

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALÚRGICA



T E S I S

**Evaluación para la ampliación de la planta de beneficios San Martín
de 120 TMSD a 240 TMSD – Empresa Minera Perú Sol S.A.C.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor:

Bach. Rudy Delfin MANTARI LAURA

Asesor:

Dr. Eduardo Jesús MAYORCA BALDOCEDA

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALÚRGICA



T E S I S

**Evaluación para la ampliación de la planta de beneficios San Martín
de 120 TMSD a 240 TMSD – Empresa Minera Perú Sol S.A.C.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCÍA
PRESIDENTE

Mg. José Elí CASTILLO MONTALVÁN
MIEMBRO

Mg. Manuel Antonio HUAMÁN DE LA CRUZ
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis queridos padres y hermanos.

Dedico este trabajo a ellos, mis seres más amados, que cada día de mi existencia estuvieron conmigo brindándome sus consejos para realizarme como profesional y a mi novia Estelita que es mi soporte en cada proyecto realizado.

AGRADECIMIENTO

A Dios, Mis padres, por el esfuerzo realizado con su apoyo en mi formación profesional.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería, por permitirme a sustentar la tesis y por ende a su personal docente de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica quienes serán nominados como asesor y jurados para hacer realidad el sueño esperado de ser profesional.

También, hago extensivo mis reconocimientos de manera muy especial a los ingenieros, trabajadores de la Planta de Beneficios San Martín de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C.

RESUMEN

El proyecto planta de beneficio “San Martín”, para tratar minerales polimetálicos de la mina, considera una capacidad de tratamiento de 240 TMPD.

El estudio toma como base los parámetros determinados en las pruebas de flotación desarrollados a nivel de laboratorio. Con los resultados de la prueba antes mencionada se ha elaborado el diagrama de flujo con su respectivo balance metalúrgico proyectado y se han definido los equipos del proceso y el arreglo o disposición de equipos.

Se adjunta un listado de equipos, acompañado del tamaño nominal y su respectiva potencia y el requerimiento de los servicios auxiliares, como potencia, aire y agua, elementos importantes de apoyo al proceso metalúrgico.

Para lo cual se obtuvo muestra del mineral de Pb – Ag y Zn (mineral de cabeza), se utilizó para ser estudiada a nivel de laboratorio, como se detalla a partir de la prueba de Flotación Selectiva de Pb – Ag y Zn. La muestra previamente preparada a -10 mallas de la serie Tyler fue molido durante 16 minutos, y el respectivo análisis granulométrico.

Una vez obtenido los resultados nos da como consecuencia que existe una necesidad urgente de incrementar el tonelaje de tratamiento de los minerales, ya que el beneficio económico para Minera Perú Sol S.A.C. se incrementa en 300%, debido a que no será necesario hacer una modificación y/o reemplazo completo de la planta actual; solo se está aumentando el circuito de molienda y flotación a bajo costo económico.

Palabras Clave: Planta de beneficio, Incremento de producción, molienda, flotacion, mallas de la serie tyler, analisis granulometrico.

ABSTRACT

The “San Martín” beneficiation plant project, to treat polymetallic minerals from the mine, considers a treatment capacity of 240 TMPD.

The study is based on the parameters determined in the flotation tests developed at the laboratory level. With the results of the aforementioned test, the flow diagram has been prepared with its respective projected metallurgical balance and the process equipment and the equipment layout have been defined.

A list of equipment is attached, accompanied by the nominal size and its respective power and the requirement of auxiliary services, such as power, air and water, important elements to support the metallurgical process.

For which a sample of the Pb - Ag and Zn mineral (head mineral) was obtained, it was used to be studied at the laboratory level, as detailed from the Pb - Ag and Zn Selective Flotation test. The sample previously prepared at -10 meshes of the Tyler series was ground for 16 minutes, and the respective granulometric analysis.

Once the results have been obtained, it gives us as a consequence that there is an urgent need to increase the tonnage of mineral treatment, since the economic benefit for Minera Perú Sol S.A.C. it is increased by 300%, because it will not be necessary to make a complete modification and/or replacement of the current plant; only the grinding and flotation circuit is being increased at a low economic cost.

Keywords: Benefit plant, Production increase, grinding, flotation , tyler series screens, granulometric analysis.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la ingeniería del proyecto para la construcción de la planta de beneficio “San Martín”, para el tratamiento de los minerales de la mina Perú Sol S.A.C y demás mineros artesanales, comprende primeramente el diseño del proceso metalúrgico, el cual ha tomado como base el diagrama de flujo esbozado después de realizar la prueba metalúrgica a nivel de laboratorio.

Definido el proceso, se procedió a definir un balance metalúrgico realizado a partir de los resultados de laboratorio y escalados a nivel industrial. Con la información obtenida, se procede a realizar un pre selección de los equipos principales de proceso y auxiliares respectivos, los cuales se muestran en el diagrama de flujo.

Definido los equipos que se van a utilizar, se elabora un arreglo general y la elevación respectiva donde se puede observar la ubicación de las máquinas.

Al final se hace una descripción del proceso metalúrgico, y se adjunta en los planos de los arreglos y sus secciones respectivas, así mismo el requerimiento de servicios auxiliares y el diagrama de proceso balanceado.

Para un mejor entendimiento de la tesis, a continuación se presenta la estructura del mismo:

Capítulo I: Problema de investigación integrada por la Identificación y determinación del problema, delimitación de la investigación, formulación del problema con el planteamiento del problema principal, y específicos, la formulación de los objetivos (general y específicos), la justificación y las limitaciones de la investigación.

Capítulo II: Da a conocer el marco teórico con los antecedentes de estudio, las bases teóricas – científicas, la definición de términos básicos, la formulación de las hipótesis (general y específicos) la identificación de las variables y la definición operacional de las variables e indicadores.

El capítulo III: Trata del tipo, método y diseño de la investigación, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos, tratamiento estadístico, selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación, la orientación ética.

En el capítulo IV: Se da a conocer los resultados y discusión conteniendo la descripción del trabajo de campo, presentación, análisis e interpretación de resultados, la prueba de hipótesis y discusión de resultados.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema	2
1.3.1. Problema general	2
1.3.2. Problemas específicos.....	2
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	5
2.2. Bases teóricas – científicas	7
2.2.1. Diseño del proceso.....	7
2.2.2. Equipos o maquinarias.....	9
2.3. Definición de términos básicos.....	10
2.4. Formulación de hipótesis	10

2.4.1. Hipótesis general	10
2.4.2. Hipótesis específica	11
2.5. Identificación de variables	11
2.5.1. Variable independiente	11
2.5.2. Variable dependiente	11
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	11

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	12
3.2. Nivel de investigación	12
3.3. Métodos de investigación	13
3.4. Diseño de investigación	13
3.5. Población y muestra.....	13
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
3.6.1 Reparación del compósito:	15
3.6.2. Prueba de molienda.....	15
3.6.3. Cinética de molienda:	16
3.6.4. Descripción del proceso:.....	17
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	17
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	19
3.9. Tratamiento estadístico	19
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	19

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	20
4.1.1. Balance metalúrgico a escala de planta	20
4.1.2. Balance de materia.....	22

4.1.3. Diseño de los equipos de la planta concentradora actual 120 tmd.	24
4.1.4. Equipos requeridos para la ampliacion de la capacidad de la planta concentradora San Martín de 120 TMD a 240 TMD.	73
4.1.5. Flowsheet de la planta actual y la planta ampliada.....	86
4.1.6. Análisis económico.....	89
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.	100
4.2.1. Presentación.....	100
4.2.2. Análisis.	101
4.2.3. Interpretación de los resultados.	101
4.3. Prueba de hipótesis	109
4.3.1 Prueba de hipotesis específica 1: parámetros para la ampliacion de la planta de beneficio.....	109
4.3.2 Prueba de hipotesis especifica 2: equipos a reemplazarse y requerimientos para la ampliacion de la planta de beneficio.....	110
4.3.3 Prueba de hipotesis general: estudio técnico económico para la ampliacion de la planta de beneficio	111
4.4 Discusión de resultados	111
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1:	Análisis químico en porcentaje	15
TABLA N° 2:	Granulometría a diferentes tiempos de molienda.....	16
TABLA N° 3:	Granulometría a diferentes tiempos de molienda.....	16
TABLA N° 4:	Cinética de molienda en resumen	16
TABLA N° 5:	Porcentaje en peso en la malla menos 200.....	17
TABLA N° 6:	Datos para la prueba de flotación.....	18
TABLA N° 7:	Resultados metalúrgicos de la prueba de laboratorio.....	18
TABLA N° 8:	Leyes de cabeza del mineral en porcentaje	20
TABLA N° 9:	Aplicando la fórmula para tres productos	21
TABLA N° 10:	Balance metalúrgico	22
TABLA N° 11:	Capacidad proyectada 240 TMD	23
TABLA N° 12:	Capacidad proyectada a 240 TMSPD.....	24
TABLA N° 13:	Gravedad específica del mineral.....	25
TABLA N° 14:	Análisis de malla de la chancadora primaria de la planta de beneficios de 120 TMSPD	29
TABLA N° 15:	Densidad aparente del mineral.....	37
TABLA N° 16:	Análisis de malla del molino de bolas 6' X 6'.....	41
TABLA N° 17:	Tabla de eficiencia del hidrociclón D10 de la planta 120 TMSPD.	48
TABLA N° 18:	Análisis de malla del H. D10 - planta 120 TMSPD.....	49
TABLA N° 19:	Balance metalúrgico – Planta 120 TMSPD	53
TABLA N° 20:	Balance de pulpa – Planta 120 TMSPD.....	56

TABLA N° 21:	Balance de agua y pulpa chancado - Planta 120 TMSPD.....	56
TABLA N° 22:	Balance de agua y pulpa molienda – Planta 120 TMSPD	57
TABLA N° 23:	Balance de agua y pulpa flotación – Planta 120 TMSPD.....	57
TABLA N° 24:	Balance de agua y pulpa flotación Pb-Ag – Planta 120 TMSPD	58
TABLA N° 25:	Balance de agua y pulpa flotación Zn – Planta 120 TMSPD	58
TABLA N° 26:	Balance general – Planta 120 TMSPD	59
TABLA N° 27:	Balance de la relavera	64
TABLA N° 28:	Capacidad de la relavera	64
TABLA N° 29:	Dosificación de reactivos en molienda.	68
TABLA N° 30:	Dosificación de reactivos en flotación Pb-Ag	68
TABLA N° 31:	Dosificación de reactivos en flotación de Zn	68
TABLA N° 32:	Consumo total de reactivos.....	69
TABLA N° 33:	Relación de equipos y HP – planta 120 TMSPD.....	72
TABLA N° 34:	Análisis de malla.....	76
TABLA N° 35:	Tiempo de vida de la relavera para la ampliacion	83
TABLA N° 36:	Equipos que se necesita para la ampliación.....	85
TABLA N° 37:	Requerimiento de materiales para la fabricación de los cilindros de la celdas	90
TABLA N° 38:	Costo total aproximado para la ampliacion de la planta.....	90
TABLA N° 39:	Capacidad y dias de operación mensual - planta de beneficios 120 TMSPD	92
TABLA N° 40:	Costo de petróleo (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD.....	92

TABLA N° 41:	Costo de energía (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD	93
TABLA N° 42:	Costo de aceros (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD	93
TABLA N° 43:	Costo de mano de obras (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD.....	94
TABLA N° 44:	Otros costos (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD	94
TABLA N° 45:	Costos de reactivos (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD	95
TABLA N° 46:	Capacidad y dias de operación mensual - planta de beneficios 240 TMSPD	240 96
TABLA N° 47:	Costo de petróleo (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD.....	96
TABLA N° 48:	Costo de energía (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD	97
TABLA N° 49:	Costo de aceros (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD.....	97
TABLA N° 50:	Costo de mano de obra (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD	98
TABLA N° 51:	Costo reactivos (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD	99
TABLA N° 52:	Costo reactivos (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD	99
TABLA N° 53:	Costo total de operaciones en planta de 120 TMSPD.	100
TABLA N° 54:	Costo total de operación en planta 240 TMSPD.....	100
TABLA N° 55:	Materiales requeridos para la fabricación del cilindro de la celda .	104
TABLA N° 56:	Tiempo de vida de la relavera para la nueva ampliacion.....	105
TABLA N° 57:	Suministro de energía para las 240 TMSPD.....	106
TABLA N° 58:	Ingreso mensual en planta 120 TMSPD	106
TABLA N° 59:	Ingreso mensual en planta 240 TMSPD	106
TABLA N° 60:	Diferencia mensual de ingreso mensual	107
TABLA N° 61:	Ingreso de beneficio económico mensual con la ampliacion.	108

TABLA N° 62: Pago mensual del dinero prestado para la ampliacion.....	108
TABLA N° 63: Ingreso liquido mensual de benéfico económico después de la ampliacion.	109
TABLA N° 64: Diferencia de ingresos liquido mensual de beneficio económico entre ambos tonelajes procesados día.....	112
TABLA N° 65: Equipos y maquinarias para la ampliación de la capacidad de planta a 250 TMSPD.	112
TABLA N° 66: Energía requerida para la ampliación de la planta.....	112
TABLA N° 67: Balance metalúrgico 120 TMSPD	114
TABLA N° 68: Balance metalúrgico 240 TMSPD	114

ÍNDICE DE LAS GRAFICAS.

GRÁFICO N° 1: Cinética de molienda	17
GRÁFICO N° 2: Dimensiones de la tolva de grueso	26
GRÁFICO N° 3: Dimensiones de la tolva de finos	38
GRÁFICO N° 4: Curva de G-G-S:	41
GRÁFICO N° 5: Curva de eficiencia del hidrociclón D10 - planta 120 TMSPD.....	48
GRÁFICO N° 6: Curva de eficiencia del hidrociclón D10.	51
GRÁFICO N° 7: Holding Tank	60
GRÁFICO N° 8: Dimensionamiento de la cancha de relave.....	64
GRÁFICO N° 9: Flowsheet Planta Concentradora 120 TMSPD	87
GRÁFICO N° 10: Flowsheet Planta Concentradora 240 TMSPD	88

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Las empresas mineras en nuestro país están en pleno auge debido al costo internacional de los minerales que mantienen o presentan ligeras alzas. Dando lugar con ello la necesidad de incrementar las toneladas de producción y con ello prestar los servicios a la pequeña minería del entorno.

La Empresa Minera Perú Sol S.A.C. brinda beneficios de concentración de minerales polimetálicos en la planta de beneficios San Martín, ubicada en la provincia de Yauli-Chacapalpa.

En los últimos 3 años de operación la empresa obtuvo un buen prestigio, debido a la recuperación de un buen concentrado tanto en grado y porcentaje, fruto de ello se ha incrementado considerablemente la demanda de clientes, debido a ello actualmente la empresa no se abastece; generando pérdida de los mismos, por este motivo la empresa decide hacer una evaluación para una futura ampliación de capacidad de la planta de 120 TMSD a 240 TMSD.

Con la evaluación de la ampliación se podría determinar si es posible a no es posible la ampliación planteada, esperando que los precios de los minerales a nivel internacional se mantengan o se incrementen.

1.2. Delimitación de la investigación

Sabino (1986). Manifiesta que la delimitación se efectuará en función al tiempo y espacio en ese sentido el proyecto de investigación se desarrollará en los meses de abril a setiembre del 2020. El proyecto de investigación se va desarrollar en la planta de beneficios San Martín, ubicada en la provincia de Yauli, distrito de Chacapalpa de la región Junín. Siendo la finalidad de evaluar la ampliación de la planta de beneficios que aportará a incrementar su producción de concentrados.

El estudio está orientado a diseñar los equipos principales requeridos, dimensionamiento de cada uno de ellos, capacidades y energías requeridos, para una capacidad de 240 TMSPD. En el diseño de la Planta se consideraron los equipos principales que sean necesarios para producir concentrados de Pb, Cu-Ag y Zn.

Esta ampliación debe de beneficiar a la pequeña minería y a los propietarios ya que se va tener mayor tonelaje de tratamiento de minerales sulfurados.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Será factible realizar la evaluación de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Qué parámetros serán evaluados de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)?

- b. ¿Qué equipos serán evaluados en la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar la evaluación de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Evaluar los parámetros para la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)
- b. Evaluar a los equipos que serán reemplazados en la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)

1.5. Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación se orienta a la evaluación de la ampliación de planta de beneficios San Martín, ya que debido a la gran demanda de clientes mineros y la concesión de minas por parte de la empresa minera Perú Sol S.A.C, ha incrementado la producción mensual de mineral a procesar de 3 240 TMS/mes a los 6 480 TMS/mes; todo ello reflejado mediante costos y beneficios aumentando la producción se incrementaría las ganancias para la empresa; ya que ha mayor tonelaje bajos el costo de producción; generando puestos de trabajo para poblaciones aledañas.

El proyecto de investigación nos va orientar en el desarrollo de la ingeniería básica mediante pruebas y estudios en campo lo cual conlleva el desarrollo personal y empresarial de cada uno de los encargados del proyecto y así generar más puesto

de trabajos a los pobladores del lugar y ganancias para la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. a bajo costo operacional.

1.6. Limitaciones de la investigación

Siendo la planta de beneficios; lo cual el 85% del proceso es de minerales de terceros, solo el 15% de proceso es de los dueños de Minera Perú Sol S.A.C., el trabajo de ingeniería debe ser lo más óptimo para una buena recuperación de minerales, lo cual hace captar nuevos clientes y seguir incrementado la producción mensual; por tal motivo se vio lo beneficioso que sería la ampliación. Para todo esto el trabajo tiene ser en conjunto basándose en buenos resultados día a día. Así mismo podemos manifestar que la bibliografía es muy escasa es el mundo de la minería.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Juscamaita Rico, Alejandro¹ (2009). Sustenta su tesis en la Universidad Nacional de Ingeniería. Cuyo título es *Ampliación planta concentradora de 200 TMSD a 600 TMSD*, el autor manifiesta como resumen:

El informe final trata sobre la ampliación de la planta concentradora de 200 TMSD a 600 TMSD. La instalación inicial consistía en una chancadora primaria (quijada) 15" x 24", en una zaranda vibratoria 4' x 8', en una chancadora COMESA (cónica) de 3', tenía 2 tolvas de finos de 80 TM cada una; la sección molienda presenta un molino de bolas 6' x 10', en la sección de flotación se tenía una celda unitaria de 48 pies³, 7 celdas Denver de 21 pies³ y 8 celdas Denver de 24 pies³, y en el circuito de Zinc se encontró 16 celdas Denver de 48 pies³ y 4 celdas Denver de 24 pies³; los concentrados se descargan en cochas de sedimentación, de los cuales 2 son para

¹ https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_13f256ee9f76c90a4281b7e491ba60ec

concentrado el Plomo y 3 cochas para el concentrado de Zinc, después de eliminar el agua se llena en costales para su despacho. Para la ampliación a 600 TMSD se plantearon los siguientes cambios en su instalación; 1 chancadora primaria (quijada) de 24" x 36", una zaranda vibratoria de 2 pisos de 5' x 10', 1 chancadora secundaria (SYMONS) de 41/4', circuito cerrado de fajas transportadoras y 2 tolvas de finos de 450 TM cada una. En la sección molienda se plantea instalar un molino de bolas Hardinger de 8' x 60", en flotación se presenta 2 celdas de flotación Flash (SK-80), un acondicionador de 6' x 6', 1 celda OK-10 para el circuito de plomo, en el circuito de Zn. 2 súper acondicionadores de 6' x 6', 1 celda OK-20, 1 celda OK-10 y 1 celda OK-5 y se plantea un circuito de remolienda con un molino de bolas 5' x 6', en la sección de espesado y filtrado se va instalar 2 filtros de los cuales 1 para el Zn, y otro para el Pb y se va instalar 2 clarificadores uno para cada concentrado. Finalmente, en el estudio se obtuvo un balance metalúrgico donde el concentrado es del 64 % para el Pb, 51 % para el Zn, con una recuperación de concentrado del 90 % para el Pb y 92 % para el Zn.

Pacsi Merma, Marino². (2014). Universidad Nacional San Agustín sustenta su tesis intitulada *Ampliación de planta concentradora Untuca de 800 TPD a 1500 TPD*. Cuyo resumen presenta como: manifiesta sobre la caída actual sobre el precio del oro, como fue de 1 280 dólares/onza, en su estudio da a conocer la baja ley de los minerales auríferos que son extraídos de mina, con estos datos dice que es imprescindible realizar la ampliación de la planta concentradora de 800 TMD a 1 500 TMD. Planteándose en obtener una mayor recuperación de oro con mejor

² <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3259675>

calidad, así como también se plantea mejorar la calidad de vida para sus trabajadores y la comunidad.

2.2. Bases teóricas – científicas

La selección y diseño del proceso se hace tomando como referencia el esquema de tratamiento de minerales recomendado por la prueba de laboratorio.

En la selección del proceso, como se indicó anteriormente, los minerales sulfurados explotados por la mina responden eficientemente a un proceso de concentración por flotación diferencial.

Las etapas que comprende el proceso seleccionado son las siguientes:

- a) Una etapa de conminución que se refiere a la reducción y clasificación de tamaños (chancado y molienda), hasta lograr una granulometría igual a 61 % - 200 mallas.
- b) Sigue la etapa de flotación de los minerales plomo- plata o cobre en el circuito de rougher y scavenger y cleaner.
- c) continuándose con la etapa de flotación de los minerales de zinc cuyo circuito lo integra el rougher y scavenger y cleaner.
- d) Las espumas de la limpieza pasan al circuito de eliminación de agua que se va realizar en espesadores y filtrado para la obtención de los concentrados.
- e) Finalmente, una etapa de disposición de relaves, donde se almacenan la parte no valiosa del mineral. (Errol & Spottiswood, 1992)

2.2.1. Diseño del proceso

Es el desarrollo del diagrama de flujos de las operaciones que se realiza en la planta de beneficio que comprende:

CONMINUCIÓN: Que se trata de la reducción de tamaños:

CHANCADO: En esta sección se reduce en tamaño el mineral desde 8" como tamaño máximo hasta ½", y se realiza en una etapa primaria con una chancadora de Quijada previo tamizado en un Grizzly, luego pasa a un cedazo vibratorio con mallas cuadradas de ½" x ½" y el oversize es triturado en una chancadora secundaria cónica, el producto del cedazo más la descarga de la chancadora cónica serán depositados en una tolva de finos. Esta operación será diseñada considerando 16 horas de operación continua y con una proyección de tratamiento 240 TMPD. (Bueno, 2003)

MOLIENDA: Es la operación que se realiza en un cilindro con revestimiento donde se alimenta el mineral que es la parte sólida y agua para formar una pulpa que se llama molienda – clasificación que se realizará en dos circuitos cerrados con dos molinos de bolas de 6' x 6' con hidrociclones Krebs D-10 para cada circuito de molienda. El diseño se hará para 240 TMPD en 24 horas de operación continua. (Sutulov, 1964)

FLOTACIÓN DE MINERALES: Es el proceso de clasificación por medio fisicoquímico, donde la mena es hidrofobizada con colectores para tener un comportamiento de adherencia a las burbujas de aire que se estabiliza con el espumante para formar el colchón de espumas llamado concentrado. (Taggart, 1999)

FLOTACIÓN DE PLOMO: Es en esta etapa que se recuperará el plomo y plata por flotación, empezando con una etapa de acondicionamiento de la pulpa seguido de 2 celdas rougher, 3 de scavenger, y 2 etapas de cleaner. (Zea, 1996)

FLOTACIÓN DE ZINC: Es en esta etapa que se recupera el zinc por flotación, empezando con una etapa de acondicionamiento para activar el zinc de la pulpa

seguido de una etapa rougher en 2 celdas y dos celdas de scavenger y 2 celdas de limpieza. (Manzaneda, 2001)

ELIMINACIÓN DE AGUA: Las espumas obtenidas del cleaner es el concentrado de plomo o el concentrado de zinc que es transportado por tuberías hacia los espesadores uno para el concentrado de plomo y el otro para el concentrado de zinc. Al haber retirado el agua por rebose del espesador, la pulpa espesa pasa a la sección filtro para seguir minimizando el contenido de humedad hasta llegar al 10% que es el concentrado final listo para el despacho. (Atres & Soto, 1998)

2.2.2. Equipos o maquinarias

Las operaciones que influyen en la planta de beneficio está orientada a la reducción de tamaño que se realiza en seco por chancadoras (primaria y secundaria) con una clasificación por tamaños, luego se almacenan en tolvas de finos que son unos cilindros cónicos en su base para continuar con la reducción de tamaños en húmedo en el molino de bolas donde se alimenta el mineral con adición de agua obteniendo una pulpa de densidad aproximada de 2200 g/TM, con un 32 % de sólidos que es clasificado en un hidrociclón, el producto del overflow que son partículas menores a la malla -200 pasan a la sección de flotación, y el producto del underflow regresa al sistema de molienda – clasificación para formar la carga circulante. En el circuito de flotación se tiene dos etapas una primera etapa se clasifica en el rougher las espumas forma el concentrado de plomo – plata, que es alimentada al cleaner para obtener el concentrado de plomo – plata, las colas pasan al scavenger cuyas espumas regresan al sistema y sus colas son cabeza de zinc, que es activada para flotar en el rougher las espumas que pasan al cleaner para obtener el concentrado de zinc, las colas pasan al scavenger cuyas espumas regresan a cabeza de rougher zinc y las colas del scavenger es el relave final que

es almacenada en la relavera. Para este proceso es necesario diseñar equipos y maquinarias que van hacer todo el proceso.

