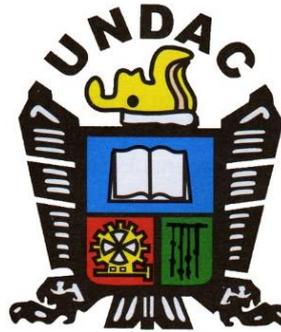


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA

METALURGICA



TESIS

**Instalación de chancadora short head para mejorar el análisis
granulométrico del producto del chancado en Sociedad Minera el**

Brocal S.A.A., Pasco-2019

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor: Bach. Ezer Armengol CHAVEZ CALLUPE

Asesor: Ing. Jose Eli CASTILLO MONTALVAN

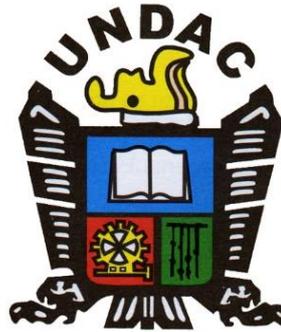
Cerro de Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA

METALURGICA



TESIS

**Instalación de chancadora short head para mejorar el análisis
granulométrico del producto del chancado en Sociedad Minera el**

Brocal S.A.A., Pasco-2019

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO

PRESIDENTE

Mg. Ramiro SIUCE BONIFACIO

MIEMBRO

Mg. Manuel Antonio HUAMAN DE LA CRUZ

MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi Dios quien me guio mi camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desvanecer en los problemas que se presentaban, enseñándome así enfrentarme a las diversas adversidades sin perder la dignidad ni quedarme en el intento.

A mis queridos padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda incondicional en los momentos difíciles, y por la ayuda necesaria para mis estudios. Me han dado todo lo que soy como persona, valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, coraje para conseguir mis metas.

RECONOCIMIENTO

- ✓ A la primera casa superior de estudios UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN, por brindarme la gran oportunidad de desarrollar capacidades, habilidades blandas y duras así mismo muchas competencias y optar el grado académico de Ingeniero Metalurgista.
- ✓ A mis queridos padres por el gran apoyo incondicional que me brindaron; ya que sin ellos no hubiese logrado este grado académico.
- ✓ A la empresa BROCAL S.A.A. por darme la facilidad de los datos prácticos para realizar esta investigación.

RESUMEN

Actualmente Sociedad Minera Brocal se encuentra optimizando sus operaciones y mejorando sus procesos. Es así que la planta de chancado terciario tiene más de diez años operando y actualmente se tiene problemas respecto a la granulometría del producto y al manejo de un mayor porcentaje de carga circulante de tal manera disminuyendo la eficiencia del circuito de chancado terciario.

Estamos en el proceso de mejorar los tiempos de mantenimiento en los circuitos de chancado, pero la planta actualmente tiene muchas paradas debido al mantenimiento de la chancadora terciaria debido a la antigüedad de las instalaciones, por tal motivo se realiza el cambio de la chancadora terciaria.

Con los cambios realizados se tiene un incremento en la cantidad de mineral tratado en la planta de chancado habiendo aumentado en 19 TMHD, pero a la vez se tiene una reducción de tamaño del P80 a 8.33 mm el cual permitirá el ahorro de energía en la siguiente etapa de molienda y una mayor liberación del mineral deseado.

Palabras clave: análisis granulométrico, chancadora, reducción de tamaño.

ABSTRACT

Currently Sociedad Minera BROCAL is optimizing its operations and improving its processes. Thus, the tertiary crushing plant has been operating for more than ten years and there are currently problems regarding the granulometry of the product and the handling of a higher percentage of circulating load in such a way as to reduce the efficiency of the tertiary crushing circuit.

We are in the process of improving the maintenance times in the crushing circuits, but the plant currently has many stops due to the maintenance of the tertiary crusher due to the age of the facilities, for this reason the tertiary crusher is changed.

With the changes made there is an increase in the amount of ore treated in the crushing plant having increased by 19 TMHD, but at the same time there is a reduction in size from P80 to 8.33 mm which will allow saving energy in the following grinding stage and a greater release of the desired mineral.

Keyword: granulometric analysis, crusher, reduction in size.

INTRODUCCIÓN

El propósito de la presente investigación es mejorar la reducción de tamaño en la operación de chancado de la Planta de Huaraucaca de la Sociedad Minera el Brocal, para el cual se realizaron las pruebas de análisis granulométrico en los depósitos de mineral salidos de la mina y las respectivas simulaciones con los equipos que se cuentan en laboratorio.

La investigación realizada contiene los diagramas de flujo de mineral, y las modificatorias que se realizaron con la finalidad de optimizar los procesos, así también como objetivo tenemos el de mejorar los tiempos en el mantenimiento de los equipos para así eliminar los tiempos muertos por las paradas que se dan debido a la antigüedad de los equipos.

En el capítulo 1. Presentamos las razones para realizar la presente investigación, así nos formulamos los problemas y los objetivos que esperamos alcanzar, para el cual nos trazamos objetivos realizables de acuerdo a nuestra realidad.

En el capítulo 2.- se da a conocer el fundamento teórico de las operaciones que se involucran en la presente investigación, así como la terminología técnica se explica cada uno de ellos, así también se plantean las hipótesis que nos facilitaran el camino de la búsqueda de resultados.

En el capítulo 3.- se muestran los análisis granulométricos realizados a las operaciones antes del proyecto y después de proyecto, así como las variantes en los diagramas de flujo, evaluando siempre las demás características del mineral, así como su influencia en el proceso de chancado.

Finalmente, en el capítulo 4.- se muestran los resultados de las diferentes simulaciones y estado actual de las operaciones de chancado, así como los análisis granulométricos y sus principales características, así como cuáles son las interacciones entre las diferentes

maquinarias que operan en el chancado terciario, así también se presentan los resultados de las diferentes variantes de los diagramas de flujo, modificando los circuitos de circulación del mineral.

INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Identificación y determinación del problema	1
1.2 Delimitación de la investigación	2
1.3 Formulación del problema.....	3
1.3.1 Problema general.	3
1.3.2 Problemas Específicos.....	4
1.4 Formulación de objetivos	4
1.4.1 Objetivo General.	4
1.4.2 Objetivos Específicos.	5
1.5 Justificación de la investigación.....	5
1.6 Limitaciones de la investigación	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO	7

2.1	Antecedentes de estudio	7
2.2	Bases teóricas - científicas.....	12
2.2.1	Ubicación.....	12
2.2.2	Proceso minero.	14
2.2.3	Generalidades de conminución.....	14
2.2.4	Principio de la conminución.....	17
2.2.5	Chancado o trituración de minerales.	19
2.2.6	Gasto energético del chancado.	27
2.2.7	Tamaño de chancado o trituración y elección de equipos.....	27
2.2.8	Tipos de chancadores.	27
2.2.9	Tamaño del mineral chancado.....	29
2.2.10	Diseño del chancado o trituración.....	31
2.2.11	Límite de diseño de chancadoras.....	32
2.2.12	Tipo de plantas.	33
2.2.13	Planta de chancado secundario/terciario.	36
2.2.14	Seguridad en plantas de chancado.....	41
2.2.15	Cuidados en las chancadoras.....	42
2.2.16	Chancadora Short Head.....	43
2.3	Definición de Términos Básicos	44
2.4	Formulación de hipótesis.....	46
2.4.1	Hipótesis general.	46
2.4.2	Hipótesis específica	46
2.5	Identificación de variables.....	46

