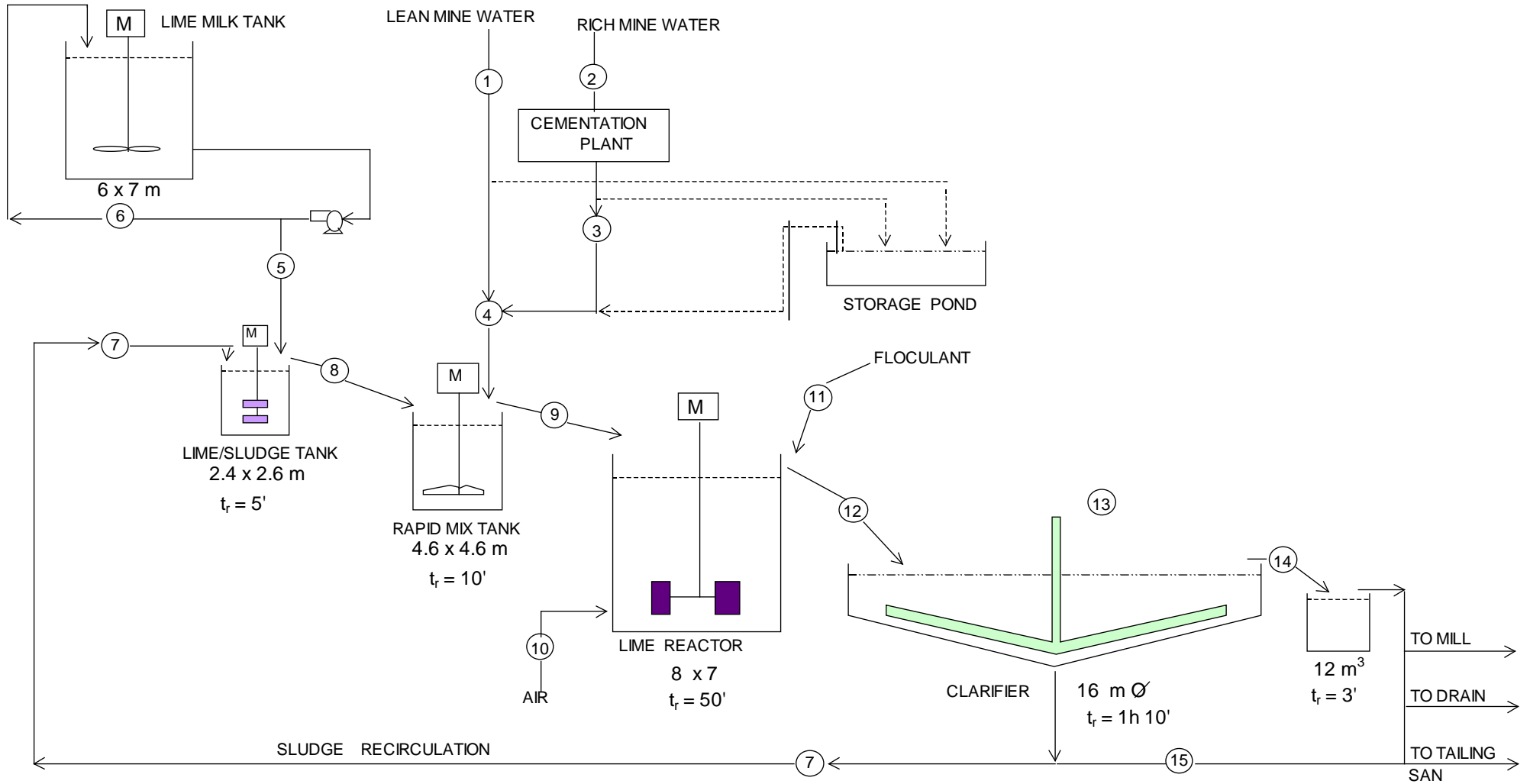
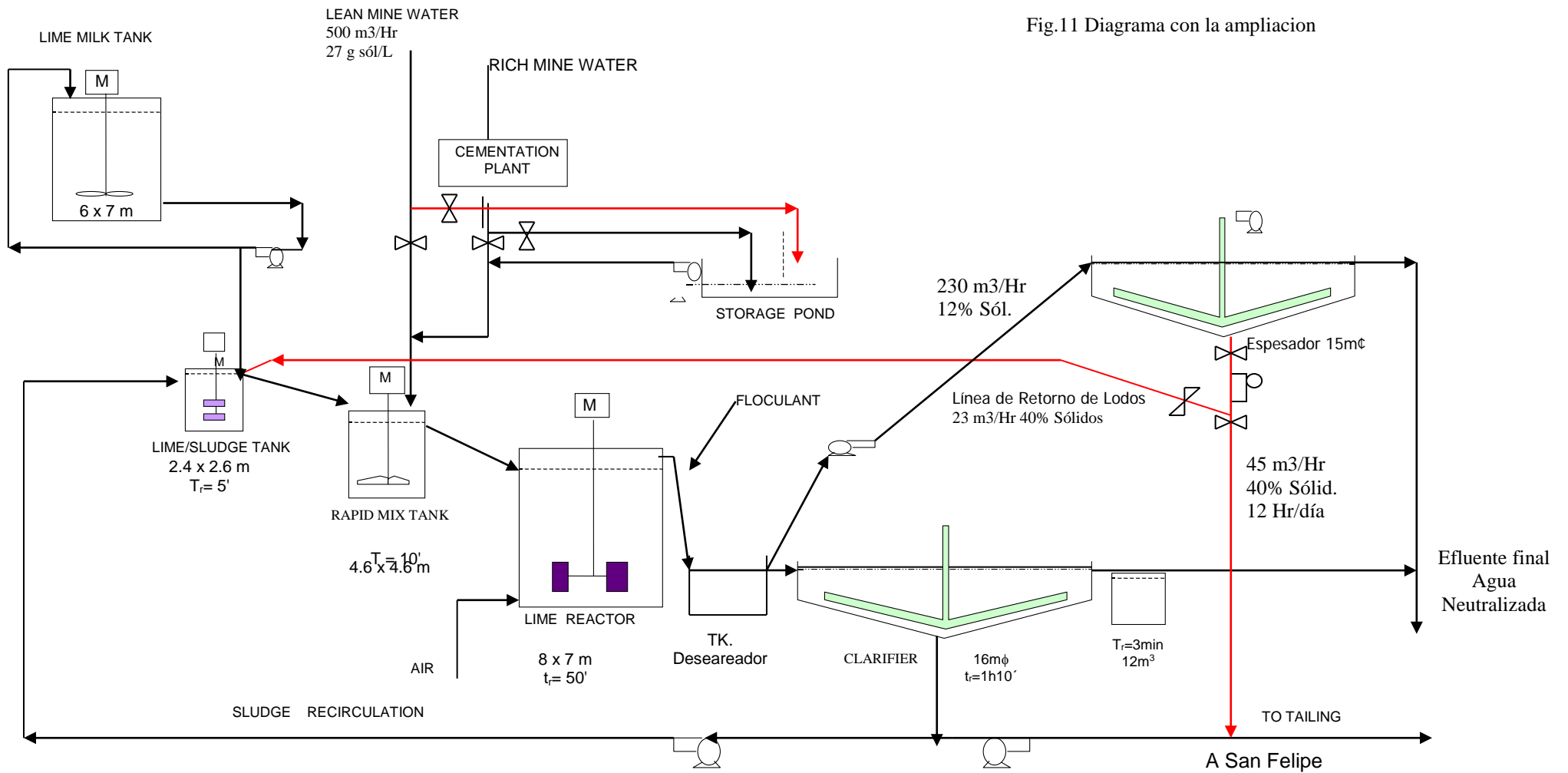


Fig.10. Extraído de la pantalla del programa de control automático.

### 3.9 DIAGRAMA DE LA PLANTA DE NEUTRALIZACION HDS ACTUAL CON LA HABILITACIÓN DEL ESPESADOR DE LA PLANTA DE LAVADO



## CAPITULO IV

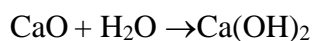
### 4 QUIMICA DEL PROCESO DE NEUTRALIZACIÓN HDS

La química del proceso consta principalmente de las siguientes etapas:

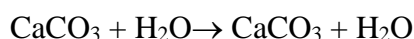
- Formación de la lechada de cal en la molienda
- Mezcla de los lodos de alta densidad con lechada de Cal.
- Neutralización del agua ácida de mina con los lodos alcalinizados y formación de precipitados en el tanque de mezcla rápida.
- Oxidación de los iones divalentes y formación de precipitados en el tanque reactor.

#### 4.1 FORMACION DE LA LECHADA DE CAL

El Oxido de Calcio al entrar a la molienda en contacto con el agua forma el Hidróxido de Calcio.



Cuando el cargamento de Cal esta mal quemado, la calcita pasa como tal a la molienda y como no es soluble en agua entonces sigue como calcita molida entrando a formar parte de la pulpa de la lechada de cal.



#### 4.2 MEZCLA DE LODOS CON LECHADA DE CAL

La lechada de Cal producto altamente alcalino y los lodos recirculados con Ph 7.5-8 son mezclados previamente en un tanque agitado para iniciar el proceso, aquí producto de la mezcla se forma una nueva pulpa altamente alcalina donde los compuestos de hierro de los lodos recirculados se hacen más estables y permanecen casi inertes pero ganan alta alcalinidad; ésta pulpa alcalinizada en la siguiente etapa neutraliza al drenaje ácido por la alcalinidad de la pulpa y por las reacciones consumidoras de acidez producto de los compuestos de hierro especialmente.

Algunos otros compuestos que acompañan al Hidróxido de Calcio y Hidróxido Férrico en los lodos y que consumen la acidez del drenaje ácido son :

$\text{Fe(SO}_4\text{)OH}$  ;  $\text{Fe}_2 \text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$  ;  $\text{Fe}_3 (\text{SO}_4)_2(\text{OH})_5$  ;  $(\text{H}_3\text{O})\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  sulfato de fierro básico amorfo;  $(\text{H}_3\text{O})\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  ;  $\text{H}[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{Fe}(\text{OH})_3]$  Jarosita

Donde el  $\text{Fe}^{3+}$  ,puede ser sustituido por otro metal trivalente en caso que el agua acida de mina contenga a dichos elementos en suspensión.

### **4.3 REACCIONES DE NEUTRALIZACION Y PRECIPITACION EN EL TANQUE DE MEZCLA RAPIDA**

La mezcla de lodos con cal es descargada por rebose al Tanque de Mezcla Rápida donde ingresa también el drenaje ácido de mina, en este tanque ocurrirán reacciones de neutralización y precipitación, en general se puede decir que ocurren las siguientes reacciones generales:

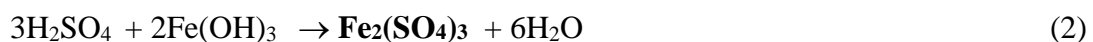
#### **4.3.1 Reacciones de neutralización del drenaje ácido por hidróxido de calcio**

(Cal hidratada ó apagada)

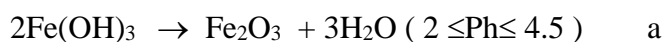


#### **4.3.2 Reacciones de neutralización por el hidróxido férrico**

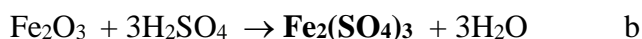
Los lodos de la recirculación contienen generalmente productos hidrolizados del sulfato férrico entre ellos esta Hidróxido férrico, el cual actúa como medio neutralizante consumiendo la acidez del medio.



El Hidróxido férrico de los lodos recirculados al entrar en contacto con el agua ácida de mina en un inicio en el lecho de reacción de un medio altamente ácido se descompone en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , esto sucede cuando la pulpa contiene un Ph aproximado entre 2 a 4.5, debido a que la cinética de las reacciones de neutralización directa por parte del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  toma su tiempo dentro del tanque de mezcla rápida a pesar de la intensa agitación.



Este óxido férrico formado al entrar en contacto con el agua altamente ácida, rápidamente reacciona para consumir la acidez del medio.

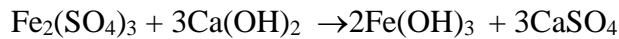
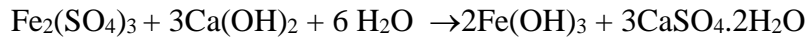


Si sumamos las reacciones a y b obtenemos la reacción total (2)

##### **4.3.1.1 Reacciones de precipitación de los iones férricos**

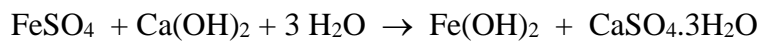
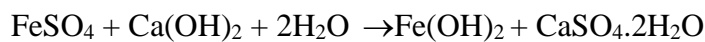
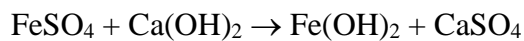
**El Sulfato Férrico** procedente del drenaje ácido o generado en el proceso reacciona fácilmente con la lechada de Cal o Hidróxido de Calcio





### **4.3.3 Reacciones del Sulfato Ferroso**

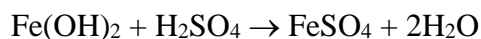
Cuando los iones ferrosos que contiene el agua ácida de mina entran al tanque llamado de mezcla rápida reaccionan con el Hidróxido de Calcio para formar hidróxido ferroso, sulfato de calcio y precipitados de compuestos hidratados de Calcio.



#### **4.3.3.1 Reacciones de regeneración del Sulfato Ferroso**

Este Hidróxido ferroso formado también consume ácido sulfúrico pero en menor proporción que el sulfato férrico

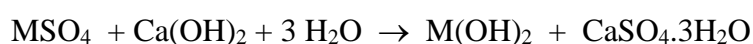
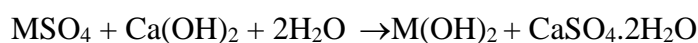
El hidróxido ferroso es inestable en rangos altos de Ph por lo que se disocia y si no es oxidado a ión férrico en el tanque reactor pasa al efluente final como ión ferroso, esto ocurre generalmente cuando falta aireación al tanque reactor

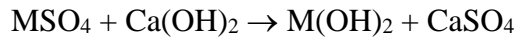


El Sulfato Ferroso regenerado en el proceso reacciona nuevamente consumiendo el hidróxido de Calcio, lo cual no es beneficioso debido a que aumenta el consumo de lechada de cal en el proceso de neutralización, según las reacciones de la parte 4.3.4.

#### **4.3.4 Reacciones Generales de Precipitación como hidróxido de metales divalentes disueltos**

Toda agua de drenaje de mina lleva iones metálicos en la solución y en el proceso de neutralización al entrar en contacto con la lechada de cal y el agua ácida dan lugar a las siguientes reacciones:

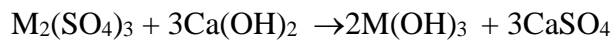
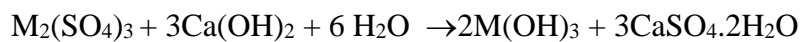




M= Cu,Zn,Fe,Cd,Co,Ni,Pb,Hg,Mn. Etc

#### **4.3.5 Reacciones Generales de Precipitación como hidróxido de metales trivalentes disueltos**

Los cationes de los metales trivalentes fácilmente reaccionan en el medio neutralizante, para precipitar como hidróxido trivalentes los cuales son estables generalmente a altos valores de Ph>6



M= Cu,Zn,Fe,Cd,Co,Ni,Pb,Hg,Mn. Etc

#### **4.3.6 Neutralización por óxido de calcio (cal viva)**

Algunas veces cuando se genera una mala molienda en la generación de la lechada de Cal ,partículas realmente gruesas de óxido de calcio pueden pasar a la lechada de Cal, en estos casos se generan reacciones más lentas en el proceso de neutralización; la reacción en éste caso es de disolución del CaO por la acidez del medio pero algunas veces todo el núcleo de las partículas no puede llegar a reaccionar totalmente pasando entonces como tal a formar parte de los lodos ,debido a que la lechada de Cal rápidamente neutraliza al medio no dando la oportunidad de reaccionar al núcleo de las partículas de CaO, por lo tanto el proceso de neutralización requiere mayor consumo de Cal aumentando los costos .

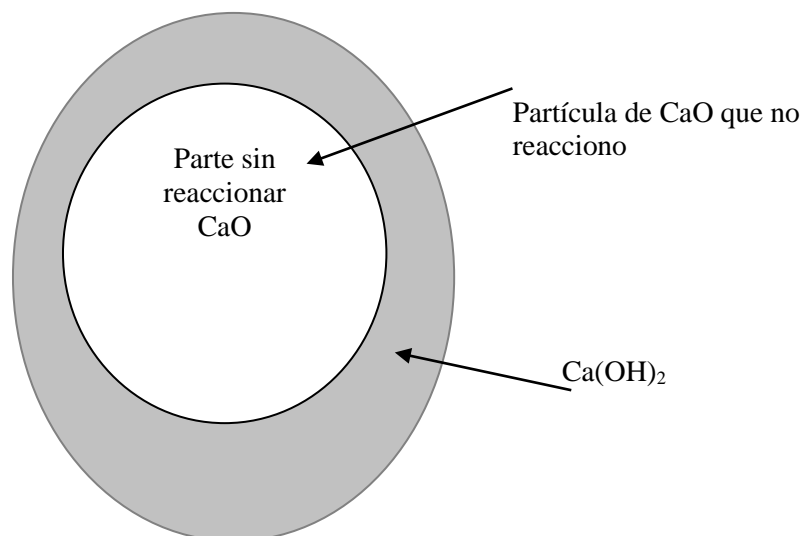
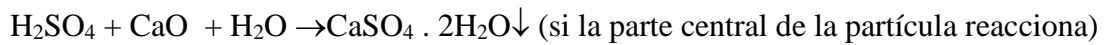
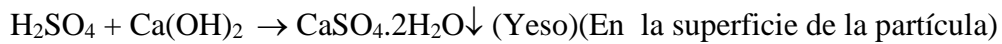
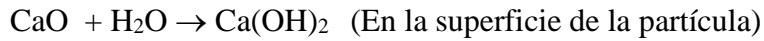
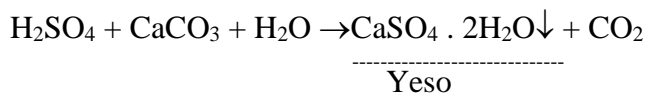
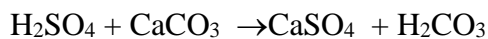


Fig.12.



#### **4.3.7 Neutralización por Carbonato de Calcio (caliza).**

En algunos casos, cuando el cargamento de cal es de mala calidad, el carbonato de Calcio llega como rocas y/o partículas gruesas debido que éste fue mal quemado, existiendo entonces bastante presencia de Carbonato de Calcio en el cargamento de óxido de Calcio. En este caso, éstas partículas pasan por el proceso de molienda y pasan como tal a la pulpa de la lechada de cal donde los finos pueden llegar a reaccionar totalmente en el proceso de neutralización pero las partículas gruesas solo reaccionan superficialmente ocurriendo un caso similar a lo anterior. En este caso también se requiere mayor consumo de Cal por la mala calidad lo cual aumenta los costos operativos.



El producto de todas estas reacciones descritas originados en el tanque de mezcla rápida genera una pulpa de coloración rojiza pasando por rebose al Tanque Reactor .

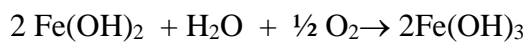
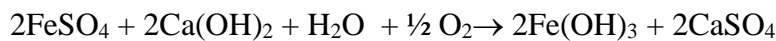
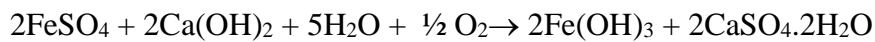
En el tanque reactor se suministra a la pulpa rojiza, intensa aireación con agitación para generar el flujo turbulento necesario a fin de proporcionar la máxima solubilidad del oxígeno en toda la pulpa para completar la oxidación total del  $\text{Fe}^{+2}$  y de otros metales divalentes disueltos existentes en la pulpa para generar la neutralización eficiente del drenaje ácido, luego de completarse las reacciones de neutralización y precipitación en el tanque reactor la descarga es conducida al Clarificador donde ocurre la separación de fases.

#### **4.4. REACCIONES DE OXIDACION Y PRECIPITACION EN EL REACTOR DE CAL**

En el tanque reactor por lo general ocurren reacciones de oxidación de los iones divalentes para luego ser neutralizados y precipitados dado que muchos iones divalentes son inestables al ser precipitados, las reacciones en el tanque reactor son:

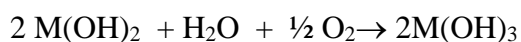
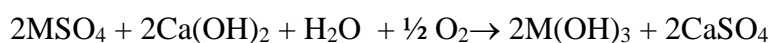
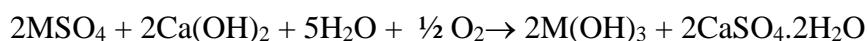
#### **4.4.1 OXIDACIÓN DE LOS IONES FERROSOS Y PRECIPITACIÓN POR ACCIÓN DEL OXIGENO EN UN MEDIO NEUTRALIZANTE**

El ion ferroso proveniente de las aguas ácidas o de los lodos no reacciona efectivamente con el carbonato de calcio ni hidróxido de calcio hasta  $\text{PH} \cong 6$ , por lo que debe ser oxidado a su estado férrico para ser neutralizado. En el tk. Reactor de cal la presencia de la oxigenación en un medio neutralizante ayuda a la oxidación y precipitación .