Entonces se utiliza chancadoras, molinos, tolvas, molinos, celdas de flotación, fajas transportadoras, bombas, holding tank, filtros, cochas de sedimentación y relavera. (Sepulveda & Gutierrez, 1992)

2.3. Definición de términos básicos

- a. Diseño:** Actividad realizada con creatividad que tiene como fin el proyectar equipos, maquinas u objetos que sean útiles y estéticos.
- b. Ampliación:** Acción de ampliar o ampliarse, estudio que se inicia con trabajos existentes para luego realizar trabajos de ampliación en volumen, en un tratamiento de minerales. (Villachica & Parra, 1980)
- c. Planta de beneficio de minerales:** Es el apoyo que se desarrolla en la pequeña minería para tratar el mineral que es extraído del interior del suelo con las operaciones de chancado, molienda, y la selección por medio de la flotación con la eliminación de agua por espesadores y filtros. Para obtener el concentrado que será comercializado. (Astucuri, 1981)
- d. Empresa minera:** Es la que realiza diversas actividades para transformar las materias primas en productos terminados, estas empresas pueden ser metálicas o no metálicas teniendo como métodos de explotación subterráneo a cielo abierto según los yacimientos y características de los minerales. (Curie, 1985)

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si realizamos la evaluación de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD entonces se podrá implementar con equipos y maquinarias a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)

2.4.2. Hipótesis específica

- Si evaluamos los parámetros para la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD entonces se tendrá nuevos resultados en los parámetros para la instalación de 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)
- Si evaluamos a los equipos que serán reemplazados en la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD entonces se puede instalar equipos y máquinas para 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.).

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Evaluación de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio.

2.5.2. Variable dependiente

Implementación de equipos y máquinas para 240 TMD.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variable	Definición		Indicadores
	Conceptual	Operacional	
Independiente			
Evaluación de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio	Evaluar los equipos existentes para el incremento de toneladas	Equipos y máquinas existentes en la planta de beneficio	TMPD
Dependiente			
Implementación de equipos y máquinas para 240 TMD	Implementación de nuevos equipos y máquinas de mayor tonelaje	Implementación de equipos y máquinas de mayor volumen	TMPD

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación³

Según **Rus Arias Enrique** el tipo de investigación por su objetivo está identificado como **aplicación práctica**, donde se va a evaluar los equipos y máquinas para el incremento de la producción. Por su nivel de profundización es **descriptiva**, donde se realiza un análisis de la realidad tomando en cuenta las variables o parámetros que interesa al investigador por lo que sucede en la planta de beneficio.

3.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación del presente trabajo de tesis se profundiza en la ampliación de la capacidad de la planta concentradora San Martín, basado en la minimización de costos y el aumento de la producción el cual generara beneficio social y económico hacia los dueños de la planta; para ellos se toma como punto

³ <https://economipedia.com/definiciones/tipos-de-investigacion.html>

inicial la actual capacidad de la planta concentradora para ser diseñado la capacidad futura.

3.3. Métodos de investigación ⁴

Según la web encontramos que el método de investigación es un elemento primordial para la construcción de conocimientos válidos de un fenómeno particular, en nuestro caso es la construcción de conocimientos en la ampliación de la planta de beneficio. Para nuestro caso es la **investigación cuantitativa** en donde está la intervención de datos cuantificables o numéricos, para evaluar la ampliación de la planta de beneficios con criterios de validación.

3.4. Diseño de investigación⁵

QuestionPro identifica a los diseños de investigación como una herramienta que ayuda al investigador la recolección de datos, su medición y análisis siendo para nuestro caso un **Diseño No experimental - descriptiva** donde al investigador sólo le interesa describir la ampliación de la planta de beneficio.

3.5. Población y muestra

Según (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014, página 174), La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones. Entonces para nuestro Proyecto de investigación está referido al incremento de la producción de los minerales que han de ser extraídos del interior mina para ser procesadas en la planta de beneficio que es de 300 toneladas por día. Y que las otras empresas que hacen su tratamiento de sus minerales almacenan en la cancha de gruesos hasta tener el tonelaje apropiado para el tratamiento de 15 a 20 días.

⁴ <https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-investigacion/>

⁵ <https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-investigacion/>

Según (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 176). La muestra es un subgrupo de la población donde la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino depende de las características técnicas de la investigación.

Entonces la muestra de elección para nuestro trabajo de investigación es de tipo No probabilístico, intencional y por conveniencia. Ya que el mineral será tratado a nivel de laboratorio para obtener resultados mediante un análisis minucioso de los resultados para el diseño de cada equipo o maquinaria que ha de ser implementada.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se hará utilizando la técnica metalúrgica que consiste en trabajos realizados en laboratorio desde el muestreo, reducción de tamaño en seco y húmedo, clasificación de partículas, flotación a nivel Bach, secado del mineral en forma de concentrado para luego ser clasificado de acuerdo al diseño de los equipos y maquinarias que se va a implementar en el incremento del tratamiento de los minerales. (Sepulveda & Gutierrez, 1992)

El estudio está orientado a diseñar los equipos principales requeridos, dimensionamiento de cada uno de ellos, capacidades y energías requeridos, para una capacidad de 240 TMSPD.

En el diseño de la Planta se consideraron los equipos principales que sean necesarios para producir concentrados de Pb, Cu –Ag y Zn.

Para este diseño también se tuvo en cuenta los componentes mineralógicos del mineral, dureza, el work index (Wi) se asumió, peso específico, el resultado de la prueba metalúrgica, cinética de molienda entre otros, con las cuales se calculó las energías requeridas para la chancadora de Quijada (primaria) y Cónica (secundaria); así como para los molinos de bolas, de igual manera, para el cálculo

de la sección de flotación se consideró la Prueba de Flotación a Nivel de Laboratorio, para el cálculo de los acondicionadores, celdas de Flotación para cada circuito. Cabe mencionar que las secciones de sedimentación y filtración serán reemplazadas en este caso por las cochas, lo que es usado comúnmente en el país.

3.6.1. Reparación del compósito:

Se recepcionó 50 kilos aproximado de muestras, que se encontraban a un tamaño menor de $\frac{3}{4}$ ", luego toda la muestra fue chancada a un tamaño menor de $\frac{1}{4}$ ", las cuales posteriormente fueron preparadas a un tamaño de 100% menor a – 10 mallas, luego se homogenizó y se cuarteo cada muestra individualmente para su análisis Químico respectivo.

TABLA N° 1: Análisis químico en porcentaje

Cu	Pb	Ag*	Zn	Fe	PbOx	ZnOx	Bi	
0.09	3.20	45.0	8.60	13.54	0.30	0.55	0.09	
Nota: Reporte de Laboratorio químico							* gr/tn	

Fuente: Elaboración propia.

Los ensayos indican que el compósito representa un mineral dócil al proceso de concentración por flotación selectiva.

3.6.2. Prueba de molienda.

Para definir el tiempo de flotación óptima para la prueba de flotación, se desarrollaron pruebas de molienda variando el tiempo a 4, 8, 12, 16 minutos.

NOTA: Estas pruebas fueron realizadas de un compósito total de 50 kilogramos para sacar el óptimo tiempo de molienda el cual es detallado a continuación con los tiempos estándares que se realizó, también se hizo otras pruebas con otros tiempos el cual fue descartado y no es mencionado en dicho análisis.

TABLA N° 2: Granulometría a diferentes tiempos de molienda.

Malla	TIEMPO 0'			TIEMPO 4'			TIEMPO 8'		
	Peso (g)	% Peso	Acum (-)	Peso (g)	% Peso	Acum (-)	Peso (g)	% Peso	Acum (-)
12	47.6	4.76	95.24	1.30	0.13	99.87			
16	199.8	19.98	75.26	13.5	1.35	98.52			
20	158.7	15.87	59.39	28.9	2.89	95.63			
28	121.6	12.16	47.23	65.7	6.57	89.06			
35	86.8	8.68	38.55	107.7	10.77	78.29	16.9	1.69	98.31
48	70.1	7.01	31.54	132.9	13.29	65.0	65.5	6.55	91.76
65	49.9	4.99	26.55	111.4	11.14	53.86	112.7	11.27	80.49
100	42.6	4.26	22.29	92.2	9.22	44.64	129.8	12.98	67.51
150	38.8	3.88	18.41	82.4	8.24	36.4	130.6	13.06	54.45
200	38.1	3.81	14.6	76.7	7.67	28.73	127.2	12.72	41.73
270	48	4.8	9.8	57.5	5.75	22.98	95.4	9.54	32.19
400	21.7	2.17	7.63	42.8	4.28	18.7	70.5	7.05	25.14
- 400	76.3	7.63	00.0	187.0	18.7	00.0	251.4	25.14	00.0
	1000.0	100.0		1000.0	100		1000.0	100	

NOTA: Pruebas realizadas en laboratorio de metalurgia

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA N° 3: Granulometría a diferentes tiempos de molienda.

Malla	TIEMPO 12'			TIEMPO 16'		
	Peso (g)	% Peso	Acum. (-)	Peso (g)	% Peso	Acum. (-)
12						
16						
20						
28						
35	1.3	0.13	99.87	0.2	0.02	99.88
48	13.7	1.37	98.5	2.5	0.25	99.73
65	58.0	5.8	92.7	24.4	2.44	97.29
100	109.6	10.96	81.74	76.3	7.63	89.66
150	137.9	13.79	67.95	129.6	12.96	76.7
200	144.0	14.4	53.55	156.2	15.63	61.07
270	106.5	10.65	42.9	119.2	11.92	49.15
400	86.8	8.68	34.22	98.2	9.82	39.33
- 400	342.2	34.22	00.0	393.3	39.33	00.0
	1000.0	100		1000.0	100	

NOTA: Pruebas realizadas en laboratorio de metalurgia

FUENTE: Elaboración propia.

3.6.3. Cinética de molienda:

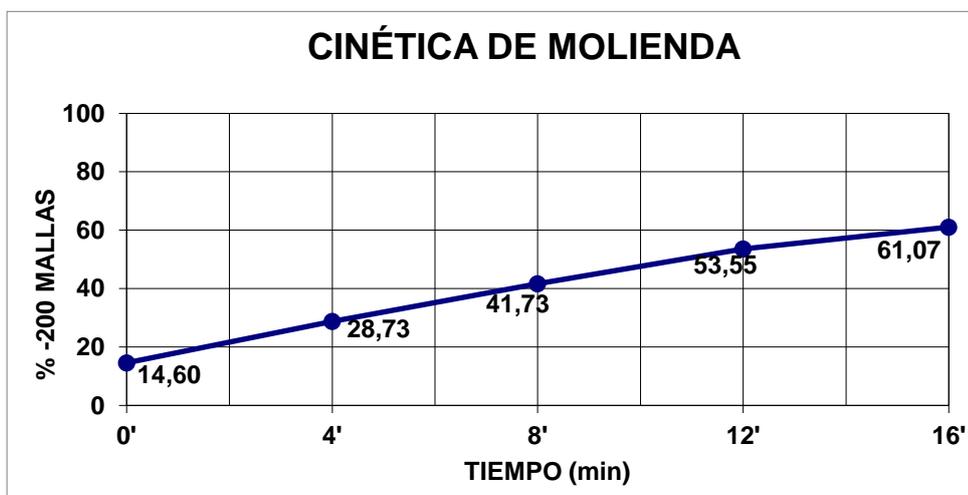
TABLA N° 4: Cinética de molienda en resumen

RESUMEN	
TIEMPO DE MOLIENDA	% -200 MALLA
0'	14.60
4'	28.73
8'	41.73
12'	53.55
16'	61.07

NOTA: Resumen del tiempo de molienda en laboratorio

FUENTE: Elaboración propia.

GRÁFICO N° 1: Cinética de molienda



FUENTE: Elaboración propia.

3.6.4. Descripción del proceso:

La muestra del mineral de Pb – Ag y Zn (mineral de cabeza), se utilizó para ser estudiada a nivel de laboratorio, como se detalla a continuación de la prueba de Flotación Selectiva de Pb – Ag y Zn.

La muestra previamente preparada a -10 mallas de la serie Tyler fue molida durante 16 minutos, y el respectivo análisis granulométrico fue como se indica:

TABLA N° 5: Porcentaje en peso en la malla menos 200

MALLA TYLER	% PESO
200	38,93
-200	61,07
NOTA: Análisis de granulometría en la malla -200	

FUENTE: Elaboración propia.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Seguidamente se detalla las condiciones y resultados de una prueba de Flotación selectiva obteniéndose concentrados de Pb –Ag y concentrado de Zn.

TABLA N° 6: Datos para la prueba de flotación

PRUEBA N° 01	
Mineral	1000 grs.
Agua	500 cc.
Tiempo	16 minutos
pH natural	7.2
ZnSO4	3.50 kg/TM
NaCN	0.250 kg/TM
Cal	0.500 kg/TM
Z – 6	0.030 kg/TM
Aerofloat 31	0.013 kg/TM
Tiempo	5 minutos
Flotación Rougher Pb – Ag	
pH	8
Z – 6	0.010 kg/TM
MIBC	0.014 kg/TM
Tiempo	6 minutos
Limpieza concentrado Pb – Ag	
Sin reactivos	
Tiempo	2 minutos
Acondicionamiento Zn	
pH	10.6
Cal	0.500 kg/TM
CuSO4	1.00 kg/TM
Z – 6	0.010 kg/TM
Tiempo	5 minutos
Limpieza concentrado de Zn	
Sin reactivos	
Tiempo	3 minutos
Nota: Datos obtenidos para la prueba de flotación	

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA N° 7: Resultados metalúrgicos de la prueba de laboratorio

Producto	%peso	LEYES %				DISTRIBUCIÓN %			
		Pb	Zn	Fe	Ag*	Pb	Zn	Fe	Ag
C.RoPb	13.80	24.50	9.52	22.10	210.0	72.79	6.74	22.55	60.47
CScvPb	5.53	9.60	10.50	17.80	90.0	11.42	2.98	7.27	10.38
Ro+Scv	19.32	20.24	9.80	20.87	175.69	84.21	9.72	29.83	70.85
C Ro Zn	23.29	1.22	45.90	10.40	26.00	6.12	54.85	17.91	12.64
CSev Zn	13.59	1.37	38.10	13.00	26.00	4.01	26.58	13.07	7.38
Ro+Scv	36.89	1.28	43.03	11.36	26.00	10.13	81.43	30.99	20.01
Rel Gral	43.79	0.60	1.30	12.10	10.00	5.66	8.85	39.19	9.14
Cab Cal	100.0	3.20	8.60	13.52	47.92	100.0	100.0	100.0	100.0
Cab Ens		3.22	9.50	13.54	45.00				
NOTA: Datos obtenidos después de la prueba de flotación									*gr/ton

FUENTE: Elaboración propia.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de datos se hará uso de tablas, gráficas cálculos como procedimiento y como técnica tendremos en cuenta el análisis causa efecto para la toma de decisiones en el diseño de los equipos y maquinas a ser empleadas e instaladas de acuerdo con el análisis deductivo.

3.9. Tratamiento estadístico

En el tratamiento estadístico se hará uso de la estadística descriptiva que, mediante la media, desviación estándar y la confección de tablas se tomará la mejor decisión en la clasificación de los equipos y maquinas a ser instaladas para el incremento del tratamiento de los minerales.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

En la orientación ética se respetará a los autores en la implementación de conceptos teóricos, y que los cálculos matemáticos se hará mención del autor, si es de exclusividad. Para los comentarios de las tablas, gráficas se hará a tipo personal asumiendo las responsabilidades de ley.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.

4.1.1. Balance metalúrgico a escala de planta

Este balance metalúrgico está en base al diagrama de flujo para la ampliación de la planta de beneficios a 240 TMSPD.

Se presentan en el cuadro N° 8 las leyes de cabeza del mineral principal de Cobre sol S.A.C. y en el cuadro N° 9 las leyes químicas de los concentrado de Pb y Zn, con estos datos se lleva a cabo el balance metalúrgico para 3 productos cuyos resultados se dan en el cuadro N° 10.

TABLA N° 8: Leyes de cabeza del mineral en porcentaje

Cu	Pb	Zn	Ag*	Fe	Pb Ox	Zn Ox	Bi
0,09	3,20	8,60	45,0	13,54	0,30	0,55	0,01
NOTA: Datos obtenidos en laboratorio químico							* gr/ton

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA N° 9: Aplicando la fórmula para tres productos

PRODUCTO	TMSPD	ENSAYES %	
		PLOMO	ZINC
Cabeza	240 (F)	3,20 (I ₁)	8,60 (Z ₁)
Conc. de Pb	(L)	54,00 (I ₂)	3,50 (Z ₂)
Conc. de Zinc	(Z)	1,80 (I ₃)	56,00 (Z ₃)
Relave	(T)	0,60 (I ₄)	0,90 (Z ₄)

NOTA: tabla para el balance metalúrgico

FUENTE: Elaboración propia.

A) CÁLCULO METALÚRGICO PARA EL PLOMO:

$$L = F \frac{(I_1 - I_4)(Z_3 - Z_4) - (Z_1 - Z_4)(I_3 - I_4)}{(I_2 - I_4)(Z_3 - Z_4) - (Z_2 - Z_4)(I_3 - I_4)}$$

$$L = 240 \frac{(3,20 - 0,60)(56,00 - 0,90) - (8,60 - 0,90)(1,80 - 0,60)}{(54,00 - 0,60)(56,00 - 0,90) - (3,50 - 0,90)(1,80 - 0,60)}$$

$$L = 240 \frac{(2,60)(55,10) - (7,70)(1,20)}{(53,40)(55,10) - (2,60)(1,20)}$$

$$L = 240 \frac{143,26 - 9,24}{2942,34 - 3,12} = 240 \frac{134,02}{2939,22}$$

$$L = 240 \times 0,04560$$

$$L = 10,94 \text{ TMPD}$$

Radio de Concentración:

$$K_1 = \frac{240}{10,94} = 21,93$$

$$\text{Re c u p e} = \frac{LI_2}{FI_1} \times 100 = \frac{10,94 \times 54,00}{240 \times 3,20} \times 100$$

$$\text{Re c u p} = \frac{590,76}{768,00} \times 100$$

$$\text{Re c u p} = 76,92\%$$

B) CALCULO METALÚRGICO PARA EL ZINC:

$$Z = F \frac{(I_2 - I_4)(Z_1 - Z_4) - (Z_2 - Z_4)(I_1 - I_4)}{(I_2 - I_4)(Z_3 - Z_4) - (Z_2 - Z_4)(I_3 - I_4)}$$

$$Z = 240 \frac{(54,00 - 0,60)(8,60 - 0,90) - (3,20 - 0,60)(3,50 - 0,90)}{(54,00 - 0,60)(56,00 - 0,90) - (3,50 - 0,90)(1,80 - 0,60)}$$

$$Z = 240 \frac{(53,40)(7,70) - (2,60)(2,60)}{(53,40)(55,10) - (2,60)(1,20)}$$

$$Z = 240 \frac{411,18 - 6,76}{2942,34 - 3,12} = 240 \frac{404,42}{2939,22}$$

$$Z = 240 \times 0,1376$$

$$Z = 33,02 \text{ TMPD}$$

Radio de Concentración:

$$K_1 = \frac{240}{33,02} = 7,27$$

$$\text{Re c upe} = \frac{ZZ_3}{FZ_1} \times 100 = \frac{33,02 \times 56,00}{240 \times 8,60} \times 100$$

$$\text{Re c up} = \frac{1849,12}{2064} \times 100$$

$$\text{Re c up} = 89,60\%$$

TABLA N° 10: Balance metalúrgico

			ENSAYES %		RECUPERACIÓN %	
Producto		% Peso	Pb	Zn	Pb	Zn
Cabeza	300,00	100,0	3,20	8,60	100,00	100,00
Conc. Pb	13,48	4,49	54,00	3,50	76,95	1,86
Conc. Zn	41,28	13,76	1,80	56,00	7,81	89,60
Relave	245,24	81,75	0,60	0,90	15,24	8,54
Cab. Calc	300,00	100,00	3,20			

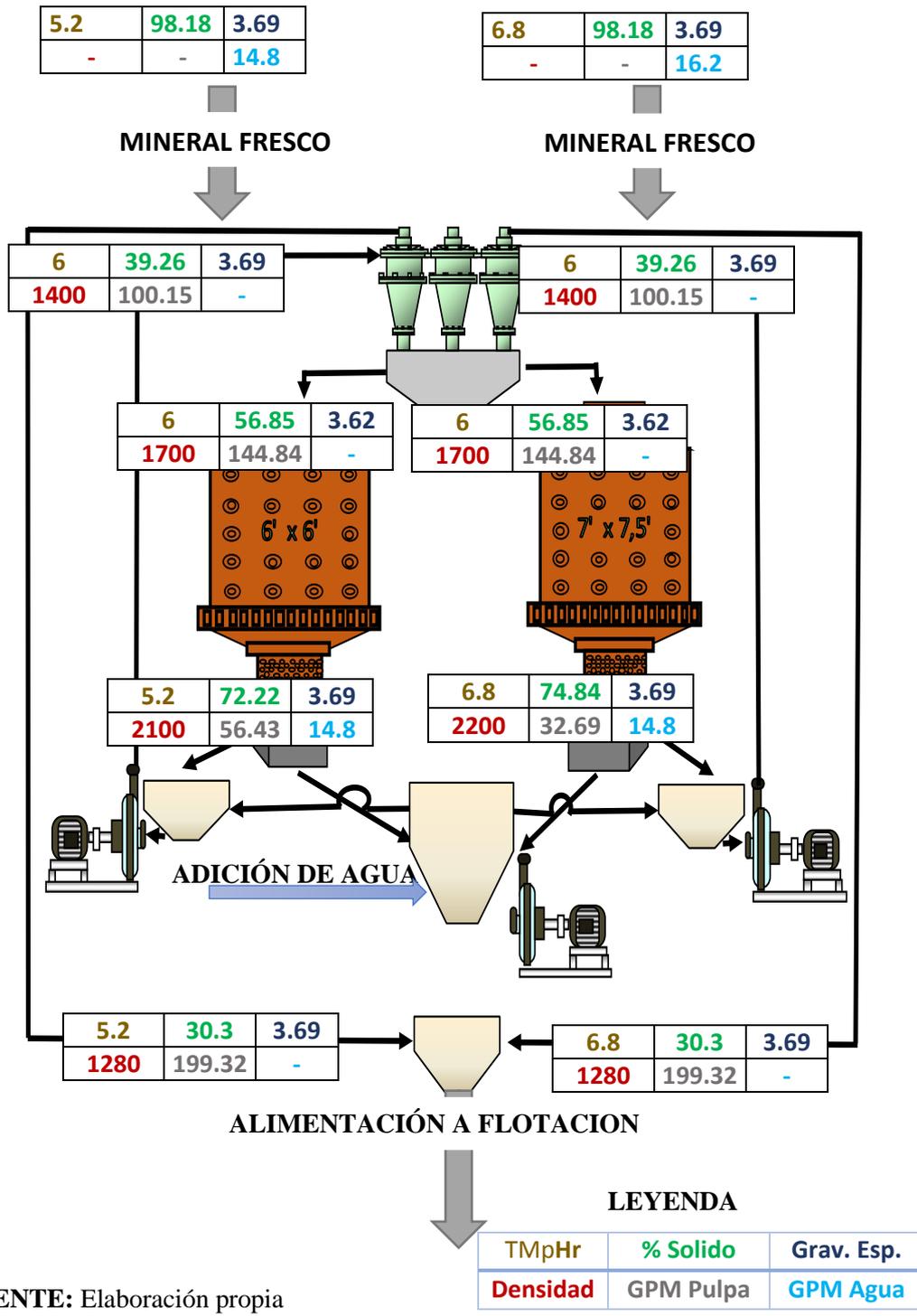
NOTA: Balance metalúrgico del proceso

FUENTE: Elaboración propia.

4.1.2. Balance de materia

El balance de masa a continuación es para la ampliación de planta de beneficios a 240 TMSPD, basado en las pruebas Bach antes detallados.

TABLA N° 11: Capacidad proyectada 240 TMD



FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 12: Capacidad proyectada a 240 TMSPD

DESCRIPCIÓN	SOLIDOS			AGUA	PULPA			
	TMPH	TMPD	Gr.E.	GPM	Dil	GPM	%S	Dens.
SECCIÓN MOLIENDA								
Alim. Molino 6'x 6'	12.50	300.0	3.69	16.20				
Descarga Molino 6'x 6'	12.50	300.0	3.69		0.336	32.69	74.83	2250
Alim. Molino 6'x 6' U/F	18.75	450.0	3.60		0.324	49.69	75.62	2200
Descarga Molino 6'x 6'	18.75	450.0	3.64		0.385	56.43	72.20	2100
Alim. Hidrociclón (F)	31.25	710.0	3.62		0.759	144.84	56.85	1700
Producto Molienda O/F	12.50	300.0	3.69		1.547	100.15	39.26	1400
Adición Agua Bomba				60.72				
SECC. FLOT. PLOMO								
Alim. Flotación Pb	34.80	835.2	3.69		2.330	398.64	30.03	1280
Concentrado Rougher	20.70	496.8	3.70		2.902	289.18	25.63	1230
Relave Rougher	14.10	338.4	3.60		2.396	166.01	29.45	1270
Alimento Scavenger	14.10	338.4	3.65		2.420	166.01	29.24	1270
Concentrado Scavenger	2.16	51.84	4.00		3.415	34.85	22.65	1205
Relave Scavenger	11.94	284.6	3.60		3.373	179.54	23.08	1260
Alimento Limpiadora	20.70	496.8	4.90		2.540	250.14	28.25	1290
Conc. Limpiadora Pb	0.56	13.48	5.20		3.320	8.64	23.27	1230
Relave Limpiadora Pb	20.14	483.36	5.00		2.300	221.71	30.30	1320
Consumo de Agua Pb				8.18				
SECC. FLOTACION Zn								
Alimento Flotación Zn	33.50	804.0	3.90		1.807	304.4	35.63	1360
Concentrado Rougher	18.30	439.2	4.50		1.630	149.22	38.03	1420
Relave Rougher Zn	15.20	364.8	3.30		1.879	145.95	34.74	1320
Alimento Scavenger	15.20	364.0	3.90		1.999	137.81	33.34	1330
Concentrado Scavenger	4.98	119.52	4.50		2.170	53.06	31.55	1310
Relave Scavenger	10.22	245.24	3.30		5.061	241.26	16.50	1130
Alimento Limpiadora	18.30	439.0	3.80		1.842	169.61	35.19	1350
Concentrado Limpiadora	1.72	41.28	4.20		3.973	31.92	20.11	1180
Relave Limpiadora	16.58	397.92	3.80		2.365	191.92	29.72	1280
Consumo Agua Flot Zn				30.08				
Agua Relave General				226.99				
Consumo Agua Proceso				265.25				

NOTA: Datos obtenidos en los cálculos realizados anteriormente.