Variable independiente.....	47
Variable dependiente.....	47
Variable intervinientes.....	47
2.6 Definición Operacional de variables e indicadores	48
CAPÍTULO III	49
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.1 Tipo de Investigación	49
3.2 Métodos de Investigación.....	50
3.3 Diseño de la investigación.....	50
3.4 Población y muestra	51
3.4.1 Población.....	51
3.4.2 Muestra.....	52
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.5.1 Situación Anterior de la Planta de Chancado.....	53
3.5.2 Circuito de Chancado terciario anterior	54
3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	56
3.6.1 Procedimiento y presentación de datos de la Chancadora Terciaria	56
3.7 Tratamiento Estadístico	58
3.7.1 Determinación del F80 y P80 en la Planta Anterior de Chancado Terciario	58
3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	63

3.9	Orientación ética.....	63
CAPÍTULO IV		64
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		64
4.1	Descripción del trabajo de campo.	64
4.1.1	Circuito de Chancado terciario actual	66
4.2	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	77
4.3	Prueba de hipótesis	82
4.4	Discusión de resultados.	83
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

En la Sociedad Minera el Brocal se encuentra actualmente en el mejoramiento de sus operaciones, para el cual se está realizando trabajos de detección de problemas como los tiempos muertos debido a los mantenimientos.

Por tal motivo detectamos que hay mayor cantidad de tiempo muerto en el chancado terciario debido a la antigüedad de los equipos, ya que cuentan con una antigüedad mayor promedio a los diez años.

Actualmente el circuito de chancado terciario se encuentra trabajando en circuito cerrado por lo tanto incrementa la carga circulante y a la vez disminuye la cantidad de mineral tratado, por ende, es cierto que la calidad de mineral respecto a los tamaños del producto es mejor en circuito cerrado, pero este tiene un costo elevado en la cantidad de material tratado.

Por tales condiciones se hace necesario la presente investigación, para ver que acciones se deben tomar a fin de incrementar el tonelaje y mejorar el tamaño del producto del chancado terciario, obteniendo así un mejor producto la cual es

cuando se tiene menores tamaños y que estén uniformemente, así como también la incrementación de la cantidad de mineral tratado.

1.2 Delimitación de la investigación

Esta investigación es necesaria para que los Centros de Formación Profesional y Centro de Investigaciones Universitarias utilicen esta investigación para la aplicación de la **INSTALACIÓN DE LA CHANCADORA SHORT HEAD PARA MEJORAR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL PRODUCTO EN EL CHANCADO Terciario EN LA SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A., PASCO – 2019**. Con el cual se desea enfocar la verificación eficiente de la chancadora Short Head y a la vez realizar el monitoreo del mantenimiento de esta maquinaria en la Sociedad Minera EL BROCAL ubicada en la Región Pasco.

El presente proyecto está orientado a proponer una instalación de una Chancadora Short Head para incrementar el tonelaje y mejorar el tamaño del producto del chancado terciario realizando su análisis granulométrico.

Este proyecto se fortifica porque en las plantas concentradoras se puede observar la existencia de deficiencias en las maquinarias que manejan lo cual conlleva a la detección de tiempos muertos debido a los mantenimientos que se dan a las maquinarias.

Esta investigación pretende alcanzar todos los estándares mínimos a contener para la eficiente instalación de la chancadora Short Head, así obtener una mejora en el análisis granulométrico, el cual nos permitirá incrementar el tonelaje y mejorar el tamaño del producto del chancado terciario.

1.2.1 Delimitación espacial

La investigación se realizará en la Planta de Huaraucaca de Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

1.1.1 Delimitación temporal

6 meses, Mayo del 2019. – Octubre del 2019.

1.2.3 Delimitación conceptual

Chancado de mineral

Reducción de tamaño

F80 y P80

Análisis Granulométrico

1.3 Formulación del problema

La presente investigación ante los diversos problemas operacionales está dirigida a buscar las respuestas necesarias a las siguientes interrogantes:

1.3.1 Problema general.

La presente investigación ante los diversos problemas operacionales está dirigida a buscar las respuestas necesarias a las siguientes interrogantes:

¿De qué manera contribuiría la instalación de la Chancadora Short Head para mejorar el análisis granulométrico del producto en el chancado terciario en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco - 2019?

1.3.2 Problemas Específicos.

- a. ¿Cuál la eficiencia en la Chancadora Short Head en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco - 2019?
- b. ¿Cuál es el Diseño el circuito de la sección del chancado terciario que permita mejorar el análisis granulométrico del producto en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019?
- c. ¿Como calcular los tamaños característicos en la alimentación F80 y producto P80 del chancado en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019?
- d. ¿Cuáles son los análisis, ensayos, pruebas experimentales realizaran para determinar las características del mineral en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019?

1.4 Formulación de objetivos

Se tiene que fijar cuales son los propósitos que esperamos alcanzar durante la investigación.

1.4.1 Objetivo General.

Instalar la Chancadora Short Head para mejorar el análisis granulométrico del producto en el chancado terciario en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco - 2019.

1.4.2 Objetivos Específicos.

En base al objetivo general se tiene que elaborar los propósitos específicos que esperamos alcanzar.

- a. ¿Calcular la eficiencia en la Chancadora Short Head en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco - 2019?
- b. Diseñar el circuito de la sección del chancado terciario que permita mejorar el análisis granulométrico del producto en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019.
- c. Calcular los tamaños característicos en la alimentación F80 y producto P80 del chancado en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019.
- d. Realizar los análisis, ensayos, pruebas experimentales realizaran para determinar las características del mineral en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco - 2019

1.5 Justificación de la investigación

Organizaciones e industrias de todo tipo están cada vez más interesados en alcanzar y demostrar un desempeño eficiente en sus operaciones y poder así mejorar la calidad de sus productos, en base a su política y objetivos como empresa, y la minería no es un caso excepcional.

Por ello la Sociedad Minera EL BROCAL, no es una excepción en materia del campo de producción con calidad, por tal motivo la razón que motiva dicho trabajo de investigación tiene la finalidad de poner a disposición el procedimiento de la Instalación de la Chancadora Short Head para mejorar el análisis

granulométrico del producto en el chancado terciario en la Sociedad Minera EL BROCAL. Con esto se pretende eliminar tiempos muertos al realizar el mantenimiento de dichas maquinarias.

1.6 Limitaciones de la investigación

No se considerará el análisis de los costos, ni en consumo de energía de la maquinaria, ni planos a detalle, el trabajo de investigación se basará en la eficiencia de la Instalación de la Chancadora Short Head para mejorar el análisis de granulométrico del producto en el chancado terciario.

1.6.1 Limitación temporal

El tiempo para realizar esta evaluación ha sido respetando los plazos del proyecto de instalación de la chancadora

1.6.2 Limitaciones Económicas

Las restricciones económicas han sido resueltas gracias al apoyo de la Sociedad Minera EL Brocal S.A.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

La productividad en las empresas que se dedica a la minería depende de las ganancias obtenidas por la eficiencia de sus maquinarias. La etapa de chancado viene a ser la primera etapa de todo proceso en una planta de concentrados de mineral. Al llevarse a cabo el mantenimiento de las maquinarias se realiza una interrupción de la producción, esto es debido al tiempo muerto, por ejecutar el mantenimiento de maquinarias que cuentan con una antigüedad igual o mayor a los diez años, este mantenimiento disminuye la obtención del concentrado diario, ocasionando grandes pérdidas económicas.