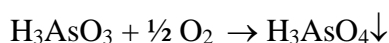
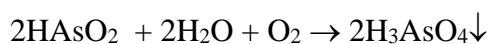
#### **4.4.2 OXIDACIÓN DE IONES DIVALENTES Y PRECIPITACIÓN POR ACCIÓN DEL OXIGENO EN UN MEDIO NEUTRALIZANTE**

Muchos iones metálicos divalentes que contienen las aguas ácidas no reaccionan efectivamente con el carbonato de calcio ni hidróxido de calcio hasta alcanzar un Ph ligeramente alto ( $\text{PH} \geq 5.5$ ), por lo que deben ser oxidados para ser neutralizados. La oxigenación en un medio neutralizante ayuda grandemente a la precipitación de muchos metales que se encuentran solubilizados en sus estados trivalentes, según las siguientes reacciones:

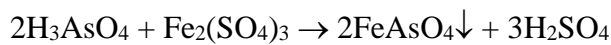
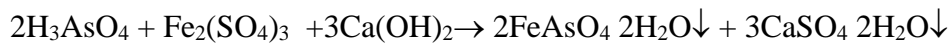


#### **4.4.3 PRECIPITACIÓN DE ANIONES DE COMPUESTOS DE ARSÉNICO POR FIERRO FÉRRICO.**

Muchas aguas de drenaje de mina contienen contienen aniones de compuestos de Arsénico En el reactor de cal la oxigenación hace que el Arsénico trivalente presente en los drenajes ácidos es oxidado a arsénico pentavalente

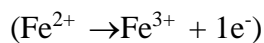


En un medio neutralizante los aniones de compuestos de arsénico precipitan de acuerdo a la siguiente reacción



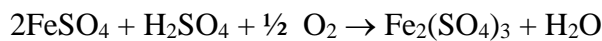
#### **4.4.4 REACCIONES DE OXIDACION DE LOS IONES FERROSOS A FERRICOS**

Las reacciones de oxidación pueden ser de generación y regeneración de sulfato férrico



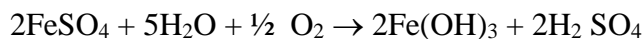
Los iones ferrosos contenidos en las aguas ácidas y otros metales divalentes disueltos son oxidados por la actividad química del oxígeno en el tk. Reactor, en el nivel ácido de PH en que se encuentran.

##### **4.4.4.1 Reacción de Oxidación del sulfato ferroso Con consumo de ácido sulfúrico y reducción de oxígeno para formar sulfato férrico y agua.**



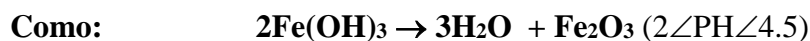
##### **4.4.4.2 Reacción de oxidación del sulfato ferroso y precipitación de iones férricos**

El sulfato ferroso existente en el drenaje ácido a niveles altos de PH y en presencia de oxigenación puede ser fácilmente oxidado para luego precipitar como hidróxido férrico.



Esta reacción explica porque baja drásticamente el Ph en la pulpa del tk reactor.

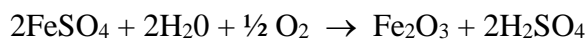
**De otra parte**



Es una reacción espontánea en niveles bajos de Ph.

====> Sumando a las reacciones anterior se obtiene:

---



Resulta una reacción más espontánea que la primera (según  $\Delta G$ ), produciendo un producto sólido ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) como precipitado. Estas reacciones de precipitación hacen las aguas de drenaje se tornen rojizas.

#### **4.4.5 QUIMICA GENERAL DE LAS REACCIONES DE OXIDACION DE IONES DIVALENTES**

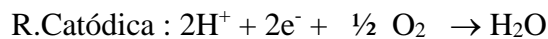
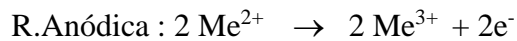
Las reacciones de oxidación de los iones de los metales divalentes



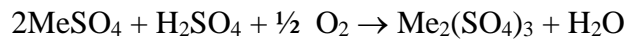
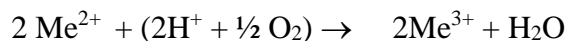
Los iones divalentes solubilizados en las aguas ácidas son oxidados por la actividad química del oxígeno, en el nivel ácido de Ph en que se encuentran.

##### **4.4.5.1 Mecanismo de Oxidación de los iones divalentes Con consumo de ácido sulfúrico y reducción de oxígeno**

Esta reacción sucede a niveles de Ph ligeramente ácidos hasta altamente ácidos.



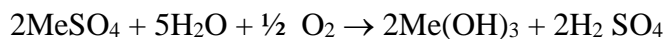
-----



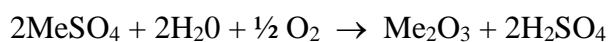
##### **4.4.5.2 Reacción de oxidación del sulfato ferroso y precipitación de iones férricos**

El sulfato ferroso existente en el drenaje ácido a niveles altos de Ph y en presencia de oxigenación puede ser fácilmente oxidado para luego precipitar como hidróxido férrico.

Estas reacciones suceden en lechos de reacción donde el Ph se encuentra en niveles ligeramente ácidos hasta alcalinos.



Según estas reacciones espontáneas la aireación oxida el ion ferroso a ion férrico para luego precipitarlo.

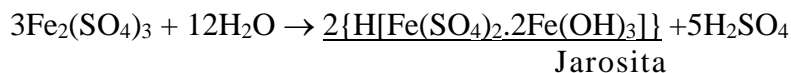
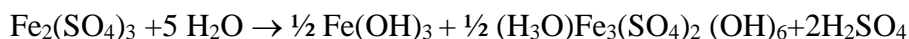
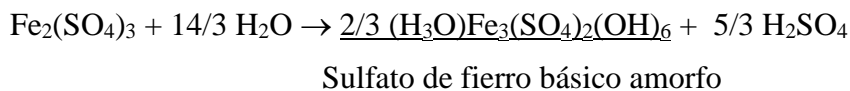
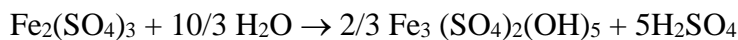
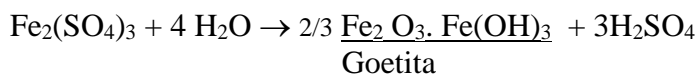
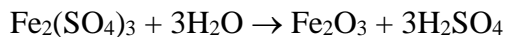
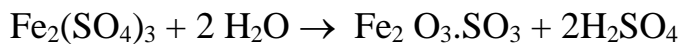
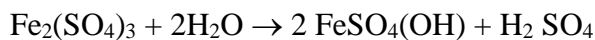
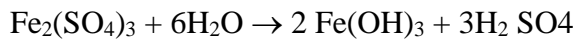


Esta reacción sucede en ambientes ácidos phs de 2.5 a 4.5.

#### **4.4.6 Reacciones de Hidrólisis del Sulfato Férrico**

Otras reacciones que pueden darse en niveles altos de Ph en el lecho de reacción son todas las que involucran a reacciones de remoción por precipitación del Ión Férrico

Muchas de estas reacciones son conocidas que ocurren a altas temperaturas ( $T \geq 85^\circ\text{C}$ ), pero no se puede descartar que no sucedan en un proceso de neutralización ya que los productos existen en los precipitados



Todas estas reacciones de precipitación de óxidos hacen que las aguas se tornen rojizos.

El producto de estas reacciones originados en el tanque reactor forman la pulpa rojiza donde se completaron las reacciones de oxidación, neutralización y precipitación pasan al clarificador para la separación de las fases donde una parte recircula al llamado tanque de mezcla de lodos con cal y la otra va con destino para su disposición final a la antigua relavera de San Felipe.

## CAPITULO V

### 5 PROCESO DE NEUTRALIZACION HDS

#### 5.1 ETAPAS DEL PROCESO EN LA PLANTA DE NEUTRALIZACION

Las operaciones en La Planta De Neutralización HDS consta de las siguientes etapas:

**a) Recepción y almacenamiento de CaO**

La ley del CaO de los proveedores varía entre 60 a 80%, con 80%-1'' ..

**b) Molienda de cal y almacenamiento de lechada de cal en Santa Catalina**

La densidad de la lechada de Cal entre 1050-1100 gr/lt , con una granulometría de mas de 90% -200mallas.

**c) Almacenamiento de lechada de cal en Planta HDS.**

Tanque de almacenamiento y recirculación la de lechada de Cal, alimenta al tanque de mezcla de lodos con Cal.

**d) Recolección y almacenamiento de agua ácida**

Flujo Máximo	385 m <sup>3</sup> /h
Flujo Promedio	285m <sup>3</sup> /h
Flujo Mínimo	150m <sup>3</sup> /h

**e) Mezcla de los lodos de alta densidad con lechada de Cal.**

La lechada de Cal se mezcla con los lodos del U/F del clarificador para formar una pulpa estable y altamente alcalinizada.

**f) Neutralización del agua ácida de mina con los lodos alcalinizados y formación de precipitados en el tanque de mezcla rápida.**

Es un proceso de combinación con la formación de compuestos inestables en un rango de Ph por lo que da lugar a la formación de precipitados.

**g) Oxidación de los iones y formación de precipitados en el tanque reactor.**

La aireación oxida a los iones que difícilmente forman precipitados o no precipitan en ese rango de Ph , para que luego de ser oxidados formen compuestos y fácilmente precipiten.

**h) Espesamiento y Clarificación.**

El O/F es el agua clarificada con ph entre 7.5-8.5 va al río Moche y el U/F son los lodos de alta densidad que se depositan en la relavera de San Felipe.

**i) Disposición de lodos.**

Los lodos de alta densidad de 25-35% de sólidos se deposita en la relavera San Felipe.



### 5.1.1 DIAGRAMA DEL PROCESO DE LA PLANTA DE NEUTRALIZACIÓN HDS

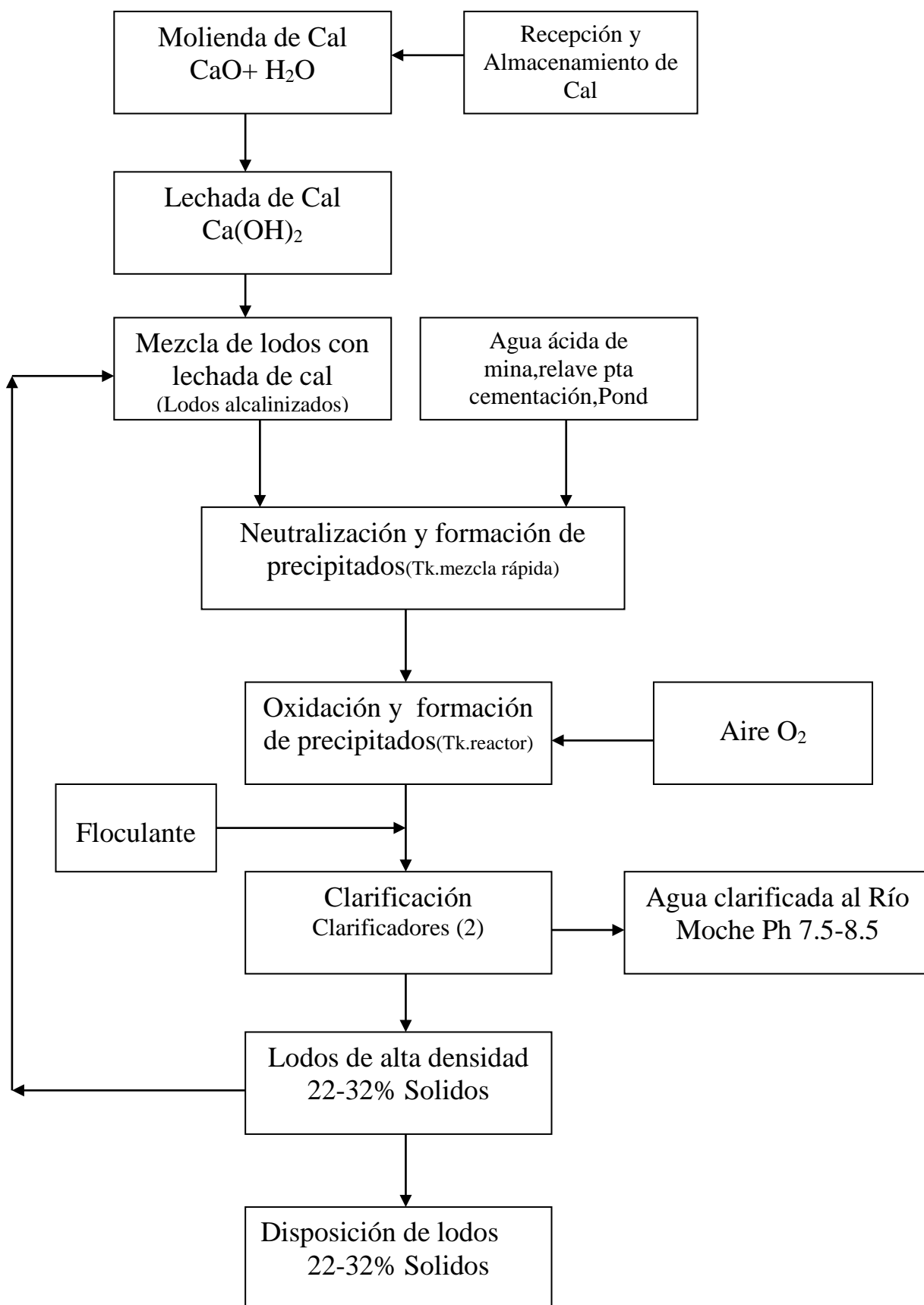


Fig.13

## 5.2 RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DE CAL

La cal viva recibida de los diversos proveedores es almacenado en dos tolvas de 250TM y 500 TM de capacidad respectivamente el cual tiene una granulometría promedio de 80% -1'' ,con una ley promedio de CaO que varia entre 60 a 80%,considerándose una cal de mala calidad los que tienen una ley menor a 65% de CaO.

Ejm.

Tabla 10.De reporte de Cal Pta. Concentradora Dic. 2003

REPORTE RECEPCION CAL					<b>Diciembre-03</b>
FECHA RECEPCION	GUIA No.	CaO %	TMS	GRANULOMETRIA % - 1"	OBSERVACIONES
<i>PRODUCTOS CALCAREOS</i>					<i>Destino</i>
29-Dic	0185	79.9%	11.480	76.2%	Pta Neutralización
29-Dic	0185	79.9%	17.750	76.2%	Pta Concentradora
<b>79.9%</b>			<b>29.230</b>	<b>76.2%</b>	
<i>INVERSIONES MINERAS SRL</i>					
11-Dic	0579	75.0%	23.950	73.6%	Pta Neutralización
16-Dic	0580	70.8%	22.210	98.1%	Pta Neutralización
19-Dic	0581	64.8%	16.410	84.8%	Pta Neutralización
22-Dic	0584	78.8%	25.880	83.0%	Pta Neutralización
22-Dic	0585	69.0%	28.130	84.3%	Pta Neutralización
<b>72.2%</b>			<b>116.580</b>	<b>84.5%</b>	
<i>CATEQUIL</i>					
03-Dic	0535	65.8%	23.560	79.0%	Pta Neutralización
04-Dic	0536	78.0%	23.320	78.0%	Pta Neutralización
10-Dic	0537	60.8%	21.740	76.3%	Pta Neutralización
13-Dic	0538	58.8%	18.910	78.2%	Pta Neutralización
29-Dic	0539	69.0%	19.130	78.4%	Pta Neutralización
<b>66.8%</b>			<b>106.660</b>	<b>78.0%</b>	
<b>TOTAL</b>		<b>70.8%</b>	<b>252.470</b>		
<b>CONSUMOS Y SALDOS</b>					
	Ingreso	Consumo	Stock Anterior	al	Stock al
	Dic-03	Dic-03	30-Nov-03	31 Dic	2003
	<b>234.720</b>	<b>268.690</b>	<b>309.050</b>		<b>275.080</b>
Pta Concentradora	<b>17.750</b>	<b>25.160</b>	<b>7.410</b>		<b>0.000</b>
<b>Stock al 31 Dic 2003</b>					<b>275.080</b>

### **5.3 ETAPA DE MOLIENDA DE CAL**

La cal es molida en un molino de bolas 5'x 6' en medio húmedo para producir la lechada de cal (cal hidratada o apagada) y la granulometría de la cal molida debe ser aproximadamente mayor a 90% -200 mallas o mayor de 80%-325 mallas, con una densidad promedio de la pulpa de la lechada de cal de 1100gr/lit.

#### **5.3.1 Parámetros de molienda**

Molino de bolas	:	5'x 6'
Carga de bolas	:	35%
TMS/HR	:	3.11
Densidad de pulpa de la descarga del molino	:	1400-1550gr/lit.

#### **Hidrociclón D-10**

Apex	:	1 ½ ''
Vortex	:	3 ½ ''
Bomba de descarga del molino	:	Denver 4'x 3'
Densidad del O/F Del hidrociclón D-10	:	1070-1150gr/lit
Densidad del U/F Del hidrociclón D-10	:	1800-1950gr/lit

#### **5.3.2 ALMACENAMIENTO DE LECHADA DE CAL EN SANTA CATALINA**

El producto de la molienda que viene a ser la lechada de cal es almacenado en el Holding Tank de Santa Catalina, es un tanque agitador de 24' de diámetro por 24' de altura, desde donde por gravedad se abastece al tanque de lechada de cal de la Planta de Neutralización HDS. El Holding Tank está ubicado en una cuota bastante superior a la Planta de Neutralización y a una distancia aproximada de 1000m.

Este tanque también abastece de lechada de cal cuando se neutraliza agua ácida hacia la poza de la relavera, esto se hace generalmente cuando el flujo colectado de agua ácida sobrepasa a la capacidad de la Planta HDS o cuando se quiere subir el espejo de agua en la relavera. La neutralización se realiza en un tanque agitador de 2.3m de diámetro por 2.5 m de altura, el cual está ubicado sobre el dique central de la relavera.

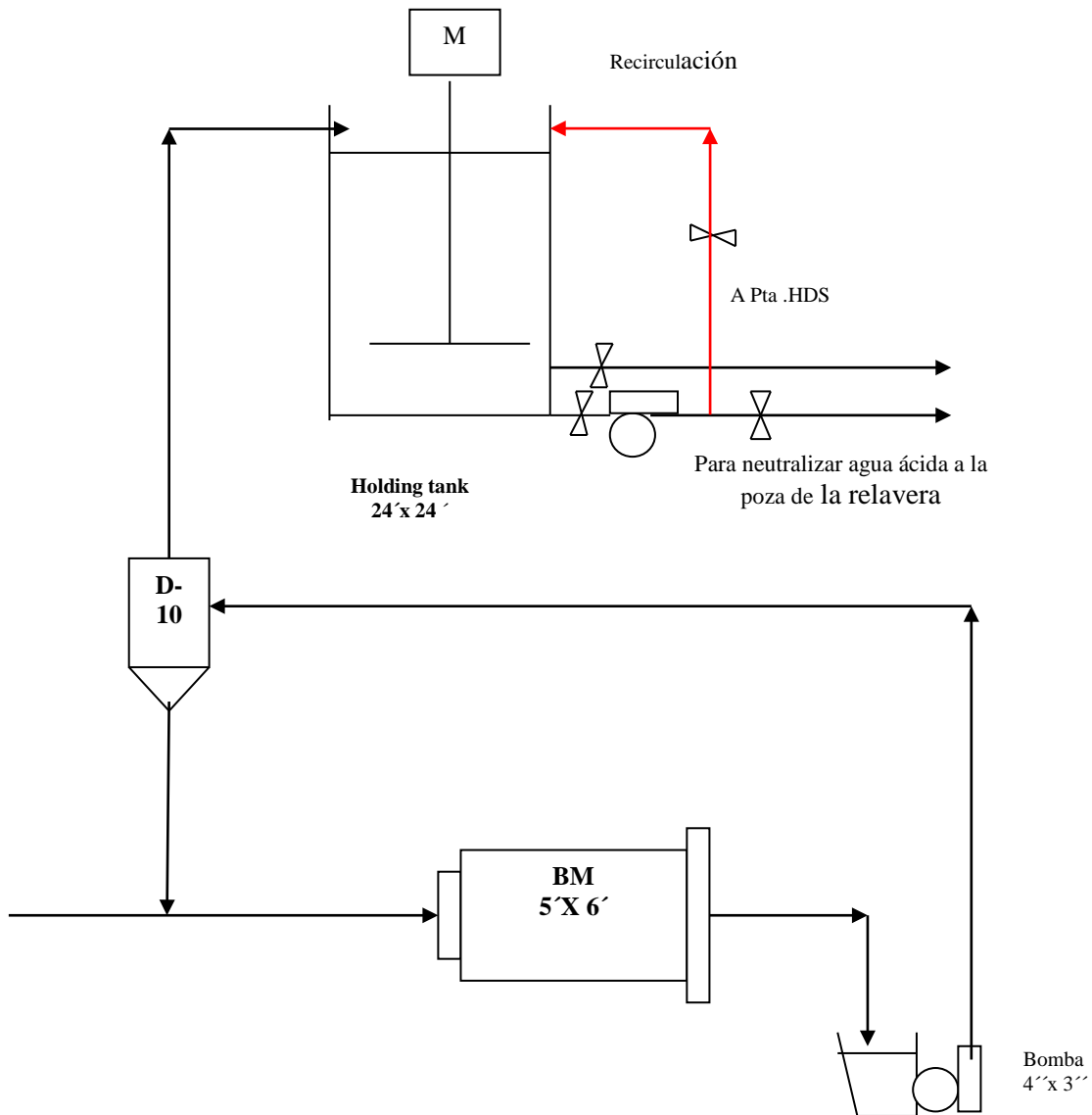
Una bomba horizontal 3''x 3'' , bombea la lechada de cal hasta el tanque agitador donde también ingresa el agua ácida produciéndose la neutralización, el agua ácida es bombeado desde la cola de la Planta de Cementación, desde una distancia aproximada de 800m, la pulpa de lodos neutralizados sale por rebose del tanque el cual es canalizado hacia la poza de la relavera, el Ph de la pulpa neutralizada varía entre 7.5-8.5.