FUENTE: Elaboración propia

4.1.3. Diseño de los equipos de la planta concentradora actual 120 tmd.

➤ Sección chancado.

Capacidad de la tolva

Para hallar la capacidad de la tolva se debe tener la gravedad específica del mineral y el volumen de la tolva.

Determinación de la gravedad específica

Para determinar la gravedad específica del mineral, se ha utilizado el método de fiola.

$$G.e. = (M - P) / (W + M - P - S)$$

Dónde:

P = masa de la fiola seca.

M = masa de la fiola + la muestra.

W = masa de la fiola + agua.

S = masa de la fiola + agua + la muestra.

Para conocer la gravedad específica del mineral. Se tomó 3 muestras con pesos diferentes; de 50, 75 y 100gr. A malla -10, con una fiola de 500ml

TABLA N° 13: Gravedad específica del mineral

PRUEBA	pesos	P	M	W	S	G.e
1	50	176,6	226,6	672,9	707,7	3,2895
2	75	176,6	251,6	672,9	726,1	3,4404
3	100	176,6	276,6	672,9	743	3,3445
					G.e	3,3581

FUENTE: Elaboración propia

Volumen de la tolva

La forma de la tolva de gruesos está formada por tres áreas de distintas formas; la primera es de forma rectangular, la segunda es de forma trapezoidal y la tercera es de forma prismática.

$$V_1 = 236'' \times 157'' \times 49''$$

$$V_1 = 1815548 \text{ pulg}^3$$

$$V_2 = (98'' \times 157'' \times 39'') + (98'' \times 157'' \times 49'') / 2$$

$$V_2 = 292383 \text{ pulg}^3$$

$$V_3 = (43'' \times 43'' \times 39'')/3$$

$$V_3 = 108166.5 \text{ pulg}^3$$

$$V_{\text{total}} = 1815548 + 292383 + 108166.5$$

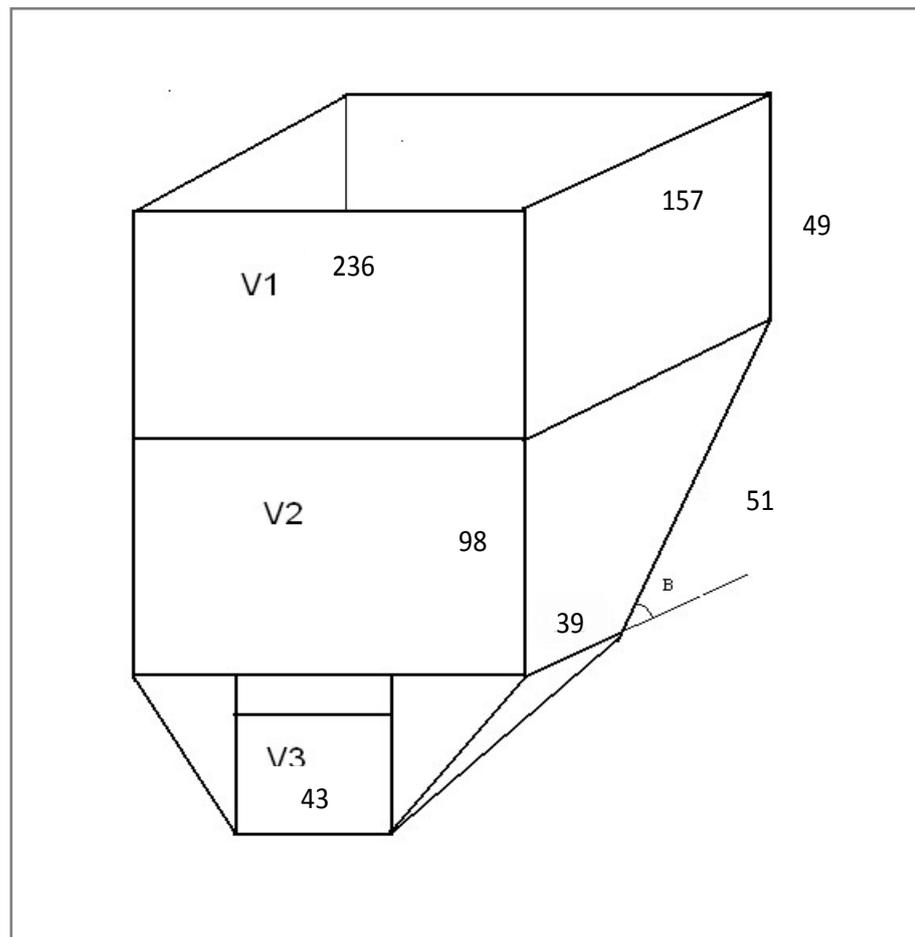
$$V_{\text{total}} = 2216097.5 \text{ pulg}^3$$

$$V_{\text{total}} = 36.31 \text{ m}^3$$

$$\text{Angulo de inclinación} = \text{Sen } B = (50/93) = 0.53763441;$$

$$B = 32.52^\circ$$

GRÁFICO N° 2: Dimensiones de la tolva de gruesos



FUENTE: Elaboración propia

Una vez hallado la gravedad específica del mineral y el volumen de la tolva podemos determinar la capacidad teórica y práctica de la tolva de gruesos.

$$\text{Capacidad Teórica} = VT \times G.e$$

$$\text{Capacidad Teórica} = 36.31 \text{ m}^3 \times 3.36$$

$$\text{Capacidad Teórica} = 121.94 \text{ TMPD}$$

Para hallar la capacidad práctica de la tolva consideramos un factor de 0.25 menos de la capacidad teórica debido a los espacios muertos o vacíos entre los minerales y paredes de la tolva.

$$\text{Capacidad Practica} = Cpa.Teor. \times 0.75$$

$$\text{Capacidad Práctica} = 121.94 \times 0.75$$

$$\text{Capacidad Práctica} = 91.46 \text{ TMPD}$$

Capacidad del alimentador de oruga

Esta máquina es ideal para dosificar la entrada de material a una Trituradora de forma continua y eficiente. Se pueden fabricar al largo requerido por el cliente.

$$\mathbf{T = 3.45 \times w \times t \times S}$$

$$T = \text{Capacidad en Ton/h}$$

$$W = \text{ancho del alimentador (ft) (1.7 ft)}$$

$$t = \text{Espesor de la capa del mineral (ft) (1.32ft)}$$

$$S = \text{Velocidad (ft/min) (3.7ft/min)}$$

$$\mathbf{T = 3.45 \times 1.7 \times 1.32 \times 3.7}$$

$$\mathbf{T = 27.33 \text{ Ton/h}}$$

Capacidad de la zaranda vibratoria Grizzly

$$T = K * A * a$$

T = capacidad por hora (TC/H)

L = Área del tamiz (m²).

A = Abertura de malla (cm.).

K = Factor de trabajo (depende de la abertura de la malla).

$$T = 20.53 * 1.032 * 2.54$$

$$T = 53.8 \text{ TC/H}$$

Eficiencia del Grizzly

$$E = \frac{10000(e - v)}{e(100 - v)}$$

Dónde:

E = eficiencia de la clasificación.

e = % en peso del material clasificable en la alimentación.

v = % en peso del material clasificable en el rechazo.

$$E = \frac{10000(35-9)}{35(100-9)}$$

$$E = 81.63 \%$$

Triturador primario:

Para realizar este cálculo se considera que debe alimentarse 120 TMSD, de mineral a la molienda de la Planta Concentradora. El tamaño máximo que viene de la mina es de 8 pulgadas, el tiempo de operación de la trituradora no es del 100% y especialmente en el caso de la chancadora primaria existirá cierta intermitencia que, por experiencias similares se fija en 30% del tiempo de operación. El tonelaje a procesar es:

Análisis granulométrico de la chancadora de quijada abertura de descarga 2''

TABLA N° 14: Análisis de malla de la chancadora primaria de la planta de beneficios de 120 TMSPD

MALLA ABERTURA PULG.	% PESO	% Acum (+)	% Acum (-)
- 2 ¼ + 2''	15.0	15.0	85.0
- 2'' + 1 ½''	8.0	23.0	77.0
- 1 ½'' + 1 ¼''	7.0	30.0	70.0
- 1 ¼'' + 1 1/8''	8.0	38.0	62.0
- 1 1/8'' + 1''	10.0	48.0	52.0
- 1'' + 7/8''	6.0	54.0	46.0
- 7/8'' + ¾''	7.0	61.0	39.0
- ¾'' + 5/8''	6.0	67.0	33.0
- 5/8'' + ½''	6.0	73.0	27.0
- ½'' + 3/8''	6.0	79.0	21.0
- 3/8'' + 5/16''	4.0	83.0	17.0
- 5/16'' + ¼''	3.0	86.0	14.0
- ¼'' + 4 M	4.0	90.0	10.0
- 4 M + 8 M	3.0	93.0	7.0
- 8 M	7.0	100.0	0.00
Total	100.0		

FUENTE: Elaboración propia

La granulometría del producto estimado de descarga de 2'' producirá 61% de + ¾'' y 73 % de + ½'' (estos datos son aproximados), lo que justifica un tamiz antes de la trituradora secundaria.

$$T = 15 \frac{\text{ton}}{\text{hr}} \times \frac{100}{(100 - 30)}$$

$$T = 21.42 \text{TPMH}$$

Para dimensionar se asume un radio de reducción de 4:1, la alimentación 8'' y producto 2''.

Energía requerido es:

$$W = W_i \times \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)$$

$$W = 14.0 \times \left(\frac{10}{\sqrt{50800}} - \frac{10}{\sqrt{152400}} \right)$$

$$W = 14.0 \times (0.044 - 0.026)$$

$$W = 14.0 \times 0.018$$

$$W = 0.25 \text{ kw} - \text{hr/ton} \times 26.79 \text{ ton/hr}$$

$$W = 6.70 \text{kw} \times \frac{1 \text{HP}}{0.74753 \text{kw}}$$

$$W = 8.96 \text{HP} \approx 10 \text{HP}$$

Resumiendo, los datos que se tiene de la trituradora:

- Tonelaje a procesar = 221.426.79 ton/hr
- Potencia requerida = 10 HP
- F_{80} alimentación = 152,400 micrones = 6"
- Tamaño máximo del alimento = 203200 micrones = 8"
- La abertura de alimentación de la trituradora deberá tener como dimensión menor de 10".

Los catálogos de los fabricantes indican que se podría disponer de una trituradora de 15" x 24" que tiene una capacidad de 18 TMPH con una abertura de descarga de 2".

La selección final será:

- Trituradora de Quijada = 15" x 24"
- Energía Instalada = 50 HP
- 2" de abertura de descarga = 30 TMPH (dato de fabricante)
- Tonelaje de capacidad requerida = 21.42 TMPH

$$\text{Relación} = \frac{\text{Capacidad No min al}}{\text{Capacidad Re quedida}}$$

$$\text{Relación} = \frac{30 \text{TPH}}{21.42 \text{TPH}}$$

$$\text{Relación} = 1.4$$

Faja transportadora primaria

Se calcula la capacidad de la faja transportadora primaria para detallar si es factible o no para la nueva capacidad (240 TMSPD).

Cálculo de la longitud de la faja

$$L_f = 2L + 2\pi R$$

Dónde:

L_f = Longitud de la faja.

L = Longitud del eje de la faja.

R = Radio de la polea.

$$L_f = 2(21.5) + 2\pi (0.225)$$

$$L_f = 44.41 \text{ m.}$$

Ángulo de inclinación de la faja

Altura AB = 6.2m.

Distancia AC = 21.5 m

$$\text{Sen } \theta = \frac{6.2}{21.5}$$

$$\text{Sen } \theta = 0.29$$

$$\text{Arc Sen } \theta = 0.248$$

$$\theta = 17^\circ$$

Velocidad y capacidad de la faja

Velocidad de la faja

$$v = \frac{e}{t}$$

Dónde:

V = Velocidad.

e = Longitud de la faja.

t = tiempo.

Reemplazando valores tenemos:

$$V = \frac{44.41}{51}$$

$$V = 0.88\text{m/seg}$$

Capacidad de la faja

$$\text{Cap} = A \times B \times C \times T$$

Dónde:

A = Peso del mineral en Kg/ft de faja.

B = Longitud de la faja en pies.

C = Tiempo de una vuelta.

T = Tonelaje en TM.

Reemplazando valores tenemos:

$$\text{Cap} = 3.6 \times 145.6 \times 1.5 \times \frac{1.8}{60}$$

$$\text{Cap} = 23.49 \text{ TMS/hr}$$

Faja transportadora secundaria

Se calcula la capacidad de la faja transportadora secundaria para detallar si es factible o no para la nueva capacidad (240 TMSPD).

Cálculo de la longitud de la faja

$$L_f = 2L + 2\pi R$$

Dónde:

L_f = Longitud de la faja.

L = Longitud del eje de la faja.

R = Radio de la polea.

$$L_f = 2(17.2) + 2\pi (0.15)$$

$$L_f = 35.34 \text{ m.}$$

Ángulo de inclinación de la faja

Altura AB = 2.6m.

Distancia AC = 17.2 m

$$\text{Sen } \Theta = \frac{2.6}{17.2}$$

$$\text{Sen } \Theta = 0.15$$

$$\text{Arc Sen } \Theta = 0.15$$

Velocidad y capacidad de la faja

Velocidad de la faja

$$V = \frac{e}{t}$$

Dónde:

V = Velocidad.

E = Longitud de la faja.

T = tiempo.

Remplazando valores tenemos:

$$V = \frac{35.34}{30}$$

$$V = 1.17 \text{ m/s}$$

Capacidad de la faja

$$\text{Cap} = A \times B \times C \times T$$

Dónde:

A = Peso del mineral en Kg/ft de faja.

B = Longitud de la faja en pies.

C = Tiempo de una vuelta.

T = Tonelaje en TM.

Reemplazando valores tenemos:

$$\text{Cap} = 3.5 \times 115.9 \times 1.5 \times \frac{1.8}{60}$$

$$\text{Cap} = 18.26 \text{ TMS/hr}$$

Chancado secundario

Se calcula la el chancado secundario para detallar si es factible o no para la nueva capacidad (240 TMSPD).

Chancadora cónica de 2 pulgadas

• Chancadora Cónico	=	2 pies
• Método de alimentación	=	Faja secundario.
• Tamaño Máximo de alimentación	=	2 pulgadas
• Promedio de tratamiento, t/hr	=	11.50 t/hr
• F80	=	50800 μ
• P80	=	12700 μ
Abertura del set de descarga	=	$\frac{3}{4}$ "

El consumo energético y la potencia requerida para el circuito secundario serán calculados teóricamente para ello se considera una alimentación F_{80} de 2 pulgadas y obteniéndose un producto P_{80} de $3/4''$.

$$W = W_i \times \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)$$

$$W = 14.0 \times \left(\frac{10}{\sqrt{12700}} - \frac{10}{\sqrt{50800}} \right)$$

$$W = 14.0 \times (0.089 - 0.044)$$

$$W = 14.0 \times 0.045$$

$$W = 0.63 \text{ kw} - \text{hr/ton} \times 26.79 \text{ ton/hr}$$

$$W = 16.88 \text{ kw} \times \frac{1 \text{ HP}}{0.74753 \text{ kw}}$$

$$\mathbf{W = 22.58HP \approx 25HP}$$

El tonelaje que procesará la trituradora será dependiente de la carga del Oversize del cedazo y de la eficiencia de la granulometría de descarga de la trituradora.

La abertura de descarga de la trituradora será de $3/4''$.

Capacidad de la segunda zaranda vibratoria Grizzly

Se calcula la capacidad de la segunda zaranda para detallar si es factible o no para la nueva capacidad (240 TMSPD).

$$\mathbf{Cp. = (TK) A \times a}$$

Cp. = capacidad por hora (TC/H)

A = Área del tamiz (pie²).

a = Abertura de malla (pul.).

TK = Factor de trabajo (depende de la abertura de la malla.

Dónde:

$$C_p = 9.3 \times (4 \times 7.8) \times 0.5$$

$$T = 145 \text{ Ton/h}$$

Eficiencia del Grizzly

$$E = \frac{10000(e - v)}{e(100 - v)}$$

Dónde:

E = eficiencia de la clasificación.

e = % en peso del material clasificable en la alimentación.

v = % en peso del material clasificable en el rechazo.

$$E = \frac{10000(30-7)}{30(100-7)}$$

$$E = 82.32 \%$$

Volumen de la tolva de finos

Se calcula la capacidad de la tolva de finos y ver si su capacidad es acorde al circuito de chancado para concluir si está dado para la ampliación de la nueva capacidad (240 TMSPD).

$$V_1 = \pi \times r^2 \times h$$

$$V_1 = 3.1416 \times (2.35)^2 \times 3.6$$

$$V_1 = 62.46 \text{ m}^3$$

$$V_2 = (\pi \times r^2 \times h) / 3$$

$$V_2 = (3.1416 \times (2.35)^2 \times 1.2) / 3 - (3.1416 \times (0.7)^2 \times 0.35) / 3$$

$$V_2 = 6.94 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 62.46\text{m}^3 + 6.94 \text{ m}^3$$

$$V_T = 69.4 \text{ m}^3$$

Hallando los ángulos x y B:

$$\text{Cos}\beta = 2/4$$

$$\text{Cos}\beta = 1/2$$

$$B = 60^\circ$$

$$X = 80^\circ$$

TABLA N° 15: Densidad aparente del mineral.

Peso	Vi	Vf	V muestra
100	500	539	42

FUENTE: Elaboración propia

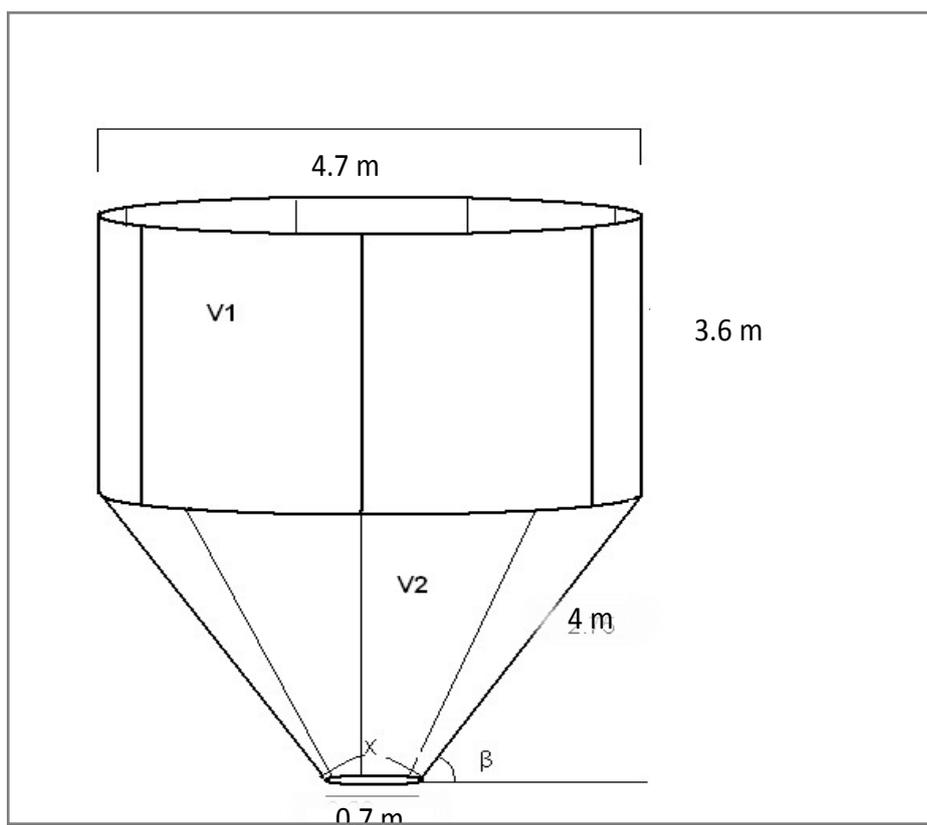
$$D. a = m/V$$

$$D.a = 100 / 42$$

$$D.a = 2.38 \text{ g / cc}$$

Esta densidad de basa a los parámetros obtenidos dentro de los compósito que se analizo dentro de las operaciones; el cual nos da un margen mas exacto para saber las densidades promedio de los minerales que se puede procesar dentro de la planta de beneficios, ya que solo el 50% de mineral que abastece a la planta viene de los dueños de esta y el restante son minerales que se procesa de distintos clientes.

GRÁFICO N° 3: Dimensiones de la tolva de finos



FUENTE: Elaboración propia

Cálculo de la capacidad de la tolva de fino

- Capacidad Teórica = $V_T \times D.a$
- Capacidad Teórica = $69.46 \text{ m}^3 \times 2.38$

$$\text{Capacidad Teórica} = 165.31 \text{TMPD}$$

Para hallar la capacidad práctica de la tolva consideramos un factor de 0.25 menos de la capacidad teórica debido a los espacios muertos o vacíos entre los minerales y paredes de la tolva.

- Capacidad Practica = $C_{pa.Teor.} \times 0.75$
- Capacidad Práctica = 74.6×0.75

$$\text{Capacidad Práctica} = 123.9 \text{TMPD}$$

➤ **Sección de molienda**

Se calcula la capacidad los diseños del circuito de molienda para hacer el requerimiento que equipos va necesitar para la nueva capacidad (240 TMSPD).

Faja transportadora al molino

Cálculo de la longitud de la faja transportadora al molino

Dónde:

$$L_f = 2L + 2\pi r$$

L = Longitud de eje

R = Radio de la polea

$$L_f = 2L + 2\pi r$$

$$L_f = 2 \times 8.4 + 2 \times 3.1416 \times 0.225$$

$$L_f = 18.21 \text{ m}$$

Velocidad de la faja

$$V = e / t$$

Dónde:

V = Velocidad

e = longitud de la faja

t = tiempo

$$V = 18.21 / 173$$

$$V = 0.11 \text{ m/s}$$

Capacidad de la faja

$$C_p = A \times B \times C \times T$$

Dónde:

A = Peso del mineral en Kg, por pie de faja.

B = Longitud de faja en pies.

C = Tiempo de una vuelta en min.

T = Tonelaje en TMSPH.

$$Cp = 4 \times 29 \times 0.34 \times 0.11$$

$$Cp = 3.9 \text{ MSP}$$

Molino de bolas 6' x 6'.

Radio de reducción del molino

El radio de reducción de un mineral se obtiene entre la relación promedio del mineral más grande con el tamaño promedio más pequeño de mineral.

Formula:

$$R = F80 / P80$$

Dónde:

F₈₀ = tamaño promedio de partículas en la alimentación.

F₈₀ = tamaño promedio de partículas en el producto.

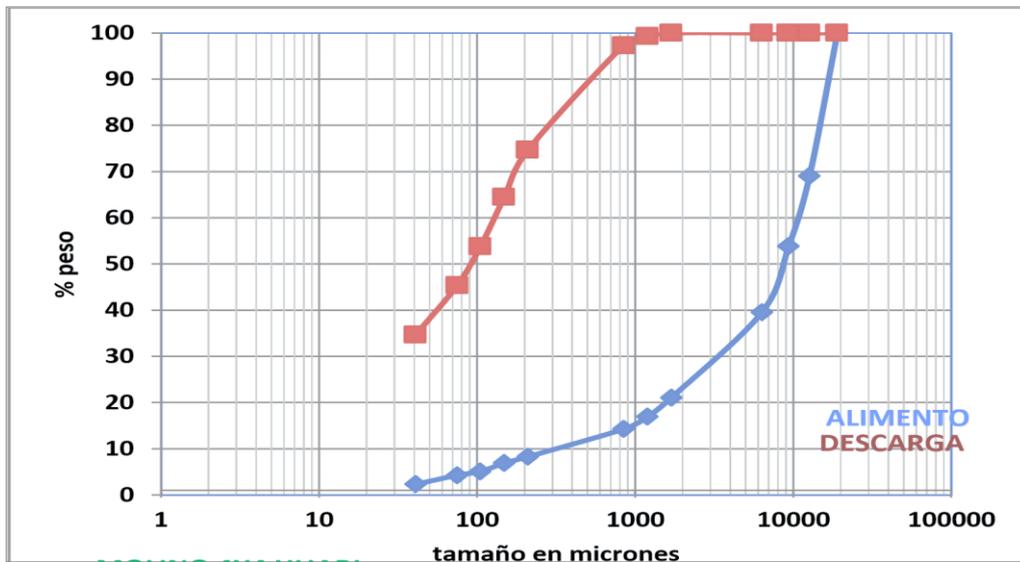
NOTA: El F80 en metalurgia se denomina al tamaño de los tamices que pasa el 80% de partículas de mineral y/o muestra procedente de la alimentación del circuito, caso contrario que el P80 que se denomina al tamaño de los tamices que hace pasar 80% de las partículas de mineral y/o muestra, los cuales se expresan en unidad (micrones).