En diversos trabajos de investigación realizadas se han verificado la gran problemática que ocasiona la interrupción de la producción de esta operación:

1. En los últimos meses del 2009, se realizó un estudio técnico de mejora de la planta de chancado de la compañía minera Santa Luisa - Mina Huanzalá en la región Ancash. En aquella época, debido a un proyecto de mejoramiento para la optimización de la etapa de concentrados, se decidió modificar el sistema de

transporte de minerales debido a la antigüedad tecnológica de sus equipos para así optimizar su producción. Para ello, se modificó el diseño de la faja transportadora No. 3 de 42"x 20m a todo costo, construyeron una nueva tolva de descarga, se modificaron y se instalaron plataformas de acceso a toda la sección de chancado con la finalidad de mejorar el sistema de seguridad y proteger la integridad física de los trabajadores de operación y mantenimiento. El costo de la inversión fue de S/. 101,749.92.

2. Así mismo en el año 2009, la empresa BBA Ingenieros ha sido contratado para la instalación y diseño del circuito de chancado en la empresa minera El Brocal S.A.A. En ese año, se culminó la obra civil del circuito. La instalación de todo el equipo electromecánico se culminó en febrero de 2010 para que el sistema esté preparado para limentar la planta actual optimizada y el nuevo circuito 2,490 TMD. El costo de la inversión ejecutada al año 2009 es de\$ 2.8 millones. El objetivo de este proyecto era incrementar la capacidad de chancado de 2,490 TMD a 10,000 TMD, mejorando la eficiencia del sistema, permitiendo obtener un producto final de 9mm de diámetro, y de esta manera incrementar la capacidad de tratamiento.

Se señalan las siguientes investigaciones relacionadas con el tema:

1. Tesis de grado para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, titulado: **"ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES BERTHA"**.

Autor: Juan Carlos Altamirano Oporto

Año: 2011

Universidad: Universidad Nacional del Callao - Facultad de Ingeniería Química.

En conclusión, a este estudio de investigación, se cita:

a) Los motivos para la ampliación responden a una necesidad técnica, social y económica para obtener el desarrollo sostenible para la región, ya que esta cuenta con importantes reservas que deben ser explotadas ante el crecimiento de las actividades mineras de la zona. Para ello se realizó un estudio técnico económico para determinar la rentabilidad de la ampliación de la planta concentradora de minerales.

b) La importancia que tiene la operación de chancado para lograr la liberación del mineral valioso de la ganga y para acelerar la velocidad de reacción en los procesos de molienda y flotación, el cual permitirá incrementar la rentabilidad de la Empresa, por lo tanto, tendrá un impacto económico favorable. Por lo general, las operaciones de trituración en las plantas de concentración de minerales se caracterizan por su elevado consumo de energía en comparación a otras operaciones, es por ello que urge la necesidad de aprovechar esta etapa para incrementar la rentabilidad.

c) Para incrementar la capacidad que se tiene es 282 Tm/día de la chancadora primaria, para poder aplicar dicha capacidad a la planta se debería cambiar o modificar las características de los demás equipos como son Chancadora Secundaria (en la etapa de chancado), Molino de Barras y de Bolas (en la etapa de molienda), lo cual generaría una mayor inversión.

d) La sostenibilidad del proyecto hacia el compromiso social y responsabilidad ambiental. Finalmente, es favorable desde todo punto de vista la de ampliación de la "Planta de Concentradora de Minerales Bertha".

2. Tesis de grado para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalurgista, titulado: **"OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS Y OPERACIONES METALÚRGICOS EN COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C."**

Autor: Néstor Jacinto Palomino Delgado

Año: 2004

Universidad: Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Metalúrgica

En conclusión, a este estudio de investigación, se cita:

a) "La optimización de nuestro proceso metalúrgico es de mucha importancia para definir el performance metalúrgico del mineral de tratamiento, siendo este un punto importante en el crecimiento de nuestro tratamiento".

3. Tesis de grado para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, titulado: **"AMPLIACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LA UNIDAD MINERA CHUNGAR DE 2000 TMD A 3000 TMD"**.

Autor: Manuel Marcial Muñoz Bernardo

Año: 2006

Universidad: Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.

En conclusión, a este estudio de investigación, se cita:

a) El incremento escalonado de la producción de 2000 TMD a 3000 TMD reducirá el costo de minado de 33.09 US\$/ton a 22 US\$/ton, lo cual mantendrá los márgenes operativos que requiere la empresa frente a la caída de precios de los metales en el mercado internacional. Este incremento mejorará los procesos actuales desde la exploración hasta el producto final, a fin de obtener bajos costos y una producción eficiente.

b) La ampliación de la Sección de Chancado comprende: el cambio del grizzly vibratorio Symons de 3 'x5 ' ; adquisición de un electroimán para su instalación en la faja transportadora; cambio de la faja transportadora de 24" por una de 30" e incremento de su velocidad debido al incremento del tonelaje; reubicación de la chancadora secundaria Pegson y de la zaranda 4'x10' de su ubicación actual en el circuito antiguo a su nueva posición en el circuito nuevo de la descarga; modificación de la descarga de finos ampliando su sección transversal; por último, la construcción de una nueva tolva de finos para aumentar el volumen de mineral chancado cuya capacidad deberá ser de 1000 toneladas. Esta redistribución de los equipos incrementará la efectividad de la sección de chancado para así lograr los requerimientos solicitados de 3000 TMD.

c) Es recomendable tener un sistema para poder evaluar los indicadores de Gestión de la Empresa el cual nos permita un mejor control, planeamiento y conducción.

d) Hacer cumplir estrictamente los estándares y procedimientos de trabajo seguro para lograr mayor efectividad.

2.2 Bases teóricas - científicas

2.2.1 Ubicación.

La Sociedad Minera EL BROCAL se encuentra ubicado en el Distrito de Tinyahuarco, Provincia Pasco y Región Pasco, a una altitud de 4250 m.s.n.m. a una distancia de 289 km de Lima.

La Sociedad Minera EL BROCAL explota hace años minerales tales como: plata, plomo y zinc en su mina tajo abierto denominado TAJO NORTE y minerales como el cobre en su mina subterránea denominada MARPUNTA NORTE.

Figura N.º 2.1: Mapa de operaciones de la Sociedad Minera EL BROCAL



Fuente: Página Oficial Sociedad Minera EL BROCAL

El mineral extraído por esta empresa se procesa por una planta de concentración de minerales, con una gran capacidad de tratamiento de 18,000 toneladas métricas por día y cuenta con una gran infraestructura que posee centrales hidroeléctricas, sub estaciones, talleres, almacenes canchas de relaves, planta de tratamiento de aguas ácidas, viviendas y oficinas administrativas y a la vez cuentan con maquinarias eficientes para dicha capacidad de tratamiento.

2.2.2 Proceso minero.

En el esquema general del proceso, tanto el mineral derivado de la explotación a cielo abierto o subterránea, como el de viejos vertederos integrados en programas de aprovechamiento, deben ser ligeramente preparados en una planta de trituración o chancado y luego, si es necesario, de aglomeración para conseguir una granulometría controlada que permita asegurar un buen coeficiente de permeabilidad de la solución.