En el sector más bajo del área del molienda y clasificación se encuentra ubicado una cocha de derrames con base rectangular de 1.2x1.2m y con un nivel superior al nivel de los pisos de 2m de altura, el cual tiene una bomba vertical de 1.5'' x 36'' para recuperar cualquier derrame del proceso de molienda ,clasificación y almacenamiento hacia el tanque de lechada de cal.

La calidad de la lechada de cal influye directamente en la capacidad de tratamiento del agua acida los parámetros de control mas importantes son la ley del CaO para la producción de la lechada y la densidad de pulpa de la lechada,cuanto mas diluido es la lechada menos será la capacidad de tratamiento.

### 5.3.2.1 Diagrama de almacenamiento de lechada de Cal en Santa Catalina

Fig.14.



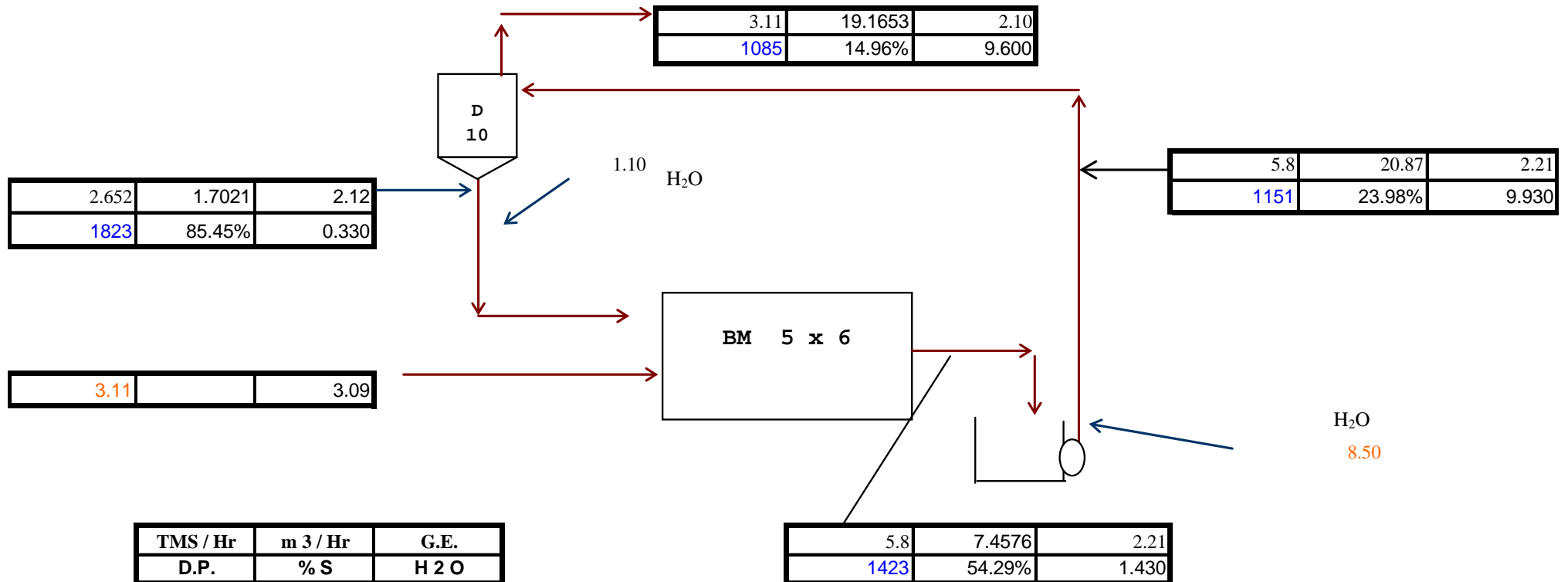
### 5.3.3 BALANCE DEL CIRCUITO DE MOLIENDA DE CAL EN SANTA CATALINA

Fig.15.De Informe de Laboratorio metalúrgico 24-02-02

#### CIRCUITO MOLIENDA CLASIFICACION BM CAL SANTA CATALINA

MUESTRA: 24/02/2002

c.c 0.85



### 5.3.4 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA MOLIENDA DE CAL.

Circuito Molienda Clasificación BM cal Santa Catalina

Malla	Micras	Alimento BM Cal			Descarga BM cal			Alimento Total (Faja + U/F)			U'/F CICLON			O'/F CICLON			cc
		% P	Acumul	Pass	% P	Acumul	Pass	% P	Acum	Pass	% P	Acumul	Pass	% P	Acumul	Pass	
2"	50000	3.908	3.91	96.09				2.11	2.11	97.89							
1 1/2"	37500	2.106	6.01	93.99				1.14	3.25	96.75							
1 1/4"	31750	3.369	9.38	90.62				1.82	5.06	94.94							
1"	25400	2.920	12.30	87.70				1.58	6.64	93.36							
3/4"	19050	11.895	24.20	75.80				6.42	13.06	86.94							
1/2"	12700	31.671	55.87	44.13				17.10	30.16	69.84							
3/8"	9525	12.125	67.99	32.01	0.000	0.00	100.00	6.54	36.70	63.30	0.000	0.00	100.00				
1/4"	6350	10.470	78.46	21.54	0.622	0.62	99.38	6.29	42.99	57.01	1.377	1.38	98.62				
#4	4699	3.900	82.36	17.64	0.693	1.32	98.68	2.73	45.72	54.28	1.357	2.73	97.27				
#6	3327	3.445	85.81	14.19	0.469	1.78	98.22	2.43	48.15	51.85	1.249	3.98	96.02				
#10	1651	3.264	89.07	10.93	0.508	2.29	97.71	2.50	50.65	49.35	1.597	5.58	94.42				
#20	833	2.975	92.05	7.95	0.960	3.25	96.75	2.67	53.32	46.68	2.313	7.89	92.11				
#35	417	1.278	93.32	6.68	1.208	4.46	95.54	1.73	55.05	44.95	2.260	10.15	89.85	0.000	0.00	100.00	
#50	295	0.518	93.84	6.16	0.917	5.38	94.62	1.05	56.10	43.90	1.677	11.83	88.17	0.049	0.05	99.95	0.83
#65	208	0.299	94.14	5.86	1.294	6.67	93.33	1.32	57.42	42.58	2.512	14.34	85.66	0.071	0.12	99.88	0.85
#100	147	0.536	94.68	5.32	2.725	9.40	90.60	2.95	60.37	39.63	5.789	20.13	79.87	0.367	0.49	99.51	0.83
#140	104	1.123	95.80	4.20	3.900	13.30	86.70	3.97	64.34	35.66	7.315	27.44	72.56	1.507	1.99	98.01	0.80
#200	74	1.744	97.54	2.46	7.635	20.93	79.07	6.13	70.47	29.53	11.274	38.72	61.28	4.704	6.70	93.30	0.80
#270	53	1.149	98.69	1.31	11.742	32.67	67.33	7.41	77.88	22.12	14.758	53.48	46.52	6.565	13.26	86.74	0.93
#325	43	1.130	99.82	0.18	8.048	40.72	59.28	5.64	83.52	16.48	10.924	64.40	35.60	6.803	20.07	79.93	0.87
#-325	-43	0.18	100.00	0.00	59.28	100.00	0.00	16.48	100.00	0.00	35.599	100.00	0.00	79.935	100.00	0.00	

Promed 0.85

Dp Descarga Molino 1420 gr/lt  
 Densidad del U/F 1855 gr/lt  
 Densidad del O/F 1083 gr/lt  
 Tonelaje 3.11 T/h

Tabla 11.De Informe de Laboratorio metalúrgico Febrero 2002

**5.3.5 EQUIPOS EN EL SECTOR DEL MOLINERÍA DE CAL DE SANTA CATALINA**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA HP</b>
MOLINO DE BOLAS PARA CAL COMESA 5'X6'	75
BOMBA 4x3 DENVER SRL No 1 DE LECHADA DE DESCARGA MOLINO DE CAL	24
BOMBA 4x3 DENVER SRL DE LECHADA DE DESCARGA MOLINO DE CAL (STAND BY)	24
BOMBA 3x3 DENVER SRL No 2 DE NEUTRALIZACION, RECIRCULACION DE LECHADA DE CAL Y ALIMENTACION A PLANTA HDS	18
BOMBA VERTICAL SUMIDERO(BOMBA PARA RECUPERAR DERRAMES DEL AREA) FIMA 1 ½" x 36"	4.8
AGITADOR LECHADA DEL HOLDING TANK DE LECHADA DE CAL	7.5
FAJA TRANSPORTADORA DE CAL No 1 ALMACENAMIENTO DE 200TM	7.5
FAJA TRANSPORTADORA DE CAL No 2 ALIMENTACION CAL A MOLINO	3
FAJA TRANSPORTADORA DE CAL No 3 ALMACENAMIENTO SILO DE 500TM	7.5
FAJA TRANSPORTADORA DE CAL No 4 ALIMENTACION CAL A MOLINO	3
ALMACENAMIENTO SILO 200TM CONCRETO ARMADO CON BASE CONICA	
ALMACENAMIENTO SILO 500TM CONCRETO ARMADO CON BASE CONICA	
BOMBA PERLESS SUMINISTRO DE AGUA	100
BOMBA WORTHINTONG SUMINISTRO DE AGUA	125
HIDROCICLON CREBS D-10	
TANQUE CILINDRICO HOLDING TANK DE LECHADA DE CAL de 24' x 24'	
TROMMEL DESCARGA MOLINO DE ¼" DE ABERTURA	

Tabla 12 De Equipos Planta Concentradora

#### **5.4 ETAPA DE ALMACENAMIENTO DE LECHADA DE CAL EN PLANTA HDS**

Se hace en un tanque cilíndrico de 6 m de diámetro por 7 m de altura ubicado dentro de la Planta De Neutralización HDS, se usa para hacer stock de lechada de cal y para abastecer al tanque de mezcla de lodos con cal .La lechada de cal que abastece a este tanque viene desde el Holding Tank de Santa Catalina situado aproximadamente a 1000m y es enviado por gravedad .

El tanque de lechada de cal de la Planta HDS consta de un agitador y una bomba de recirculación con su Stand by, una parte del flujo de recircula y la otra alimenta al tanque de mezcla de lodos con cal.

En el área cerca del tanque de lechada de cal esta ubicado un sumidero 2m largo x 2.5m de ancho x 2m de profundidad con un nivel superior al nivel de los pisos el cual tiene una bomba vertical sumergible para recuperar cualquier derrame de los tanques de mezcla de lodos con cal, de lechada de cal,de mezcla rápida y tanque reactor.

La densidad de pulpa de la lechada de cal de este tanque ubicado en la Planta HDS es menor al del Holding Tank de Santa Catalina debido a que para evitar arenamientos de la tubería cuando lo abastecen desde el H.Tank de Santa Catalina agregan un poco de agua a la tubería ,especialmente cuando la molienda de la cal esta gruesa por la mala calidad del cargamento de cal recepcionado y también una vez que terminan el envío de la lechada de cal tienen que lavar con agua la tubería por un espacio mínimo de 15 minutos, lo cual diluye más todavía la densidad de pulpa de la lechada de cal.

Desde este tanque por intermedio de una bomba horizontal se abastece al tanque de mezcla de lodos con lechada de cal, donde el agua del sello de la bomba que es de alta presión lo diluye más todavía, entrando como consecuencia una lechada de cal a veces demasiado diluida.

Esta dilución hace muchas veces que la capacidad de la planta de neutralización baje su capacidad de tratamiento lo cual es muy perjudicial especialmente en las épocas de abundancia de lluvias donde el agua ácida colectada de mina esta sobrepasando a la capacidad de tratamiento de la Planta de Neutralización HDS.

En este sector existen varias cosas por hacer y mejorar de esa forma aumentar la capacidad de tratamiento de la Planta de Neutralización.

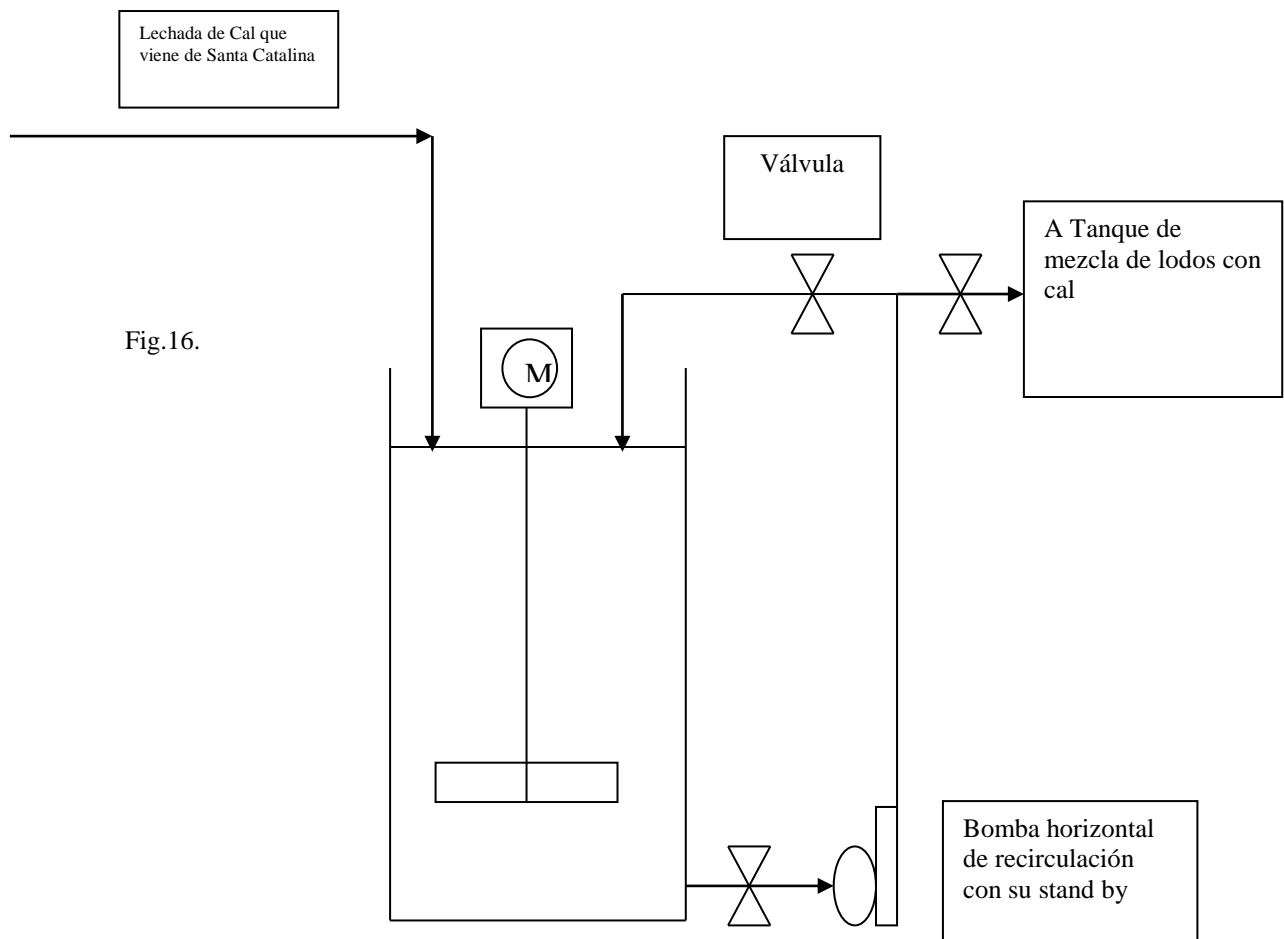


### 5.4.1 EQUIPOS EN EL SECTOR DEL TANQUE DE LECHADA DE CAL

DESCRIPCION	POTENCIA HP
TANQUE CILINDRICO METALICO DE LECHADA DE CAL DE 6 M DE DIAMETRO POR 7 M DE ALTURA	
BOMBA DE LECHADA DE CAL A- DE 5x5x14 SRL CAST IRON /NITRIL# 1 ,UNA PARTE RECIRCULA Y OTRA PARTE ALIMENTA AL TANQUE DE MEZCLA DE LODOS CON CAL.	10
BOMBA DE LECHADA DE CAL B- DE 5x5x14 SRL CAST IRON /NITRIL# 2	10
REDUCTOR DE VELOCIDAD # 2 DEL AGITADOR DEL TANQUE DE LECHADA DE CAL	7.5
BOMBA 4x6-14S JCU HIGH CROME SUMIDERO AREA HDS ,SUMIDERO QUE COLECTA LOS DERRAMES DEL TKS. DE LECHADA DE CAL, MEZCLA DE LODOS CON CAL,MEZCLA RAPIDA,REACTOR DE CAL,etc.	15
SUMIDERO DE 2m largo x 2.5m de ancho x 2m de profundidad ,TIENE COMO PARTE SUPERIOR EL NIVEL DE LA BASE DE LOS TANQUES(COCHA DE DERRAMES).	
AGITADOR DEL TANQUE DE LECHADA DE CAL	

Tabla 13.De Equipos Planta Concentradora

### 5.4.2 DIAGRAMA DEL TK. DE LECHADA DE CAL EN PLANTA HDS



## **5.5 ETAPA DE MEZCLA DE LODOS CON LECHADA DE CAL**

Los lodos que entran a éste tanque cilíndrico de 2.4 m de diámetro por 2.8 m de altura es la carga de recirculación del Under Flow del clarificador; el ratio de recirculación casi siempre se trata de mantener en una proporción de 4:1 ,pero muchas veces se tiene que bajar para darle mayor capacidad a la Planta de Neutralización,pero el cual conlleva al mayor consumo de Cal incrementando los costos de operación.En éste tanque no se producen reacciones químicas por lo cual lleva el nombre de tanque de mezcla de lodos con lechada de cal.

Los lodos con Ph 7.5-8.5 que contienen generalmente al hidróxido férrico y otros compuestos productos de la hidrólisis del sulfato férrico y otros metales, se mezclan con la lechada de cal que es el hidróxido de calcio, para formar un lodo mas uniforme y estable con alta alcalinidad para alimentar al tanque de Mezcla rápida; donde el nuevo lodo formado entra en contacto con el agua ácida de mina generándose entonces una serie de reacciones químicas.

### **5.5.1 Tiempo de residencia de la pulpa en el Tanque de 4-5 min.**

El tiempo de residencia depende de la cantidad del flujo de agua acida de mina que se esta tratando y del ratio de recirculación de los lodos del under flow del clarificador , cuanto mas lodo hacen recircular o alimentan mas agua acida de mina el tiempo de residencia baja.