TABLA N° 16: Análisis de malla del molino de bolas 6' X 6'

MALLA	micrones			alimento			descarga		
		alimento	descarga	% peso	Ac(+)	Ac(-)	% peso	Ac(+)	Ac(-)
3/4"	19050	0	0	0	0	100	0	0	100
1/2"	12700	271,84	0	30,92	30,92	69,08	0	0	100
3/8"	9375	134,08	0	15,25	46,17	53,83	0	0	100
1/4"	6350	125,46	0	14,27	60,44	39,56	0	0	100
10	1697	162,5	0	18,48	78,93	21,07	0	0	100
16	1200	36,24	0,86	4,12	83,05	16,95	0,71	0,71	99,2
25	848	23,44	2,34	2,67	85,72	14,28	1,94	2,65	97,3
65	210	52,64	27,38	5,99	91,71	8,29	22,65	25,3	74,7
100	149	12,08	12,26	1,37	93,08	6,92	10,14	35,44	64,5
140	105	16,08	13,04	1,83	94,91	5,09	10,79	46,23	53,7
200	75	7,12	10,08	0,81	95,72	4,28	8,34	54,57	45,4
325	41	17,18	12,94	1,95	97,67	2,33	10,7	65,27	34,7
-325		20,46	41,98	2,33	100	0	34,73	100	0
		879,12	120,88	100			100		

FUENTE: Elaboración propia

GRÁFICO N° 4: Curva de G-G-S:



FUENTE: Elaboración propia

Hallando F_{80} del alimento

$$\frac{19050 - X}{19050 - 12700} = \frac{100 - 80}{100 - 69.08}$$

$$X = F_{80} = 14942,63\mu$$

Hallando P_{80} del producto.

$$\frac{848 - X}{848 - 210} = \frac{97.35 - 80}{97.35 - 74.7}$$

$$X = P_{80} = 359,29\mu$$

Hallando el radio de reducción:

$$R = 14942,63\mu / 359,29\mu$$

$$R = 41,59$$

Cálculo de la energía suministrada:

$$W = \frac{Ax V x \text{Cos}\theta x \sqrt{3}}{1000 x Tph}$$

Dónde:

W = consumo de energía Kw – hr.

V = voltaje del motor.

A = Amperaje del motor.

TC PH = tonelaje.

$$\text{Cos } \phi = 0.85$$

$$W = \frac{183 x 440 x 0.85 x \sqrt{3}}{1000 x 3.06}$$

$$W = 31.6 \text{ Kw – h /Ton}$$

Cálculo de la capacidad máxima de molienda

$$C_{p\max} = \frac{HP x 0.746}{W}$$

$$C_{p\max} = \frac{150 x 0.746}{31.6}$$

$$C_{p\max} = 3.5 \text{ TC/h}$$

Cálculo del índice de trabajo

$$w_i = \frac{w}{\left(\frac{10}{\sqrt{P80}} - \frac{10}{\sqrt{F80}} \right)}$$

$$w_i = \frac{31.6}{\left(\frac{10}{\sqrt{359.29}} - \frac{10}{\sqrt{14942.63}} \right)}$$

$$W_I = 70.9 \text{ Kw-hr/TC}$$

Velocidad crítica:

$$V_C = \frac{76.63}{\sqrt{D}}$$

Dónde:

V_C = velocidad crítica en rpm.

D = Diámetro en pies.

$$V_C = \frac{76.63}{\sqrt{6}}$$

$$V_C = 31.3 \text{ rpm}$$

Cálculo del % de la velocidad crítica

$$\% V_C = \frac{\text{rpm(normal)}}{V_C}$$

$$\% V_C = \frac{23}{31.3} \times 100$$

$$V_C = 73.5 \%$$

Cálculo de fracción de velocidad crítica:

$$C_s = 0.01305 \times \text{RPM(nominal)} \times \sqrt{D}$$

$$C_s = 0.01305 \times 23 \times \sqrt{6}$$

$$C_s = 0.74$$

Velocidad de operación del molino de bolas:

$$V_0 = 57 - 40 \times LgD$$

Donde:

V_0 = Velocidad de operación conveniente.

D = Diámetro interno del molino en pies.

$$V_0 = 57 - 40 \times Lg6$$

$$V_0 = 25.9 \text{ RPM}$$

Cálculo de la potencia actual consumida para moler el mineral:

$$P = W \times A \times 1.34 \text{ HP/Kw}$$

$$P = 31.6 \text{ Kw} - h/TC \times 2.9TC/h \times 1.34 \text{ HP/Kw}$$

$$P = 122 \text{ HP}$$

Cálculo de eficiencia:

$$E_f = \frac{\text{HP(practico)}}{\text{HP(teorico)}}$$

$$E_f = \frac{122 \times 100}{150} = 81 \%$$

Cálculo de diámetro y carga de bolas al molino:

B = Diámetro en pulg de las bolas

F = Tamaño de micrones que excede el 80%

K = Constante (250)

S = Gravedad específica del mineral

Wi = Work index

Cs = % de la velocidad crítica

D = D diámetro del molino en pies

Cálculo del diámetro de bolas

$$B = \left(\frac{F}{k}\right)^{1/2} \times \left(\frac{S \times W_i}{C_s \times D}\right)^{1/3}$$

$$B = \left(\frac{14942.63}{250}\right)^{1/2} \times \left(\frac{3.35 \times 70.9}{0.735 \times 6}\right)^{1/3}$$

$$\mathbf{B = 28.6 \text{ dm}^3}$$

Cálculo de carga de bolas en inicio de operación:

Di = Diametro entero – Espesor de la chaqueta

$$Di = 6' - 0.3'$$

$$\mathbf{Di = 5.7'}$$

$$V = 3.1416 \times r^2 \times h$$

$$V = 3.1416 \times (5.7)^2 \times 6$$

$$\mathbf{V = 21.4 \text{ dm}^3}$$

Volumen bruto de la carga de bolas

Se recomienda el 45% del volumen del molino:

$$V_b = V \times 0.45$$

$$V_b = 21.4 \times 0.45$$

$$\mathbf{V_b = 9.63 \text{ dm}^3}$$

Espacios vacíos: Se recomienda el 38% del volumen bruto de bolas.

$$E_v = V_b \times 0.38$$

$$E_v = 9.63 \times 0.38$$

$$\mathbf{E_v = 3.65 \text{ dm}^3}$$

Volumen neto ocupado por las bolas:

$$V_n = V_b - Ev$$

$$V_n = 9.63 - 3.65$$

$$V_n = 5.98 \text{ dm}^3$$

Número total de bolas de la carga:

Se sabe que el volumen de una bola de 3'' = 0.10332 dm³

$$N_b = \frac{V_n}{0.10332}$$

$$N_b = \frac{5.98}{0.10332}$$

$$N_b = 5787.84 \text{ bolas}$$

NOTA: Para la reducción de costos a futuro se recomienda la adición de bolas de 1 sola pulga de preferencia las mas grande.

Caudal de pulpa:

Densidad de pulpa	1.9 kg / lt; TM / m ³
% sólidos	48 %
TM de sólidos	1.9 x (48 / 100) = 0.912 TM de solidos
Volumen de pulpa (Se tiene 1.8TMPH)	$V_p = (1\text{m}^3 / 0.665) \times 1.8 = 2.7 \text{ m}^3$
Caudal de pulpa	2,7 m ³ / h

Cálculo del peso de la pulpa:

$$D = W / V, \text{ donde } W = D \times V$$

(D = densidad, W = peso, V = volumen)

$$\text{Peso de la pulpa} = 2.0 \times 2.57 = 5.14 \text{ TM}$$

Peso de sólidos = **1.8 TM**

Caudal de agua:

Peso de pulpa (Wp) = peso de sólidos (Ws) + peso de agua (Wa)

Por lo tanto,

El peso de agua = $5.14 - 1.8 = 3.34$ TM

Como la densidad del agua es 1, entonces peso = volumen;

El caudal de agua contenida en la pulpa = **$3.34 \text{ m}^3 / \text{h}$**

Cálculo de la eficiencia del ciclón

Para calcular la eficiencia del ciclón en primer lugar analizaremos granulométricamente la descarga del molino, el over del ciclón, el under y carga circulante para realizar el listado de equipos que se va necesitar para la ampliacion de la planta de beneficios a 240 TMSPD.

Los ciclones constituyen uno de los medios menos costosos de recolección de polvo, tanto desde el punto de vista de operación como de la inversión. Estos son básicamente construcciones simples que no cuentan con partes móviles, lo cual facilita las operaciones de mantenimiento; pueden ser hechos de una amplia gama de materiales y pueden ser diseñados para altas temperaturas (que ascienden incluso a 1000 oC) y presiones de operación.

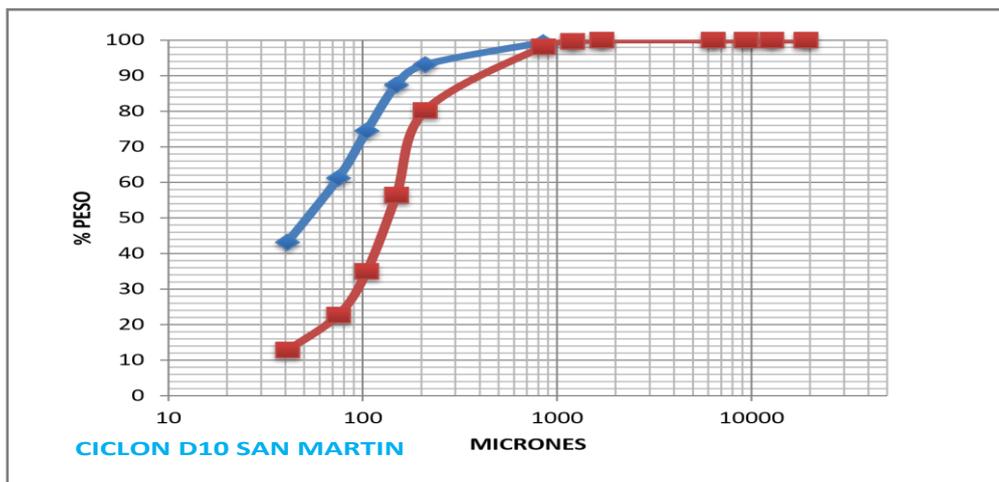
Los ciclones son adecuados para separar partículas con diámetros mayores de 5 μm ; aunque partículas muchos más pequeñas, en ciertos casos, pueden ser separadas.

TABLA N° 17: Tabla de eficiencia del hidrociclón D10 de la planta 120 TMSPD.

		PESOS			FEED			OVER			UNDER		
Mil	micra	Feed	OVE	UND	% W	Ac(+)	Ac(-)	% W	Ac(+)	Ac(-)	% W	Ac(+)	Ac(-)
3/4"	19050	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	100
1/2"	12700	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	100
3/8"	9375	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	100
1/4"	6350	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	100
10	1697	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	100
16	1200	10,49	1,27	2,99	0,82	0,82	99,18	0,34	0,34	99,66	0,33	0,33	99,67
25	848	23,04	1,45	13,61	1,81	2,63	97,37	0,38	0,72	99,28	1,52	1,86	98,14
65	210	282,8	23,23	159,9	22,22	24,85	75,15	6,14	6,86	93,14	17,88	19,74	80,26
100	149	211,1	21,69	212,9	16,59	41,44	58,56	5,73	12,59	87,41	23,81	43,54	56,46
140	105	221,8	48,73	191,6	17,42	58,86	41,14	12,88	25,47	74,53	21,42	64,97	35,03
200	75	93,74	50,27	110,0	7,36	66,23	33,77	13,29	38,75	61,25	12,30	77,27	22,73
325	41	176,3	68,24	88,29	13,85	80,08	19,92	18,03	56,79	43,21	9,87	87,14	12,86
325		253,5	163,5	115,0	19,92	100	0,00	43,21	100	0,00	12,86	100	0,00
		127,9	378,3	894,6	100			100			100		

FUENTE: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5: Curva de eficiencia del hidrociclón D10 - planta 120 TMSPD.



FUENTE: Elaboración propia

Carga circulante

$$E = 10000 \times \frac{O}{F} \times \frac{(o - f)}{f(100 - f)}$$

Donde:

E = Eficiencia.

O = Tonelaje en rebose

o = % de material en el reboce

f = % en la alimentación más fino de la malla

F = Tonelaje en la alimentación

TABLA N° 18: Análisis de malla del H. D10 - planta 120 TMSPD.

MALLA	Rebose del clasificador	Descarga del molino
70	80%	55%
100	70%	45%
140	61.5%	36%
200	54%	29.5%

FUENTE: Elaboración propia

Alimento al molino = 120 TM/día

Ton de descarga del molino = 168.21 TM/día

$$E = 10000 \times \frac{120}{168.21} \times \frac{(80 - 55)}{55(100 - 55)}$$

$$E = 72.1 \%$$

La carga circulante = $2.76 \times 100 = 249\%$

Entonces el tonelaje de la descarga del molino es:

$$2.76 \times 1.8 = 4,968 \text{ TM}$$

d50 del ciclón

Durante la clasificación se produce una separación de partículas finas y gruesas. El D50, o tamaño crítico, representa el límite de corte (clasificación) entre los finos y los gruesos, por lo que los tamaños de partículas mayores del D50 pasaran a las arenas de retorno o gruesos (underflow) y las partículas menores del D50 se dirigen al rebose, (overflow). Para el cálculo del D50 tendremos que hacer uso de las curvas de partición para el rebose y descarga del ciclón, para lo cual utilizaremos la relación siguiente

Según la ecuación de Plitt.

$$d_{50} = \frac{35 (D_c)^{0.46} (D_i)^{0.6} (D_o)^{1.2} \exp(0.063) \&}{(D_u)^{0.71} (h)^{0.38} (Q)^{0.45} (d_s - d)^{0.5}}$$

Donde:

& = fracción volumétrico de sólidos en alimento 25

h= altura libre del vortex (8 pulg)

Do =diámetro del vortex Finder (4 pulg)

Di = diámetro de la tubería de ingreso (4 pulg)

Dc = diámetro de la sección cilíndrica (10 pulg)

ds= densidad del solido

Du = diámetro del ápex (0.75 pulg)

D50= en micrones

Q = caudal (ft³/min)

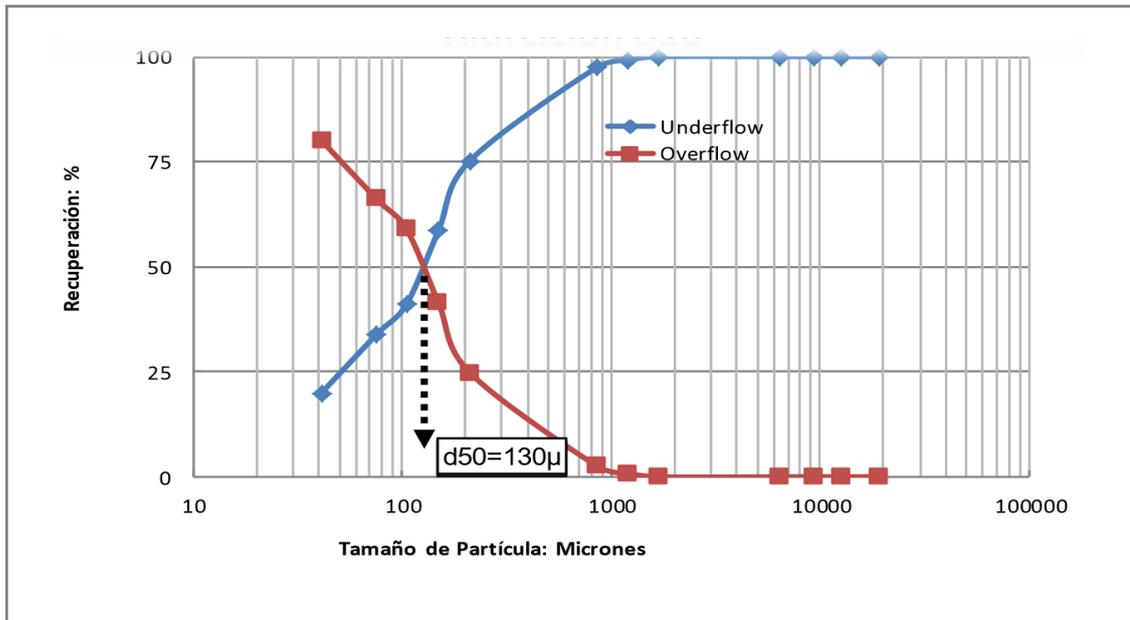
d= densidad del agua (1gr/cc)

$$d_{50} = \frac{35(10)^{0.46} (4)^{0.6} (4)^{1.21} \exp(0.063) 25}{(0.75)^{0.71} (8)^{0.38} (23.12)^{0.45} (290)^{0.5}}$$

$$d_{50} = 130 \text{ micrones}$$

Esto se gráfica y obtenemos el diagrama de tromp, que se calcula de esta manera el D50 del hidrociclón de la planta concentrado San Martín a continuación la gráfica y el D50.

GRÁFICO N° 6: Curva de eficiencia del hidrociclón D10.



FUENTE: Elaboración propia

Cálculo del caudal del hidrociclón d-10 –planta 120 tmspd

Aplicando la ecuación de flujo

$$Q = V_i \times A_i$$

Donde:

Q = caudal máximo de alimentación (cm/seg)

V_i = velocidad de alimentación (cm/seg)

A_i = área de ingreso del ciclón en cm^2

CALCULO:

$$V_i^2 = K \times R_c \times g$$

K = factor de fuerza centrífuga (17.5 promedio)

R_c = radio del ciclón de 10'' = $10 \times 2.54 / 2 = 12.70 = 13$ cms

g = aceleración de la gravedad (980 cm/seg)

$$V_i = \sqrt{17 \times 13 \times 980}$$

$$V_i = 465 \text{ cm/seg}$$

Calculo:

$$A_i = \frac{(\sigma \times D^2)}{4}$$

$$A_i = 3.1416 \times 3^2$$

$$A_i = 7.06 \text{ pulg}^2 (6.4516)$$

$$A_i = 45.6 \text{ cm}^2$$

Reemplazando sus valores encontramos el caudal:

$$Q = 465 \times 45.6$$

$$Q = 21,204 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} = 5.602 \frac{\text{gln}}{\text{seg}}$$

$$Q = 5.062 \times 60 = 336.12 \text{ GPM}$$

➤ **sección de flotación – planta 120 TMSPD**

Balance metalúrgico general de los concentrados de Pb – Ag – Zn.

El balance metalúrgico se realiza con este cliente, porque es el principal acopiador de mineral en la actualidad en Planta San Martin llegando a un tonelaje de 2 000 Tm/mes.

DATO:

Tonelaje tratado del mineral COBRE SOL S.A.C.: 356.57 TM

Porcentaje de humedad 4,5 %

BALANCE METALÚRGICO COBRE SOL S.A.C.

TABLA N° 19: Balance metalúrgico – Planta 120 TMSPD

PRODUCTOS	MINERAL TMH	% PESO	L E Y E S			CONTENIDOS METALICOS			RECUPERACIÓN		
			Onz Ag	% Pb	% Zn	Onz Ag	Pb	Zn	%Ag	%Pb	% Zn
Cab. Lab.	356.57	100.0	16.37	1.96	0.88	5,837.82	7.00	3.15	100.0	100.0	100.0
Conc. Pb	18.87	5.29	252.44	32.99	9.31	4,763.65	6.22	1.76	92.25	88.92	55.74
Conc. Zn	1.91	0.54	5.21	9.31	26.64	9.97	0.18	0.51	0.19	2.54	16.17
Rve. Final	335.79	94.17	1.16	0.18	0.26	390.45	0.60	0.88	7.56	8.54	28.08
Cab. Calc.	356.57	100.0	14.48	1.96	0.88	5,164.06	7.00	3.15	100.0	100.0	100.0

FUENTE: Elaboración propia

Recuperación Zn	16.17
Recuperación Pb	88.92
Recuperación Ag	92.44

RATIO	
Plomo	18.90
Zinc	186.37

Cálculo del tiempo de flotación –planta 120 tmspd

$$T = \frac{(N \times V_0 \times h)}{V_c}$$

Dónde:

T = Tiempo de flotación.

N = número de celdas.

V₀ = volumen de la celda.

V_c = volumen de pulpa entrante al circuito de flotación.

h = es un factor de 0.75 para las celdas tipo celdas Denver y otras celdas (debido a que es necesario decantar el volumen ocupado por el impulsor, aire capa de espumas y accesorios).

Tiempo de flotación de la celda unitaria

Alimento al circuito de flotación (Q) = 1.3

Densidad de pulpa (W) = 1280 gr/Lt

Gravedad del mineral (S) = 3.39

Volumen de la celda unitaria (V_c) = 187 ft³

Numero de las celdas = 1

Calculando la constante de solidos (k)

$$K = (S-1) / S$$

$$K = (3.39 - 1) / 3.39$$

K = 0,705014749, constante de sólidos.

Calculando el porcentaje de solidos (p)

$$P = ((W - 1000) * 100) / (W * K)$$

$$P = ((1280 - 1000) * 100) / (1280 * 0,705014749)$$

P = 31.02%, porcentaje de sólidos

Calculando la dilución (d)

$$D = (100-P) /P$$

$$D = (100-31.02) /2831.02$$

$$D = \mathbf{2.22}, \text{ Dilución de pulpa.}$$

Calculando el flujo volumétrico (v)

$$V_c = Q (D+1/S)$$

$$V_c = 1.3 (2.22+ 1/3.39)$$

$$V_c = \mathbf{3.26}$$

Calculando el tiempo de flotación (t)

$$T = \frac{(N \times V_o \times h)}{V_c}$$

$$T = \frac{(1 \times 187 \times 0.75)}{3.26}$$

$$T = \mathbf{43.01 \text{ min.}}$$

NOTA: Los tiempos de flotación esta basado a las pruebas Bach realizado en los laboratorios de Minera Peru Sol, las ubicas pruebas a estala se realizaron mediante el primer prototipo fabricado dentro de las operaciones, la cual fue modificado de acuerdo a lo requerido en operación; por lo que es recomendable seguir realizando pruebas en dicho prototipo para seguir mejorando las posibles fallas encontradas y así no tener inconvenientes una vez puesta en marcha las operaciones con 240 TMSD

BALANCE DE AGUA Y PULPA DE LA SECCIÓN DE FLOTACION

TABLA N° 20: Balance de pulpa – Planta 120 TMSPD

	DESCRIPCIÓN	SÓLIDOS				AGUA		PULPA				
		% Peso	TMH	TMPD	Ge.	m³/h	GPM	TMPH	m³/h	GPM	%Sp	d
1	Alimento Fresco	100,00	2,08	50,00	3,20	0,04	0,17	2,12	0,69	3,04	98,18	3,07
2	Producto Chancado	100,00	2,08	50,00	3,20	0,04	0,17	2,12	0,69	3,04	98,18	3,07
3	Producto Molienda	100,00	2,08	50,00	3,20	5,17	22,76	7,25	5,82	25,62	28,73	1,25
4	Concentrado Pb-Ag	15,94	0,33	7,97	4,04	0,90	3,98	1,24	0,99	4,34	26,86	1,25
5	Relave Pb-Ag	84,06	1,75	42,03	3,60	5,01	22,07	6,76	5,50	24,21	25,89	1,23
6	Concentrado de Zinc	17,84	0,37	8,92	3,81	0,80	3,54	1,18	0,90	3,97	31,60	1,30
7	Relave General	66,22	1,38	33,11	3,10	5,79	25,47	7,16	6,23	27,43	19,25	1,15
8	Efluente					16,02	70,52					
9	Evaporación					2,83	12,45					

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 21: Balance de agua y pulpa chancado - Planta 120 TMSPD

PRODUCTO	SÓLIDOS				AGUA		PULPA				
	% Peso	TMH	TMPD	G.e.	m³/h	GPM	TMPH	m³/h	GPM	%Sp	d
Alimento Fresco	100,00	2,08	50,00	3,20	0,04	0,17	2,12	0,69	3,04	98,18	3,07
Producto Chancado	100,00	2,08	50,00	3,20	0,04	0,17	2,12	0,69	3,04	98,18	3,07

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 22: Balance de agua y pulpa molienda – Planta 120 TMSPD

PRODUCTO	SÓLIDOS				AGUA		PULPA				
	% Peso	TMH	TMPD	G.e.	m ³ /h	GPM	TMPH	m ³ /h	GPM	%Sp	d
Producto Chancado	100,00	2,08	50,00	3,20	5,17	22,74	7,25	5,82	25,61	28,73	1,25
Producto Molienda	100,00	2,08	50,00	3,20	5,67	24,96	7,76	6,32	27,82	26,86	1,25

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 23: Balance de agua y pulpa flotación – Planta 120 TMSPD

PRODUCTO	SÓLIDOS				AGUA		PULPA				
	% Peso	TMH	TMPD	G.e.	m ³ /h	GPM	TMPH	m ³ /h	GPM	%Sp	d
Alimento Combinado	100,00	2,08	50,00	3,20	5,17	22,74	7,25	5,82	25,60	28,73	1,25
Concentrado	15,94	0,33	7,97	4,04	0,90	3,98	1,24	0,99	4,34	26,86	1,25
Relave	84,06	1,75	42,03	3,60	5,01	22,06	6,76	5,50	24,20	25,89	1,23

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 24: Balance de agua y pulpa flotación Pb-Ag – Planta 120 TMSPD

PRODUCTO	SÓLIDOS				AGUA		PULPA				
	% Peso	TMH	TMPD	G.e.	m ³ /h	GPM	TMPH	m ³ /h	GPM	%Sp	d
Concentrado	15,94	0,33	7,97	4,04	0,90	3,98	1,24	0,99	4,34	26,86	1,25
Concentrado Pb	0,95	0,02	0,48	3,90	0,09	0,42	0,11	0,10	0,44	17,25	1,15
Concentrado Ag	14,99	0,31	7,50	4,50	1,25	5,49	1,56	1,32	5,80	20,01	1,18

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 25: Balance de agua y pulpa flotación Zn – Planta 120 TMSPD

PRODUCTO	SÓLIDOS				AGUA		PULPA				
	% Peso	TMH	TMPD	G.e.	m ³ /h	GPM	TMPH	m ³ /h	GPM	%Sp	d
Relave Pb-Ag	84,06	1,75	42,03	3,60	5,01	22,06	6,76	5,50	24,20	25,89	1,23
Concentrado de Zinc	17,84	0,37	8,92	3,81	0,80	3,54	1,18	0,90	3,97	31,60	1,30
Relave General	66,22	1,38	33,11	3,10	5,79	25,46	7,16	6,23	27,41	19,25	1,15

FUENTE: Elaboración propia

BALANCE GENERAL

TABLA N° 26: Balance general – Planta 120 TMSPD

PRODUCTO	SÓLIDOS			AGUA		PULPA					
	% Peso	TMH	TMPD	G.e.	m ³ /h	GPM	TMPH	m ³ /h	GPM	%Sp	d
Alimento Fresco	100,0	2,08	50,00	3,20	0,04	0,17	2,12	0,69	3,04	98,18	3,07
Concentrado Pb	0,95	0,02	0,48	3,90	0,09	0,42	0,11	0,10	0,44	17,25	1,15
Concentrado Ag	14,99	0,31	7,50	4,50	1,25	5,49	1,56	1,32	5,80	20,01	1,18
Concentrado de Zn	17,84	0,37	8,92	3,81	0,80	3,54	1,18	0,90	3,97	31,60	1,30
Relave General	66,22	1,38	33,11	3,10	5,79	25,46	7,16	6,23	27,41	19,25	1,15

FUENTE: Elaboración propia

➤ **Sección de filtrado.**

En la sección de filtrado tenemos 2 holding tank (tanque de agitación) y un filtro prensa automatizado. Los equipos que fueron adquiridos para esta sección fueron dimensionados pensando en una futura ampliación por lo cual se detalla a continuación todos los equipos que se encuentran en esta sección.