2.2.3 Generalidades de conminución.

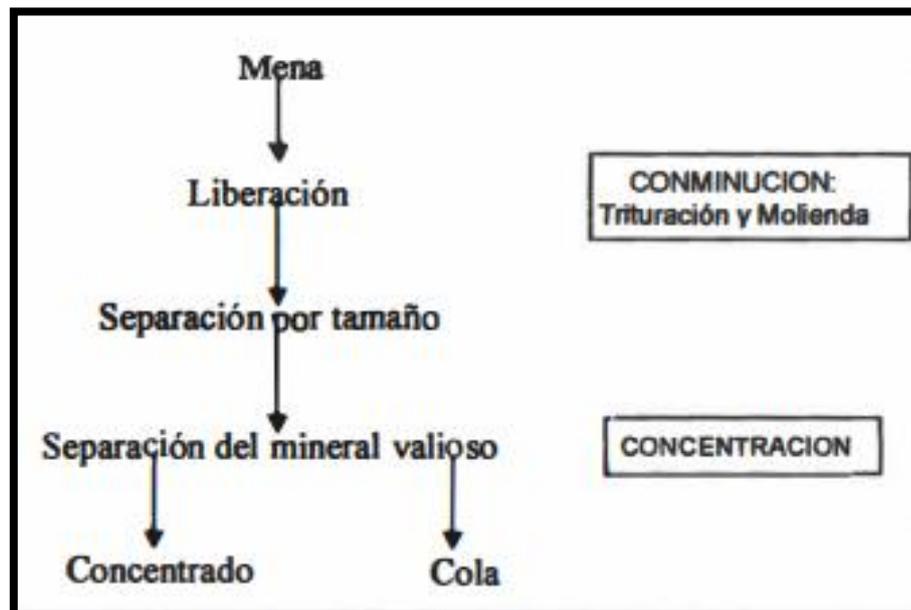
Debido a que la mayoría de los minerales se encuentran diseminados e íntimamente ligados con la ganga, ellos tienen que ser primeramente liberados antes de ser separados. Esto se consigue con la conminución, en la cual el mineral es paulatinamente reducido hasta que las partículas de mineral limpio puedan ser separadas por los métodos disponibles. La conminución en su etapa inicial se lleva a cabo en la mina con la voladura y de esta manera se facilita el manipuleo del material volado en los rajos con scrapers, palas, etc., en las galerías con palas, scoops, etc. y manipuleo en carros mineros, correas transportadoras, etc. Y en canteras produciendo material con una granulometría uniforme.

Conminución es un término genérico, que se utiliza para designar procesos de reducción de tamaño.

Los explosivos se usan en la mina para remover los minerales que se encuentra en las entrañas de un yacimiento. La voladura es la primera etapa de la conminución.

Extraído el material a la parrilla de las plantas de concentración, en ésta nuevamente hay un proceso de continuación sobre la parrilla, pues los botones grandes son reducidos en su tamaño con ayuda del combo, en minas chicas y con equipos más mecanizados como el rompedor de rocas en las minas más grandes. Luego de este proceso el mineral extraído de la mina se somete a las etapas de la conminución que son la trituración y molienda. Posteriormente, el mineral valioso, ya liberado, es separado de la ganga.

FIGURA N.º 2.2: Proceso de Conminución



Los objetivos de los procesos de conminución (trituración y molienda) son:

- a) Liberación del mineral valioso de la ganga antes de las operaciones de concentración.

- b) Incrementar la superficie específica de las partículas, por ejemplo, para acelerar la velocidad de reacción en los procesos de lixiviación, flotación, etc.
- c) Producir partículas de mineral o cualquier otro material de tamaño y forma definidos.
- d) Por lo general, las operaciones de conminución en las plantas de concentración de minerales se caracterizan por su elevado consumo de energía en comparación a otras operaciones y son ineficientes desde el punto de vista de la utilización de la energía entregada a los equipos de conminución.

Tabla N° 1: % de energía consumida en diferentes etapas de una planta de concentración en diferentes operaciones

OPERACIÓN	Cu	Ni	Cu-Pb-Zn	Pb-Zn	Sn
Trituración	9,87	7,14	17,41	7,37	12,04
Molienda	72,1	47,02	42,48	46,31	47,99
Flotación	9,01	27,68	24,54	23,3	29,93
Separación Sol-Liq.	4,29	2,98	6,86	14,75	3,68
Transporte colas	2,15	11,9	5,54	1,77	2,51
Servicios	2,58	3,27	3,17	6,49	3,85

Tabla N° 2: Diferentes tipos de energía consumidas durante un proceso de molienda

Energía mecánica perdida por fricción en muñones y descansos	4,3%
Energía mecánica perdida en el sistema de accionamiento	8,0%
Energía térmica transportada por el producto	47,6%
Energía térmica perdida por radiación	6,4%
Energía térmica transportada por el aire	31,0%
Energía consumida en la conminución	0,6%
Energía consumida en desgaste y calentamiento de los cuerpos de molienda, ruido, evaporación y vibración	2,1%

Como se puede observar, del total de la energía suministrada a una operación de conminución, solamente una pequeña parte es

utilizada en la fragmentación de las partículas, el resto se pierde en diferentes formas de energía, es por esta razón que se dice que las operaciones de conminución (molienda) son ineficientes.

Liberación.

El mineral valioso se encuentra diseminado y asociado a la ganga y para poder liberarlo o desprenderlo de la ganga, la MENA es sometida progresivamente y por etapas a operaciones de conminución de las cuales se obtienen partículas de menor tamaño. De estas últimas se pueden distinguir dos tipos de partículas:

- a) Partículas libres, son aquellas que están constituidas por una sola fase mineralógica, ya sea mineral valioso o ganga.
- b) Partículas mixtas, son aquellas que están constituidas por dos o más fases mineralógicas.

2.2.4 Principio de la conminución.

La trituración se debe principalmente a cuatro modos de fractura (impacto, compresión, atrición y corte) dependiendo del mecanismo de la roca y el tipo de carga.

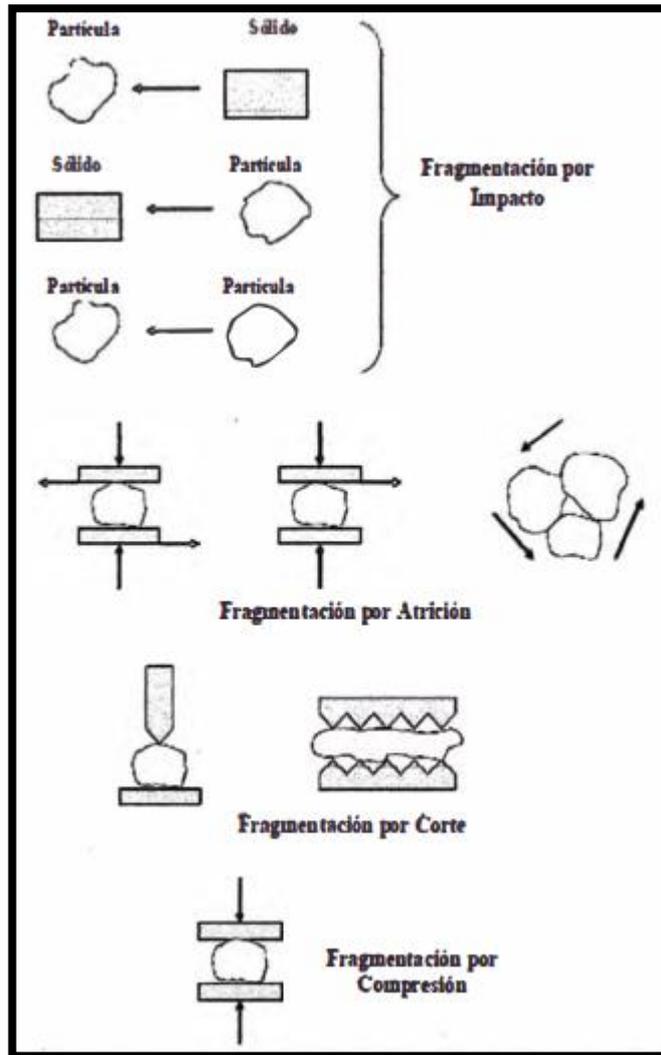
En la trituración por impacto, la fragmentación se produce debido a un golpe instantáneo y seco de un material sólido duro sobre la partícula de roca o mineral, o por golpe de la partícula contra el sólido duro, o finalmente por golpes o choques entre partículas.