### **5.5.2 EQUIPOS EN EL SECTOR DEL TK. DE MEZCLA DE LODOS CON CAL**

DESCRIPCION	POTENCIA HP
TANQUE AGITADOR CILINDRICO METALICO DE MEZCLA DE LODOS CON CAL DE 2.4 m DE DIAMETRO POR 2.6 m DE ALTURA	
REDUCTOR DE VELOCIDAD DEL AGITADOR DEL TANQUE DE MEZCLA DE LODOS CON CAL	7.5
AGITADOR DEL TANQUE DE MECLA DE LODOS CON CAL	
VALVULA AUTOMATICA AUMA ADICIONA A TANQUE DE LODOS CON CAL No1	
BOMBA 3X3X10 SRL CAST IRON / NIYRILO #1,BOMBA QUE ALIMENTA DE LODOS DESDE EL U/F DEL CLARIFICADOR	7.5
BOMBA 3X3X10 SRL CAST IRON / NIYRILO #2, BOMBA QUE ALIMENTA DE LODOS DESDE EL U/F DEL CLARIFICADOR	7.5
BOMBA 3X3X10 SRL CAST IRON / NIYRILO #3, BOMBA QUE ALIMENTA DE LODOS DESDE EL U/F DEL CLARIFICADOR (STAND BY)	7.5
SUMIDERO DE 2 x 2.5 x 2m DE PROFUNDIDAD ,TIENE COMO PARTE SUPERIOR EL NIVEL DE LA BASE DE LOS TANQUES(COCHA DE DERRAMES).	
BOMBA DE LECHADA DE CAL A- DE 5X5X14 SRL CAST IRON /NITRIL# 1 ,UNA PARTE RECIRCULA Y OTRA PARTE ALIMENTA AL TANQUE DE MEZCLA DE LODOS CON CAL.	10
AGITADOR DEL TANQUE DE MECLA DE LODOS CON CAL	
BOMBA DE LECHADA DE CAL B- DE 5X5X14 SRL CAST IRON /NITRIL# 2(STAND BY)	10

Tabla 14 De Equipos Planta Concentradora

### **5.5.3 DIAGRAMA DEL TANQUE DE MEZCLA DE LODOS CON CAL**

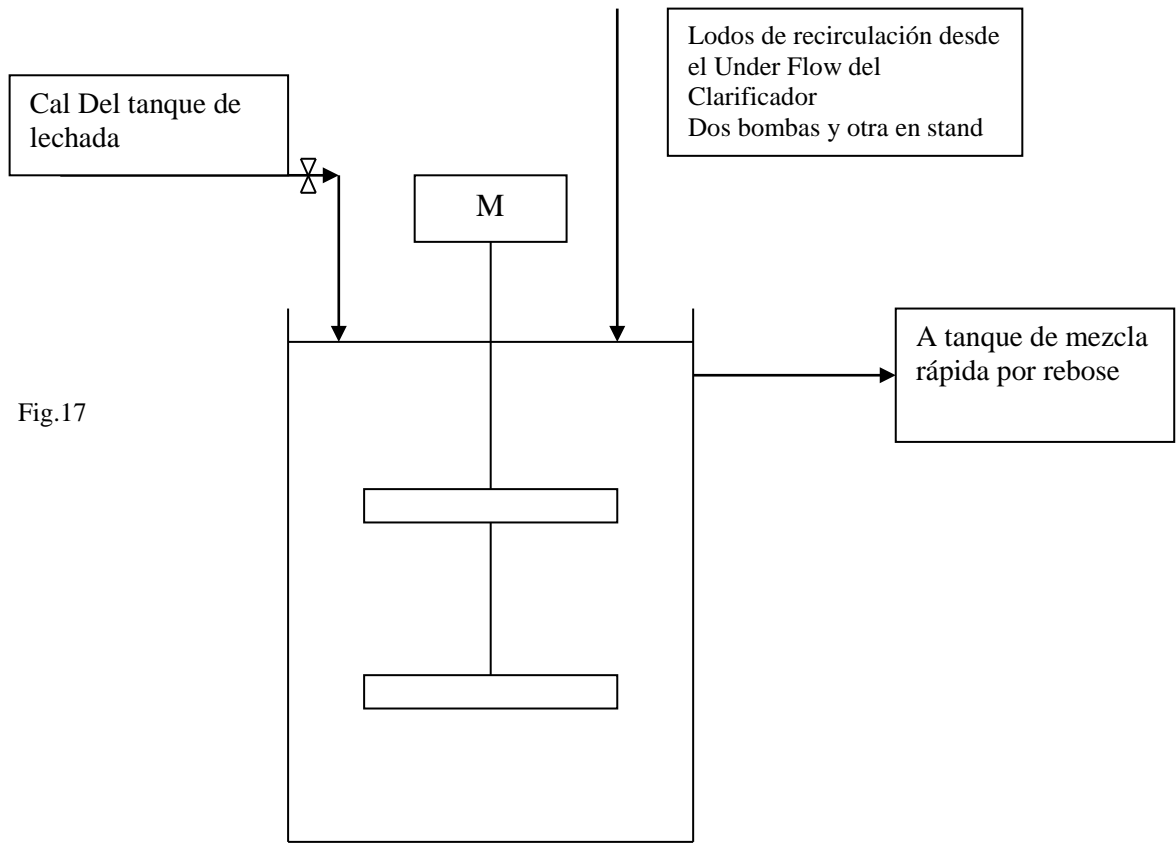


Fig.17

### **5.6 ETAPA DE RECOLECCION Y ALMACENAMIENTO DE AGUA ACIDA**

El agua ácida de las diferentes labores mineras es colectado en su mayor parte por la salida del túnel de Almirvilca, otros de menor cantidad son del túnel codiciada y dique codiciada.

#### **5.6.1 COMPOSITO DRENAJE TUNEL ALMIRVILCA1996-2003**

	Ph	TSS	ToC	Cond.(uS/cm)	Cu(mg/l)	Pb(mg/l)	Fe(mg/l)	Zn(mg/l)
MAX	3.50	311.40	27.00	20000.00	221.40	11.70	5000.00	54.90
MIN	1.47	0.28	11.00	572.00	1.70	0.00	46.20	0.03
PROM	2.32	43.88	16.07	7626.78	57.65	0.95	1766.60	23.30

Tabla 15. Resumen extraído de informe de monitoreo de los efluentes de agua del Dto. de Medio Ambiente 1996-2003

### **5.6.2 FLUJO DE AGUA ACIDA MINA 2000-2003**

m <sup>3</sup> /hr	TOTAL BOCAMI NA	DIQUE ALMIRV. DA	DESEA DA	DESEADA ALTA	CODICIA DA	DIQUE CODICIA DA	LUZ ANGELI CA
MAX	<b>477.86</b>	424.90	16.50	25.00	11.50	17.00	11.10
MIN	<b>107.43</b>	90.20	1.70	0.40	0.30	0.40	0.70
PRO M	<b>265.35</b>	235.66	8.42	6.70	3.36	5.62	5.77

Tabla 16. Resumen extraído de informe de monitoreo de los efluentes de agua del Dto. de Medio Ambiente 1996-2003

### **5.6.3 AGUA ACIDA EN EL POND**

El pond es una poza construida al pie del cerro en roca maciza el cual tiene un diámetro promedio de 30 m con una profundidad máxima de 3.2m, situado aproximadamente a 150m de la Planta de Neutralización HDS ,la poza tiene derivaciones para recibir el agua ácida de toda la unidad minera y es la única poza de almacenamiento que también sirve para abastecer a la Planta HDS.

Esta poza se ha hecho tan indispensable y necesario debido a que se usa durante todo el tiempo del año para captar los diversos efluentes ácidos que no son captados por las dos líneas de tuberías centrales que salen de la mina(túnel Almirvilca).El pond continuamente recibe aguas ácidas de:La cola de la planta de cementación ,El drenaje ácido del dique codiciada por intermedio de una bomba y el drenaje del túnel codiciada.También recibe los efluentes de laboratorio químico ,metalúrgico , del área de reactivos y molienda de Cal de la Planta Concentradora.

Cuando la planta de neutralización HDS para sus operaciones por algún motivo, en esta poza se capta los diversos efluentes ácidos de toda la unidad minera de Quiruvilca.La planta de HDS generalmente para sus operaciones por no estar programado su operación, por problemas operativos, eléctricos, mecánicos o cuando el flujo de agua acida de mina es muy bajo por la estación para ser tratado directamente.

En las épocas de abundancia de lluvias entre Setiembre y Marzo el flujo de agua acida muchas veces excede la capacidad de la planta, en esos casos el excedente es almacenado en

esta poza, el flujo ácido que sobrepasa a la capacidad de la Planta HDS es por ciertos periodos cíclicos que puede ser durante el día, la semana o el mes.

Desde esta poza por intermedio de una o dos bombas se alimenta el agua acida a la Planta de Neutralización HDS para tratar el flujo máximo el cual ayuda al flujo de agua acida que entra directamente proveniente de la boca mina Almirvilca. Las bombas del pond entran en operación cuando el flujo de mina baja por el temporal de la estación o cuando no hay bombeo del interior de la mina.

Cuando la capacidad del flujo de agua ácida colectado de toda la unidad minera sobrepasa a la capacidad de la Planta de neutralización de la Planta HDS y de Santa Catalina, esta poza revalsa hacia el Río Moche, esto ocurre cuando se producen abundantes precipitaciones fluviales en la zona.

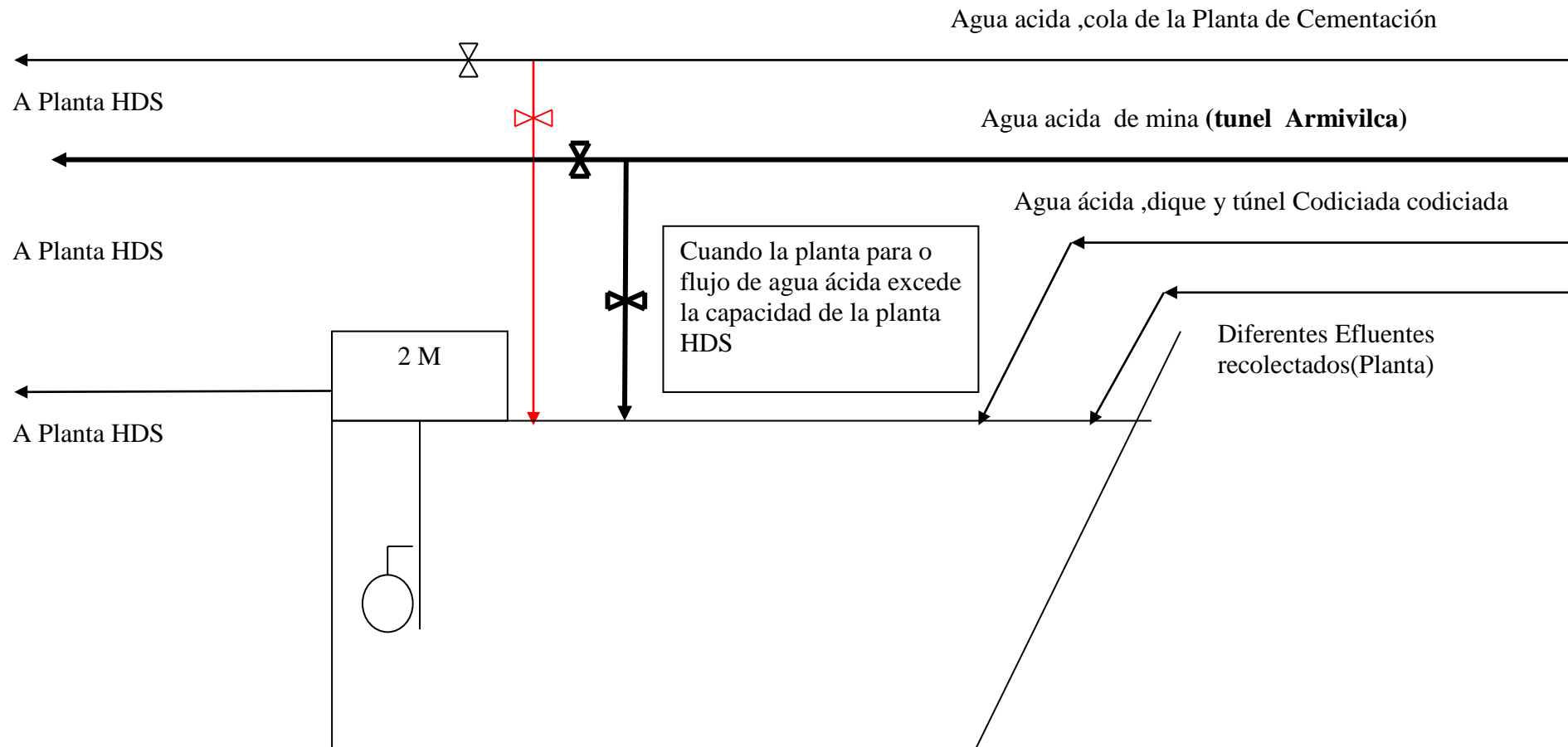
#### **5.6.4 EQUIPOS EN EL SECTOR DEL POND**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA HP</b>
POZA COSTRUIDA CON BASE CASI CIRCULAR CONICA CORTADA DE APROXIMADAMENTE 30m DE DIAMETRO POR 3.2 m DE ALTURA	
BOMBA SUMERGIBLE GOULD 3X4-11 ,ALIMENTA AGUA ACIDA AL TANQUE DE MEZCLA RAPIDA	15
BOMBA AUTOCEBANTE GOULD 6X6-13, ALIMENTA AGUA ACIDA AL TANQUE DE MEZCLA RAPIDA	18
TUBERÍA DE 16 PULGADAS	
TUBERIA DE 12 PULGADAS	
TUBERÍA DE 6 PULGADAS	
VALVULA No 1	
VALVULA No 2	
VALVULA No 3	
VALVULA No 4	
REGLA GRADUADA PARA CONTROL DE NIVEL.	

Tabla 17. De equipos Planta Concentradora

### 5.6.5 DIAGRAMA RECOLECCION DE AGUA ACIDA PARA PLANTA HDS Y EL POND

Fig .18



## **5.7 ETAPA DE NEUTRALIZACION Y PRECIPITACION EN EL TANQUE DE MEZCLA RAPIADA**

Tanque cilíndrico de 4.6 x 4.6 m , donde entra el agua ácida de mina para ser neutralizado por la pulpa de los lodos alcalinizados desde el tanque de mezcla del lodos con cal.En este tk. ocurrirán reacciones de neutralización y precipitación.

Toda el agua ácida colectada de la Bocamina Almirvilca ,codiciada y el Pond es conducida a través de un sistema de tuberías para abastecer a éste tanque llamado de Mezcla Rápida.

Un porcentaje del incremento de la capacidad de la planta HDS se debió a la instalación de un cajón rectangular que recepciona la carga del tanque reactor para matar la turbulencia del flujo que entra al clarificador ,éste cajón esta cerca del clarificador alimentando horizontalmente y en forma tangencial al cilindro central del clarificador al nivel del rebose y en dirección al giro de la rastra del clarificador ,pero el mayor incremento fue por la puesta en operación del espesador Door Oliver para ayudar a la etapa de clarificación.

La variación del flujo de tratamiento es por el manejo del ratio de recirculación o porque hay problemas mecánicos/eléctricos en las bombas de alimentación del pond o de interior mina hacia la Planta de neutralización HDS ;también porque el bombeo de interior mina no es constante.Algunas veces el bajo flujo de agua acida de mina requiere ser tratado por estar estar cerca de un feriado largo, también trabajaba con bajo flujo cuando ayudaba a abastecer de agua neutralizada a la planta de molienda y flotación en estaciones de estío pero el cual actualmente ya no se utiliza por ser una agua poco soluble y de mala calidad para la flotación.

- Máximo flujo de tratamiento 385 m<sup>3</sup>/h (Ph:1.5-2.2),500 m<sup>3</sup>/h(Ph:2.3-3.2)
- Mínimo flujo de tratamiento 150 m<sup>3</sup>/hr.

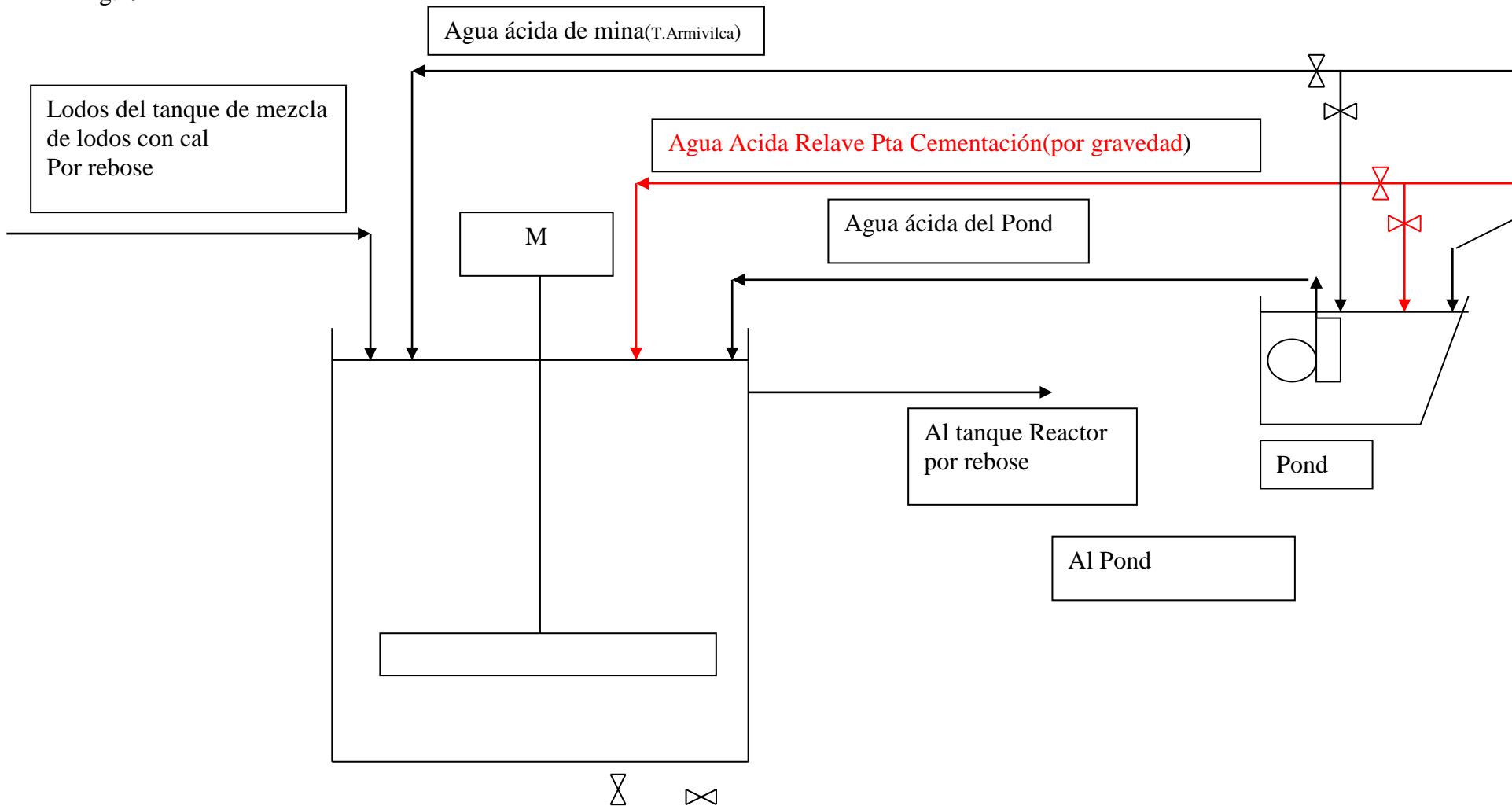
### **5.7.1 EQUIPOS PRINCIPALES EN EL SECTOR DEL TK. DE MEZCLA RAPIDA**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA HP</b>
TANQUE AGITADOR CILINDRICO METALICO DE MEZCLA RAPIDA DE 4.6 m DE DIAMETRO POR 4.6 m DE ALTURA	
REDUCTOR DE VELOCIDAD DEL AGITADOR DEL TK. DE MEZCLA RAPIDA	15
AGITADOR DEL TANQUE DE MECLA RAPIDA	
BOMBA SUMERGIBLE GOULD 3X4-11 ,ALIMENTA AGUA ACIDA AL TANQUE DE MEZCLA RAPIDA DESDE EL POND	15
BOMBA AUTOCEBANTE GOULD 6X6-13, ALIMENTA AGUA ACIDA AL TANQUE DE MEZCLA RAPIDA DESDE EL POND	18

Tabla 18.De Equipos Planta Concentradora.