Holding tank

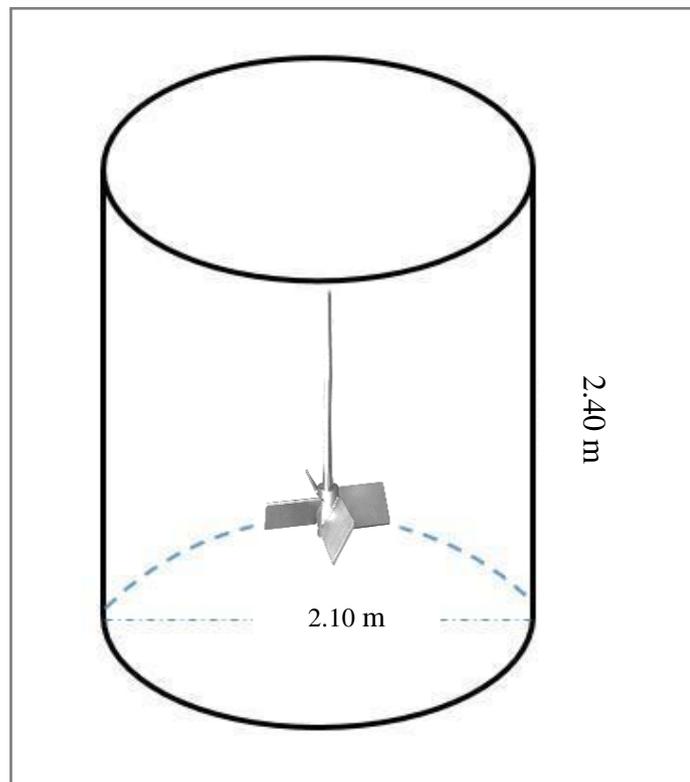
Capacidad del holding tank

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \times 2.4 \times (1.05)^2$$

$$V = 8.31 \text{m}^3$$

GRÁFICO N° 7: Holding Tank



FUENTE: Elaboración propia

Motor y agitador

Agitador con hélice Mils de 24", revestido en caucho

Puente soporte del agitador

Motoreductor SEW con motor de 15 HP, velocidad giro 210 RPM

Bomba centrífuga tipo warman 3x2 cah

Suministro de bomba centrífuga horizontal KUNTUR PUMP tipo WARMAN 3x2

C-AH sellocentrífugo:

- Bomba centrífuga de lodo (slurry pump)
- Marca: kuntur pump
- Modelo: 3x2 c-ah tipo warman
- Caudal de diseño 300 gpm
- Máxima presión 110 psi, con pulpa de 1800 gr/lt de densidad.
- Motor 50 HP, derrateado para trabajo en altitud.
- Entrada / Salida Succión 3" / Descarga 2"
- Diámetro de Impulsor 250 mm
- Giro 2400 rpm

Filtro prensa

MODELO: FP 080/19 MXP P16/T40 AUT

SERIE: IF PCC 173 19

MODELO : FP 080/19 MXP P16/T40 AUT

Serie : IF PCS 173 19

- Material de la estructura : Acero al carbono A-36 y
mánifold de válvulas en acero inoxidable
- Tipo de Placas : Mixtas de 800 mm

- Material de las Placas : Polipropileno Gris Virgen
- Material de la Tela Filtrante : Polipropileno PP – 460
- Capacidad de Prensa : 495 lt
- Superficie filtrante : 17.8 m²
- Espesor de Torta : 40 mm
- Número de Placas : 19 (Incluye placa de cabeza y cola)
- Tamaño de Placas : Cuadradas de 800 mm
- Presión de Operación : Hasta 120 psi
- Alimentación : Por una esquina, 3”
- Descarga : Por las 3 esquinas, descarga de 3”
- Sistema de cierre : Hidráulico, automático. Compuesto por 02 bombas hidráulicas, la primera accionada por 01 motor de 7.5 HP, la segunda accionada por 01 motor de 4 HP, 01 cilindro hidráulico doble efecto, 02 presostatos de alta presión, válvulas de alivio y reguladores.

Datos de operación para la filtración de concentrado

- Producto : Concentrado de Zinc
- Capacidad nominal : 45 TMD
- Densidad de pulpa : 1,350 gr/lt (recomendado)
- Concentración de sólidos : 58.5 % aprox.
- Humedad de torta esperada : 8 % – 9 %
- Ciclo estimado de proceso : 30 minutos
- Tiempo llenado : Limpieza canal aliment: Inflado Membranas
- Secado diagonal 1 :

- Secado diagonal 2 :
- Secado posterior : Despresurizar membranas: Pre apertura
- Abrir compuerta :
- Abrir filtro prensa :
- Cerrar compuerta :
- Lavado de lonas :
- Fin de ciclo :
- Densidad aparente torta : 3.0 – 3.1 gr/cc
- Horas de operación por día : 20 horas
- Factor de diseño : 15 %
- Cantidad de ciclos x día : 40 ciclos
- Tonelaje por cada ciclo: 5.05 ton / ciclo
- Tonelaje por día : 221.8 tmd

➤ **relave**

El área de relave en sus inicios fue una posa creada de forma artesanal sin las medidas adecuadas para el cuidado del medio ambiente, por lo cual, en el 2018, se inició las labores para realizar la primera cancha de relaves debidamente normado de acuerdo a leyes ambientales, el cual se detalla a continuación.

Cancha de relaves

Se va realizar en el depósito denominado cancha de relaves N° 1. El transporte de relaves desde la planta hasta la cancha de relaves, se hace a través de tubería de HDPE de 4 pulgadas de alta densidad, el rebose clarificado de esta operación se va a recircular a la planta.

TABLA N° 27: Balance de la relavera

PRODUCT	SOLIDOS				AGUA			PULPA			
	% W	TMH	TMPD	G.e.	m ³ /h	GPM	TMPH	m ³ /h	GPM	%Sp	d
Alimento	66,22	1,38	33,11	3,10	5,79	25,46	7,16	6,23	27,41	19,25	1,15
Efluente					16,02	70,52					
Evaporación					2,83	12,45					

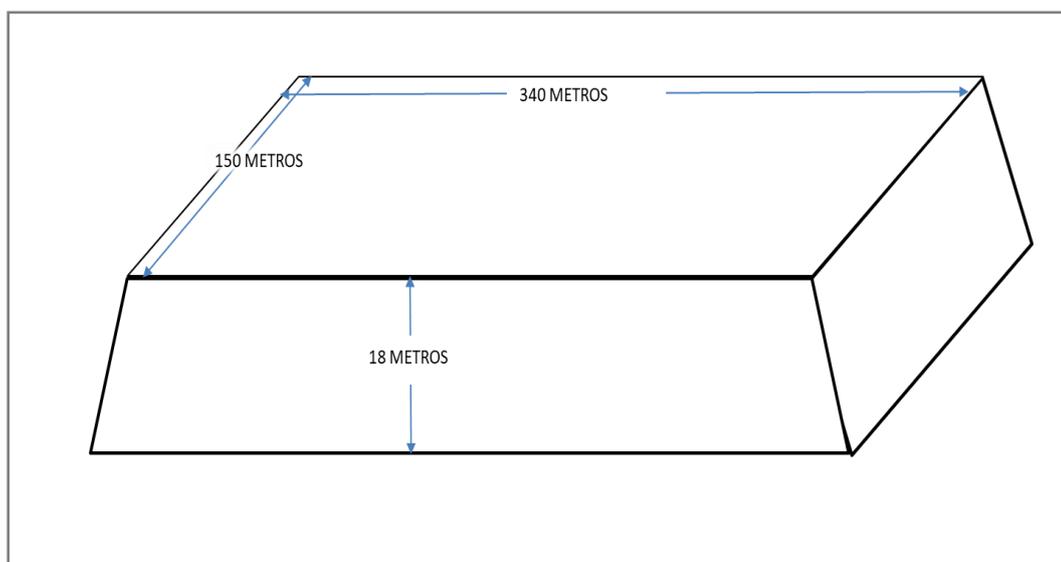
FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 28: Capacidad de la relavera

RELAVERA N° 1		
Fecha de medición del volumen	05/04/2019	
Cota 3927 msnm		
Producción diaria de relaves	96.87	tn
Gravedad especifica del solido	3.10	
% de solidos de la pulpa del relave	19.25	%
Densidad de la pulpa del relave	1.15	tn/m ³
Peso del relave al 72.78% de solidos	503.22	TMSD
Volumen diario de pulpa de relave	437.60	m ³
Volumen de almacenamiento disponible	918000	m ³
Tiempo de almacenamiento en dias	2097.81	dias
Tiempo de almacenamiento en meses	69.93	meses

FUENTE: Elaboración propia

GRÁFICO N° 8: Dimensionamiento de la cancha de relave



FUENTE: Elaboración propia

Bomba para rebose clarificado

Cabe señalar que el agua clarificada es retornada a planta sin previo tratamiento de la misma.

Descripción: Bomba de alta presión y alto flujo de 25 HP trifásica

Característica especial: Motor 2 polos de alta eficiencia, trabajo continuo, alto flujo y alta presión.

Bomba centrífuga 25HP

Característica Especial:	Motor 2 polos de alta eficiencia, trabajo continuo, alto flujo y alta presión.
Beneficios:	Diseño práctico y funcional de alta eficiencia operacional. Impulsor de Hierro de larga duración, requiere de un mínimo mantenimiento.

MOTOR

Tipo de Motor	: Eléctrico
Marca del motor	: WEG
Potencia del Motor:	: 25.00 HP
RPM del Motor	: 3450 RPM
Encendido	: Eléctrico
Voltaje	: 220 / 440 V
Fases del motor	: Trifásico
Corriente	: 61.6 / 30.8 A

BOMBA

Tipo de Bomba	: Centrifuga
Flujo Optimo	: 1600.00 LPM
Altura Optima	: 50.00 m
Numero de etapas	: 1 etapas
Diámetro de succión	: 3.00 pulg
Diámetro de descarga	: 3.00 pulg
Tipo de impulsor	: Cerrado
Material del cuerpo	: Hierro Gris
Material del impulsor	: Hierro Gris
Material del sello mecánico	: Acero inoxidable
Temperatura Máxima del Agua	: 40 C

Agua en el relave general:

Una vez depositado el relave esto se clarifica de manera natural ya que no se utiliza ningún equipo para la separación de finos y gruesos; y líquido separado es retornado a planta mediante una bomba de succión sin previo tratamiento, para la regulación del pH del agua de relave se mezcla con agua fresca (esta mezcla es dada de acuerdo a la prueba metalúrgica realizado a cada mineral nuevo ingresante a planta de beneficios San Martín), para regular el pH para tener un buen proceso operacional.

$$H_2O = 270.26 \times \frac{83.46}{16.54}$$

$$H_2O = 1363.72 \text{ ton}/_{24hr}$$

$$H_2O = 1363.72 \times 907.2$$

$$H_2O = 1237166.70 \text{ }^{\text{t}}/_{24hr}$$

$$H_2O = 1237166.70 \frac{\text{lt}}{24hr} \times \frac{1gal}{3.785lt} \times \frac{1hr}{60 \text{ min}}$$

$$H_2O = \frac{1237166.70}{5450.4} \text{ GPM}$$

$$H_2O = 226.99 \text{ GPM} = 226.99 \frac{gal}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1hr} \times \frac{0.003785 m^3}{1gal}$$

$$H_2O = 51.55 m^3/hr$$

➤ **Reactivos**

Los reactivos de flotación eran traídos de distintos distribuidores (se buscaba el precio más barato de cada reactivo), en la actualidad se trabaja con los reactivos de ROYAL CHEMICAL y otras empresas certificadas. Lo cual ha generado un costo de reducción en reactivos.

Cálculos para determinar la dosificación de reactivos de flotación

El cálculo para el consumo de reactivos, tanto para el circuito Pb-Ag y Zinc, se hizo utilizando las siguientes formulas.

Para reactivos líquidos:

$$\frac{g}{TM} = \frac{14.4 \times S \times \text{cc}/\text{min}}{TMSD}$$

Para reactivos sólidos:

$$\frac{Lb}{Tc} = \frac{\text{cc}/\text{min} \times G. e. \times S}{0.317 \times TcSD}$$

Para laboratorio metalúrgico:

$$\frac{g}{TM} = \frac{10 \times S \times \text{cc}}{P}$$

Dónde:

cc = cm³ a utilizarse.

S = % de solución de reactivo o potencia.

P = peso de mineral en gramos.

Consumo de reactivos de la planta concentradora “San Martín” 120 TMSPD

TABLA N° 29: Dosificación de reactivos en molienda.

DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS	(%)	cc/min	GR. /TM	Kgrs/día
MOLIENDA PRIMARIA				
mix (sulfato de zinc/cianuro 3 a 1)	10	240	800,00	40,00
bisulfito de sodio	5	44	73,33	3,67
REMOLIENDA				
A – 3418	100	0.25	8.2	0.4

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 30: Dosificación de reactivos en flotación Pb-Ag

FLOTACIÓN Pb-Ag				
mix	10	75	250,00	12,50
z – 11	2,5	4	3,33	0,17
Ap-25	100	2	65,6	3,2
MIBC	100	3	92,9	4,8
DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS	(%)	cc/min	GR. /TM	Kgrs/día

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 31: Dosificación de reactivos en flotación de Zn

FLOTACION DEL Zn				
sulfato de cobre	10	210	700,00	35,00
cal	10	180	600,00	30,00
menjunje	100	3	100,00	5,00
A-242	100	2	65,6	3,2
z – 11	2,5	60	50,00	2,50

FUENTE: Elaboración propia

Consumo total de kilogramos de reactivos por tonelada

TABLA N° 32: Consumo total de reactivos.

CONSUMO DE REACTIVOS	Kgr / Ton
Xantato Isopropílico de Sodio (Z-11)	0,054
Metil Isobutil Carbinol (MIBC)	0,085
cal	0,797
Cianuro de Sodio (NaCN)	0,252
Sulfato de Zinc (ZnSO4)	2,265
Bisulfito de Sodio (NaHSO3)	0,240
AP-25	0,017
Sulfato de Cobre (CuSO4)	0,700
A-31	0,100
A-3418	0,033
A-242	0,033

FUENTE: Elaboración propia

➤ **Abastecimiento de agua**

El abastecimiento de agua para las operaciones en planta de beneficios San Martín 120 TMSPD, es de dos formas:

- A través de un canal de regadío cedido por la comunidad de Chacapalpa, el cual es depositado en un tanque principal en la parte baja de planta de beneficios, el cual es bombeado al tanque principal que se encuentra en la parte alta en planta de beneficios.
- El agua clarificada de relave que es bombeado al tanque principal ubicado en la parte alta de planta de beneficios.

Tanque de abastecimiento de agua fresca

El tanque de abastecimiento de agua, se encuentra en la parte superior de la Planta a un lado de la Cancha de Gruesos, este tanque es llenado por medio de una bomba de agua ubicada en la parte inferior de la Planta en el cual se encuentra otro tanque que es llenado de agua a través del canal de riego de la Comunidad de Chapalpa.

Capacidad:

TANQUE 1:

ANCHO= 4.20 m.

LARGO = 10 m.

ALTO = 3 m.

$V_1 = 126 \text{ m}^3$.

TANQUE 2:

ANCHO = 4.20m.

LARGO = 8.10 m.

ALTO = 2.00 m.

$V_2 = 68.04 \text{ m}^3$.

$V \text{ TOTAL} = V_1 + V_2$

$V = 194.04 \text{ m}^3$

Sistema de bombeo de agua

La estación de bombeo está instalada en la parte baja de la planta, su función de la bomba es elevar la capacidad necesaria de agua al tanque N^a 1 de almacenamiento, para el consumo necesario del procesamiento del mineral.

Características de la bomba de agua

Bomba de agua

- Tipo : 40-200-1
- Código : D3-85-Es
- Bomba : Hidrostral
- Desnivel : Hidrostral
- N° : B502275
- Morten □ : 183
- Tubo de descarga : 2"
- MOTOR DELGROSA
- Potencia del Motor : 25 HP
- RPM del Motor : 3450 RPM
- Encendido : Eléctrico

- Hz : 6.0
- Vol. : 220/440

Consumo de agua

En base de la diferencia de altura del agua, una vez llenado el tanque de agua y después de 15 min. Se toma el promedio del consumo de agua en la planta concentradora.

$$C_{H_2O} = \frac{2.9 \text{ m}^3}{15\text{min}} \times \frac{60\text{min}}{1\text{hr}} \times \frac{24\text{hr}}{1\text{dia}}$$

$$C_{H_2O} = 278.4 \text{ m}^3 \text{ agua / día}$$

➤ **Suministro eléctrico**

El suministro eléctrico de para las operaciones en planta de beneficios San Martin es a través de la empresa electrocentro que nos brinda un suministro total, el cual abastece de manera normal a las operaciones de 120 TMSPD; se inició los papeleos para la ampliación de suministro eléctrico.

NOTA: A futuro para una buena operación se debería hacer las modificaciones de los sistemas eléctricos de los equipos actuales con las cuales cuenta la planta para una mejor supervisión cuidado de los motores eléctricos; ya se presento un informe general eléctrico a la gerencia de el estado actual del sistema eléctrico juntamente con su requerimiento y modificación para un mejor cuidado de los equipos con los cuales consta actualmente la planta de beneficios San Martin.

TABLA N° 33: Relación de equipos y HP – planta 120 TMSPD

EQUIPOS Y MAQUINARIAS DE CAPACIDAD 120 TMSPD		
	EQUIPOS	MOTOR
1	Tolva de Gruesos (100 tn)	
2	Faja alimentación (9.48 x 0.6 m)	15 HP
3	Grizzly Vibratorio (1,9 m x 0.78 m)	5 HP
4	Chancadora de Quijadas 15' x 24'	50 HP
5	Faja Transportadora (56 x 0.6 m)	12,5 HP
6	Grizzly Vibratorio (1,2 m x 2,40 m)	5 HP
7	Faja Transportadora (36 m)	12,5HP
8	Chancadora Cónica de 2"	75 HP
9	Tolva de Finos (120 tn)	
10	Faja Transportadora (20 x 0.6 m)	5 HP
11	Molino de Bolas 6' x 6'	150 HP
12	2 Ciclones D10	
13	2 Bombas horizontal 4"x 3"	20 HP
14	Cajón principal de descarga	
15	Celda Ws # 1 (7" x 8")	25 HP
16	Celda Ws # 2(7" x 8")	25 HP
17	Celda Ws # 3(7" x 8")	25 HP
18	Celda Ws # 4 (7" x 8")	25 HP
19	2 Bancos de Celda sub A 21	20 HP
20	Acondicionador 6"x 6" de Zn No. 1	15 HP
21	Aguitador de Cal (4" x 5")	12,5 HP
22	Celda Ws # 1 (7" x 8")	25 HP
23	Celda Ws # 2(7" x 8")	25 HP
24	Celda Ws # 3 (7" x 8")	25 HP
25	Celda Ws # 4 (7" x 8")	25 HP
26	2 Bancos Celda sub A 21	20 HP
27	Holding Tank 6' x 6' de Plomo	30 HP
28	Bomba de descarga de Holding Tank Pb	50 HP
29	Filtro de Prensa	20 HP
30	Holding Tank 6' x 6' de Zinc	30 HP
31	Bomba de descarga de Holding Tank Zn	
TOTAL ENERGIA		747.5 HP = 557 KW

FUENTE: Elaboración propia**Energía adicional requerida**

- Soldadura 5,0
- Otros Equipos 12,0
- Luz en Planta 16,0

• Oficinas	5,0
• Campamentos	20,0
• Calefacción	<u>10,0</u>
TOTAL	68,0

ENERGÍA ADICIONAL = 68,0 HP = 50.71 KW

TOTAL, DE ENERGIA CONSUMIDO EN PLANTA CONCENTRADORA DE 120 TMSPD ES = **607.KW**

4.1.4. Equipos requeridos para la ampliacion de la capacidad de la planta concentradora San Martín de 120 TMD a 240 TMD.

a. Sección chancado para la ampliacion 240 TMSPD

La sección de chancado no tendrá modificación alguna, ya que los equipos cumplen con la capacidad requerida de 240 TMD, se contratará un operador más en el área de chancado para el chancado se realice en ambas guardias y así cumplir con el tonelaje requerido para el tonelaje de la ampliacion.

b. Sección de molienda para la ampliación 240 TMSPD

En la sección de molienda se tendrá que implementar algunos equipos de acuerdo a los balances metalúrgicos de la prueba Bach y capacidades de los equipos antes dados.

Faja transportadora al molino

Para alimentar el mineral de la tolva de finos al molino se requiere un alimentador con las especificaciones siguientes:

- Faja transportadora = 24” x 18 m.
- Energía Instalada = 5 HP

- Energía requerida = 2,0 HP

Molino de bolas

Dimensionamiento del molino de bolas

Para los cálculos se asume el índice de trabajo (W_i)

$$W_i = 13,0 \text{ kw} - \text{hr/TC (Handbook Mineral processing)}$$

El producto a molerse debe ser 60% - 200 mallas.

Condiciones operacionales:

- Tratar 240 TMPD y/o 10 TMPH
- Alimentación al molino $F_{80} = 12\ 700$ micrones (1/2")
- Producto del molino $P_{80} = 192$ micrones
- Este valor corresponde al rebose del hidrociclón o clasificador.

Cálculo de la energía que consumirá el molino

$$W = W_i \times \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)$$

$$W = 13,0 \times \left(\frac{10}{\sqrt{192}} - \frac{10}{\sqrt{12700}} \right)$$

$$W = 13,0 \times (0,7217 - 0,0887)$$

$$W = 13,0 \times 0,633$$

$$W = 8,23 \text{ kw} - \text{hr/ton}$$

Cálculo de la potencia que consumirá el molino

$$W = 8,23 \frac{\text{kw} - \text{hr}}{\text{ton}} \times \frac{240\text{ton} \times 1,341\text{HP}}{24\text{hr} - \text{kw}}$$

$$W = 110.364 \text{ HP}$$

La nueva potencia corregida será:

$$W = 110.364\text{HP} \times 1,08$$

$$W = 119.19 \text{ HP}$$

Si se trabaja con un factor de seguridad de 20%

$$W = 119.19\text{HP} + (119.19\text{HP} \times 20\%)$$

$$W = 119.19\text{HP} + 23.8\text{HP}$$

$$W = 143.03 \approx \mathbf{150 \text{ HP}}$$

Corrección de la potencia requerida

- Factor de corrección F_1 : (molienda en seco) no se aplica.
- Factor de corrección F_2 : (molino de bolas en circuito abierto)
 $F_2: 1,0$
- Factor de corrección F_3 : 1,0 (factor de eficiencia del diámetro)
- Factor de corrección F_4 : tamaño de alimentación al molino

$$F_4 = \frac{R_r + \frac{(W_i - 7) \times (F_{80} - F_0)}{F_0}}{R_r}$$

$$F_4 = \frac{171,72 + \frac{(13 - 7) \times (12700 - 4000)}{4000}}{171,62}$$

$$F_4 = 1,08$$

- Factor de corrección F_5 = 1.0 factor de molienda fina
- Factor de corrección F_6 = no se aplica
- Factor de corrección F_7 = no se aplica ($R_r > 6$)
- Factor de corrección F_8 = no se aplica

$$W_i \text{ (corregido)} = \mathbf{1,08}$$

De acuerdo al catálogo de Denver Equipment Company se considera un molino con las características siguientes:

- Dimensiones del Molino de bolas = 6' \varnothing x 6'
- Energía requerida = 150 HP

- RPM = 25
- Revestimiento = Hierro

Sección de clasificación

Para esta operación se requiere 1 hidrociclón Krebs D-10”, con una carga circulante 150% y una eficiencia de 60%, además se debe instalar una bomba Wilfley 4C. Para calcular la eficiencia del ciclón en primer lugar analizaremos granulométricamente la descarga del molino, el over del ciclón, el under y carga circulante.

Carga circulante

$$E = 10000 \times \frac{O}{F} \times \frac{(o - f)}{f(100 - f)}$$

Donde:

E = Eficiencia.