En la trituración por atrición, las partículas se desmenuzan debido a fuerzas de fricción que se generan entre dos superficies duras o entre partículas. Como resultado se producen partículas bastante pequeñas o también grandes.

En la trituración por corte, la fragmentación se produce debido a una fuerza cortante.

En la trituración por compresión, la fragmentación se produce por acción de una fuerza de compresión generada entre dos superficies duras.

FIGURA N.º 2.3: Tipos de fracturación



2.2.5 Chancado o trituración de minerales.

Es la primera etapa para el beneficio de los minerales; y consiste en la aplicación de fuerza mecánica para romper los trozos grandes de rocas mineralizadas hasta reducirlos a un tamaño menor (fragmentos de 3/4" a 1/4") utilizando fuerzas de compresión y en menor proporción fuerzas de fricción, flexión, cizallamiento u otras. Se realiza en máquinas que se mueven a velocidad media o baja en una trayectoria fija y que ejercen presiones inmensas a bajas velocidades, que se caracterizan porque sus

elementos trituradores no se tocan y las condiciones principales de esta operación son la oscilación y la velocidad de oscilación; y el factor que influye esta condición de operación son las características del mineral.

Las chancadoras se diseñan de modo que puedan reducir todo el mineral por debajo de una dimensión previamente establecida, pero debido a que estos equipos producen una amplia gama de tamaños por debajo del tamaño máximo establecido, obtendremos gran cantidad de fragmentos finos. En la fragmentación el consumo de energía por tonelada de mineral tratado, aumenta enormemente a medida que disminuye el tamaño del mineral a fragmentar; por lo cual como norma se deberá evitar una alta producción de finos y diseñar bien los equipos y circuitos para reducirlos.

El diseño de circuitos de chancado y clasificación tiene una fuerte repercusión para el diseño complementario de una planta completa o ampliación de tratamiento de una planta de procesamiento de minerales, actualmente con un buen diseño del circuito de chancado y clasificación; se consigue un adecuado tratamiento posterior y un eficiente consumo de energía. Los circuitos actuales de chancado son variables y deben ser diseñados considerando fundamentalmente; la naturaleza del mineral, así como la disponibilidad de equipos existentes en el mercado mundial.

Los tradicionales circuitos de chancado en la industria minero metalúrgica incluyen chancado primario, secundario, terciario y cuaternario (raros casos); dependiendo mucho del costo de inversión, del costo operativo y sobre todo el costo benéfico a obtener. Habitualmente una chancadora

giratoria o de quijadas (para chancado primario) viene seguido de una chancadora cónica standard para chancado secundario, chancadoras cónicas de cabeza corta para chancado terciario y chancadoras de rodillos para chancado cuaternario. Para una eficiencia apropiada, estos equipos son complementados con equipos de clasificación adecuadamente dimensionados; obteniendo el producto final del circuito de chancado y clasificación apropiado para el posterior tratamiento (molienda, concentración por flotación, etc.).

Al saber la cantidad de etapas de chancado se puede comenzar a seleccionar la chancadora adecuada para cada etapa de trituración. Algunos factores y parámetros a considerar al momento de dimensionar chancadoras son: la capacidad de tratamiento, la disponibilidad y/o sobredimensionamiento, el número de líneas en paralelo, el diámetro máximo de la partícula a alimentar, la abertura de admisión, el reglaje, la granulometría y % de paso por la malla de reglaje, % de humedad y gravedad específica del mineral, el work index, la potencia absorbida y potencia del motor. Los tres primeros factores determinan la capacidad requerida de una chancadora y ésta, en conjunto con el tamaño máximo de la alimentación (F100) y el tamaño de producto requerido, permiten definir el tamaño del equipo más conveniente. Cabe mencionar que las capacidades de las chancadoras se pueden obtener por medio de ábacos, tablas (proporcionadas por los fabricantes de equipos) y fórmulas empíricas (Taggart, Gieskieng), el diámetro o tamaño máximo se determina con un precibado del mineral, por ábacos o como dato conocido de la operación, la chancabilidad del

mineral (W_i), por su parte, junto con la capacidad y los tamaños de alimentación (F80) y producto (P80) permiten especificar la potencia del motor requerido.

Las chancadoras son normalmente dimensionadas a partir del tamaño máximo de alimentación. A cierto tamaño de alimentación, sabiendo su capacidad, podemos seleccionar la máquina adecuada.

No se conoce una máquina que sea capaz de realizar de una sola vez la trituración completa; por esta razón la trituración se hace progresivamente por etapas.

Etapas del chancado.

Chancado primario.

En el chancado primario se pasa el mineral tal como viene de la mina o del tajo abierto por máquinas chancadoras de quijadas o por chancadoras giratorias, usándose mayormente las de quijadas para esta etapa. Estas operan por aplastamiento de las rocas entre dos mandíbulas, una móvil que se acerca y aleja de una fija (en una trayectoria constante) en una cavidad determinada. Las trituradoras de mandíbula se clasifican por el método de apoyar la mandíbula móvil en trituradoras tipo Blake, Dodge y Universal.

Descripción del mecanismo de chancado El trozo de mineral se introduce entre las mandíbulas, al acelerarse la mandíbula móvil y presionar, se aplasta y se quiebra, al alzarse ésta el material triturado desciende hacia la abertura formada por las dos mandíbulas, y en el siguiente acercamiento sufre una

nueva fragmentación y así sucesivamente hasta alcanzar las dimensiones que le permitan salir por la descarga de la chancadora (SET). En las chancadoras giratorias los materiales a triturar se reducen por medio de esfuerzos de compresión entre dos paredes troncocónicas, una de las cuales es fija y cóncava y la otra forma un tronco de cono animado con movimiento excéntrico, este movimiento va a hacer que el cono se aleje y se acerque a la pared cóncava de manera alternada. Cuando el cono móvil se acerca al cóncavo fijo se produce la fragmentación del material, y cuando se aleja el cono móvil, el material reducido desciende por gravedad a otro nivel para prepararse a ser nuevamente triturado.

Observando el movimiento del cono móvil en el interior de un triturador giratorio, se puede decir que éste trabaja en “continuo” sobre la mitad del volumen de su cámara de trituración. Puesto que la trituradora giratoria, a diferencia de la de quijada, tritura durante todo el ciclo, tiene una capacidad mucho más alta que una trituradora de quijada de la misma abertura de alimentación y comúnmente las prefieren las plantas que manejan producciones muy altas (para velocidades de trituración arriba de 800-900 TM/hr). Finalmente, las chancadoras primarias trituran rocas de un tamaño máximo de 60" hasta un producto de 8" - 6" generalmente.

Chancado secundario.