### 5.7.2 DIAGRAMA DEL TANQUE DE MEZCLA RAPIDA

Fig.19





## **5.8 ETAPA DE OXIDACION Y PRECIPITACION EN EL REACTOR DE CAL**

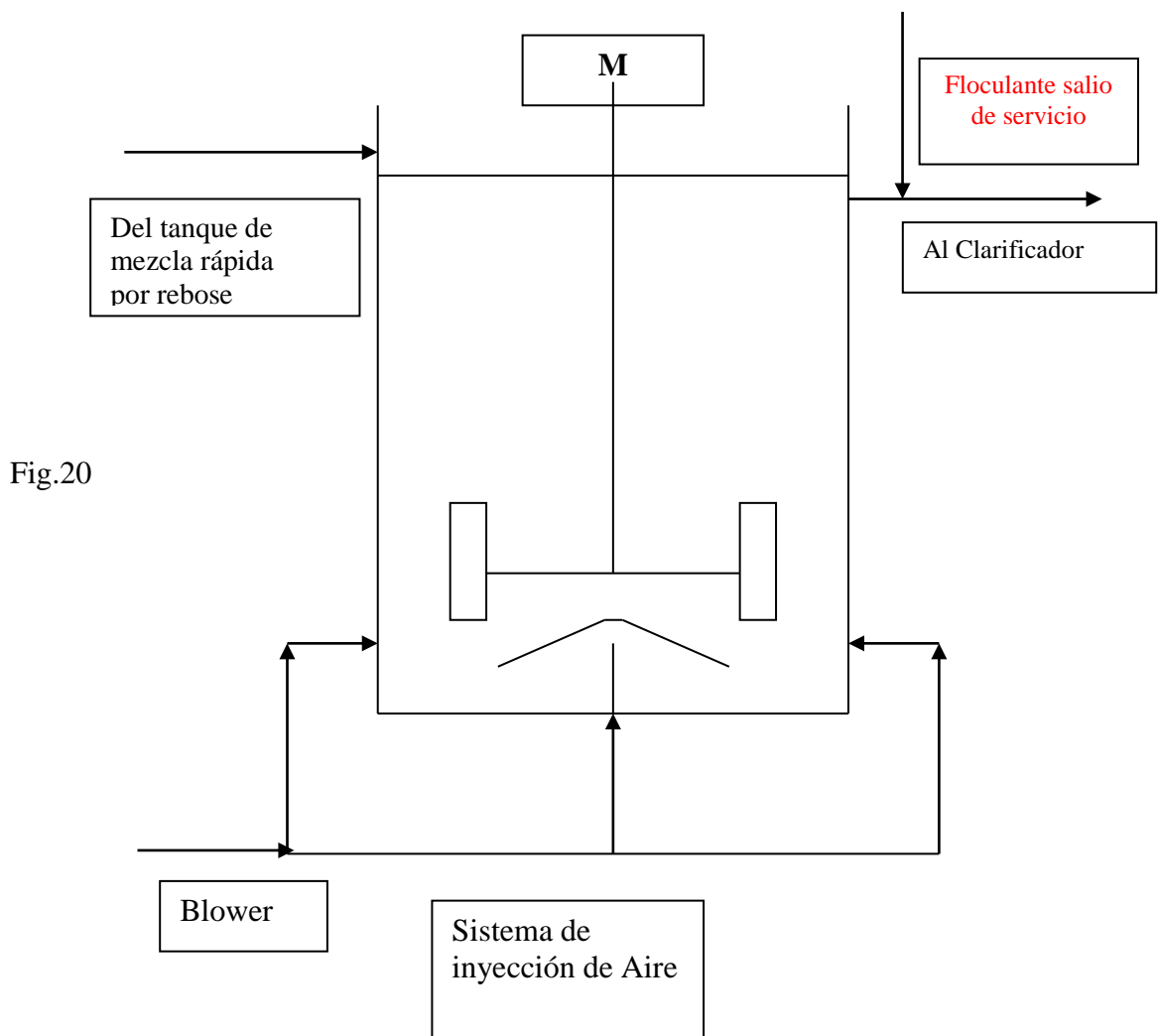
El reactor de cal consta de un tanque cilíndrico de 8m de diámetro con 7 m de altura al cual entra aire insuflado por un blowers ,el insuflado se realiza cerca de la base del tanque y circunferencialmente al tanque , a una distancia equidistante una de otra ; la principal fuente de aireación se realiza por el centro de la base del tanque ,el flujo de aire choca contra una campana para dispersar el aire a través de un radio circular uniforme cerca de la base del tanque ; a su vez el tanque esta agitado por un agitador de alta velocidad ,lo cual va generando el flujo de alta turbulencia buscando la máxima solubilidad del oxígeno en la pulpa dentro de todo el tanque.

### **5.8.1 EQUIPOS EN EL SECTOR DEL TANQUE REACTOR DE CAL**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>POTENCIA HP</b>
TANQUE AGITADOR REACTOR DE CAL CILINDRICO METALICO DE 8 m DE DIAMETRO POR 7 m DE ALTURA	
REDUCTOR DE VELOCIDAD DEL AGITADOR DEL TANQUE DE MEZCLA RAPIDA	100
AGITADOR DEL TANQUE RECTOR DE CAL	
VALVULA AUTOMATICA ADICION DE CAL No2,ADICIONA CAL AL TANQUE REACTOR	
SOPLADOR GADNER-DENVER 5CDL 13#1	60
SOPLADOR GADNER-DENVER 5CDL 13#2	60
SOPLADOR GADNER-DENVER 5CDL 13#3(STAND BY)	60
PTENCIOMETRO DIGITAL	

Tabla 19.De Equipos Planta Concentradora

## 5.8.2 DIAGRAMA DEL TANQUE REACTOR



## 5.8.3 CARACTERISTICAS

Presión del blowers	:>4.5 PSI
No de Puntos de inyección de aire	:5
Ph	:7.6 -7.8

## 5.9 ETAPA DE CLARIFICACION

Se realiza en los clarificadores Outokumpu y Door Oliver de 16 x 2.6 y 15x2.6m respectivamente que hacen la separación de fases de los lodos neutralizados El Under Flow es un lodo de aprox. 30% sólidos y el Ouver Flow es el efluente tratado final que es descargado al río libre de contaminantes con un P.h. adecuado de 7 a 8. Una parte de este lodo (75%) generalmente es recirculado para reiniciar el proceso al TK lodos-cal y el excedente enviado a la Cancha de San Felipe para su disposición final.

### **5.9.1 EQUIPOS EN EL SECTOR DEL CLARIFICADOR OUTOKUMPO**

<b>Descripción</b>	<b>Potencia HP</b>
BOMBA 3x3x10 SRL CAST IRON / NITRILO #1(Recirculación de lodos A) GOULDS	7.5
BOMBA 3x3x10 SRL CAST IRON / NITRILO #2(Recirculación de lodos B) GOULDS	7.5
BOMBA 3x3x10 SRL CAST IRON / NITRILO #3(Recirculación de lodos C) GOULDS	7.5
BOMBA GOULDS 3x4 -11H 3316 # 1 (Agua reciclada A) ,BOMBEA A PLANTA CONCENTRADORA	125
BOMBA GOULDS 3x4 -11H 3316 # 2 (Agua reciclada B) , BOMBEA A PLANTA CONCENTRADORA	125
BOMBA 4x6 14S JCU HIGH CHROME # 1 SUMIDERO CLARIFICADOR, UBICADO CERCA DEL CONO DEL CLARIFICADOR PARA RECUPERAR CUALQUIER DERRAME	15
BOMBA HORIZONTAL PURGA LODOS A SAN FELIPE ASH 5X4 (Lodos a la Relavera San Felipe)	20
EQUIPO CLARIFICADOR OUTOKUMPO SUPAFLO HIGH RATE DE 16 METROS DE DIAMETRO	
CAJÓN METALICO DESEAREADOR(MATA TURBULENCIA), 12m <sup>3</sup>	
CAJÓN DE CONCRETO ARMADO DE SUCCIÓN DE LAS BOMBAS GOULD, 12m <sup>3</sup> (AGUA RECICLADA O NEUTRALIZADA)	
VALVULA AUTOMATICA AUMA PURGA LODOS 03-HCV-060	-
BOMBA DE FLOCULANTE A	0.75
BOMBA DE FLOCULANTE B	0.75
BOMBA HORIZONTAL DENVER 5X4 No 1 ,UNA PARTE DE LOS LODOS DEL TANQUE REACTOR SON BOMEADOS AL ESPESADOR DOOR OLIVER	24
BOMBA HORIZONTAL DENVER 5X4 No 2 ,UNA PARTE DE LOS LODOS DEL TANQUE REACTOR SON BOMEADOS AL ESPESADOR DOOR OLIVER (BOMBA EN STAND BY)	24

Tabla 20.De Equipos Planta Concentradora

### **5.9.2 Agua Neutralizada.**

Es el agua que sale del O/F del clarificador y es de color transparente, después del arranque esta agua era bombeado a la Planta de procesamiento de mineral mediante dos bombas de 250GPM pero ocasiono serios problemas a la operación metalúrgica por lo que se dejo de usar, actualmente esta agua no tiene utilidad y se descarga directamente hacia el Río Moche después del Dique Codiciada.

La descarga del agua neutralizada del ouver flow del clarificador actualmente se realiza por un canal ,esto debido a que a solo un año de la operación de la Planta de Neutralización tapo por encalichamiento las dos líneas de 24 pulgadas de diámetro que servían para descargarlo por debajo de la superficie hasta después del Dique Codiciada.

Esta agua contiene Calcio, Fierro y restos de floculante por lo que rápidamente tapa todas las tuberías por donde pasa lo cual ocasiona todos los problemas, también rápidamente pone fuera de servicio a todas las válvulas de agua los endurece y luego fácilmente se rompen los ejes de las rosetas.

El agua de los ouver flow del clarificador (agua neutralizada) cuando se uso para el procesamiento de minerales en la planta concentradora entraba a los circuitos de molienda y chisquetos de los bancos de flotación ,ocasionando serios problemas en las recuperaciones y en la calidad de los concentrados. Otro factor importante para dejar de usar fue que tapo casi todas las líneas de las tuberías y otras reduciéndolo aun mínimo de su diámetro también ocasiono plantadas de casi todos los espesadores y obstrucción de sus conos de descarga cada vez que se usaba el agua .

Esta agua es considerada una agua dura donde difícilmente se solubilizan algunos reactivos de flotación y otros reaccionan con esta agua generando los problemas.

#### **Características Del Efluente(ppm)**

Ph.	TSS	Colif totales	Color	Olor	Cu	Pb	Zn	Fe	As	Sb	CN
7.5	5	0	Translúcido	inodoro	0.01	0.01	0.11	0.13	0.01	0.01	0

Tabla 21. De informe Características del Cuerpo Receptor-Río Moche(ppm) año 2003

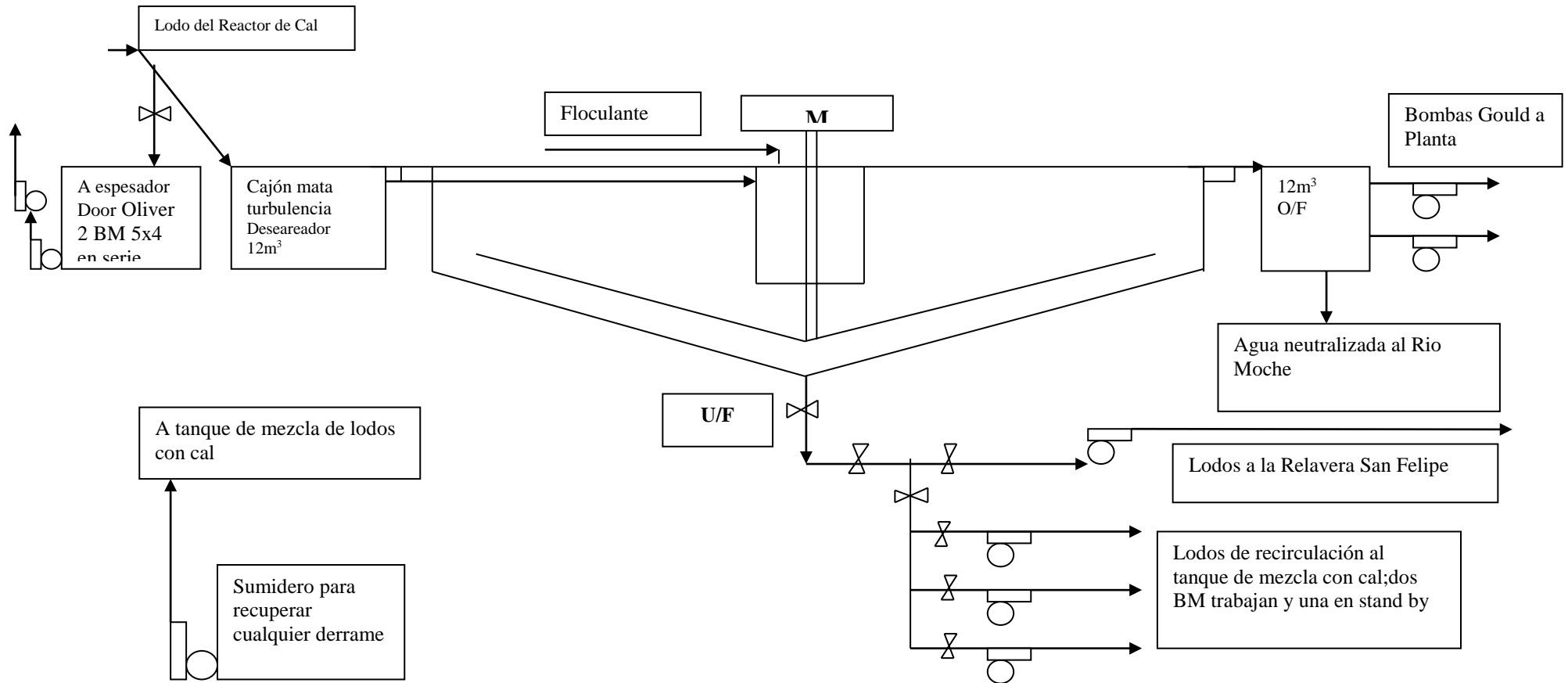
Agua Neutralizada

Río Moche

250-550 m3/Hr

### 5.9.3 DIAGRAMA GENERAL DEL CLARIFICADOR OUTOKUMPO

Fig.21



#### **5.9.4 ESPESADOR DOOR OLIVER**

El espesador Door Oliver de concreto armado pertenecía a la planta de lavado había quedado fuera de servicio después que entro en operación de la Chancadora Cónica de 4 ¼' en la Planta De Chancado.

La Planta de Lavado consistía de un molino lavador de 3'x 6',un trommel en la descarga del molino,una faja de alimentación al molino,una faja para la carga gruesa de la descarga del trommel del molino, dos bombas horizontales 5x4 en la descarga del molino para que la pulpa que pasaba el trommel fuera bombeada a un nido de dos hidrociclones D-10,la carga gruesa del U/F de los hidrociclones alimentaban a un clasificador helicoidal ,los gruesos o arenas del clasificador helicoidal alimentaban a la faja No 60 de la planta de chancado, la cual tiene como destino la tolva de finos, los finos del clasificador helicoidal se juntaban con los O/F de los hidrociclones para alimentar al espesador Door Oliver.El U/F del espesador era bombeado y rebombeado hasta un tanque agitador Holding Tank de 24'x24' ubicado cerca de la planta, este tanque tiene una bomba de recirculación horizontal Denver 3x3, donde una parte recircula y otra alimentaba a los cajones de las bombas de las descargas de los molinos primarios 9.5'x12' y 8'x 6'.Este tanque continua en operación para coleccionar cualquier derrame grande de la planta .

#### **5.9.5 EQUIPOS EN EL SECTOR DEL ESPESADOR DOOR OLIVER**

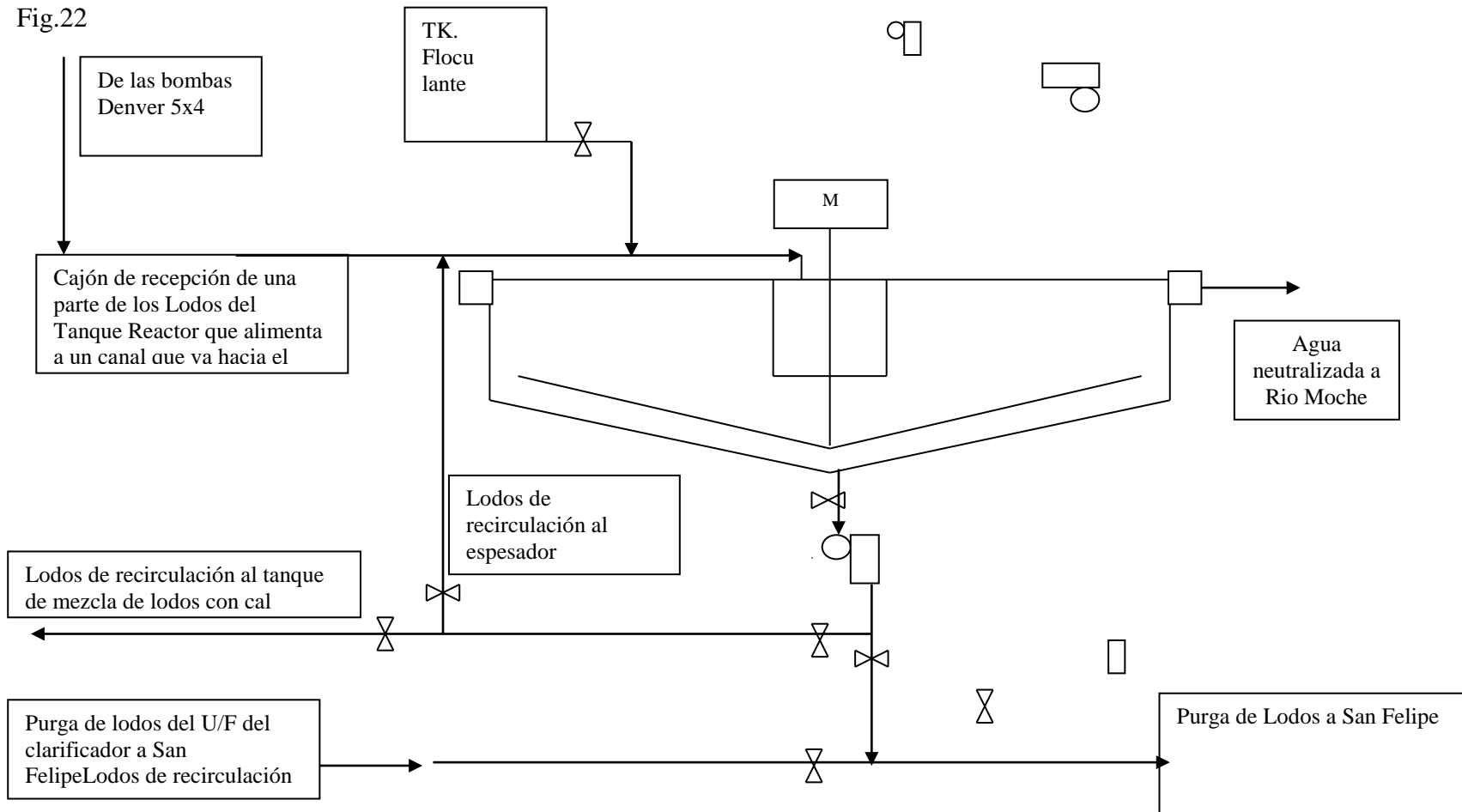
<b>Descripción</b>	<b>Potencia HP</b>
ESPESADOR DOOR OLIVER DE 16 m DE DIAMETRO	
BOMBA HORIZONTAL DENVER 4X4 DEL U/F DEL ESPESADOR PARA RECIRCULAR LOS LODOS AL TANQUE DE MESCALA DE LODOS CON CAL.	20
BOMBA HORIZONTAL DENVER 4X4 DEL U/F DEL ESPESADOR PARA PURGAR LOS LODOS A LA RELAVERA SAN FELIPE.	20
BOMBA HORIZONTAL DENVER 5X4 No 1 ,UNA PARTE DE LOS LODOS DEL TANQUE REACTOR SON BOMEADOS AL ESPESADOR	24
BOMBA HORIZONTAL DENVER 5X4 No 2 ,UNA PARTE DE LOS LODOS DEL TANQUE REACTOR SON BOMEADOS AL ESPESADOR (stand by)	24
BOMBA VERTICAL GALIGHER 1 ½ '' X 36'',UBICADO CERCA DE LAS BOMBAS 5X4,PARA RECUPERAR FILTRACIONES Y DERRAMES HACIA EL SUMIDERO DE LA PLANTA DE HDS.	24
TANQUE CILINDRICO METALICO DE PREPARACIÓN DE FLOCULANTE	
CAJÓN METALICO RECTANGULAR MATA TURBULENCIA	

Tabla 22.De Equipos Planta Concentradora

### 5.9.6 ESQUEMA ACTUAL DEL ESPESADOR DOOR OLIVER DE 15 m DE DIAMETRO

**Trabaja en paralelo con el clarificador OUTOKUMPU**

Fig.22



## 5.10 ETAPA DE DISPOSICION DE LODOS DE ALTA DENSIDAD

### 5.10.1 DISPOSICION DE LODOS DE ENERO-JUNIO DEL 2003

Los lodos producidos por la neutralización cuando alcanzan la densidad adecuada son descargados por el under flow del clarificador Outokumpu y espesador Door Oliver por intermedio de dos bombas independientes para su disposición final hacia la relavera antigua de San Felipe el cual es conducido por intermedio de una tubería de 3''