O = Tonelaje en rebose

o = % de material en el reboce

f= % en la alimentación más fino de la malla

F = Tonelaje en la alimentación

TABLA N° 34: Análisis de malla.

MALLA	Rebose del clasificador	Descarga del molino
70	80%	55%
100	70%	45%
140	61.5%	36%
200	54%	29.5%

FUENTE: Elaboración propia

Alimento al por cada uno de los molinos de bola = 120 TM/día

Ton de descarga del molino = 168.21 TM/día

$$E = 10000 \times \frac{120}{168.21} \times \frac{(80 - 55)}{55(100 - 55)}$$

$$E = 72.1 \%$$

La carga circulante = $2.49 \times 100 = 249\%$

Entonces el tonelaje de la descarga del molino es: $2.69 \times 1.8 = 4,824 \text{ TM}$

d50 del ciclón

Durante la clasificación se produce una separación de partículas finas y gruesas. El D50, o tamaño crítico, representa el límite de corte (clasificación) entre los finos y los gruesos, por lo que los tamaños de partículas mayores del D50 pasaran a las arenas de retorno o gruesos (underflow) y las partículas menores del D50 se dirigen al rebose, (overflow). Para el cálculo del D50 tendremos que hacer uso de las curvas de partición para el rebose y descarga del ciclón, para lo cual utilizaremos la relación siguiente

Según la ecuación de Plitt.

$$d_{50} = \frac{35 (D_c)^{0.46} (D_i)^{0.6} (D_o)^{1.2} \exp(0.063) \&}{(D_u)^{0.71} (h)^{0.38} (Q)^{0.45} (d_s - d)^{0.5}}$$

Donde:

& = fracción volumétrica de sólidos en alimento 25

h= altura libre del vortex (8 pulg)

Do =diámetro del vortex Finder (4 pulg)

Di = diámetro de la tubería de ingreso (4 pulg)

Dc = diámetro de la sección cilíndrica (10 pulg)

ds= densidad del solido

Du = diámetro del ápex (0.75 pulg)

D50= en micrones

Q = caudal (ft³/min)

d= densidad del agua (1gr/cc)

$$d_{50} = \frac{35(10)^{0.46} (4)^{0.6} (4)^{1.21} \exp(0.063) 25}{(0.75)^{0.71} (8)^{0.38} (23.12)^{0.45} (290)^{0.5}}$$

$$d_{50} = 130 \text{ micrones}$$

Esto se gráfica y obtenemos el diagrama de tromp, que se calcula de esta manera el D50 del hidrociclón de la planta concentrado San Martin a continuación la gráfica y el D50.

Cálculo del caudal del hidrociclón:

Aplicando la ecuación de flujo

$$Q = V_i \times A_i$$

Donde:

Q = caudal máximo de alimentación(cm/seg)

Vi = velocidad de alimentación (cm/seg)

Ai = área de ingreso del ciclón en cm²

Calculo:

$$V_i^2 = K \times R_c \times g$$

K = factor de fuerza centrífuga (17.5 promedio)

Rc = radio del ciclón de 10'' = 10 x 2.45/2 = 12.70 =13 cms

g= aceleración de la gravedad (980 cm/seg)

$$V_i = \sqrt{17 \times 13 \times 980}$$

$$V_i = 465 \text{ cm/seg}$$

Calculo:

$$A_i = \frac{(\sigma \times D^2)}{4}$$

$$A_i = 3.1416 \times 3^2$$

$$A_i = 7.06 \text{ pulg}^2 (6.4516)$$

$$A_i = 45.6 \text{ cm}^2$$

Reemplazando sus valores encontramos el caudal:

$$Q = 465 \times 45.6$$

$$Q = 21,204 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} = 5.602 \frac{\text{gln}}{\text{seg}}$$

$$Q = 5.062 \times 60 = 336.12 \text{ GPM}$$

Sección flotación

En esta sección se considera los parámetros similares, utilizados a nivel de laboratorio, para ambos casos ósea para el tratamiento de plomo-plata y Zinc, se está considerando además de las etapas de Rougher, Scavenger las etapas de limpieza para Pb – Ag y dos etapas de limpieza para Zinc lo que proporcionara concentrados de Pb – Ag y Zinc limpios y comerciales.

Determinación de la densidad de pulpa:

$$\%S = \frac{G. E. \times (d - 1)}{d \times (G. E - 1)} \times 100\%$$

$$35 = \frac{3,69 \times (d - 1)}{d \times (3,69 - 1)} \times 100$$

$$d = 1,340 \text{ kg/lt}$$

Tratamiento 240 TMPD:

$$\frac{240}{24} = 10 \text{ TPH de sólidos}$$

$$\frac{10}{0,35} = 28.57 \text{ TPH de pulpa}$$

$$\frac{28.57\text{TPH de Pulpa}}{1,340 \text{ kg/lt}} = \mathbf{21.32 \text{ m}^3 \text{ de pulpa}}$$

Cálculo del Acondicionador Real = 3 x Lab (5 min.)

$$3 \times 5 \text{ min} = 15\text{min}$$

$$21.32\text{m}^3 \times \frac{15}{60} = 5.33 \text{ m}^3 \text{Acondicionamiento}$$

$$5.33\text{m}^3 + (5.33 \times 15\%) = 6.13\text{m}^3 \times \frac{264,18\text{gal}}{1\text{m}^3}$$

$$= \mathbf{1619.30 \text{ galones de pulpa}}$$

Cálculo de N° de celdas de flotación Pb – Ag:

Datos:

- Tonelaje = 240 TMSPD
- Gravedad específica del mineral = 3,69
- % sólidos en peso (planta) = 35 %
- % sólidos en peso (laboratorio) = 28,8 %
- Tiempo de flotación (laboratorio) = 6,0 minutos

Cálculo del tiempo de flotación deseado:

- Tiempo de flotación Promedio (Laboratorio) = $\frac{6+8}{2} = 7\text{min}$
- Tiempo de flotación Promedio (Planta) = $\frac{13+16}{2} = 14,5\text{min}$
- Factor escalamiento = $\frac{14,5}{7} = 2,07\text{min}$
- Factor de escalamiento total = 2,62
- Tiempo flotación deseado = $6 \times 2,62 = 15,72 \text{ min}$

Volumen de pulpa por tonelada corta por hora:

Del catálogo de Denver, usando 35% sólidos con una gravedad específica de 3,69 obtenemos 1,14 pie cúbico por minuto / tonelada corta por hora.

Cálculo del número de celdas:

Aplicando la formula general:

$$\text{Capac.} = \frac{300 \text{ TMPD} * 1,1 \frac{\text{TC}}{\text{TM}} * 1,14 \text{ pie}^3/\text{min}/\text{TCPH}}{24 \frac{\text{hr}}{\text{día}} * 0,85 \frac{\text{factor}}{\text{aeración}}}$$

$$\text{Capac.} = \frac{376,20 \frac{\text{pie}^3 \text{ pulpa}}{\text{aereado} * \text{min.}}}{20,40}$$

$$\text{Capac.} = 18, 44 \frac{\text{pie}^3 \text{ pulpa}}{\text{aereado} * \text{min.}}$$

$$\text{Capac.} = 18, 44 \frac{\text{pie}^3 \text{ pulpa}}{\text{aereado} * \text{min.}} * 15, 72 \text{ min.}$$

$$\text{Capac.} = 289, 88 \text{ pie}^3$$

Nº de celdas (Rougher + Scavenger), considerando celdas Agitair 48

$$\# \text{ Celdas} = \frac{289,88 \text{ pie}^3}{40 \text{ pie}^3 / \text{celda}}$$

$$\# \text{ Celdas} = 7,25 \text{ celdas}$$

Se usará 8 celdas Agitair 48:

- Nº de celdas Cleaner = $\frac{2}{8} = 0,25$
- Celdas Cleaner = $\frac{0,25}{8} = 2,0$

Por razones de diseño se considerará 4.0 celdas Agitair N° 36.

Cálculo del volumen del acondicionador para el circuito DE Zn:

Para este circuito se considera un acondicionador de mayor capacidad, debido que la ley de Zn en la cabeza de mineral es más alta.

Cálculo del acondicionador real = 3 x lab (5 min)

$$3 \times 5 \text{ min} = 15 \text{ min}$$

$$26,65\text{m}^3 \times \frac{15}{60} = 6,66 \text{ m}^3 \text{ acondicionamiento}$$

$$6,66\text{m}^3 + (6,66 \times 15\%) = 7,66 \times \frac{264,18\text{gal}}{1\text{m}^3}$$

$$= \mathbf{2023,62\text{gal} - \text{pulpa}}$$

De acuerdo al catálogo de Denver se requiere un acondicionamiento con las especificaciones siguientes:

- Dimensión del Acondicionador = 6'Ø x 6'
- Tamaño de la hélice = 18"
- Energía Instalada = 7 HP

Circuito de flotación de zinc:

El circuito de Zinc en forma similar constara de una etapa de flotación Rougher, una Scavenger y limpiadoras, requiriéndose para ello 8 celdas Agitair 36.

Son necesario más celdas debido a que la ley de cabeza del Zn es 3 veces más que del plomo.

d. Filtrado

Se seguirá utilizando los mismos equipos en la sección de filtrado por que al momento de la adquisición del equipo fueron dimensionados pensando en una futura ampliacion a 240 TMSPD y también se cuentan con cochas para el depósito de concentrados.

e. Relave

En el área de relave por el momento no se realizara ningún aumento de capacidad por el momento, al aumentar la capacidad de la planta concentradora la Relavera tendría un tiempo de vida de 34 meses. Lo cual es factible para la ampliacion.

NOTA: Para la capacidad incrementada en operaciones se recomienda el tratamiento de la separación de las partículas finas de gruesos por medio de un hidrociclón, el cual será más óptimo al momento de la recuperación de agua para operaciones.

TABLA N° 35: Tiempo de vida de la relavera para la ampliación

Producción diaria de relaves	193.74	tn
Gravedad específica del sólido	3.10	
% de sólidos de la pulpa del relave	19.25	%
Densidad de la pulpa del relave	1.15	tn/m ³
Peso del relave al 72.78% de sólidos	1006.44	tmhd
Volumen diario de pulpa de relave	875.20	m ³
Volumen de almacenamiento disponible	918000	m ³
Tiempo de almacenamiento en días	1048.91	días
Tiempo de almacenamiento en meses	34.96	meses

FUENTE: Elaboración Propia

Agua en el relave general

$$H_2O = 270.26 \times \frac{83.46}{16.54}$$

$$H_2O = 1363.72 \text{ ton}/_{24hr}$$

$$H_2O = 1363.72 \times 907.2$$

$$H_2O = 1237166.70 \text{ } \frac{t}{24hr}$$

$$H_2O = 1237166.70 \frac{lt}{24hr} \times \frac{1gal}{3.785lt} \times \frac{1hr}{60 \text{ min}}$$

$$H_2O = \frac{1237166.70}{5450.4} \text{ GPM}$$

$$H_2O = 226.99 \text{ GPM} = 226.99 \frac{gal}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1hr} \times \frac{0.003785 \text{ m}^3}{1gal}$$

$$H_2O = 51.55 \text{ m}^3/hr$$

f. Agua total que debe consumir en la planta concentradora

Se debe tener en consideración el tema del agua; para no tener problemas en una futura ampliación de la planta a 240 TMSPD, si el tonelaje no abastece la capacidad se tiene que solicitar permiso al ANA para aumentar los galones actuales.

H ₂ O Concentrado de Plomo	=	8.18GPM
H ₂ O Concentrado de Zinc	=	30.08GPM
H ₂ O Relave General	=	<u>226.99GPM</u>
TOTAL	=	265.25GPM

Se considera 20% más debido a los usos en:

- Chancado
- Compresora
- Servicios (limpieza, reactivos etc)

	=	265.25 GPM
20% más	=	<u>53.05 GPM</u>
TOTAL	=	318.30 GPM

TOTAL = 318.30GPM = 72.29m³/hr

g. Suministro eléctrico

El proyecto de investigación que se está planteando en incrementar la producción de la planta concentradora a 240 TMSPD, cuenta con equipos y maquinarias que van ser modificadas y otros que van ser implementados, en la tabla se da a conocer los equipos y maquinarias que se va implementar.

Cada equipo requerido esta con su respetivo potencia de motor para así poder solicitar la ampliación de suministro eléctrico para que en la nueva ampliacion los equipos no sufran algún desperfecto y/o sobrecalentamiento sobre todo en horas punta.

Todos los equipos de color rojo son los que se va a incrementar, para la ampliación de planta a 240 TMSPD, algunos de los equipos existentes se están modificando.

Relación de equipos y maquinarias para la planta de beneficio de 240 TMSPD

TABLA N° 36: Equipos que se necesita para la ampliación

EQUIPOS Y MAQUINARIAS DE CAPACIDAD 240 TMSPD		
EQUIPOS		MOTOR
1	Tolva de Gruesos (100 tn)	
2	Faja alimentación (9,48 m)	15 HP
3	Grizzly Vibratorio (1,9m x 0,78m)	5 HP
4	Chancadora de Quijadas 15' x 24'	50 HP
5	Faja Transportadora (56 m)	12,5 HP
6	Faja Transportadora (36 m)	12,5HP
7	Chancadora Cónica de 2"	75 HP
8	Zaranda Vibratoria de doble piso 5' x 10'	12,5 HP
9	Tolva de Finos N°1 (120 tn)	
10	Faja Transportadora N° 1 (18,29 m)	5 HP
11	Faja Transportadora N°2 (25,29 m)	10 HP
12	Molino de Bolas N° 1 6' x 6'	150 HP
13	Molino de Bolas N° 2 6' x 6'	150 HP
14	Nido de Hidrociclones D10	
15	Bomba horizontal N° 1 4"x 3"	20 HP
16	Bomba horizontal N° 2 4"x 3"	20 HP
17	Celda Flash sub A 21	25 HP
19	Celda Ws N°1 (8" x 8")	30 HP
20	Celda Ws N°2 (8" x 8")	30 HP
21	Celda Ws N°3 (7" x 8")	30 HP
22	Celda Ws N°4 (7" x 8")	25 HP
23	Celda Ws N°5 (7" x 8")	25 HP
24	Celda sub A 21	20 HP
25	Tk super acondicionador 8 x 8 de Zinc No. 1	15 HP
26	Agitador de cal	12,5 HP
27	Celda Ws N°1 (8" x 8")	30 HP
28	Celda Ws N°2 (8" x 8")	30 HP
29	Celda Ws N°3 (7" x 8")	25 HP
30	Celda Ws N°4 (7" x 8")	25 HP
31	Celda Ws N°5 (7" x 8")	25 HP
32	Celda sub A 21	20 HP
33	Bomba 4 x 3	12,5 HP
34	Holding Tank 6'x6' de Pb	30 HP
35	Bomba de descarga de Holding Tank	30 HP
36	Filtro de Prensa	20 HP
37	Holding Tank 6'x6' de Zinc	30 HP
TOTAL DE ENERGIA		1047 HP =769.9 KW

FUENTE: Elaboración propia

Energía adicional requerida

• Soldadura	5,0
• Otros Equipos	12,0
• Luz en Planta	16,0
• Oficinas	5,0
• Campamentos	20,0
• Calefacción	<u>10,0</u>
TOTAL	68,0

ENERGÍA ADICIONAL = 68,0 HP = 50.71 KW

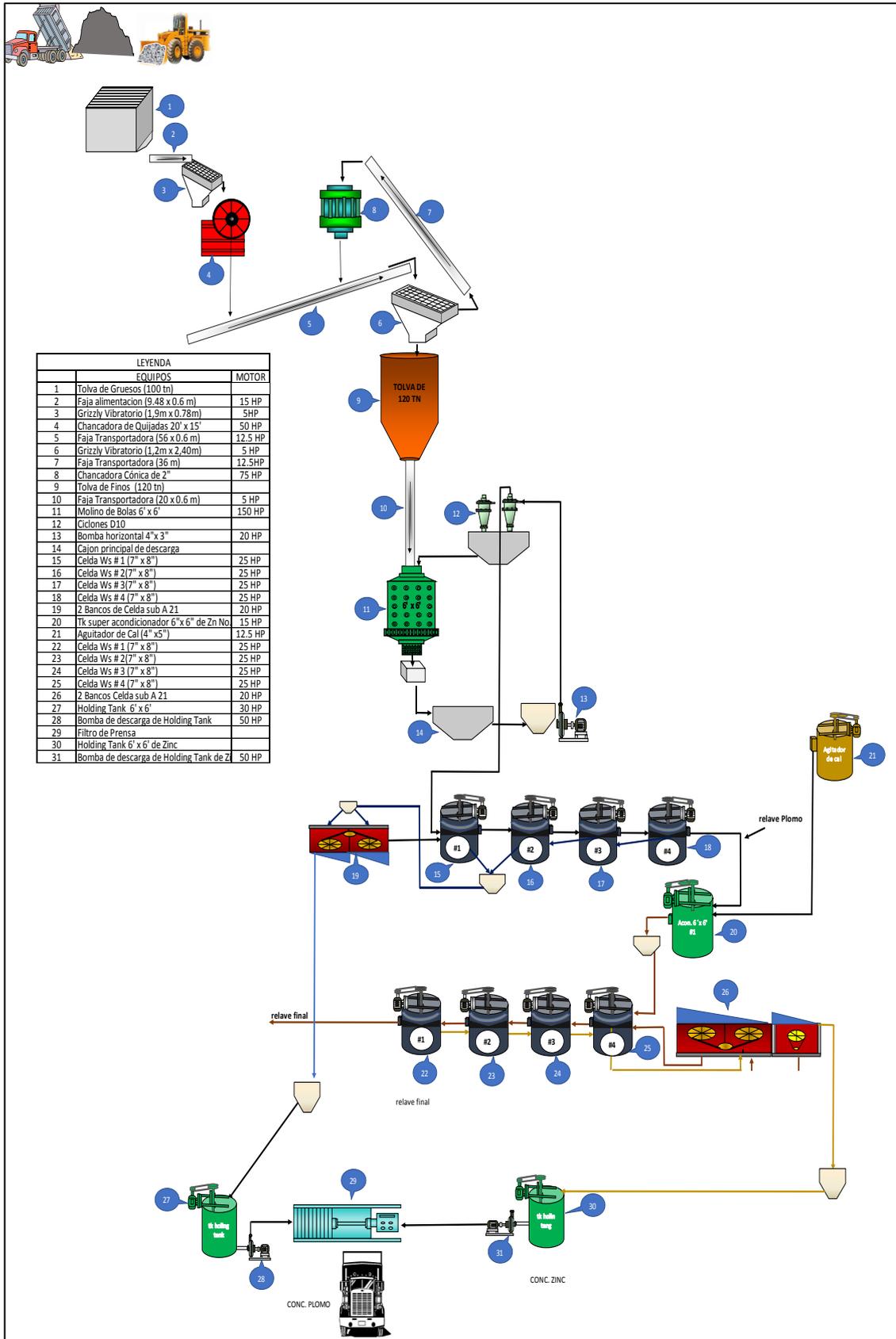
TOTAL DE ENERGIA CONSUMIDO EN PLANTA
CONCENTRADORA DE 240 TMSPD ES = **820 KW**

4.1.5. Flowsheet de la planta actual y la planta ampliada

Los siguientes diagramas de flujos son:

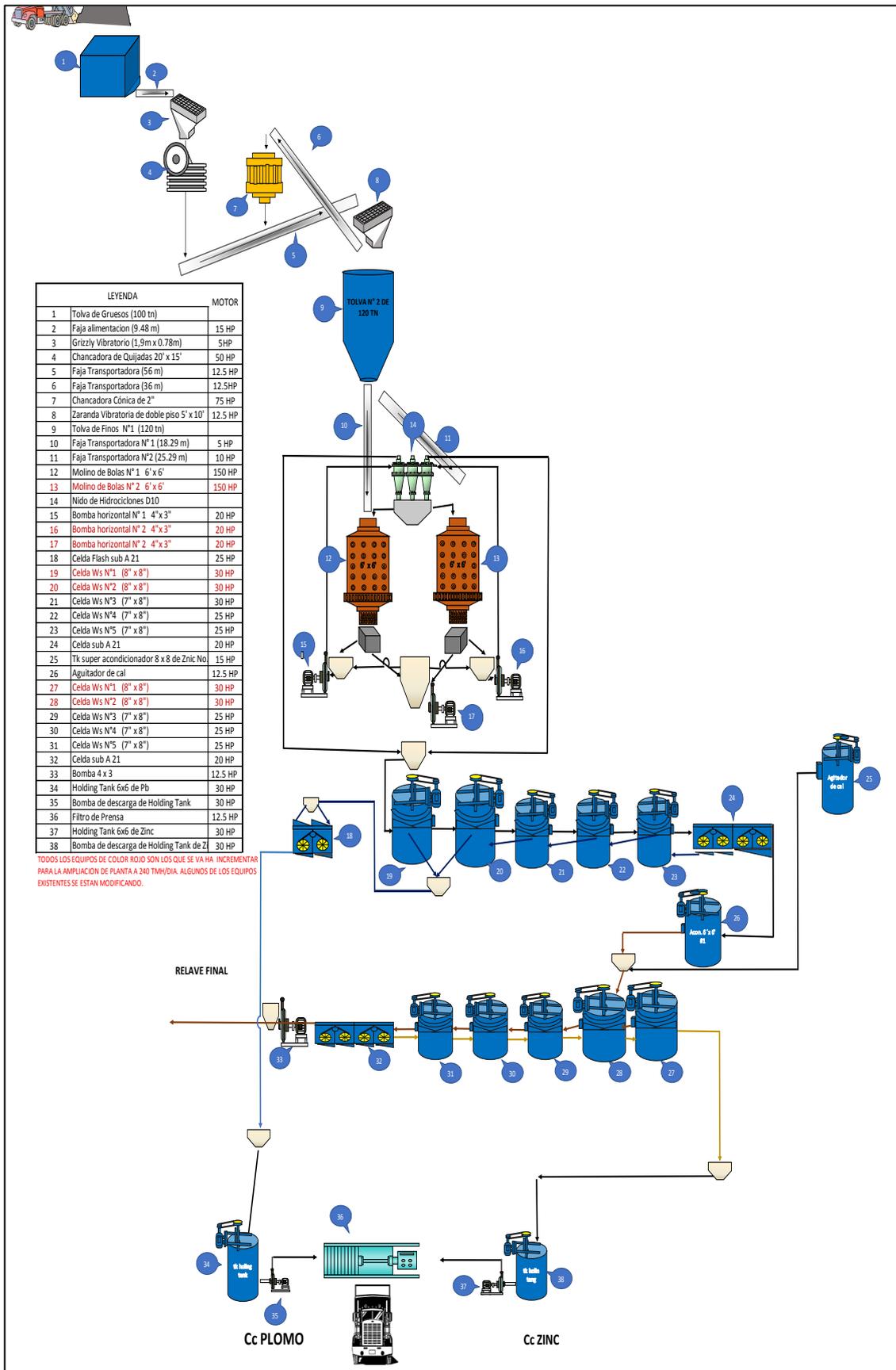
- Diagrama de flujo de 120 TMSPD: Este diagrama está en base a las dimensiones y capacidades actuales de la planta de benéficos el cual se encuentra bien elaborado y dimensionado en el circuito de chancado, filtro, relavera y consumo de agua para soportar la ampliacion de la planta a 240 TMSPD.
- Diagrama de flujo de 240 TMSPD: Este diagrama de la ampliación de capacidad de planta de beneficios San Martin está en base a la prueba de laboratorio de la ampliación y a la actual planta de benéficos ya que se modificara y/o aumentara equipos en el circuito de molienda y flotación.

GRÁFICO N° 9: Flowsheet Planta Concentradora 120 TMSPD



FUENTE: Elaboración propia

GRÁFICO N° 10: Flowsheet Planta Concentradora 240 TMSPD



FUENTE: Elaboración propia

4.1.6. Análisis económico.

Para la ampliación de la planta concentradora “San Martín” (Minera Perú Sol S.A.C.) los equipos a requerir son los siguientes:

De los cuales se comprara:

- El molino de bolas 6´x 6´.
- Los motores distintos.
- El mecanismo de las celdas.
- Transformador.
- Subestación.
- Nuevo cableado general.

Las celdas se están fabricando en la planta de acuerdo a los datos obtenidos de las celdas que se encuentran en planta y sus respectivas modificaciones, de acuerdo a nuestra celda patrón hecho en Perú Sol.

Las obras civiles (trabajo de cimentación y base para el nuevo molino y la subestación), se realizaron con los planos que se contaba del molino de bolas de 6´x 6´ que se encuentran en operaciones. Los trabajos civiles fueron realizados por 2 maestro de obras apoyado por los operadores de planta en los días de parada de planta para su mantenimiento.

Las celdas fueron hechas en planta concentradora por el ahorro de costos ya que se cotizo una celda Ws#240, el costo de cotización fue \$24,000.00 cada celda, debido a esto se optó por la fabricación de la misma con las modificaciones que se fueron realizando en las celdas de operación, llegando a un costo total \$16,000.00 c/u.