Toma el producto de la chancadora primaria y lo reduce a productos de 3" a 2", esta etapa se realiza en chancadoras giratorias secundarias o en chancadoras cónicas. Los equipos giratorios descritos anteriormente ofrecen

un crucero superior (punto de apoyo superior del eje principal), dividiendo la boca de entrada en dos zonas, lo que obstaculiza la entrada de material a la chancadora giratoria, la chancadora de cono es una giratoria modificada, cuya diferencia fundamental es que este cono no descansa en ningún apoyo superior, sino en unos cojinetes semiesféricos a través del cuerpo tronco-cónico móvil (el árbol más corto de la chancadora de cono no está suspendido). Debido a que no necesita una gran abertura, la armadura de trituración o tazón se extiende o ensancha hacia afuera, lo que permite el aumento de la mena quebrada al ofrecer un área transversal creciente hacia el extremo de la descarga. El ensanchamiento del tazón va a permitir un ángulo del cono más abierto (90° - 125°) proporcionando una mayor capacidad de trituración frente a un giratorio de dimensiones similares. A diferencia de las giratorias, las cuales se identifican por las dimensiones de la abertura de alimentación y el diámetro del mantle, una chancadora de cono se designa solo por el diámetro del revestimiento del cono.

La trituración se basa en el mismo principio que en las chancadoras giratorias. Existen diversos tipos de conos que se adaptan a etapas secundarias, terciarias y hasta cuaternarias. El triturador de cono Symons es el más extendido y se fabrica bajo dos modelos: El estándar, para chancado secundario normal, y el de cabeza corta, para chancado terciario o fino. Actualmente son muchos los fabricantes que han diseñado variaciones sobre los conos, podemos mencionar los más conocidos: el Gyrasphere de Telsmith, el Hydrocone de Allis Chalmers, el Gyradisc de Nordberg, el Rollercone de Cedarapids y el Dybcone de Babbittless.

Una característica fundamental de los trituradores de cono es la sección paralela entre los revestimientos de trituración a la salida de la descarga, asegurándonos un mayor control sobre el tamaño del producto obtenido.

Los equipos actuales, por medio de un motor hidráulico, permiten un reglaje entre el cono fijo y el cono móvil de una forma continua, precisa e incluso en carga. El reglaje se realiza subiendo o bajando el bastidor superior porta-aro de trituración, un sistema bloqueará al conjunto una vez realizado el reglaje. Cabe mencionar que el reglaje de un triturador de cono nos da la dimensión de la abertura de salida en posición cerrada.

Los revestimientos de la cámara de trituración están fabricados con acero al manganeso, proporcionándoles una alta resistencia al desgaste y una alta tenacidad. Estas chancadoras no necesitan ser ni tan grandes ni tan robustas como una chancadora primaria pues reciben un material ya fragmentado por la etapa anterior, las chancadoras de cono producen fragmentos más finos y son del tipo de alta velocidad, teniendo las siguientes ventajas:

- ✓ La gran abertura de alimentación disponible en comparación con trituradoras de otro tipo.
- ✓ Mayor excentricidad y velocidad de giro.
- ✓ El alto rango de tamaños y capacidades, los tamaños pueden variar desde 2 hasta 10 pies y tienen capacidades de hasta 3150- 3420 Tc/hr para aberturas de salida de 2 ½”.
- ✓ Generalmente no es necesario control en la alimentación.

Chancado terciario.

Toma el producto previamente tamizado del chancado secundario y lo reduce a fragmentos de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ " y $\frac{1}{4}$ "; que es el rango de tamaño adecuado para pasar a los molinos. Usualmente para esta etapa se usan las máquinas chancadoras Symons de cabeza corta, teniendo en cuenta que mucho de lo que se ha dicho referente a las chancadoras secundarias cónicas, se aplica también a las chancadoras terciarias. Es muy importante tener en cuenta que la trituración es más barata que la molienda. Triturar hasta el tamaño más pequeño prácticamente posible según las características del mineral es nuestro objetivo, a condición de que el contenido de arcilla y/o el contenido de humedad no interfieran.

Las trituradoras cónicas de cabeza corta tienen un ángulo de cabeza con mayor pendiente que el estándar, lo cual ayuda a evitar el ahogamiento del material mucho más fino que se maneja, también tienen una abertura de alimentación más estrecha y una sección paralela más grande en la descarga. La chancadora de cono de cabeza corta es utilizada normalmente como chancadora terciaria en plantas diseñadas para 3 o 4 etapas de chancado; sin embargo, la amplia gama de cámaras de trituración disponibles en la cabeza corta permite instalarla como secundaria en algunos casos. Para los diferentes modelos de cabeza corta la máxima abertura de alimentación es de 10" (250 mm) y la gama de productos está en el rango de 1" a $\frac{1}{8}$ " (25 mm a 3 mm).

2.2.6 Gasto energético del chancado.

Como todos los procesos de conminución, la trituración requiere de un elevado consumo energético, lo cual tiene un gran impacto económico en el desarrollo de cualquier proyecto de hidrometalurgia. La energía necesaria para la trituración se calcula experimentalmente, midiendo la fuerza necesaria (kilopondios-m/cm) para romper probetas de la roca mediante una máquina de impacto. A partir de esta fuerza se calcula el Índice de Trabajo (Work Index Wi), que entrega los kilovatios/t necesarios para realizar la trituración o chancado, desde un tamaño medio de alimentación (granulometría del material de inicio) al tamaño medio del producto (granulometría del producto).

2.2.7 Tamaño de chancado o trituración y elección de equipos.

El proceso de chancado se realiza en dos grandes etapas, las cuales requieren de equipos específicos para lograr la granulometría adecuada:

- ✓ Trituración o chancado primario o grueso.
- ✓ Trituración o chancado fino: proceso que comprende las etapas de chancado secundario, terciario y cuaternario.

2.2.8 Tipos de chancadores.

La selección del tipo y tamaño del equipo chancador para cada etapa se determina según los siguientes factores:

- ✓ Volumen de material o tonelaje a triturar.

- ✓ Tamaño de alimentación.
- ✓ Tamaño del producto de salida.
- ✓ Dureza de la roca matriz: Este índice es de suma importancia y se expresa normalmente por la escala de Mohs, la cual tiene implicancia al momento de seleccionar el tipo de equipo a utilizar.
- ✓ Tenacidad de la roca a triturar: se compara con el de la caliza, a la que se le asigna el índice 1.
- ✓ Abrasividad: debida fundamentalmente al contenido de sílice, principal causante del desgaste de los equipos.
- ✓ Según el índice de abrasividad.

Clasificación	Porcentaje de Sílice (%)
Porcentaje de Sílice (%)	<0,05
Abrasiva	0,05 – 0,50
Muy abrasiva	0,5 - 1
Extremadamente abrasiva	> 1

El cual es medido experimentalmente a través del porcentaje de sílice presente en la roca, estas se clasifican en:

- ✓ Humedad del material en el yacimiento y en la planta, según las condiciones climatológicas del lugar.
- ✓ Contenido de finos y lamas: los materiales lamosos o pegajosos pueden disminuir la permeabilidad, originando dificultades en la percolación posterior.

Para cada una de estas etapas existen equipos apropiados, cuyas características principales de abertura de alimentación, capacidad de distintos cierres, tamaños de productos, potencia, etc., suelen ser tabuladas por los fabricantes de trituradoras en función de una densidad y dureza media.