Tabla 23. De datos de operación diaria año 2003, Planta de Neutralización

DA	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM
1	28.9%	1.203	89.1	25.6%	1.176	82.9	30.6%	1.217	131.2	27.9%	1.194	213.2	28.1%	1.196	80.5	30.5%	1.216	77.9
2	33.4%	1.242	95.7	28.3%	1.198	97.5	30.5%	1.216	68.7	27.2%	1.189	68.8	33.4%	1.242	43.5	32.1%	1.230	106.4
3	31.4%	1.224	185.0	24.9%	1.170	178.5	33.2%	1.240	95.9	27.0%	1.187	149.5	31.1%	1.222	89.2	32.5%	1.234	100.8
4	29.3%	1.206	112.6	25.0%	1.171	104.5	31.6%	1.226	120.8	27.9%	1.194	222.2	32.4%	1.233	42.6	33.9%	1.246	76.7
5	30.3%	1.215	157.2	27.4%	1.190	89.6	32.2%	1.231	100.2	24.6%	1.168	173.8	32.8%	1.237	106.2	34.0%	1.247	72.6
6	32.4%	1.233	116.2	24.3%	1.165	228.0	31.4%	1.224	119.4	26.9%	1.186	167.3	31.0%	1.221	120.8	35.2%	1.258	100.0
7	32.5%	1.234	103.3	27.9%	1.194	179.9	29.5%	1.208	134.5	29.0%	1.204	153.4	30.5%	1.216	74.1	32.6%	1.235	98.1
8	32.4%	1.233	141.5	24.3%	1.165	136.0	29.1%	1.204	158.6	29.4%	1.207	167.0	29.5%	1.208	95.2	26.8%	1.185	120.1
9	31.9%	1.229	91.1	22.8%	1.153	163.2	29.5%	1.208	147.7	28.3%	1.198	133.3	28.5%	1.199	105.2	30.0%	1.212	74.2
10	27.3%	1.189	128.3	24.7%	1.168	185.7	28.5%	1.199	73.4	29.2%	1.205	123.9	28.8%	1.202	110.2	29.8%	1.210	82.6
11	30.7%	1.218	0.0	25.7%	1.176	142.0	28.7%	1.201	150.9	25.0%	1.171	215.4	30.6%	1.217	93.3	25.1%	1.172	117.8
12	31.7%	1.227	107.5	27.5%	1.191	243.1	30.0%	1.212	126.9	25.5%	1.175	141.8	31.0%	1.221	94.0	27.2%	1.189	62.2
13	33.2%	1.240	112.9	26.2%	1.180	202.2	30.1%	1.213	151.3	27.7%	1.193	184.5	31.0%	1.221	107.3	27.5%	1.191	165.4
14	29.4%	1.207	166.8	24.9%	1.170	243.1	30.6%	1.217	112.4	27.7%	1.193	74.0	30.4%	1.216	106.9	21.5%	1.143	118.2
15	28.9%	1.203	156.5	20.8%	1.138	245.8	31.5%	1.225	94.5	29.4%	1.207	237.0	28.7%	1.201	79.3	27.5%	1.191	132.0
16	28.0%	1.195	165.0	29.8%	1.210	147.2	31.6%	1.226	117.8	30.6%	1.217	104.2	26.5%	1.183	88.8	30.1%	1.213	64.2
17	28.4%	1.199	139.2	29.9%	1.211	136.3	30.6%	1.217	172.8	28.6%	1.200	79.2	28.1%	1.196	165.5	32.6%	1.235	59.4
18	25.9%	1.178	232.2	30.6%	1.217	190.9	25.9%	1.178	212.8	31.3%	1.223	73.2	27.9%	1.194	149.8	31.6%	1.226	58.6
19	25.9%	1.178	100.5	30.0%	1.212	187.2	23.1%	1.156	194.1	33.6%	1.244	103.9	28.9%	1.203	116.0	28.5%	1.199	118.3
20	29.1%	1.204	133.1	29.4%	1.207	222.9	24.4%	1.166	110.1	33.9%	1.246	92.6	30.4%	1.216	81.8	25.5%	1.175	84.5
21	30.8%	1.219	89.2	25.4%	1.174	103.4	23.8%	1.161	200.0	34.8%	1.255	81.5	30.3%	1.215	92.5	28.1%	1.196	96.3
22	31.6%	1.226	102.3	29.2%	1.205	125.2	24.7%	1.168	164.3	30.9%	1.220	99.1	33.5%	1.243	42.0	27.9%	1.194	124.0
23	34.6%	1.253	82.6	27.4%	1.190	149.9	26.9%	1.186	139.7	27.9%	1.194	90.3	29.7%	1.210	111.8	30.0%	1.212	87.5
24	34.1%	1.248	105.4	26.0%	1.179	107.4	29.0%	1.204	139.0	30.3%	1.215	52.4	29.6%	1.209	123.0	26.4%	1.182	98.5
25	31.9%	1.229	96.0	28.5%	1.199	78.2	30.7%	1.218	45.3	32.7%	1.236	60.0	29.6%	1.209	128.0	26.6%	1.184	91.2
26	29.6%	1.209	179.5	27.5%	1.191	112.1	30.7%	1.218	134.1	30.0%	1.212	117.1	31.1%	1.222	64.0	29.6%	1.209	63.3
27	30.3%	1.215	33.6	29.0%	1.204	75.9	29.9%	1.211	182.0	26.6%	1.184	131.8	28.5%	1.199	96.8	26.5%	1.183	125.4
28	32.9%	1.237	67.0	30.9%	1.220	99.8	29.9%	1.211	123.8	25.0%	1.171	136.6	30.5%	1.216	137.0	29.1%	1.204	86.3
29	28.5%	1.199	153.2				27.6%	1.192	99.5	21.7%	1.145	154.3	30.1%	1.213	121.4	28.4%	1.199	79.2
30	23.3%	1.157	170.4				27.4%	1.190	144.4	26.3%	1.181	95.8	28.8%	1.202	98.3	31.0%	1.221	100.2
31	25.3%	1.173	82.0				30.6%	1.217	87.3				31.3%	1.223	112.3			
	30.1%	1.214	3694.9	26.9%	1.187	4258.4	29.2%	1.205	4053.4	28.6%	1.200	3897.1	30.1%	1.213	3077.3	29.3%	1.206	2841.9



## DISPOSICION DE LODOS JULIO-DICIEMBRE DEL 2003

Tabla 24.De datos de operación diaria año 2003

DIA	JULIO			AGOSTO			SETIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM	% Sólidos	Spg	Sólidos TM
1	30.7%	1.218	124.4	32.2%	1.231	20.2	32.7%	1.236	0.0	30.7%	1.218	0.0	28.6%	1.200	0.0	31.9%	1.229	36.2
2	30.5%	1.216	88.6	33.2%	1.240	53.7	32.6%	1.235	30.2	33.6%	1.244	0.0	28.5%	1.199	0.0	33.2%	1.240	0.0
3	31.9%	1.229	121.1	30.2%	1.214	59.1	30.9%	1.220	68.3	33.2%	1.240	77.8	27.8%	1.194	66.7	29.2%	1.205	71.6
4	33.7%	1.245	80.6	31.3%	1.223	49.0	31.8%	1.228	0.0	32.0%	1.230	60.6	31.2%	1.222	0.0	32.3%	1.232	0.0
5	32.4%	1.233	113.4	33.0%	1.238	46.7	33.5%	1.243	56.3	30.3%	1.215	38.1	29.4%	1.207	82.7	35.1%	1.257	12.7
6	31.8%	1.228	0.0	32.7%	1.236	76.1	34.1%	1.248	44.0	30.7%	1.218	52.6	32.4%	1.233	32.2	36.1%	1.267	0.0
7	34.4%	1.251	86.5	34.7%	1.254	48.7	30.1%	1.213	0.0	34.0%	1.247	12.9	31.9%	1.229	35.7	36.1%	1.267	0.0
8	33.1%	1.239	62.0	31.0%	1.221	46.3	33.8%	1.246	63.3	35.5%	1.261	3.6	32.3%	1.232	60.4	33.1%	1.239	71.3
9	29.4%	1.207	154.5	31.7%	1.227	116.5	33.2%	1.240	51.6	34.4%	1.251	71.0	27.6%	1.192	0.0	34.4%	1.251	0.0
10	28.3%	1.198	19.3	29.3%	1.206	0.0	29.0%	1.204	33.6	35.3%	1.259	20.1	26.5%	1.183	50.5	35.3%	1.259	73.7
11	31.4%	1.224	69.5	32.1%	1.230	0.0	32.7%	1.236	0.0	30.8%	1.219	9.1	26.6%	1.184	0.0	34.7%	1.254	20.4
12	33.3%	1.241	69.5	31.9%	1.229	112.8	28.8%	1.202	45.7	32.4%	1.233	0.0	27.6%	1.192	54.8	32.5%	1.234	55.1
13	35.0%	1.257	59.0	31.5%	1.225	49.1	27.4%	1.190	53.4	33.5%	1.243	24.5	31.1%	1.222	0.0	31.1%	1.222	39.0
14	36.2%	1.268	60.2	29.8%	1.210	3.0	30.2%	1.214	0.0	34.5%	1.252	112.6	33.5%	1.243	0.0	31.3%	1.223	0.0
15	32.8%	1.237	66.0	29.8%	1.210	66.8	28.1%	1.196	21.5	32.7%	1.236	0.0	31.0%	1.221	75.9	32.7%	1.236	0.0
16	34.0%	1.247	71.6	32.4%	1.233	35.7	32.9%	1.237	0.0	32.0%	1.230	48.9	29.8%	1.210	0.0	30.4%	1.216	47.3
17	32.4%	1.233	103.0	31.6%	1.226	0.0	30.7%	1.218	38.9	31.6%	1.226	0.0	32.2%	1.231	55.3	31.1%	1.222	21.3
18	31.9%	1.229	61.1	31.9%	1.229	0.0	34.0%	1.247	87.9	33.9%	1.246	59.4	30.8%	1.219	37.9	32.1%	1.230	11.5
19	32.0%	1.230	147.4	32.0%	1.230	63.8	33.7%	1.245	36.2	34.1%	1.248	23.0	32.5%	1.234	0.0	31.1%	1.222	56.8
20	31.5%	1.225	50.0	33.3%	1.241	85.3	34.6%	1.253	20.4	30.8%	1.219	54.1	28.2%	1.197	54.0	28.7%	1.201	34.5
21	31.2%	1.222	95.6	29.8%	1.210	36.9	35.8%	1.264	0.0	32.7%	1.236	0.0	29.0%	1.204	0.0	32.8%	1.237	0.0
22	30.5%	1.216	34.4	30.7%	1.218	63.7	29.1%	1.204	53.0	34.7%	1.254	57.7	31.3%	1.223	44.3	33.6%	1.244	14.2
23	32.8%	1.237	71.2	31.6%	1.226	48.0	30.9%	1.220	0.0	33.4%	1.242	4.8	31.5%	1.225	0.0	28.1%	1.196	65.4
24	35.3%	1.259	77.2	32.7%	1.236	56.2	31.5%	1.225	73.5	33.9%	1.246	0.0	33.6%	1.244	46.9	30.8%	1.219	0.0
25	33.7%	1.245	104.8	30.2%	1.214	44.9	33.8%	1.246	50.9	33.8%	1.246	36.7	30.9%	1.220	56.1	31.9%	1.229	0.0
26	33.0%	1.238	60.7	30.2%	1.214	24.8	32.9%	1.237	0.0	34.7%	1.254	47.9	32.3%	1.232	0.0	30.3%	1.215	30.3
27	31.0%	1.221	60.7	31.1%	1.222	30.3	30.8%	1.219	67.3	31.7%	1.227	28.0	33.3%	1.241	0.0	30.5%	1.216	35.9
28	30.9%	1.220	0.0	33.1%	1.239	0.0	31.6%	1.226	0.0	27.7%	1.193	32.1	31.3%	1.223	51.7	32.8%	1.237	0.0
29	34.6%	1.253	46.4	33.1%	1.239	33.0	32.9%	1.237	9.0	28.7%	1.201	43.0	33.9%	1.246	41.0	32.1%	1.230	85.4
30	31.3%	1.223	81.7	31.7%	1.227	47.2	32.8%	1.237	76.8	30.6%	1.217	80.3	33.9%	1.246	0.0	32.4%	1.233	0.0
31	32.8%	1.237	101.3	32.2%	1.231	0.0				28.5%	1.199	47.8				32.4%	1.233	107.0
	32.4%	1.233	2341.7	31.7%	1.227	1317.8	31.9%	1.229	981.8	32.5%	1.234	1046.6	30.7%	1.218	846.1	32.3%	1.232	889.6

## 5.10.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LODOS 2000

Tabla 25. De los análisis de malla de los compositos mensuales año 2000

MALLA	MICRONES	Ene-00		Feb-00		Mar-00		Abr-00		May-00		Jun-00	
		% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL
# 70	212.0	0.82	0.82	0.13	0.13	0.13	0.13	0.33	0.33	1.44	1.44	0.64	0.64
# 100	150.0	1.57	2.39	2.62	2.76	2.62	2.76	0.55	0.89	2.44	3.88	1.68	2.32
# 140	106.0	2.46	4.85	3.08	5.84	3.08	5.84	1.63	2.51	1.99	5.87	2.15	4.47
# 200	75.0	2.12	6.97	3.63	9.47	3.63	9.47	3.73	6.25	1.86	7.73	1.85	6.32
# 270	53.0	1.33	8.31	1.67	11.13	1.67	11.13	3.03	9.28	1.69	9.42	1.48	7.80
# 325	45.0	1.82	10.13	2.82	13.95	2.82	13.95	5.44	14.72	1.07	10.49	1.59	9.39
# 400	38.0	1.40	11.52	6.85	20.81	6.85	20.81	6.07	20.79	0.29	10.78	1.23	10.61
# --400		88.48	100.00	79.19	100.00	79.19	100.00	79.21	100.00	89.22	100.00	89.39	100.00

100.00

100.00

100.00

100.00

100.00

100.00

MALLA	MICRONES	Jul-00		Ago-00		Sep-00		Oct-00		Nov-00		Dic-00	
		% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL	% PESO	% ACUMUL
# 70	212.0	0.82	0.82	0.82	0.82	1.06	1.06	1.04	1.04	1.01	1.01	0.91	0.91
# 100	150.0	1.57	2.39	1.57	2.39	2.06	3.12	1.78	2.82	2.14	3.15	1.69	2.60
# 140	106.0	2.46	4.85	2.46	4.85	3.67	6.79	2.96	5.78	3.25	6.39	2.49	5.09
# 200	75.0	2.12	6.97	2.12	6.97	4.54	11.32	2.44	8.22	4.65	11.04	3.03	8.12
# 270	53.0	1.33	8.31	1.33	8.31	4.71	16.03	2.37	10.59	2.86	13.90	1.85	9.97
# 325	45.0	1.82	10.13	1.82	10.13	3.12	19.15	3.48	14.07	4.18	18.07	2.35	12.32
# 400	38.0	1.40	11.52	1.40	11.52	2.41	21.56	1.73	15.80	4.17	22.24	1.83	14.15
# --400		88.48	100.00	88.48	100.00	78.44	100.00	84.20	100.00	77.76	100.00	85.85	100.00

100.00

100.00

100.00

100.00

100.00

100.00

100.00

Los lodos son de de coloración rojiza y alta densidad con 25 a 35% de sólidos, salen del Under Flow del Clarificador y del espesador Door Oliver y son descargados por intermedio de bombas cada vez que alcanzan la densidad adecuada para su disposición

### **5.10.3 Agua Decantada de la disposición de lodos en San Felipe**

Proviene de la decantación de los lodos de alta densidad descargados en la relavera de la antigua cancha de San Felipe, el agua decantada del embalse se mantiene transparente a pesar de los continuos vientos fuertes ,debido esencialmente a la alta estabilidad de los lodos al sedimentar ,el agua decantada va hacia un canal de la parte derecha de la relavera el cual desemboca en el Río Moche.

El agua decantada esta libre de contaminante sobrepasando ampliamente los limites permisibles establecidos por la ley general de aguas clase.

Los lodos que se disponen como pulpa de la descarga del Under Flow del Clarificador , son bombeados por una bomba 4´x3´ desde la Planta HDS y el agua que contiene el lodo tiene las mismas características del agua neutralizada que sale por el ouver flor de los clarificadores por lo que no requieren tratamiento adicional.

#### **Características Efluente(ppm)**

Tabla 26 Leyes químicas de los efluentes de agua de la Mina Quiruvilca 2002

Ph	TSS	Colif. totales	Color	Olor	Cu	Pb	Zn	Fe	As	Sb	CN
7.5	5	0	Translúcido	inodoro	0.01	0.01	0.11	0.13	0.01	0.01	0
<b>NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES- LEY GENERAL DE AGUAS CLASE III</b>											
	<b>Ph</b>	<b>Bi</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>As</b>	<b>CNt</b>		
<b>LMP</b>	5-9		0.05	0.5	0.1	25	1	0.02	1		

Tabla 26.De Informe de leyes químicas de los efluentes de agua de mina Quiruvilca año 2002

Medidas de Control :Ninguna

Agua decantada San Felipe al Río Moche :50-150 m<sup>3</sup>/Hr

## CAPITULO VI

### **6 RESULTADOS DESPUES DE LA PUESTA EN MARCHA DE LAPLANTA HDS**

Pan American Silver S.A.C. - Mina Quiruvilca cumplió con los principales proyectos ambientales contenidos en el PAMA entre los que se encontraba la construcción de Planta HDS lo cual le permitió cumplir con la normatividad ambiental vigente en lo referente a la calidad de los efluentes líquidos y la estabilidad física del depósito de relave de San Felipe. Estos formaban parte de los objetivos principales del PAMA de Mina Quiruvilca habiéndose invertido más de US\$ 9'663,127 en total con otros proyectos ejecutados del PAMA con los cuales supero la inversión programada y el requerimiento legal mínimo de inversión.

El impacto ambiental positivo de los proyectos del PAMA terminados es evidente y concluyente tanto en la mejora de la calidad del agua del principal cuerpo receptor el Río Moche, como en el manejo ambiental de las operaciones mineras y del control de los efluentes industriales.

#### **6.1 CALIDAD DEL AGUA DEL RIO MOCHE A UN MES DEL ARRANQUE DE LA PLANTA DE NEUTRALIZACION HDS**

El funcionamiento de la Planta de Neutralización para el tratamiento de Aguas Acidas de la operación minera mejoró la calidad del agua del Río Moche, Cumpliendo los Límites Máximos Permisibles establecidos por las normas legales en excepción de fierro. La meta será siempre registrar una calidad de agua cuyos valores de contaminantes estén debajo de los límites permisibles.

Desde que inició su funcionamiento la Planta HDS a principios de Mayo de 1999 ,su efecto fue positivo debido a que los contaminantes físicos como químicos disminuyeron su concentración y en el transcurso del tiempo de operación progresivamente mejoro a un más.

##### **6.1.1 PARAMETROS QUÍMICOS**

Tabla 27.Muestra los resultados de la concentración de metales en Río Moche Punte Constancia , antes y después del funcionamiento de la Planta de Neutralización HDS.  
De informe de calidad del agua del río Moche 12-07-1999.Dto de Medio Ambiente

PARAMETRO DE CONTROL	Con Planta HDS JUN'99	Antes de la Planta HDS NOV'98	% DISMINUCION
<b>Bi</b>	0.20	0.3	33
<b>Cd</b>	0.03	0.6	95
<b>Cu</b>	2.1	6.2	66
<b>Pb</b>	0.33	2.3	85
<b>Zn</b>	6.61	26	75
<b>Fe</b>	44.7	152	71
<b>As</b>	0.1	0.6	83
<b>CNt</b>	0.1	2.0	95

Según el cuadro la concentración de los metales del Río Moche después del Puente Constancia se encuentran dentro de los límites permisibles, excepto el Hierro que registra 44.7 mg/l comparado con 1 mg/l que es el límite permisible según La Ley General de Aguas Clase III.

Asimismo, se registro presencia de macro invertebrados en el Río Moche en el punto de monitoreo del Puente Constancia, comparado con monitoreos anteriores en la cual no se registró presencia de macro invertebrados ni misceláneas. Este registro indica que la calidad del agua del Río Moche mejoró.

Según los resultados de los parámetros medidos la planta de tratamiento de aguas ácida rápidamente cumplió el propósito para la cual fue construida. El efecto es positivo por que la concentración de metales en Río Moche-Puente Constancia(salida de la unidad minera) decrece en el monitoreo de JUN'99 comparado con NOV'98.

### **6.1.2 PARAMETROS FISICOS**

Los valores de Ph. registrados después de Mayo de 1999 se incrementan comparado con los registrados en NOV'98 antes de la puesta en marcha de la Planta HDS, esto indica que el agua en el Río Moche mejoró su calidad desde el funcionamiento de la Planta de Neutralización(Ph>5.9).

Parámetro de Control Río Moche		Antes de la Planta HDS NOV '98	Con Planta HDS JUN '99	Con Planta HDS MAR 04
Ph	Puente Constancia	4.0	4.1	5.5
	Cruce Puente Moltipil	4.0	4.5	5.8
	Cruce Puente Otuzco	4.0	7.1	6.9
Conductividad μS/m	Puente Constancia	1210	530	480
	Cruce Puente Moltipil	1200	560	550
	Cruce Puente Otuzco	1080	620	580
O <sub>2</sub> Disuelto mg/lt	Puente Constancia	0	5	5.3
	Cruce Puente Moltipil	0.9	5.3	5.8
	Cruce Puente Otuzco	5.6	9	8.8

Tabla 28 De informe de calidad del agua del río Moche 12-07-1999-2004. Dto de Medio Ambiente

En NOV'98 el valor de Ph. en el Río Moche Puente Constancia, Río Moche cruce Puente Moltipil y Río Moche cruce Puente Otuzco es constante: 4. Comparando éste valor con los registrados en JUN'99 es 4.1, 4.5, 7.1 respectivamente, por tanto el P.D. del agua en el río vuelve a la neutralidad como en el primer punto de control: Represa Almiranta.