Materiales que se hizo requerimiento para la fabricación del cilindro de la Ws#240

TABLA N° 37: Requerimiento de materiales para la fabricación de los cilindros de la celdas

MATERIALES PARA CILINDRO DE CELDAS Ws# 240			
ÍTEM	MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
1	Plancha fn de 1/4" x 4" x 8"	40	Unid
2	Plancha fn de 1/2" x 4" x 8"	20	Unid
3	Viga H 3/8" x 5" x 5" x 6 metros	6	Unid
4	Tubo fn metálico SCH 40 de 8" de Æ x 6 metros	5	Unid
5	Viga C de 1/4" x 2" x 4" x 6 metros	10	Unid
6	Viga C de 5/16" x 2" x 6" x 6 metros	7	unid
7	Angulo de 5/16" x 3" x 3" x 6 metros	10	unid

FUENTE: Elaboración propia

Costo total para la ampliacion de la planta San Martín de 120 TMSPD a 240 TMSPD

TABLA N° 38: Costo total aproximado para la ampliacion de la planta

ÍTEM	CANT	EQUIPOS	VOLT	HP	PRECIO
ÁREA MOLIENDA					
1	1	MOLINO DE BOLAS 6' X 6'	-		\$ 130,000.00
2	1	MOTOR (MOLNO 6' X 6')	440	150 HP	
3	1	REDUCTOR DE VELOCIDAD PARA MOTOR DE 150 HP	-	-	
4	1	BOMBAS HORIZONTALES DE LODOS 4" X 3"			\$ 30,000.00
5	1	MOTOR PARA BOMBA 4" X 3"	440	20 HP	
6	1	HIDROCICLONES D10			
ÁREA FLOTACION					
7	4	CELDAS SERRANA 8' X 8'	-	-	\$ 65,000.00
8	4	MOTOR PARA CELDAS SERRANAS	440	40HP	
ÁREA ELÉCTRICA					
9	1	TRASFOMADOR TRIFÁSICO DE 500 KVA, 22900V	-	-	\$ 60,000.00
10	1	SUBESTACIÓN (CCM)	-	-	
11		INSTALACIÓN ELÉCTRICA GENERAL	-	-	\$ 30,000.00
FUENTE: Elaboración propia					\$ 285,000.00

ERROR +/- 10% = \$ 313,500.00

El costo para la aplicación de la planta se calculó en \$ **313,500.00** lo cual mucho interés de parte de la gerencia por el bajo costo del proyecto.

El costo para la ampliación fue dado como inversión a Minera Perú Sol S.A.C. de parte de la empresa MINEX S.A.C., mediante un contrato de exclusividad por el periodo de 3 años; en condición de obtener que sus clientes (mineros artesanales) tengan el servicio preferencial para el procesamiento de sus minerales y todo concentrado obtenido sea acopiado para ser vendido exclusivamente a la empresa MINEX S.A.C., esta empresa es exportadora de concentrados al país asiático China, el cual le pide un stock mensual mínimo de concentrado.

Debido a esto el dinero prestado a Minera Perú Sol S.A.C. Será devuelto en su totalidad sin intereses en un tiempo de 6 meses; la devolución de este dinero será descontado de los procesos que mensuales que sean de los servicios preferenciales (las mineras artesanales asociadas a MINEX S.A.C.)

A) COSTO OPERATIVO DE LA PLANTA

Costo operativo planta 120 tmspd

TABLA N° 39: Capacidad y días de operación mensual - planta de beneficios 120 TMSPD
120 TMSPD

T/C US\$	3.62
----------	-------------

Capacidad Instalada	120	TM
Días de operación	27	DIAS
Disponibilidad	87%	
Producción mensual	3,240	TM/MES

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 40: Costo de petróleo (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD

COSTO DE PETRÓLEO											
RELACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS	Cant.	Hor as	Costo/ hr	Valor/día	Días/mes	Valor/mes	Cons/D-2	Costo \$Gal/D-2	Cost/Total-D2	Costo	costo diesel US/TM
CARGADOR FRONTAL	1	6	150.00	900.00	30	7,458.56	5	3.54	106.08	354.70	2.96
COSTO PETRÓLEO US\$/TM										\$354.70	\$2.96

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 41: Costo de energía (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD

COSTO DE ENERGIA											
RELACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS	W.I. (Kw-hr/TM)	Tonelaje (TM/Día)	N° Día Operación	TM/Mes	Consumo Energia (Kw-hr/Mes)	Energía (Voltaje)	Valor (\$/Kw-Hr)	Factor:	Valor Total (\$/Kw-hr)	Costo Total (\$/Mes)	costo energía US/TM
SUMINISTRO DE ENERGIA	17.5	120	27.00	3240	56700	590.07	0.23	2	0.46	26,082.00	8.05
COSTO ENERGIA US\$/TM										\$26,082.00	\$8.05

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 42: Costo de aceros (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD

COSTO DE ACEROS					
BARRAS Y BOLAS DE ACEROS	Kg/Tm	Consumo Total Acero (Kg)	Costo Unt US\$/Kg	Costo Parcial US\$	Costo Aceros US\$/TM
CHANCADORA PRIMARIA QUIJADA	0.0800	9.60	3.20	30.72	0.256
CHANCADORA SECUNDARIA QUIJADA		0.00	3.20	0.00	0
CHAQUETAS DE ACERO PARA MOLINO 6'x6'	0.2500	30.00	4.32	129.60	1.08
BOLAS DE ACERO, PARA MOLINO 6'x6'	0.6000	72.00	1.40	100.80	0.84
COSTO ACEROS US\$/TM				\$261.12	\$ 2.18

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 43: Costo de mano de obras (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD

COSTO DE MANO DE OBRA							
MANO DE OBRA	Cant	Sueldo (Soles)	Sueldo (US\$)	Subtotal	Leyes Sociales 80.76%	Total US\$	Costo Mano Obra US\$/TM
Jefe de Planta / Superintendente	1.00	150.00	41.44	41.44	33.46	74.90	0.62
Laboratorista	1.00	75.00	20.72	20.72	16.73	37.45	0.31
Ayudante Laboratorista	1.00	40.00	11.05	11.05	8.92	19.97	0.17
Jefe de Guardia	3.00	100.00	27.62	82.87	66.93	149.80	1.25
Electricista	2.00	60.00	16.57	33.15	26.77	59.92	0.50
Administrador	1.00	75.00	20.72	20.72	16.73	37.45	0.31
Almacenero	1.00	40.00	11.05	11.05	8.92	19.97	0.17
Chofer Operador	1.00	45.00	12.43	12.43	10.04	22.47	0.19
Chancadores	3.00	40.00	11.05	33.15	26.77	59.92	0.50
Flotadores	3.00	50.00	13.81	41.44	33.46	74.90	0.62
Molineros	3.00	45.00	12.43	37.29	30.12	67.41	0.56
Filtreros	3.00	60.00	16.57	49.72	40.16	89.88	0.75
Soldador/mecánico	2.00	65.00	17.96	35.91	29.00	64.91	0.54
Ingeniero Seguridad	1.00	90.00	24.86	24.86	20.08	44.94	0.37
COSTO MANO DE OBRA US\$/TM	31.00			548.34	442.84	\$991.18	\$8.26

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 44: Otros costos (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD

OTROS COSTOS	Costo Diario	COSTO US\$/TM
Alimentación	\$128.45	\$1.07
Depreciación Planta y Equipos	\$216.05	\$1.80
Laboratorio	\$39.78	\$0.33
Gastos Administrativos y Comunidades	\$150.00	\$1.25
Mantenimiento y reparación equipos	\$310.40	\$2.59

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 45: Costos de reactivos (US\$/TM) – Planta 120 TMSPD

REACTIVOS	Kg/Tm	COSTO DE REACTIVOS			
		PARA 120	Costo Unt US\$	Costo Parcial US\$	Costo Reactivos US\$/TM
SULFATO DE ZINC	0.6500	78.00	0.81	63.18	0.53
SULFATO DE COBRE	0.4500	54.00	2.95	159.03	1.33
CIANURO DE Na	0.0494	5.93	3.27	19.40	0.16
XANTHATO Z-11	0.0310	3.72	2.60	9.67	0.08
XANTHATO Z-6	0.0235	2.82	3.40	9.60	0.08
ESPUMANTE MIBC	0.0982	11.79	5.45	64.29	0.54
AEROPROMOTER 404	0.0230	2.76	4.90	13.52	0.11
CAL VIVA	0.0280	3.36	1.90	6.38	0.05
DOWFROTH 250	0.0959	11.51	8.73	100.41	0.84
AEROFLOAT 208	0.0100	1.20	5.13	6.15	0.05
AEROFLOAT 3418	0.0130	1.56	18.00	28.08	0.23
AEROFLOT 125	0.0130	1.56	9.58	14.94	0.12
AEROFLOT 242	0.0030	0.36	7.80	2.81	0.02
BISULFITO DE SODIO	0.0110	1.32	1.80	2.38	0.02
AEROFLOAT - 31	0.0200	2.40	5.40	12.96	0.11
AEROFLOAT 208	0.0471	5.65	1.10	6.21	0.05
COSTO REACTIVOS US\$/TM				\$519.01	\$ 4.33

FUENTE: Elaboración propia

B) COSTO OPERATIVO PLANTA 240 TMSPD.

240TMSPD- ampliacion.

TABLA N° 46: Capacidad y dias de operación mensual - planta de beneficios 240 TMSPD

T/C US\$	3.62
-----------------	-------------

Capacidad Instalada	240	TM
Días de operación	27	DIAS
Disponibilidad	87%	
Producción mensual	6,480	TMH/MES

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 47: Costo de petróleo (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD

COSTO DE PETRÓLEO											
RELACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS	Cant.	Horas	Costo/ hr	Valor/día	Días/mes	Valor/mes	Cons/D-2	Costo \$Gal/D-2	Cost/Total-D2	Costo	costo diesel US/TM
CARGADOR FRONTAL	1	12	150.00	1800.00	30	14,917.13	5	3.54	212.15	709.39	2.96
COSTO PETRÓLEO US\$/TM										\$709.39	\$2.96

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 48: Costo de energía (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD

COSTO DE ENERGIA											
RELACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS	W.I. (Kw-hr/TM)	Tonelaje (TM/Día)	N° Día Operación	TM/Mes	Con. Eneq (Kw-hr/Mes)	Energia (Voltaje)	Valor (\$/Kw-Hr)	Factor	Valor Total (\$/Kw-hr)	Costo Total (\$/Mes)	costo energía US/TMH
SUMINISTRO DE ENERGIA	14.2	240	27.00	6480	92016	849	0.23	2	0.46	42,327.36	6.53
COSTO ENERGIA US\$/TMH										\$42,327.36	\$6.53

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 49: Costo de aceros (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD

COSTO DE ACEROS					
		Consumo Total Acero (Kg)	US\$/Kg	US\$	US\$/TM
CHANCADORA PRIMARIA QUIJADA	0.0800	19.20	3.20	61.44	0.256
CHANCADORA SECUNDARIA QUIJADA	0.0800	0.00	3.20	0.00	0
CHAQUETAS DE ACERO PARA MOLINO 6'x6'	0.2500	60.00	4.32	259.20	1.08
BOLAS DE ACERO, PARA MOLINO 6'x 6'	0.6000	144.00	1.40	201.60	0.84
COSTO ACEROS US\$/TMH				\$522.24	\$ 2.18

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 50: Costo de mano de obra (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD

COSTO DE MANO DE OBRA							
MANO DE OBRA	Cant	Sueldo (Soles)	Sueldo (US\$)	Subtotal	Leyes Sociales 80.76%	Total US\$	Costo Mano Obra US\$/TMH
Jefe de Planta / Superintendente	1.00	180.00	49.72	49.72	40.16	89.88	0.37
Laboratorista	1.00	75.00	20.72	20.72	16.73	37.45	0.16
Ayte Laboratorista	1.00	40.00	11.05	11.05	8.92	19.97	0.08
Jefe de Guardia	3.00	120.00	33.15	99.45	80.31	179.76	0.75
Electricista	2.00	60.00	16.57	33.15	26.77	59.92	0.25
Administrador	1.00	75.00	20.72	20.72	16.73	37.45	0.16
Almacenero	1.00	45.00	12.43	12.43	10.04	22.47	0.09
Chofer Operador	1.00	50.00	13.81	13.81	11.15	24.97	0.10
Chancadores	3.00	45.00	12.43	37.29	30.12	67.41	0.28
Flotadores	3.00	60.00	16.57	49.72	40.16	89.88	0.37
Molineros	3.00	55.00	15.19	45.58	36.81	82.39	0.34
Filtreros	3.00	65.00	17.96	53.87	43.50	97.37	0.41
Soldador/mecánico	2.00	65.00	17.96	35.91	29.00	64.91	0.27
Ingeniero de Seguridad	1.00	100.00	27.62	27.62	22.31	49.93	0.21
COSTO MANO DE OBRA US\$/TMH	31.00			603.59	487.46	\$1,091.05	\$ 4.55

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 51: Costo reactivos (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD

COSTO DE REACTIVOS					
REACTIVOS	Kg/Tm	PARA 240	Costo Unt US\$	Costo Parcial US\$	Costo Reactivos US\$/TMH
SULFATO DE ZINC	0.3000	72.00	0.81	58.32	0.24
SULFATO DE COBRE	0.2500	60.00	2.95	176.70	0.74
CIANURO DE Na	0.0394	9.46	3.27	30.94	0.13
XANTHATO Z-11	0.0000	0.00	2.60	0.00	0.00
XANTHATO Z-6	0.0235	5.64	3.40	19.19	0.08
ESPUMANTE MIBC	0.0682	16.38	5.45	89.31	0.37
AEROPROMOTER 404	0.0130	3.12	4.90	15.29	0.06
CAL VIVA	0.0100	2.40	1.90	4.56	0.02
DOWFROTH 250	0.0259	6.21	8.73	54.21	0.23
AEROFLOAT 208	2.5000	12.00	5.13	61.53	0.26
AEROFLOAT 3418	0.0130	3.12	18.00	56.16	0.23
AEROFLOT 125	0.0130	3.12	9.58	29.89	0.12
AEROFLOT 242	0.0030	0.72	7.80	5.62	0.02
BISULFITO DE SODIO	0.0110	2.64	1.80	4.75	0.02
AEROFLOAT - 31	0.0200	4.80	5.40	25.92	0.11
AEROFLOAT 208	0.0471	11.29	1.10	12.42	0.05
COSTO REACTIVOS			US\$/TMH	\$644.80	\$ 2.69

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 52: Costo reactivos (US\$/TM) – Planta 240 TMSPD

OTROS COSTOS		
	Costo Diario	COSTO US\$/TMH
Alimentación	\$128.45	\$0.54
Depreciación Planta y Equipos	\$216.05	\$0.90
Laboratorio	\$39.78	\$0.17
Gastos Administrativos y Comunidades	\$150.00	\$0.63
Mantenimiento y reparación equipos	\$310.40	\$1.29

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 53: Costo total de operaciones en planta de 120 TMSPD.**FUENTE:** Elaboración propia

RESUMEN- COSTO TOTAL TEÓRICO DE OPERACIÓN DE PLANTA US\$/TMH			
PRODUCCIÓN EN TM/DÍA	240	%	COSTO REAL EN OPERACIONES
Alimentación	\$0.54	2.39%	\$ 0.40
Depreciación Planta y Equipos	\$0.90	4.02%	\$ 0.68
Reactivos	\$2.69	11.99%	\$ 2.02
Laboratorio	\$0.17	0.74%	\$ 0.12
Mano de obra	\$4.55	20.28%	\$ 3.41
Gastos Administrativos y Comunidades	\$0.63	2.79%	\$ 0.47
Mantenimiento y reparación equipos	\$1.29	5.77%	\$ 0.97
Aceros	\$2.18	9.71%	\$ 1.63
Fuerza motriz y petróleo	\$2.96	13.19%	\$ 2.22
Energía	\$6.53	29.14%	\$ 4.90
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN US\$/TM	\$22.42	100.00%	\$ 16.81

TABLA N° 54: Costo total de operación en planta 240 TMSPD.

RESUMEN- COSTO TOTAL DE OPERACIÓN DE PLANTA US\$/TMH			
PRODUCCIÓN EN TM/DÍA	120	%	COSTO REAL EN OPERACIONES
Alimentación	\$1.07	3.26%	\$ 0.80
Depreciación Planta y Equipos	\$1.80	5.49%	\$ 1.35
Reactivos	\$4.33	13.18%	\$ 3.24
Laboratorio	\$0.33	1.01%	\$ 0.25
Mano de obra	\$8.26	25.18%	\$ 6.19
Gastos Administrativos y Comunidades	\$1.25	3.81%	\$ 0.94
Mantenimiento y reparación equipos	\$2.59	7.88%	\$ 1.94
Aceros	\$2.18	6.63%	\$ 1.63
Fuerza motriz y petróleo	\$2.96	9.01%	\$ 2.22
Energía	\$8.05	24.54%	\$ 6.04
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN US\$/TM	\$32.81	100.00%	\$ 24.60

FUENTE: Elaboración propia

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Presentación.

El presente proyecto de investigación desarrollado en la PLANTA DE BENEFICIO “SAN MARTÍN”, para tratar minerales polimetálicos de la mina, considera una actual de tratamiento de 120 TMSPD y se proyecta ampliar su capacidad de tratamiento de 240 TMPD, a costo mínimo.

El estudio toma como base los parámetros determinados en las PRUEBAS DE FLOTACIÓN desarrollados a nivel de Laboratorio (escala Bach). Con los

resultados de la prueba antes mencionada se ha elaborado el Diagrama de Flujo con su respectivo Balance Metalúrgico proyectado y se han definido los equipos del proceso y el arreglo o disposición de equipos.

Lo cual se adjuntó en el presente proyecto el Listado de Equipos, acompañado del tamaño nominal y su respectiva potencia y el requerimiento de los Servicios Auxiliares, como potencia, aire y agua, elementos importantes de apoyo al proceso metalúrgico.

4.2.2. Análisis.

Definido el proceso, se procedió a definir y analizar los resultados obtenidos del Balance Metalúrgico realizado a partir de los resultados de laboratorio y escalados a nivel industrial. Con la información obtenida, se procede a realizar una Pre-Selección de los equipos principales de proceso y auxiliares respectivos, los cuales se muestran en el diagrama de flujo.

Definido los equipos que se van a utilizar, se elabora un arreglo general y la elevación respectiva donde se puede observar la ubicación de las máquinas.

Al final se hace una descripción del proceso Metalúrgico, y se adjunta en los anexos los planos de los arreglos y sus secciones respectivas, así mismo el requerimiento de servicios auxiliares y el Diagrama de Proceso Balanceado.

4.2.3. Interpretación de los resultados.

a) Chancado: Esta sección, según los resultados obtenidos en los balances no sería necesario su modificación ya que en la actualidad se chanca entre 6 a 8 horas diarias, por lo cual se implementará el chancado en ambos guardias cuidando siempre las horas punta para no sobrecargarla energía eléctrica y esto traducirse en más costos operacionales.

b) Molienda: La operación de molienda – clasificación se realizará en dos circuitos cerrados con dos molinos de bolas de 6' x 6' con hidrociclones Krebs D-10 para cada circuito de molienda. El diseño se hará para 240 TMPD en 24 horas de operación continua. Para lo cual se necesita los siguientes equipos y materiales:

- Molino de bolas 6' x 6'.
- Motor para el molino de bolas 150 HP.
- Motoreductor para el motor del molino de bolas 6' x 6'.
- Hidrociclón Krebs D-10.
- Bomba horizontal de lodos 4" X 3".
- Motor para la bomba de lodos 20 HP.
- Obras civiles para la base del molino.

c) Circuito de plomo: En esta etapa se recuperará al plomo y plata por flotación, empezando con una etapa con las celdas unitarias la cual descabezará siempre y cuando verificando la cabeza del plomo, la pulpa seguido de 2 celdas Rougher, 3 de Scavenger, y dos etapas de limpieza. Para lo cual se necesitaría 2 celdas modelo Ws # 240, la cual está en proceso de fabricación en las instalaciones de planta San Martín, el circuito de plomo cuenta con siguientes equipos:

- 1 celda unitaria modelo Denver Sub-A21
- 3 celdas Ws# 7' x 8' debidamente modificados y puestos a prueba y con un funcionamiento sobre dimensionado a su capacidad.
- 2 bancos de celda modelo Denver Sub-A21.
- 1 bomba vertical de 2' x 2' en stand by.

d) Flotación de zinc: En esta etapa se recuperará al zinc por flotación, empezando con una etapa de acondicionamiento para activar el zinc de la pulpa seguido de una etapa Rougher en 2 celdas y 3 Scavenger y 2 celdas de limpieza. Para lo cual se necesitaría 2 celdas modelo Ws # 240, la cual está en proceso de fabricación en las instalaciones de planta San Martin, el circuito de Zinc cuenta con siguientes equipos:

- 1 acondicionador.
- 1 banco de celda modelo Denver Sub-A21
- 3 celdas Ws# 7' x 8' debidamente modificados y puestos a prueba y con un funcionamiento sobre dimensionado a su capacidad.
- 1 banco de celda modelo Denver Sub-A21.
- Bomba vertical de 2' x 2' en stand bye.

NOTA: En el circuito de Zinc se tenía problemas con la limpieza del concentrado, y se contaba con 2 bancos de celdas modelo Denver Sub-A21 como scavenger, esto fue modificado quedando 1 banco de celda modelo Sub-A21 como cleaner y 1 banco de celda modelo Sub-A21 como scavenger final, lo cual nos dio resultados óptimos en la limpieza del concentrado y reducción de relave.

Como las celdas para ambos circuitos son de la misma capacidad se hizo el requerimiento general de lo siguiente; gracias a ellos los costos de compra de las celdas se reduce a la mitad del precio inicial; lo cual genera mejor rentabilidad al proyecto de ampliacion de la planta de beneficios San Martin.

TABLA N° 55: Materiales requeridos para la fabricación del cilindro de la celda

MATERIALES PARA CILINDRO DE CELDAS Ws# 240			
ÍTEM	MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
1	Plancha fn de 1/4" x 4" x 8"	40	Unid
2	Plancha fn de 1/2" x 4" x 8"	20	Unid
3	Viga H 3/8" x 5" x 5" x 6 metros	6	Unid
4	Tubo fn metálico SCH 40 de 8" de Æ x 6 metros	5	Unid
5	Viga C de 1/4" x 2" x 4" x 6 metros	10	Unid
6	Viga C de 5/16" x 2" x 6" x 6 metros	7	Unid
7	Angulo de 5/16" x 3" x 3" x 6 metros	10	Unid

FUENTE: Elaboración propia

El mecanismo de la celda se mandó a fabricar y se compró los motores de acuerdo con los HP requeridos para la operación.

NOTA: La primera celda fabricada en planta San Martin fue probada con flujo de carga del relave y se obtuvo resultados favorables para la operación. En base a eso se dio algunos detalles en el sistema mecánico de las celdas para un mejor funcionamiento.

- e) **Filtro:** El área de filtro no será modificado por que las dimensiones del filtro prensa fueron comprados pensando en una futura ampliacion de la planta y los 2 holding tank seguirán cumpliendo la función de depósito temporal de la pulpa de concentrado tanto para el plomo y zinc, si algún momento llegara minerales con leyes superiores a 15% en cabeza, se tiene preparado 5 cochas cada una con capacidad 60 tn de concentrado; estas cochas fueron utilizados en sus los inicios de las operaciones de planta concentradora San Martin, una vez puesto el filtro prensa quedaron en stand bye para ser utilizados en cualquier momento que pueda ocurrir algún inconveniente en operaciones.

f) **Relave:** El depósito de relave se realizará en el depósito denominado cancha de relaves N°1. El transporte de relaves desde la planta hasta la cancha de relaves se hace a través de tubería de HDPE de 4 pulgadas de alta densidad, el rebose clarificado de esta operación se va a recircular a la planta, antes de la ampliacion la Relavera tenía un tiempo de vida de 69 meses con esta ampliacion.

g) **Consumo de agua:** El consumo de agua para la ampliacion de planta de acuerdo con el balance realizado es 72.29 m³/hr.

El obtenido en el área de relave es de 51.55 m³/hr.

El faltante de agua que es 10.74 m³/hr será bombeado del tanque de agua fresca que se encuentra en la parte baja de la planta concentradora que tiene una capacidad de 194 m³.

TABLA N° 56: Tiempo de vida de la relavera para la nueva ampliacion **Relavera N°1**

Fecha de medición del volumen 05/04/2019
Cota 4227 msnm

TABLA N°1:

Producción diaria de relaves	193.74	tn
Gravedad especifica del solido	3.10	
% de solidos de la pulpa del relave	19.25	%
Densidad de la pulpa del relave	1.15	tn/m ³
Peso del relave al 72.78% de solidos	1006.44	TMSPD
Volumen diario de pulpa de relave	875.20	m ³
Volumen de almacenamiento disponible	918000	m ³
Tiempo de almacenamiento en dias	1048.91	dias
Tiempo de almacenamiento en meses	34.96	meses

FUENTE: Elaboración propia

h) **Suministro eléctrico:** En la evaluación de incremento de la capacidad de 120 TMSPD A 240 TMSPD, se puede apreciar que algunos equipos es necesario implementar otros van ser modificados y si es posible el incremento de capacidad después de haber realizado las pruebas a nivel Bach.

Los consumos de energía para el funcionamiento de la planta de beneficio a 120 TMSPD, es de 747 HP, si se incrementa a 240 TMSPD el consumo de energía es de 1047 HP. Este incremento se reduce debido a los nuevos tonelajes que se va a tratar es decir las utilidades de la empresa cubre los gastos de operación.

TABLA N° 57: Suministro de energía para las 240 TMSPD

CAP. ENERGIA 120 TN	815 HP	607.7455 Kw
CAP. ENERGIA 240 TN	1047 HP	780.7479 Kw
ENERGIA RQ. PARA LA AMPLIACION	232 HP	173.0024 Kw
NOTA: Actualmente la planta concentradora cuenta con 750 kw de suministro eléctrico de parte de la empresa ELECTROCENTRO, se hizo la documentación adecuada para la ampliación de suministro eléctrico a 1000 Kw.		

FUENTE: Elaboración propia

- a) **Ingresos mensuales:** A continuación, se detalla los costos e ingresos mensuales de la planta de 120 TMSPD y la ampliación a 240 TMSPD.