2.2.9 Tamaño del mineral chancado.

En general, se recomienda no moverse en los extremos límites de trituración (máxima razón de reducción) sino considerar los valores medios propuestos por las tablas de los fabricantes de equipos.

Para lixiviación en pilas, el mineral se suele triturar a tamaños entre 100 y 250 mm, para lixiviación en depósitos o tanques, entre 50 y 1 mm, para lixiviación dinámica, chancado y molienda a tamaños inferiores a 1 mm.

Independientemente de otras variables, el tamaño de partícula de mineral o metal a lixiviar define la velocidad de disolución y por consiguiente, el porcentaje de recuperación en un tiempo determinado.

Según prácticas industriales, los tamaños típicos de menas para lixiviación de distintos minerales pueden ser los siguientes:

Mineral	Tamaño mm (malla ASTM)
Cobre oxidado	-12,00
Oro	-0,25 a (-60 mallas)
Concentrado de oro (sulfuros)	-0,044 a (-325 mallas)

Uranio	-2 a -0,15 (-10 a -100)
Bauxita	-0,15 a (-100)
Ilmenita	-0,074 a (-200 mallas)
Laterita (níquel)	-0,841 a -0,074 (-20 a -200 mallas)
Concentrado de níquel (sulfuros)	-0,074 a (-200 mallas)
Calcinados de zinc	-0,074 a (-200 mallas)

Por sobre los 2 mm (10 mallas), el tamaño de las partículas impide efectuar una lixiviación dinámica operativa (agitación). Si se desea una molienda más fina debe considerarse, además del incremento en costo de energía, la posible producción de lamas, sobre todo en el caso de minerales friables como lo son el estaño o el tungsteno.

De manera general, según el método que se aplique, pueden considerarse los siguientes tiempos de lixiviación:

	Método de lixiviación	Método de lixiviación	Tiempo aproximado
Estática	En sitio	Grandes y	Variable
	En vacíos	variable	Años
	En pilas	Hasta 1500	1 a 6 meses
	En tanques	Hasta 150 Hasta 12	15 a 30 días
Dinámica	Con agitación	Hasta 2	2 a 24 horas
	Con agitación	Hasta 0,010	1 a 10 horas

La siguiente tabla es una guía para la selección preliminar de los tipos de trituradoras que se recomienda utilizar, dependiendo del material que sea necesario triturar (según Neuhoff).

2.2.10 Diseño del chancado o trituración.

Antes de que el material se lleve a la trituración o chancado, se recomienda realizar el cribado, operación que consiste en el harneo o selección del tamaño previo, segmentando en diferentes granulometrías. Este proceso tiene ventajas tales como el aumento de la capacidad del equipo, evitar las dificultades que provocan los finos en las cámaras trituradoras (atascos) y la reducción del consumo de energía, permitiendo la obtención de un producto final con menos finos.

En el diseño de una trituración y en la perspectiva de reducir los costos de operación, principalmente de la trituración primaria, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

Localización.

Dada la ubicación de la mina y la planta, la trituradora (chancador) se emplaza en el lugar en que la distancia económica entre esos dos puntos sea la mínima. Además, por aspectos de seguridad de tronaduras, el chancador primario se ha mantenido hasta hoy relativamente alejado de la mina. Sin embargo, se debe tener presente que el transporte del material ya triturado es menos costoso, debido a su menor volumen y menor impacto en las cajas de camiones. Asimismo, es más continuo que el material que viene de la mina. Por ello, sería más conveniente ubicar el chancador primario lo más cerca posible del yacimiento e incluso dentro de él.

Transporte del mineral a la trituración o chancado.

Generalmente se afirma que un 40% del costo minero en una explotación a cielo abierto corresponde a las operaciones de perforación, tronadura y carguío, y que el 60% restante se asigna al transporte del material a la planta. Está demostrado que el transporte en camiones, a pesar de su flexibilidad, es más costoso que el que se realiza por cintas transportadoras. Sin embargo, se debe tener presente que este último tipo de transporte encuentra su limitante en el tamaño del material. Por lo tanto, un transporte por cintas requiere la trituración o chancado en el yacimiento.

2.2.11 Límite de diseño de chancadoras.

Hay 3 límites de diseño para las chancadoras y estos son:

Límite de volumen.

Toda cavidad de chancado tiene un límite volumétrico que determina la máxima cantidad a pasar. La chancadora opera al límite volumétrico cuando la cámara está llena. Se excede el límite volumétrico cuando el material de alimentación rebasa la chancadora. Las consecuencias al exceder el límite volumétrico: el material de alimentación se rebalsa, daños a equipos cercanos, se requiere hacer una limpieza.

Límite de potencia.

Toda chancadora está diseñada para un máximo consumo de potencia. El consumo de potencia crece cuando: se incrementa la alimentación. el material. de alimentación se chanca más fino y cuando se excede el límite de potencia cuando la chancadora consume más potencia que la nominal del

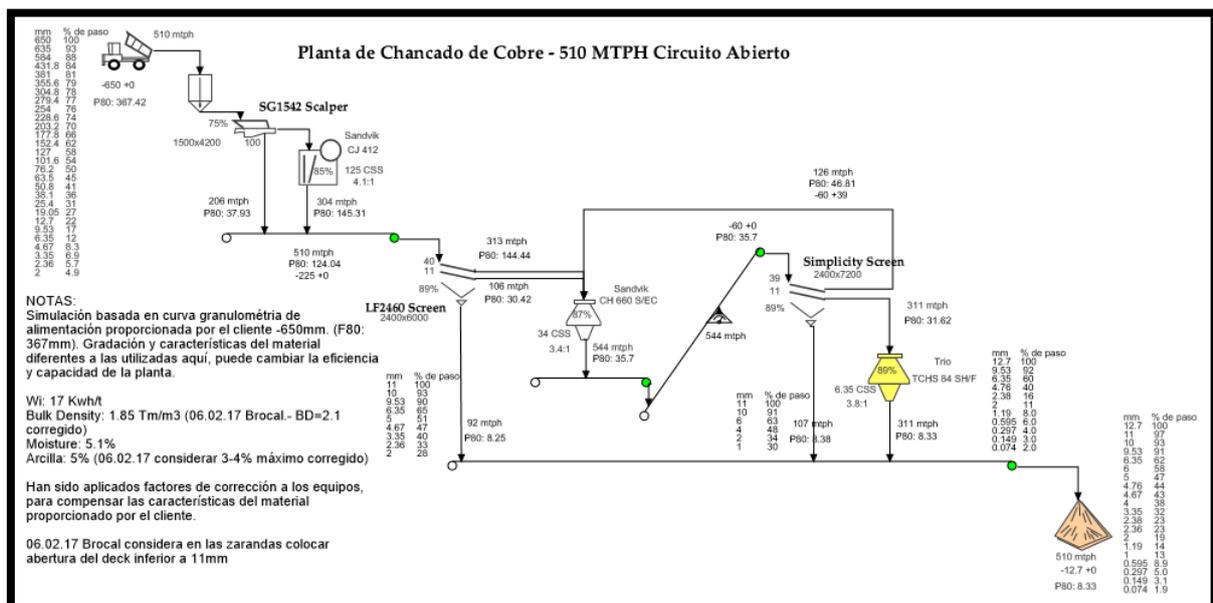
motor. Las consecuencias al exceder el límite de potencia: la chancadora se detiene, es necesario desatascar la chancadora, daño a los componentes del equipo y limpieza requerida.

Límite de fuerza.