La conductividad medida en JUN'99 registra valores menores comparado con lo registrado en NOV'98. Por tanto, la cantidad de sales disueltas en el agua del Río Moche disminuyó y según éste indicador la calidad del agua en el río mejoró. En el Río Moche Puente Constancia la conductividad decrece de 1210 a 530  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , registrados en NOV'98 y JUN'99 respectivamente (disminuye en un 132%).

La cantidad de Oxígeno Disuelto se incremento luego del funcionamiento de la Planta de Neutralización de Agua Acida de Mina, debido a que en la planta de neutralización precipitan las sales y esto permite la aireación del agua en el río. En Río Moche Puente Constancia el valor de OD se incrementa de 0 a 5 mg/l en el monitoreo de JUN'99. Asimismo el Río Moche cruce puente Otuzco el incremento es de 5.6 a 9 mg/l. La presencia de OD facilita el desarrollo de la vida biológica y de los peces recreativos y ordinarios.

## **6.2 MONITOREO DE AGUAS Y ESTACIONES DE MUESTREO**

El monitoreo del Río Moche se realiza desde su inicio hasta llegar a la Ciudad de Trujillo. Se tiene 13 puntos de muestreo señalizados a través de todo el río. Los parámetros considerados para los análisis son los siguientes:

Físicos : Ph, Conductividad y Oxígeno Disuelto.

Químicos : Bismuto, Cadmio, Cobre, Plomo, Zinc, Fierro, Arsénico y Cianuro Total.

Los Programas de Monitoreo de la Calidad de Agua en el Río Moche tiene una frecuencia Trimestral con la finalidad de evaluar la influencia de los vertimientos contaminantes de las operaciones minero metalúrgicas de la unidad minera, comparando los niveles registrados con los límites permisibles establecidos (R.M. N°011-96-EM/VMM).

Los resultados obtenidos del Programa de Monitoreo son evidentes y se reflejan en la Tabla N°1. Se cumple con la calidad del cuerpo receptor, reduciéndose la carga metálica y fueron obtenidos gracias al cumplimiento de los proyectos PAMA

### **Algunos puntos de monitoreo**

**EF-01** Santa Catalina, al pie del dique intermedio

**EF-02** Quebrada San Francisco, aguas debajo de la operación

**EF-05** Santa Catalina Salida de tubería de decantación

**EF-09** Aguas Abajo del dique Codiciada

**EF-12** Descarga de la cancha de relaves de San Felipe

**EF-13** Puente constancia

## 6.2.1 Resultados Antes y después del PAMA, Estación río Moche Aguas abajo de la operación

Tabla N°29.

Estación	1995 [EVAP95]	2002 [MINEC02]	2003 [FUTURA03]	2004 [AUDITEC04]	LMP Ley de Aguas, Clase III
<b>Ph.</b>	3.5	6.4	5.9	6.4	5 – 9
<b>TSS</b>	138	86	<2.0	71.60	---
<b>Pb</b>	0.7	0.02	<0.01	0.095	0.1
<b>Cu</b>	4.6	0.17	0.134	0.365	1
<b>Zn</b>	32.7	0.26	0.87	2.430	25
<b>Fe</b>	294.7	2.17	7.2	30.700	---
<b>As</b>	n.r.	<0.01	0.022	0.86	0.20
<b>CNt</b>	n.r.	<0.001	0.176	0.089	+1

Nota: En 1997, PASSAC reportó a la DGM la descarga sin control de Arsénico de Mina La Paloma. Los efluentes se resumen en las Tablas N°30, N°31 y N°32.

## 6.2.2 Resultados Antes y después del PAMA, Efluente EF-12, Relavera San Felipe

Tabla 30.

Estación	1995 [EVAP95]	2002 [MINEC02]	2003 [FUTURA03]	2004 [AUDITEC04]	NMP RM 011-96
<b>Ph.</b>	2.27	6.1	6.1	6.12	5.5 - 10.5
<b>TSS</b>	21.39	28	<2	48.4	100
<b>Pb</b>	0.7	0.04	<0.010	<0.010	1.0
<b>Cu</b>	40.08	0.072	<0.020	<0.02	2.0
<b>Zn</b>	82.08	2.22	0.490	0.23	6.0
<b>Fe</b>	1,120	3.26	3.46	1.07	5.0
<b>As</b>	22.80	<0.01	0.023	0.016	1.0
<b>CNt</b>	n.r.	<0.001	0.006	<0.005	2.0

## 6.2.3 Parámetros Físicos de la calidad de los Efluentes

Tabla 31.

	<b>TSS</b>				<b>Ph.</b>			
	(1996)	2002 [MINEC02]	2003 [FUTURA03]	2004 [AUDITEC04]	(1996)	2002 [MINEC02]	2003 [FUTURA03]	2004 [AUDITEC04]
Estación	Antes PAMA	Después PAMA	Después PAMA	Después PAMA	Antes PAMA	Después PAMA	Después PAMA	Después PAMA
EF-01	85	32	seco	seco	2.9	5.6	seco	Seco
EF-02	94	10	<2	100	4.7	5.7	6.2	5.9
EF-05	60	22	<2	28	6.1	6.7	7.2	6.2
EF-09	151	12	---	Recir.	3.2	5.7	---	Recir.
EF-12	21.39	28	<2	48	2.27	6.0	6.1	6.1
EF-13	No existía	34	3.7	97	No existía	7.2	7.4	5.7
<b>NMP (1)</b>	<b>100</b>				<b>5.5 – 10.5</b>			

Notas: 1) Niveles Máximos Permisibles, NMP, según R.M. N° 011-96-EM/VMM. Recir.: Recirculando

Tablas 29,30 y 31.Referencias: [EVAP95]Evaluación Ambiental Preliminar 1995, Antes del inicio del PAMA

[MINEC02] [FUTURA03] AUDITEC04] Informes de Fiscalización realizado por E.F.E. MINEC 2002, Futura Consult 2003, AUDITEC 2004, respectivamente.

#### **6.2.4 Parámetros Químicos de la calidad de los Efluentes Pb,Cu**

	<b>Pb</b>				<b>Cu</b>			
	(1996)	2002 [MINEC02]	2003 [FUTURA03]	2004 [AUDITEC04]	(1996)	2002 [MINEC02]	2003 [FUTURA03]	2004 [AUDITEC04]
Estación	Antes PAMA	Después PAMA	Después PAMA	Después PAMA	Antes PAMA	Después PAMA	Después PAMA	Después PAMA
EF-01	0.3	0.039	Seco	Seco	5.4	0.531	Seco	Seco
EF-02	0.5	0.052	<0.010	<0.010	1.8	0.507	0.103	0.038
EF-05	0.6	0.022	<0.010	<0.010	0.9	0.086	0.217	0.165
EF-09	0.4	0.008	---	Recir.	8.8	0.076	---	Recir.
EF-12	0.7	0.04	<0.010	<0.010	40.08	0.072	<0.020	<0.020
EF-13	No existía	0.026	<0.010	<0.010	No existía	0.094	0.036	0.013
NMP (1)	1				2			

Notas: 1) Niveles Máximos Permisibles, NMP, según R.M. N° 011-96-EM/VMM. Recir.: Recirculando

Tabla 32.Referencias: [EVAP95]Evaluación Ambiental Preliminar 1995, Antes del inicio del PAMA

[MINEC02] [FUTURA03] AUDITEC04] Informes de Fiscalización realizado por E.F.E. MINEC 2002, Futura Consult 2003, AUDITEC 2004, respectivamente.

#### **6.2.5 Parámetros Químicos de la calidad de los Efluentes Zn,Fe**

	<b>Zn</b>				<b>Fe</b>			
	(1996)	2002 [MINEC02]	2003 [FUTURA03]	2004 [AUDITEC04]	(1996)	2002 [MINEC02]	2003 [FUTURA03]	2004 [AUDITEC04]
Estación	Antes PAMA	Después PAMA	Después PAMA	Después PAMA	Antes PAMA	Después PAMA	Después PAMA	Después PAMA
EF-01	16.9	5.091	Seco	Seco	108.2	8.32	Seco	Seco
EF-02	12.2	3.404	0.640	0.54	25	1.63	1.00	1.20
EF-05	3.5	1.429	0.058	0.20	2.7	0.94	0.18	1.21
EF-09	77	0.403	---	Recir.	740	1.71	---	Recir.
EF-12	82.08	0.766	2.22	0.23	1,120	3.26	3.46	1.07
EF-13	No existía	0.379	0.430	0.18	No existía	1.88	0.40	0.05
NMP (1)	6				5			

Notas: 1) Niveles Máximos Permisibles, NMP, según R.M. N° 011-96-EM/VMM. Recir.: Recirculando

Tabla 33.Referencias: [EVAP95]Evaluación Ambiental Preliminar 1995, Antes del inicio del PAMA

[MINEC02] [FUTURA03] AUDITEC04] Informes de Fiscalización realizado por E.F.E. MINEC 2002, Futura Consult 2003, AUDITEC 2004, respectivamente.



### **6.2.6 Evolución del Ph Puento Constanca ,**

Este punto esta ubicado aguas debajo de todas las operaciones de la mina por lo que es de gran importancia su control, desde el arranque de la Planta de Neutralización el Ph. fue subiendo gradualmente y con la canalización de todos los efluentes ácidos hacia la planta de neutralización se logro estabilizar el Ph.en un rango aceptable y se mantiene desde entonces por encima de 5.6.

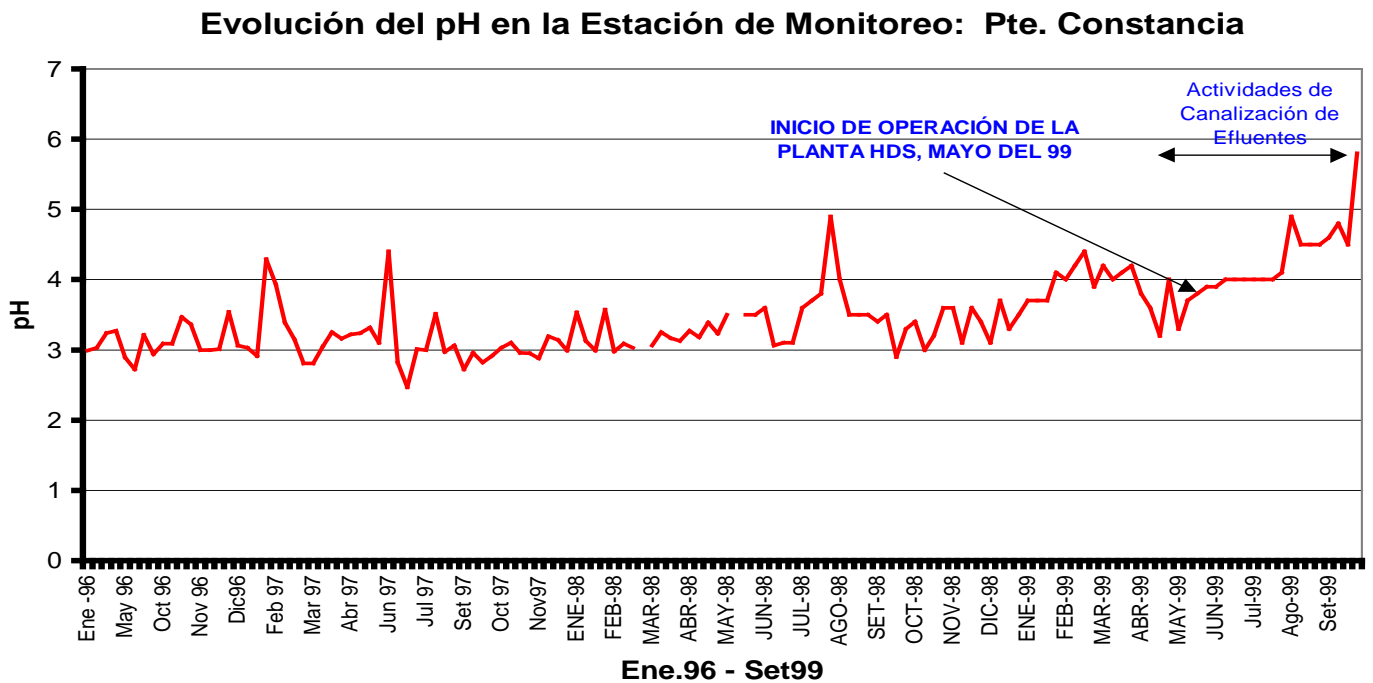


Fig. 23. De monitoreo de aguas del río moche Ene.1996-Set.1999

## CAPITULO VII

### 7.1 OBSERVACIONES,CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### **7.1.1 OBSERVACIONES**

- a) La calidad de la lechada de cal influye directamente en la capacidad de tratamiento del agua ácida, los parámetros de control mas importantes son la ley del CaO para la producción de la lechada ,la granulometría de la molienda de cal y la densidad de pulpa de la lechada.
- b) Cuanto más diluido es la lechada ,se requerirá más lechada de cal para la neutralización lo que le restara capacidad de tratamiento de agua ácida.
- c) Cuanto la ley del CaO en el cargamento es bajo(60-65%) se requerirá más lechada de cal para tratar un mismo volumen de agua ácida,lo cual también resta la capacidad de tratamiento de agua ácida.
- d) Cuanto más grueso es la molienda se requerirá más lechada de cal debido a que muchas veces el núcleo de las partículas gruesas no llegan a reaccionar porque en el proceso de neutralización la pulpa rápidamente alcanza niveles altos de Ph( cerca del neutro) no dándole tiempo de reacción al núcleo de las partículas.
- e) La mayor recirculación de los lodos de alta densidad baja el consumo de cal en el proceso de neutralización pero al mismo tiempo baja la capacidad de tratamiento de agua ácida, debido a que a mayor recirculación baja la capacidad de retención en el clarificador y espesador Door Oliver.
- f) La recirculación de los lodos de alta densidad bajan el consumo de cal por que contienen generalmente compuestos que consumen acidez (hidróxidos de hierro y otros metales).Pero también en mínima proporción porque ya tienen un Ph cercano al neutro o ligeramente alcalino.
- g) La capacidad de la Planta de Neutralización HDS esta determinado por la capacidad de la etapa de clarificación en este caso del Clarificador Outokumpo y del espesador Door Oliver, si la capacidad de clarificación aumenta entonces aumentara la capacidad de tratamiento de agua ácida.
- h) En las épocas de abundancia de precipitaciones de Octubre a Marzo el flujo del agua ácida producto de las operaciones mineras muchas veces esta sobrepasando a la capacidad de la Planta de Neutralización HDS y a la capacidad de neutralización en Santa Catalina por lo que es de alta importancia mejorar los parámetros de control de todas las etapas del proceso de neutralización para darle mayor capacidad de tratamiento.

- i) Los resultados generales después de la puesta en marcha de la Planta de Neutralización HDS son buenos, ya que según los estudios de monitoreo de aguas se cumple los límites permisibles, pero se requiere que todo esto progresivamente se complementen de forma positiva al esfuerzo de mejora continua ambiental, para seguir mejorando la calidad del agua del río Moche recuperando totalmente la fauna, flora, etc.
- j) Todos los esfuerzos ambientales dirigidos a la recuperación del río Moche tienen como impacto regional la recuperación de la calidad de vida de quienes se sustentan por sus actividades de pastoreo y cultivos. Los esfuerzos de mejoramiento ambiental revierten el impacto ambiental histórico de la actividad minero-metalúrgica de más de 70 años.
- k) Es importante reconocer que la acidez con bajos niveles de Ph en la Unidad Minera de Quiruvilca es solo uno de los factores críticos de los drenajes contaminados otro lo constituyen los elevados niveles de metales disueltos. Por la oxidación de minerales sulfurosos, incluso existen muchas zonas con rocas que alojan carbonatos y tienen Ph casi neutro, pero contiene niveles elevados de metales solubles tal como Zn, As, Mo, Ca. El color del drenaje dependiendo de la cantidad de metales disueltos y los sólidos en suspensión y del nivel de Ph se torna desde transparente, verdosa, amarillenta y rojiza.
- l) Las operaciones mineras generan aguas ácidas y efluentes contaminados que deben ser tratadas antes de su disposición al cuerpo receptor con este concepto después del PAMA EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS debe contemplar programas de control más estrictos para que las empresas mineras cumplan con los estándares permisibles en todas las circunstancias.
- m) El esfuerzo realizado por los proyectos ambientales han sido reconocidos en 1997 por el Premio al Esfuerzo Ambiental recibido de la Sociedad Nacional de Minería, Energía y Petróleo. A todo esto se suma el mejoramiento de las relaciones socioeconómicas con los funcionarios de la ciudad costera de Trujillo quienes ven el esfuerzo de la empresa al compromiso ambiental y su cumplimiento progresivo.
- n) Se debe de poner especial cuidado en controlar la densidad de pulpa de la lechada de Cal que entra al tanque de mezcla de lodos con Cal, porque cuanto más diluido se encuentre le restará capacidad de tratamiento a la planta de neutralización, para lo cual se debe de usar la mínima cantidad de agua en la preparación y envío de la lechada de Cal..

## **7.1.2 CONCLUSIONES**

- a) Uno de los factores principales para cualquier cambio de mejoramiento es factor humano, para lo cual la comunicación, capacitación y entrenamiento son las herramientas fundamentales para tener trabajadores proactivos, polifuncionales y que realicen trabajos de calidad, todos los trabajadores deben de practicar los valores humanos fundamentales y conocer la misión, la visión, la política y todos los objetivos que la empresa persigue.
- b) Con el aumento de capacidad de la Planta de Neutralización HDS se baja el costo operativo en energía y hrs. hombre principalmente y da la opción de parar la neutralización en Santa Catalina el cual aumenta el costo y es dañino para la relavera, otro factor más importante es que se evitaría derrames de agua ácida por rebose del Pond hacia el río Moche evitando cualquier contaminación ambiental.
- c) A menos neutralización hacia la poza de la relavera Santa Catalina se le da más estabilidad a la presa de relave, debido a que cuando la neutralización es mala, el flujo ácido surquea su trayecto removiendo todas las partículas en todo su trayecto, generando partículas en suspensión lo que muchas veces nos a generado problemas de generación de turbidez en el agua decantada de la poza de la relavera.
- d) A menos neutralización a la poza de la relavera Santa Catalina se le da mas vida útil a la presa ya que los lodos de la neutralización generan alto volumen y al mezclarse con el relave generan una pulpa inestable que fácilmente es removida por el oleaje y el viento generando sólidos en suspensión, lo que varias veces ha originado problemas de derrames agua con contenido de sólidos del agua decantada de la relavera.
- e) Los efluentes finales de la unidad minera de Quruvilca en todas las mediciones que se han realizado sobrepasan los límites permisibles en Fe, por lo que requieren investigaciones para bajar este contenido y cumplir con el estándar establecido por el ministerio de Energía y Minas
- f) El costo operativo de la Planta de Neutralización HDS fue bajando significativamente desde su arranque, en el año 1999 el gasto fue de 1'081,122 US\$ para un volumen de tratamiento de 1'957,636 m<sup>3</sup>, representando 0.55 US\$/m<sup>3</sup> y en año 2004 el gasto fue de 717,765 US\$ para un volumen de tratamiento de 2'502,240 m<sup>3</sup>, representando 0.31 US\$/m<sup>3</sup>, esto significa que el gasto de tratamiento se redujo en 43.6%.

- g) El drenaje de agua acida se fue incrementando desde el año 1999 fecha en que arranco la Planta de Neutralización ,lo cual ha hecho que sobrepase a la capacidad de la Planta,solo en el año 2003 el flujo de tratamiento fue bajo, pero esto se debio al cierre de toda la zona Norte de extracción minera ,a los cuales se tuvo que inundar los socavones con agua ácida, pero actualmente estos han empezado a generar graves problemas por las filtraciones ocasionando mayores volúmenes de agua ácida y con mas bajo Ph ,el cual antes de la inundación se mantenía entre 2.0 a 2.8 actualmente esto ha bajado a 1.4 a 2.2.
- h) El consumo de Cal desde el arranque fue bajando de 0.5 gr/lit en 1999 a 0.35gr/lit en el 2003,pero apartir de mediados del 2004 esto a empezado a subir drásticamente por la mayor acidez del agua ácida de mina y a la vez mayor volumen , ocasionado principalmente por las filtraciones producto de la inundación de toda la zona norte y esto tendera a incrementarse si continua bajando el Ph del drenaje ácido.
- i) La generación de sólidos promedio desde el arranque al 2004 es de 0.0185tm por metro cúbico de agua ácida tratada ,el cual depende también en buena parte de los solidos en suspensión que contenga el agua ácida de la mina.
- j) La falta de oxigenación en el tanque reactor hace muchas veces que no todos los iones ferrosos y otros iones divalentes del agua ácida lleguen a oxidarse, por lo tanto estos iones estables en rangos de Ph ligeramente altos(Ph>4.5) pasan a formar parte del agua neutralizada que muchas veces no cumple los limites permisibles establecidos.
- k) Los costos operativos han ido bajado desde el arranque principalmente por la mejora en la optimización del proceso, aumento de la capacidad de la planta, el flujo del ratio de recirculación de los lodos de alta densidad, pero también una gran parte ha sido la búsqueda de nuevos proveedores de cal con mejor calidad y con menores precios.
- l) La falta de políticas ambientales claras en el pasado por la falta de conocimiento y de una política de empresa de respeto al medio ambiente originó que el drenaje ácido de mina genere deterioro ambiental del principal cuerpo receptor el Río Moche por falta de control ambiental al interior de la empresa y que ocasionaron la pérdida sostenida de la flora y fauna del río, objetivo último que después de 1999 se revertió.
- m) El alto contenido de fierro en el agua neutralizada se debe principalmente a la falta de oxidación de los iones ferrosos en la etapa del tanque reactor desde el cual esta pasando al agua neutralizada por la falta de aireación ,para lo cual se debe poner operativo los dos sopladores,lo cual tambie conllevaria a bajar ligeramente el consumo de Cal.