TABLA N° 58: Ingreso mensual en planta 120 TMSPD

COSTOS TOTALES EN PLANTA 120 TM DÍA			
	U\$\$/TMH	TOTAL TMH MES	COSTO TOTAL MENSUAL
COSTO OPERACIÓN U\$\$/TMH	\$ 32.81	3,240	\$ 106,290.80
INGRESO U\$\$/TMH POR TN DE PROCESO	\$ 49.66	3,240	\$ 160,898.40
INGRESOS MENSUALES TOTAL			\$ 54,607.60

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 59: Ingreso mensual en planta 240 TMSPD

COSTOS TOTALES EN PLANTA 240 TM DÍA			
	U\$\$/TMH	TOTAL, TMH MES	COSTO TOTAL MENSUAL
COSTO OPERACIÓN U\$\$/TMH	\$ 22.42	6,480	\$ 145,255.90
INGRESO U\$\$/TMH POR TN DE PROCESO	\$ 48.66	6,480	\$ 315,316.80
INGRESOS MENSUALES TOTAL			\$ 170,060.90

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 60: Diferencia mensual de ingreso mensual

DIFERENCIA DE INGRESOS	
GANACIA MENSUAL 120 TMHD	\$ 54,607.00
GANACIA MENSUAL 240 TMHD	\$ 170,060.00
TOTAL	\$ 115,453.00

FUENTE: Elaboración propia

Con la ampliación de planta San Martín de 120 TMSPD a 240 TMSPD el incremento de ingreso mensual (ganancias) se duplicaría, ya que algunos equipos fueron sobredimensionados de acuerdo con su capacidad actual, por eso se ve el alto costo operacional actual, el reto diario actual es minimizar esos costos operacionales los cuales está dando resultados tanto en bajar el costo de reactivos, aceros y eléctrico.

Los costos operacionales mencionados son al 100% pero en planta se maneja el costo al 80%; ya que los requerimientos mensuales solo llegan al 80% y esto hace que su costo operacional este en \$25,76 por TMH tratado.

Devolución del capital prestado para la ampliación.

Como se mencionó anteriormente el capital prestado para la aplicación de la planta se calculó en \$ **313,500.00** este monto fue dado por parte de la empresa MINEX S.A.C., mediante un contrato de exclusividad por el periodo de 3 años; en condición de obtener que sus clientes (mineros artesanales) tengan el servicio preferencial para el procesamiento de sus minerales y todo concentrado obtenido sea acopiado para ser vendido exclusivamente a la empresa MINEX S.A.C. El tonelaje mensual de proceso de MINEX S.A.C será 25500 TMH/mes, el cual será descontado hasta terminar pagar el costo de préstamo. En los siguientes cuadros se detalla los ingresos mensuales y lo que tiene que pagar Minera Perú Sol a la empresa MINEX y en cuanto tiempo va pagar el monto total.

TABLA N° 61: Ingreso de beneficio económico mensual con la ampliacion.

INGRESOS MENSUALES APROX		COSTO OPERACIONAL MENSUAL APROX	
COSTO/ TN PROCESO	\$ 48.66	COSTO OPERACIÓN/ TN	\$ 22.44
DIAS TRABAJADOS MES	27	DIAS TRABAJADOS MES	27
TN PROCESADO DÍA	240	TN PROCESADO DÍA	240
TN MENSUAL APROX A PROCESAR	6,480.00	TN MENSUAL APROX A PROCESAR	6,480.00
INGRESO MENSUAL APROX	\$ 315,316.8	GASTO MENSUAL APROX	\$ 145,281.60
			\$ 170,035.20

FUENTE: Elaboración propia**TABLA N° 62:** Pago mensual del dinero prestado para la ampliacion.

INGRESO MENSUAL DE MINERAL PROCESADO DE ASOCIADOS MINEX		COSTO OPERACIONAL MENSUAL DE MINERAL PROCESADO DE ASOCIADOS MINEX	
COSTO/ TN PROCESO	\$ 48.66	COSTO OPERACIÓN/ TN	\$ 22.42
DIAS TRABAJADOS MES	12	DIAS TRABAJADOS MES	12
TN PROCESADO DÍA	216	TN PROCESADO DÍA	216
TN MENSUAL APROX A PROCESAR	2,592.00	TN MENSUAL APROX A PROCESAR	2,592.00
INGRESO MENSUAL APROX	\$ 126,126.7	GASTO MENSUAL APROX	\$ 58,112.64
			\$ 68,014.08

FUENTE: Elaboración propia

El ingreso mensual neto sería \$ 170,035.20 de los cuales se tiene que pagar el monto empréstado a la empresa MINEX con procesamiento de mineral de sus asociados (25092 tmh/mes aprox) a costo cero hasta terminar de cancelar el monto total prestado; y cumplir con el contrato de 3 años de obtención del concentrado total del proceso de planta San Martín; para lo cual se detalla a continuación en cuanto tiempo aproximado se pagaría el monto y si es factible para los intereses de Minera Perú sol S.A.C.

El costo operacional mensual para el procesamiento de mineral de MINEX asociados (2,592.00 tmh/mes) es \$ **58,112.64** y los ingresos que se obtendría sería \$ **126,126.7**, lo cual nos daría una ganancia neta de \$ **68,014.08** el cual

sería pagado a la Empresa MINEX de manera mensual; lo cual nos indica que el préstamo para la ampliación de planta sería devuelto a la Empresa MINEX **en 5 meses** después del inicio de operaciones con las 240 TMSPD.

Ahora detallaremos si durante esos 5 meses la empresa Minera Perú Sol S.A.C. será más rentable operando a 240 TMSPD que a 120 TMSPD:

El tonelaje mensual procesando sería **6,480.00 TMH**, el cual daría un gasto operacional mensual \$ **145,281.60** y un ingreso mensual \$ **315,316.80**, lo cual nos daría una ganancia neta mensual de \$ **170,035.20**.

Haciendo la diferencia entre el ingreso mensual y pago del préstamo mensual nos da una ganancia neta \$ **102,021.12** el cual es superior a las ganancias netas obtenidas con la capacidad actual de la planta concentradora San Martín (\$ **54,607.60**).

TABLA N° 63: Ingreso líquido mensual de beneficio económico después de la ampliación.

INGRESO MENSUAL	\$ 170,035.20
PAGO DE PRÉSTAMO MENSUAL	\$ 68,014.08
GANANCIA NETO MENSUAL	\$ 102,021.12

FUENTE: elaboración propia

De este resultado se puede precisar que la ampliación sería beneficio en todos los ámbitos a la Empresa Minera Perú Sol S.A.C., porque se bajaría el costo operacional y una vez terminado pagar la deuda del préstamo, el ingreso mensual neto se triplicaría al ingreso actual.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis específica 1: parámetros para la ampliación de la planta de beneficio

Los resultados de las pruebas experimentales a nivel laboratorio, la caracterización físico química y mineralógica de los minerales, los resultados metalúrgicos a nivel planta del tratamiento de los minerales, las condiciones

operativas adecuadas a nivel planta, la experiencia del tratamiento de los minerales y demás criterios; todos estos parámetros obtenidos mediante la evaluación técnica realizada, hacen posible llevar a cabo la ampliación de la planta de beneficio de 120 TMSPD a 240 TMSPD.

En consecuencia, se produce una asociación o relación directa entre los parámetros obtenidos y la ampliación de la planta de beneficio, lo cual valida nuestra hipótesis.

4.3.2. Prueba de hipótesis específica 2: equipos a reemplazarse y requerimientos para la ampliación de la planta de beneficio

Los balances metalúrgicos de los minerales a niveles de laboratorio y planta, los balances de los materiales de la planta actual y su proyección (sólidos y agua), el diseño de la configuración de la planta, el diseño de los equipos instalados en la planta actual y su proyección, el diseño de la cancha de relaves actual y su proyección, los requerimientos de servicios, los insumos adicionales, el estimado económico, la experiencia en el dimensionamiento de la planta y demás criterios; todos estos factores obtenidos mediante la evaluación técnica y económica realizada, hacen posible determinar en función a sus capacidades de tratamiento los requerimientos de los equipos y maquinarias, los equipos a reemplazarse y los equipos que cubren el tratamiento proyectado de los minerales.

En consecuencia, se produce una asociación o relación directa entre el factor equipos y maquinarias a reemplazarse y la ampliación de la planta de beneficio de 120 TMSPD a 240 TMSPD, lo cual valida nuestra hipótesis.

4.3.3. Prueba de hipótesis general: estudio técnico económico para la ampliación de la planta de beneficio

El estudio técnico y de ingeniería, el análisis económico y la experiencia en la formulación del proyecto; todos estos aspectos obtenidos mediante la evaluación técnica económica realizada hacen posible llevar a cabo la ampliación de la planta de beneficio de 120 TMD a 240 TMD.

En consecuencia, se produce una asociación o relación directa entre el estudio técnico económico obtenido y la ampliación de la planta de beneficio, lo cual valida nuestra hipótesis.

4.4. Discusión de resultados

La discusión de los resultados se ha realizado en coherencia con la formulación de los objetivos trazados en el presente trabajo de investigación y teniéndose en cuenta los diagramas de flujo actual (Gráfica N° 9) y lo planteado en el incremento (Gráfica N° 10) de acuerdo a la evaluación de los parámetros para la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSPD a 240 TMSPD (Minera Perú Sol S.A.C.):

- a.** A través de los parámetros evaluados en cada sección de la planta y los balances metalúrgicos de los minerales, se ha llevado a cabo el diseño de los equipos para la planta.
- b.** La planta actual de beneficio San Martín viene operando con un tonelaje de 120 TMSPD, entonces, existe una necesidad urgente de incrementar el tonelaje de tratamiento de los minerales, ya que el beneficio económico para Minera Perú Sol S.A.C. se incrementa en 300%, debido a que no será necesario hacer una modificación y/o reemplazo completo de la planta actual; solo se está aumentando el circuito de molienda y flotación a bajo costo económico.

TABLA N° 64: Diferencia de ingresos liquido mensual de beneficio económico entre ambos tonelajes procesados día.

DIFERENCIA DE INGRESOS	
GANANCIA MENSUAL 120 TMD	\$ 54,607.00
GANANCIA MENSUAL 240 TMD	\$ 170,060.00
TOTAL	\$ 115,453.00

FUENTE: Elaboración propia.

- c. Los equipos actuales seguirán trabajando de manera normal y algunos de los equipos existentes serán modificados en su mecanismo para no tener problemas operacionales para el tratamiento de las 240 TMSPD.

Se compararán los equipos faltantes los cuales son detallados a continuación con sus dimensiones específicas.

TABLA N° 65: Equipos y maquinarias para la ampliación de la capacidad de planta a 250 TMSPD.

	EQUIPOS	MOTOR
1	Faja Transportadora N°2 (25,29 m)	10 HP
2	Molino de Bolas N° 2 6' x 6'	150 HP
3	Bomba horizontal N° 2 4"x 3"	20 HP
4	Celda Ws N°1 (8" x 8")	30 HP
5	Celda Ws N°2 (8" x 8")	30 HP
6	Celda Ws N°1 (8" x 8")	30 HP
7	Celda Ws N°2 (8" x 8")	30 P

FUENTE: Elaboración propia.

- d. De acuerdo con los equipos requeridos el consumo energético se muestra para la nueva capacidad; el cual muestra un incremento bajo en proporción al incremento de su capacidad.

TABLA N° 66: Energía requerida para la ampliación de la planta

CAP. ENERGIA 120 TN	815 HP	607.7455 Kw
CAP. ENERGIA 240 TN	1047 HP	780.7479 Kw
ENERGIA RQ. PARA LA AMPLIACION	232 HP	173.0024 Kw

FUENTE: Elaboración propia.

Para lo cual se necesita realizar obras civiles tanto para la base del molino y una construcción de un ambiente adecuado para la instalación del nuevo transformador.

- e. Habiéndose realizado las comparaciones metalúrgicas y de diseño podemos afirmar que, si es factible el incremento de capacidad y con ellos la empresa minera Perú Sol S.A.C pueda tener utilidades favorables en el tratamiento de los minerales mensuales, así como también cumplir con los usuarios que pertenecen a la pequeña minería.
- f. De los estados de GANANCIAS Y PÉRDIDAS comparativos para ambas situaciones, se han obtenido los siguientes resultados:

A.- Resultado mensual sin ampliación. US\$ 54,607.00.

B.- Resultado mensual con ampliación. US\$ 170,060.00.

Del cual se deduce que B es mayor a A, por los siguientes motivos:

- Mayor producción (3240 a 6480 TMSPD/mes)
- Menores costos unitarios (A= US\$ 32.81/TM a B= US\$ 22.42 TM.)

El Resultado B nos muestra una mayor rentabilidad por el incremento de la capacidad de producción la planta de beneficios San Martín (Minera Perú Sol S.A.C), con mayor mineral tratado se logra obtener un menor costo operacional.

- g. Para confirmar el incremento de la capacidad de la planta hacemos una comparación de los resultados metalúrgicos que son muy favorables para el incremento tal como se aprecia en los siguientes balances metalúrgicos.

TABLA N° 67: Balance metalúrgico 120 TMSPD

BALANCE METALÚRGICO 120 TMSPD											
PRODUCTOS	MINERAL TMH	% PESO	L E Y E S			CONTENIDOS METÁLICOS			RECUPERACIÓN		
			Onz Ag	% Pb	% Zn	Onz Ag	Pb	Zn	% Ag	% Pb	% Zn
Cab. Lab.	2 500,00	100,00	13,00	5,40	15,00	32 500,00	135,00	375,00	100,00	100,00	100,00
Conc. Pb	238,57	9,54	125,00	50,32	5,63	29 821,08	120,05	13,43	70,41	88,92	3,58
Conc. Zn	691,10	27,64	17,00	1,80	52,00	11 748,64	12,44	359,37	27,74	9,21	95,83
Rve. Final	1 570,34	62,81	0,50	0,16	0,14	785,17	2,51	2,20	1,85	1,86	0,59
Cab. Calc.	2 500,00	100,00	16,94	5,40	15,00	42 354,88	135,00	375,00	100,00	100,00	100,00

FUENTE: Elaboración propia.

NOTA: El balance presentado es de COBRE SOL S.A.C. Uno de los minerales principales tratados en la planta de beneficio.

TABLA N° 68: Balance metalúrgico 240 TMSPD

BALANCE METALÚRGICO 240 TMSPD						
Producto		% Peso	ENSAYES %		RECUPERACIÓN %	
			Pb	Zn	Pb	Zn
Cabeza	300,00	100,0	3,20	8,60	100,00	100,00
Conc. Pb	13,48	4,49	54,00	3,50	76,95	1,86
Conc. Zn	41,28	13,76	1,80	56,00	7,81	89,60
Relave	245,24	81,75	0,60	0,90	15,24	8,54
Cab. Calc	300,00	100,00	3,20			

FUENTE: Elaboración propia.

NOTA: El balance metalúrgico es el resultado de laboratorio para el incremento de tonelaje a 240 TMSPD

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los datos obtenidos a nivel de laboratorio podemos afirmar que si es posible ampliar la planta de beneficios de minerales San Martín.
2. Los equipos a ser implementados son en la sección de molienda (el molino de bolas, Moto reductor, hidrociclón y bomba de pulpa) y la implementación en el circuito de flotación (las celdas cilíndricas, motores y otros equipos pueden ser modificados mecánicamente) de acuerdo a los requerimientos.
3. Otro parámetro de importancia es el consumo de energía adicional requerida para la ampliación de la planta que es de 232 HP ó 173.0024 KW.
4. El consumo de agua en el tratamiento ampliado sería de 265,25 GPM.
5. Se elaboró dos diagramas de flujo del tratamiento del mineral uno corresponde a la planta actual de 120 TMSPD y la ampliada a 240 TMSPD, para poder hacer la diferenciación de la instalación de la planta de beneficio San Martín.
6. Se hizo un balance metalúrgico de comparación con el tratamiento de uno de los minerales versus los resultados de laboratorio para un posible tratamiento de una ampliación de la planta de beneficios donde se aprecia que sí es aceptado el resultado.
7. El costo de inversión para esta ampliación es \$ **313,500.00**, dicho monto fue dado a Minera Peru Sol S.A.C. de parte de la empresa MINEX S.A.C., mediante un contrato de exclusividad por el periodo de 3 años (este contrato de exclusividad es para procesar su mineral y todo concentrado obtenido en planta será comprado por dicha empresa); para que esta empresa pueda procesar 2550 TM mensuales.

8. El beneficio económico es de ambas partes; Minera Perú Sol devolverá el dinero en un periodo de 5 meses con una cuota mensual de **\$ 68,014.08**, sin interés alguno ya que la prioridad de la empresa MINEX S.A.C. es procesar sus 2550 toneladas mensuales con contrato de exclusividad y los restantes 31 meses MINEX será acreedor como único comprador principal de todo el concentrado de Minera Perú Sol S.A.C.

RECOMENDACIONES

- 1.** Se debe de continuar con la investigación una vez puesta en marcha la ampliación de la planta de beneficios San Martín, para hacer los ajustes necesarios y preventivos.
- 2.** Es necesario realizar un estudio del reservorio de agua para la recirculación del agua tratada y que debe de ser mezclada con agua fresca principalmente en tiempo de sequía.
- 3.** En el laboratorio químico metalúrgico debe ser implementado con microscopio de barrido para realizar las investigaciones microscópicas de los minerales para una mejor recuperación de las especies valiosas.
- 4.** Debemos de realizar las investigaciones en la relavera (la utilización de un hidrociclón para un mejor clasificado del relave) para el control de la ganga y no tener problemas posteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astucuri, V. (1981). *Fundamentos y Aplicaciones Principales de la Flotacion de Minerales*. Lima-Peru: Ciencias.
- Atres, F., & Soto, J. (1998). *Tecnicas Matematicas Aplicadas al Balance de Materia*. Arequipa-Peru: 1º Taller.
- Bueno, H. (2003). *Procesamiento de minerales*. Jauja, Perú: Proyecto de investigación UNCP.
- Curie, M. (1985). *Operaciones Unitarias en Procesamiento de Materiales*. Paris-Francia: Paris.
- Errol, K., & Spottiswood, D. (1992). *Introduccion al Procesamiento de Minerales*. Noruega: Limusa.
- Manzaneda, J. (2001). *Procesamiento de Minerales*. Lima-Peru: UNI.
- Sepulveda, J., & Gutierrez, L. (1992). *Dimensionamiento y Optimizacion de Plantas Concentradoras Mediante Tecnicas de Modelacion Matematica*. Santiago de Chile: Centro de Investigacion Metalurgica.
- Sutulov, A. (1964). *Flotacion de minerales*. Concepcion - Chile: Universidad de Concepcion- Instituto de Investigacion.
- Taggart, A. (1999). *Flotación selectiva de sulfuros*. Santiago-Chile: 3ra Edición. Editorial Ciencias.
- Villachica, C., & Parra, J. (1980). *Molienda Clasificacion de Minerales*. Viña del Mar-Chile: Simponio de Molienda.

Zea, P. (1996). *Calculos Metalurgicos en Planta Concentradora*. Lima-Peru: Complejo Cultural Chavez de la Rosa.

Página Web:

1. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_13f256ee9f76c90a4281b7e491ba60ec
2. <https://docplayer.es/41811917-Dimensionamiento-planta-concentradora-de-sulfuros-de-cobre.html>
3. <https://jvsingenieros.com/disenio-de-plantas-concentradoras-de-minerales-en-el-peru/>
4. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3259675>
5. <https://www.mineriadelibrosycursos.com/2020/05/dimensionamiento-y-optimizacion-de-plantas-pdf.html>
6. <https://www.monografias.com/trabajos-pdf/evaluacion-circuitos-industriales/evaluacion-circuitos-industriales2>
7. <https://www.tecsup.edu.pe/programas-academicos/programa-integral/disenio-de-plantas-concentradoras-y-de-lixiviacion-60868>
8. <https://www.worldcat.org/title/dimensionamiento-y-optimizacion-de-plantas-concentradoras-mediante-tecnicas-de-modelacion-matematica/oclc/55299903>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO

Evaluación para la ampliación de la planta de beneficios San Martín de 120 TMSPD a 240 TMSPD – Empresa Minera Perú Sol S.A.C.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODOLOGÍA			
PRINCIPAL	GENERAL	GENERAL	DEPENDIENTE	MÉTODO			
¿Será factible realizar la evaluación de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)?	Realizar la evaluación de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)	Si realizamos la evaluación de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD entonces se podrá implementar con equipos y maquinarias a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)	Implementación de equipos y máquinas para 240 TMD.	Investigación cuantitativa			
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	INDEPENDIENTE	DISEÑO			
1. ¿Qué parámetros serán evaluados de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)? ¿Qué equipos serán evaluados en la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)?	1. Evaluar los parámetros para la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.) 2. Evaluar a los equipos que serán reemplazados en la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)	1. Si evaluamos los parámetros para la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD entonces se tendrá nuevos resultados en los parámetros para la instalación de 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.) 2. Si evaluamos a los equipos que serán reemplazados en la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio San Martín de 120 TMSD entonces se puede instalar equipos y máquinas para 240 TMSD (Minera Perú Sol S.A.C.)	Evaluación de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio.	<table border="1"> <tr> <td>Descriptiva</td> </tr> <tr> <td>TIPO</td> </tr> <tr> <td>Aplicación práctica y descriptiva</td> </tr> </table>	Descriptiva	TIPO	Aplicación práctica y descriptiva
Descriptiva							
TIPO							
Aplicación práctica y descriptiva							

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FOTO N° 1: Toma muestra en el
circuito de chancado



FOTO N° 2: molino de bolas 6' x 6', la cual cuenta en sus operaciones, minera Perú sol



FOTO N° 3: Toma muestra en el
circuito de molienda



FOTO N° 4: Plano frontal a mano
alzada de las celdas 8' x 8 fabricadas
en minera Peru sol.

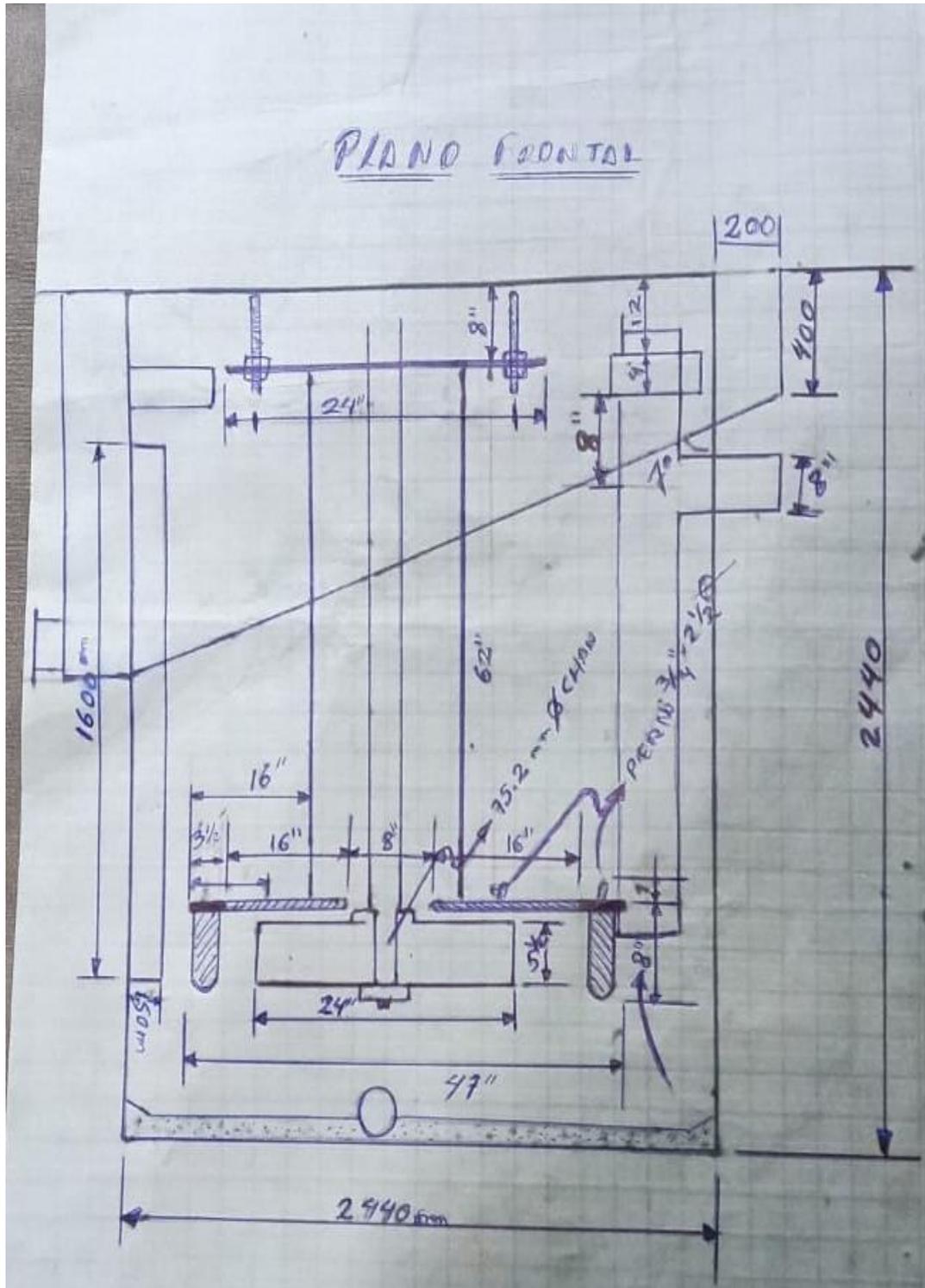


FOTO N° 5: Terminando la fabricación del primer prototipo de la celda 8' x 8'



FOTO N^a 6: Puesta a prueba el primer prototipo de la celda 8' x 8'



FOTO N^o 7: La llegada del nuevo molino de bolas 7' x 7.5' a las instalaciones de minera Peru sol.



FOTO N° 8: Relavera N° 1, Minera
Perú sol.



FOTO N° 9: Sistema de espinas de pescado en la Relavera N° 1, Minera Perú sol.