### 7.1.3 RECOMENDACIONES

- a) La Unidad minera de Quiruvilca requiere con urgencia la ejecución de proyectos complementarios para el tratamiento del 100% del agua ácida de la operación minera en épocas de abundancia de lluvias como es el caso de noviembre del 2004 a marzo del 2005 cuando el drenaje ácido muchas veces a sobrepasado a la capacidad de neutralización de la planta de neutralización HDS y a la planta de neutralización de Santa Catalina ,los proyectos deben estar dirigidos al aumento de la capacidad de tratamiento de la Planta de Neutralización HDS a mas de 500m<sup>3</sup>/hr o a inhibir la generación de las aguas ácidas en el interior mina,para el cumplimiento de sus objetivos ambientales de votar efluentes con los limites permisibles establecidos :y no se afecte al principal cuerpo receptor de la zona que es el río Moche.
- b) Dado que el costo operativo de la planta de neutralización es bastante alto se debe de buscar alternativas de tratamiento complementario a la neutralización HDS para que se recupere los metales valiosos disueltos en las aguas ácidas y la planta pueda solventar sus gastos por si sola.Esto debe ser el principal objetivo al futuro debido a la existencia de tecnologías de tratamientos complementarios para la recuperación de los valores valiosos.
- c) La rehabilitación total del río Moche requiere de proyectos complementarios cuya experiencia permita el beneficio del país al desarrollar conocimiento que se aplique en otros lugares permitiendo la mitigación del impacto ambiental que el agua ácida de mina genera.
- d) Actualmente el control del medio ambiente por todas las empresas debe ser lo más importante y considerarse como uno de sus valores corporativos debido a que es importante preservar nuestra riqueza natural(flora ,fauna,etc), también porque actualmente muchas inversiones y créditos bancarios están condicionados por las normas ambientales y ecológicas nacionales e internacionales.
- e) Debido a que las actividades minero metalúrgicas como resultado de sus operaciones generan grandes cantidades de efluentes líquidos contaminados (drenajes ácidos,aguas con contenido de iones en solución,aguas con contenido de sólidos finos en suspensión,etc.) los que tienen mayor impacto ambiental adverso que cualquier otro tipo de emisiones,se debe de darle mayor difusión al proceso de tratamiento de Neutralización HDS.

- f) Para aumentar la capacidad de tratamiento de agua ácida en las condiciones tal como se encuentra La Planta de Neutralización se requiere más control en la etapa de preparación de la lechada de cal ,preparar una lechada de cal de mejor calidad ,la lechada de cal debe tener una densidad de pulpa lo mas alta posible adecuándose a las operaciones (>1070gr/lit la lechada que entra al Tk de lodos con cal) y debe ser utilizando la mejor calidad de Cal del mercado.
- g) Para tener una pulpa homogénea de la lechada de Cal en el Holding Tank de Santa Catalina se requiere una bomba de recirculación la misma que puede ser utilizado para el bombeo a la Planta HDS.
- h) Para enviar una pulpa densa de la lechada de cal de Santa Catalina a Planta HDS se requiere la instalación de una bomba.
- i) Par aumentar la estabilidad de la sedimentación de los lodos en el clarificador a un rango de Ph mas bajo (Menor de 7.5) se debe de agregar mas aireación al tanque de mezcla rápida ,lo cual ayudara a la oxidación casi completa de los iones divalentes,bajando el tiempo de sedimentación y la vez por la ganancia de estabilidad del lodo el cual le da más capacidad de clarificación y reducción en el consumo de cal.Actualmente cuando el Ph en el clarificador se baja,se levantan los lodos enturbiándose el ouver flow lo cual hace que siempre lo mantengan por encima de un Ph de 7.5,lo cual conlleva al mayor consumo de cal y pérdida de capacidad de la planta .
- j) Se debe de mejorar los reboses de los tanques (mezcla de lodos con cal, mezcla rápida, reactor),para que no se generen los rebalses cuando entre alto flujo de tratamiento.

## 7.2 ANEXOS

### Anexo 1 PLANO DE UBICACIÓN DE LA MINA QUIRUVILCA



### Anexo 2 VISTA DE LA PLANTA DE NEUTRALIZACION HDS





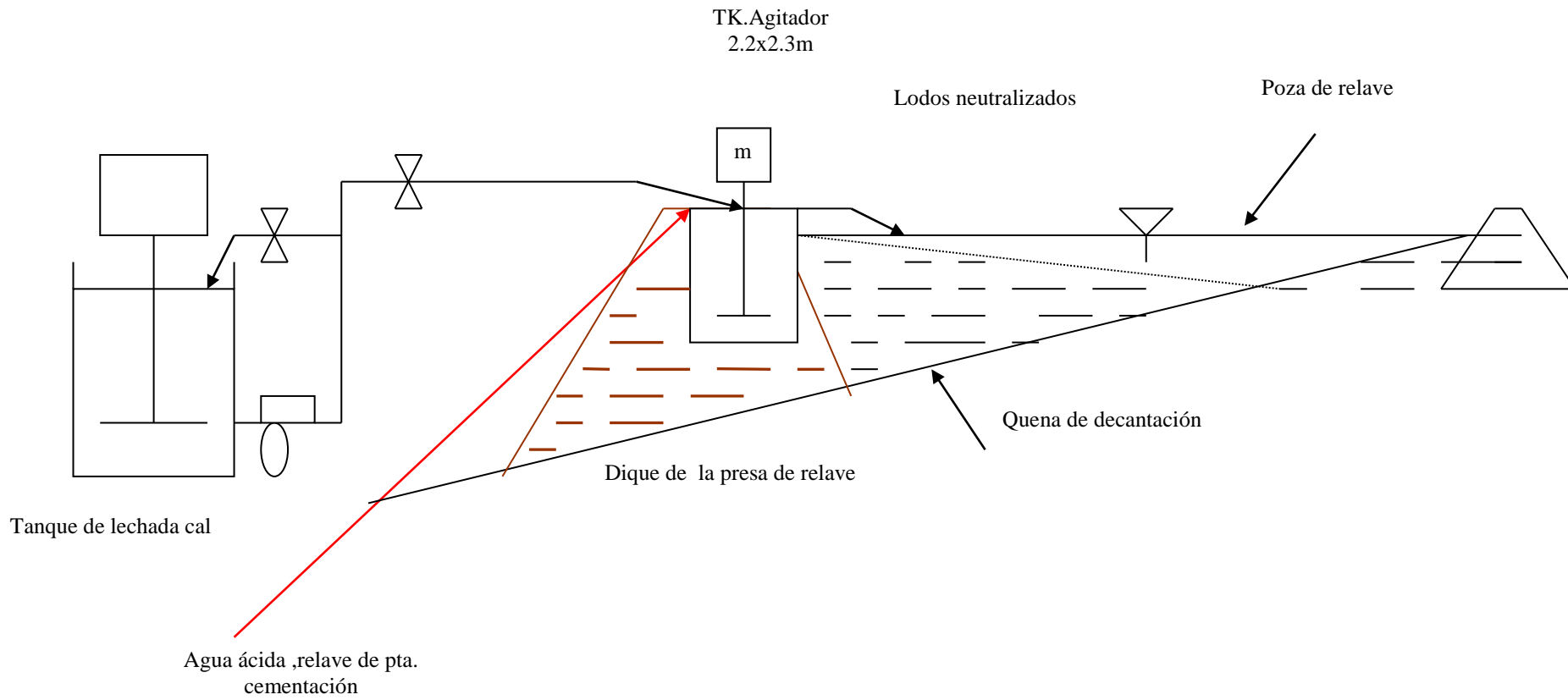
**Anexo3 AGUA DEL OUFER FLOW DEL CLARIFICADOR AL RIO MOCHE**



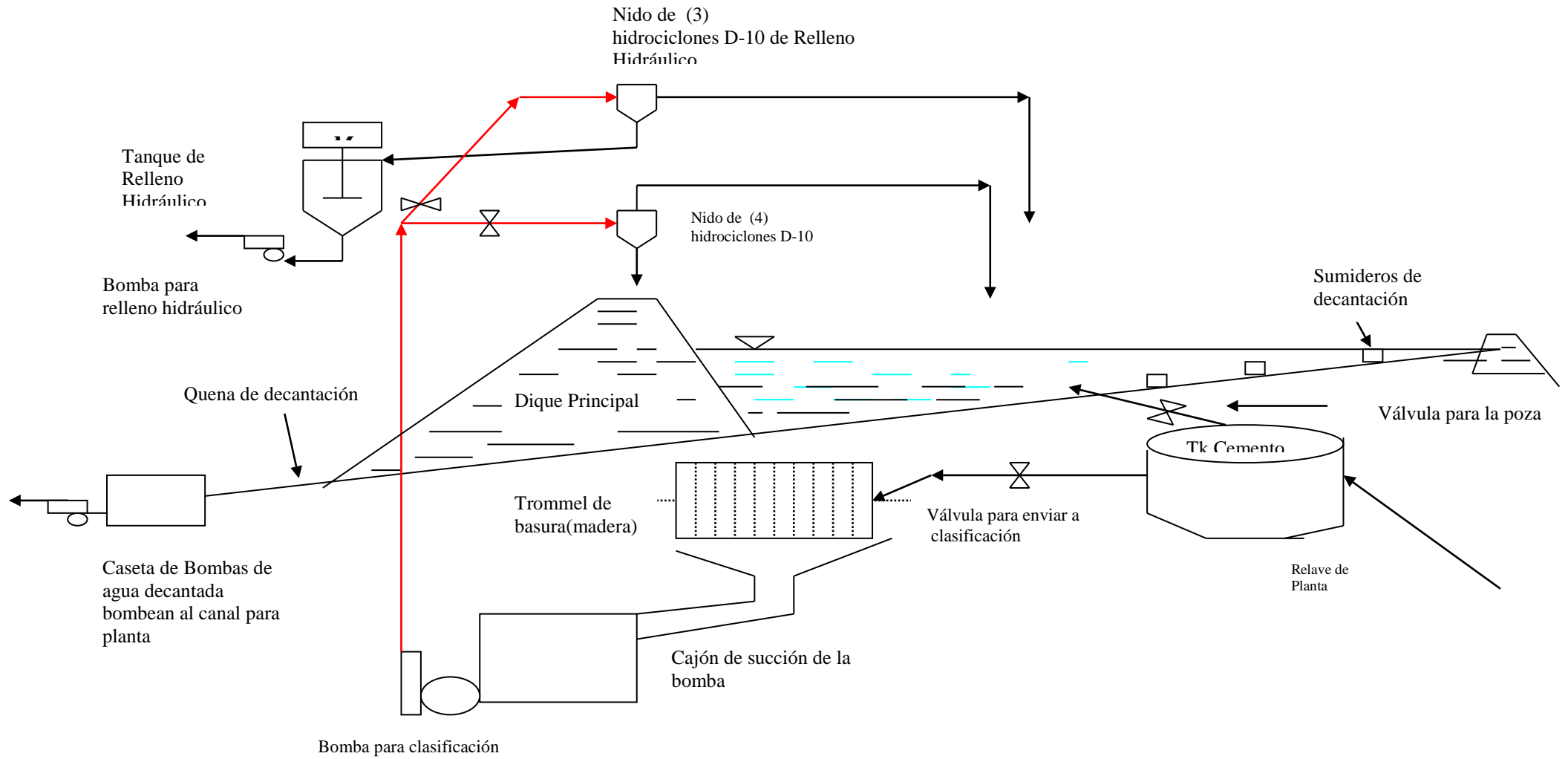
**Anexo 4 DISPOSICION DE LODOS EN LA RELAVERA SAN FELIPE**



## Anexo 5 DIAGRAMA DE LA NEUTRALIZACIÓN EN SANTA CATALINA



**Anexo 6 ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN AL MURO Y RELLENO HIDRAULICO EN LA RELAVERA  
SANTA CATALINA**



### 7.3 BIBLIOGRAFÍAS

- Lixiviación Bacteriana Nueva Tecnología en la recuperación de elementos metálicos apartir de materiales mineros marginales-Rodríguez Velarde José  
En minería (175) : 6-10, Marz-Abr: 1983.
- Lixiviación mediante bacterias - Kausel Vecchiola, Ernesto  
En minería 10(42): 9-12, Ene-Feb: 1992.
- Lixiviación Bacteriana de Minerales sulfurados de cobre de baja ley -Pincheira, A. Aliro.  
En minerales 41(174) : 13-20, Ab-May-Jun: 1986.
- Lixiviación TL: Relaciones de escalamiento obtenido a través de un modelo - Rauld F. Jaime.  
En minerales 41 (174): 31-36, Ab-May-Jun: 1986
- Proceso de lixiviación TL: Descripción de análisis industriales y perspectivas futuras - Domic; Esteban M.  
En minerales 38(162), AB-May-Jun: 1983, Pág. 5-18
- Bio-Reactores en el campo de la lixiviación Bacteriana-Haisch, Dieter.  
En De Re Metálica (7): 10-18: Mar-Jun, 1985
- La biohidrometalurgia en el marco del desarrollo de la minería Peruana - Rodríguez Velarde José.  
En De Re Metálica: IV (17-18) 17-21: Ene-Abr, 1987.
- Lixiviación de concentrados - Beas Martínez Arturo.  
En De Re Metálica (4): 16-21, Nov-Dic, 1984.
- Lixiviación Bacteriana - Bonelli, Julio  
En convención de Ingenieros de minas 15a. Lima 1980.  
Trabajos Técnicos, sección IV-17. Pág 1-12
- Cobre lixiviación Acido-Férrico - Arango Ortiz, José  
En convención de Ingenieros de Minas 20a. Lima 1991.  
Trabajos Técnicos, Lima 1991, Pág. 217-228.
- Lixiviación de sulfuros en Cerro Verde-Orango Ortiz, José Manuel.  
En convención de Ingenieros de Minas 18a. 1986.  
Trabajos Técnicos M1
- Lixiviación Acido Bacteriana en la Mina Toquepala - Gonzales Galindo, Igor.  
En conversatorio de Minería a ciclo abierto 5to, 25-29 Mayo III-7, 12p, 1980.
- La lixiviación de la chalcopirita con sulfato férrico.  
En convención de Minería a ciclo abierto 4to. Arequipa 1981, Pág. 158 - 181.
- Hidrometalurgia de metales comunes - Van Arsdale.  
México UTEHA 1965
- La importancia de la hidrometalurgia en el beneficio de minerales de Cerro Verde.  
Boletín Conferencia INGEMMET Nov. 1988.
- Investigaciones Mineralógicas y su relación con el proyecto de lixiviación de los sulfuros secundarios en Cerro Verde - Bernuy V. Oscar.  
En Minas Oct. 1989, Pág. 27-39.

- Electrolixiviacao de sulfatos metálicos -Araujo, Luis.  
En Boletín de Minas 27(1) : 3-8, 1990.
- Procesos Biotecnológicos en mineralogía-Rubio Sánchez A.  
En Boletín Geológico y Minero 102(1):108-118 Ene-Feb.
- Lixiviación Bacteriana-Tremolada Julio, Guerrero José  
En Geomimet (181) 37-48 Ene-Feb 1993.
- Lixiviación de concentrados polimetálicos con solución de cloruro férrico y cloruro de sodio-Mariátegui Cáceres.  
En Sociedad Química del Perú: Boletín 49(4):300-311.Dic. 83.
- Biotecnología y Medio Ambiente  
Jasmin Hurtado de Berastain  
Revista Minería - 1994.
- Potencial de la Lixiviación Bacteriana en el Perú  
César Sotillo Palomino - William Macha G. 1973.  
De Minería Jul-Ag. 1987, N°200
- Lixiviación Bacteriana - Carmela Troncoso  
Ciclo de Conferencia 1991 - FIGMM-UNI.
- Leaching Sulfidation - Partitioned Chalcopirita to selectivel y recover Cooper  
Jolly A.F. E Neumeier L.A.  
En Estados Unidos Bureau of Mines Report of Investigations 9343, 1991, 12p.
- Segundo Seminario sobre tecnologías Bio Hidrometalúrgicas Junta de acuerdo de Cartagena Lima - 1968
- Transferencia de Tecnologia en Lixiviación Bacteriana  
Junta de Acuerdo de Cartagena 1989.
- Biohidrometalurgia.  
Fidel S. Misari: Ch. - Lima Agosto 1987.
- Hidrometalurgia de Metales No Ferrosos.  
Patricio Navarro - UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE.
- Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics  
Smith, Joe Mauk
- Rate processes of extractive Metallurgy  
Sohn, Hong Yong.
- Termodinamica - Tablas  
Manrique José
- O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering,  
John Wiley, New York 2da. Ed. 1972
- Me Wasdsworth "Rate Process in hidrometalurgia"  
2da. Tutorial Symposium on extractive metallurgy  
Denver Colorado. 1972
- JSWL Beckstead, A cid Feric Sulfato leaching, of attritor ground Chalcopirite " extractive metallurgy of copper vol II TMS/AIME, chap 31, 1976.

- Gaskell, David  
Introduction to metallurgical thermodynamics.
  - Goldsmitth, Alexander  
Handbook of thermoPhysical properties of solid materials  
Ney York 1961
  - Química de las Disoluciones - 1985  
Vicente Pérez, Santiago.
  - Termodinámica Química.-  
Krestownikov V.
  - Ingeniería Química Manuales  
Perry John H. 5ta. Ed.
  - Garrels and Christ, Solutions  
Mineral and Equilibria, Appendix 2.
  - Química Metalúrgica  
Rhines, Frederick N.
  - Memorias anuales de la Planta Concentradora Shorey  
Teodoro Mallqui Quispe
  - Informes mensuales Planta de Neutralización Mina Quiruvilca años 1999-2004  
Raul Mollehuara Canales
  - Memorias Anuales Planta de Neutralización años 2000-2004  
Raul Mollehuara Canales
  - Leyes Químicas de los efluentes ,cuerpos receptores y efluentes de agua años 1999-2004  
Departamento de Medio Ambiente PASSAC-Quiruvilca
  - Monitoreo de aguas Río Moche 1995-2003  
Departamento de medio Ambiente Pan American Silver SAC Mina Quiruvilca
  - Proyecto de autodepuración del río Moche,Corporación Minera Nor Perú  
Antonio Mendoza Zavala.
  - Programa de Adecuación y Manejo Ambiental ,Corporación Minera Nor Perú.  
Pan American Silver SAC Mina Quiruvilca
  - Estudio Integral de manejo de aguas Industriales ,Corporación Minera Nor Perú.  
Departamento de Medio Ambiente.
  - Base de Datos de Acuerdos de gestión de la calidad Planta 2001-2004  
Consejo de calidad Planta Concentradora Shorey
- Diversas paginas web,sobre lixiviación bacteriana y tratamiento de drenajes ácidos

## 7.4 NOMENCLATURAS USADAS

Cond.	Conductividad $\mu\text{s}/\text{m}$
Dp	Densidad de pulpa $\text{gr}/\text{lt}$
DGM	Dirección General de Minería
EVAP	Evaluación Ambiental Preliminar
EF	Efluente
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
G.E.	Gravedad Específica (spg)
GPM	Galones por minuto
HDS	Hight density sludge
H-H	Horas hombre
HP	Horse power
Hr	Hora
ISTEC	International Safety Training And Technology. Sistema de Gestión de Seguridad implementado por Pan American Silver SAC. ( 2000-2002)
MEN	Ministerio de energía y minas
M	Motor
Max	Máximo
Min	Mínimo
Nr	No registro
NMP	Nivel máximo permisible
O/F	Ouver flor
U/F	Ander flow
OD	Oxigeno disuelto
Ph	Grado de acidez
PASSAC	Pan American Silver S.AC.
Ppm	Partes por millón
PAMA	Programa de adecuación y manejo ambiental
PSI	Presión
%S	Porcentaje en sólidos
S.A.C	Sociedad anónima cerrada
TMSD	Toneladas métricas secas por día
TMS	Toneladas métricas secas
TM	Toneladas métricas
TSS	Solidos totales en suspensión
ToC	Temperatura en grados centígrados
Tk	Tanque
Tr	Tiempo de residencia