Toda chancadora está diseñada con una fuerza de chancado máxima. La fuerza de chancado crece cuando se incrementa la alimentación o cuando el material de alimentación se chanca más fino. Se excede el límite de fuerza cuando el anillo de ajuste se mueve o "golpetea". Las consecuencias al exceder el límite de fuerza: Se daña el asiento entre el anillo de ajuste y la caja principal, se dañan los componentes de la chancadora.

2.2.12 Tipo de plantas.

FIGURA N.º 2.4: Planta de Chancado de Cobre – 510 MTPH Circuito Abierto



Considerando el transporte del material y la movilidad de este, se distinguen cuatro tipos de plantas:

Planta fija o estacionaria.

Las plantas fijas o estacionarias de chancado permanecen en el lugar de la instalación durante gran parte de la vida del yacimiento. En estos casos, y en lo posible, esta debe localizarse cerca del yacimiento y en un nivel inferior respecto de la zona de extracción, para contar con un transporte descendente de los camiones cargados.

Planta semifija o semi-estacionaria.

Se instalan en faenas de períodos largos en las que se prevé la reubicación de la planta de trituración o chancado, de este modo, sus equipos y bases se construyen para ser individualmente desmantelados y transportados al nuevo lugar, aun cuando se pueda perder parte de los cimientos de apoyo. La nueva localización requiere de un acondicionamiento del lugar, incluyendo la construcción de nuevas fundaciones, lo que puede ocupar algún tiempo y provocar el cese temporal de producción.

Planta semimóvil o semi-portátil.

Este tipo de plantas se construyen por unidades (tolvas, trituradoras, cribas, etc.), las que se montan sobre plataformas o bases metálicas, para ser trasladadas con transportes especiales, a los que se les acoplan estas unidades móviles. La planta semi -móvil o semi-portátil requiere de cierta preparación

del terreno y origina paralizaciones breves de producción (del orden de semanas).

Planta móvil o portátil.

Estas plantas van equipadas con un sistema de transporte integral. La mayoría son autotransportables y montadas sobre ruedas con cubierta de goma, zapatas de orugas o railes.

Debido a su excelente maniobrabilidad y su aceptable movilidad de traslado, se localizan junto al rajo de la mina, para ser alimentadas directamente por el equipo de carga. Como se mueven frecuentemente, necesitan de un sistema adicional de transportadores flexibles que les permitan acoplarse al transporte general de la planta de concentración.

Hasta hace algo más de una década, el incremento de la movilidad del sistema estaba limitado por el tamaño de los equipos. Las primeras unidades móviles fueron pequeñas trituradoras para la producción de áridos en canteras. La gran masa que poseen chancadores de cierta capacidad, la altura y las grandes fuerzas desarrolladas por las excéntricas, hacían difícil su adaptación a unidades móviles.

Sin embargo, los avances obtenidos en los diseños y en las nuevas técnicas de construcción han hecho posible que hoy en día existan grandes trituradoras móviles.

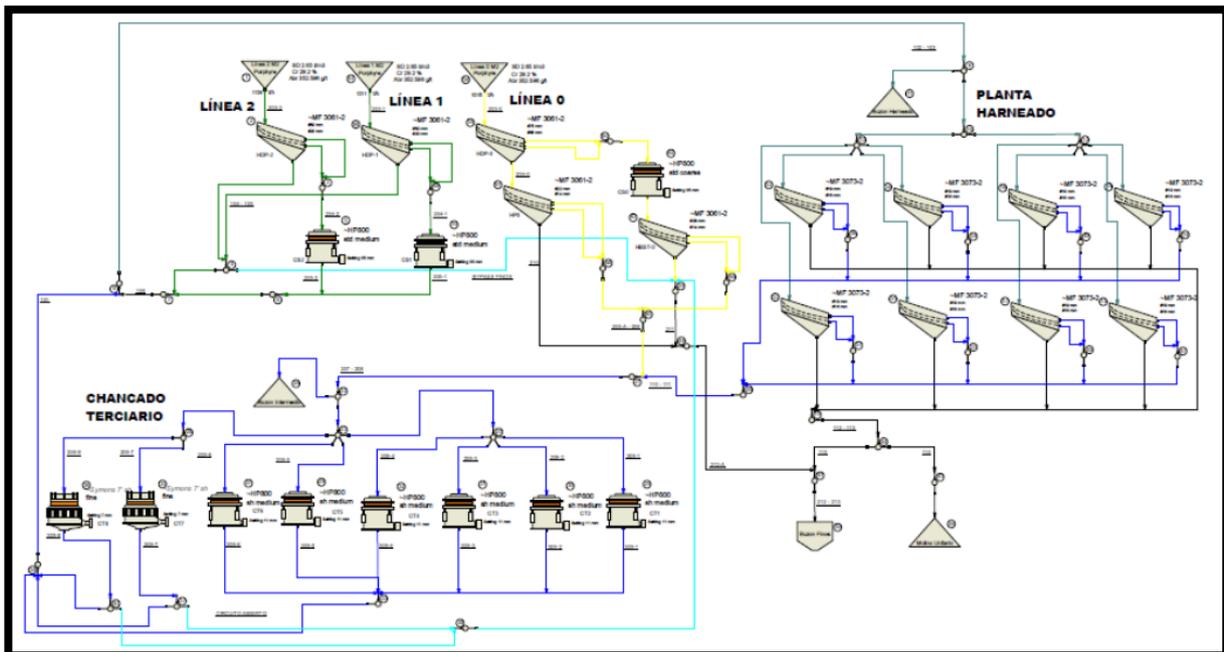
En la mina de Chuquicamata hay dos unidades semi-estacionarias de trituración gigantes, que tienen la mayor capacidad del mundo. Cada una

consta de una trituradora giratoria 89/109" con capacidad media de 8200 t/h. Estas trituran material estéril (montera) para sacarlo de la mina por medio de cintas transportadoras que tienen pendientes de 17/18°.

2.2.13 Planta de chancado secundario/terciario.

La planta tiene como objetivo procesar el mineral proveniente del chancado primario al interior de la mina, con una granulometría de alimentación de 8-10 pulgadas. Generalmente se obtiene un producto chancado con cerca de un 95% de la granulometría bajo 1/2 pulgada. La tasa de producción de la planta es de 55 ktpd, y de 65 ktpd en caso de operar con desvío de finos.

FIGURA N.º 2.5: Diagrama Planta de Chancado Secundario/Terciario



En la mayoría de las operaciones, el horario de trabajo del chancado es el mismo que el horario de la mina.

Las plantas mayormente están conformadas por 6 etapas, las cuales son las siguientes:

1. Alimentación del mineral fresco mediante correas transportadoras.
2. Clasificación del mineral del buzón de gruesos.
3. Chancado secundario.
4. Clasificación de finos terciarios.
5. Chancado terciario.
6. Distribución de finos y almacenamiento.

A continuación, se describe cada una de las etapas mencionadas.

Alimentación del mineral fresco.

Una planta consta de 3 líneas de proceso, las cuales se denominan línea 0, línea 1 y línea 2. El transporte y alimentación a equipos se realiza mediante correas transportadoras. Para la línea 0, la alimentación proviene del interior de la mina, en donde pasa por chancador de mandíbula primario. El mineral se almacena en el buzón de gruesos. Esta línea tiene un tonelaje promedio de 1219 tph. La alimentación de la línea 1 tiene un tonelaje promedio de 938 tph y la línea 2 posee un tonelaje promedio es de 1039 tph.

Clasificación del mineral del buzón de gruesos.

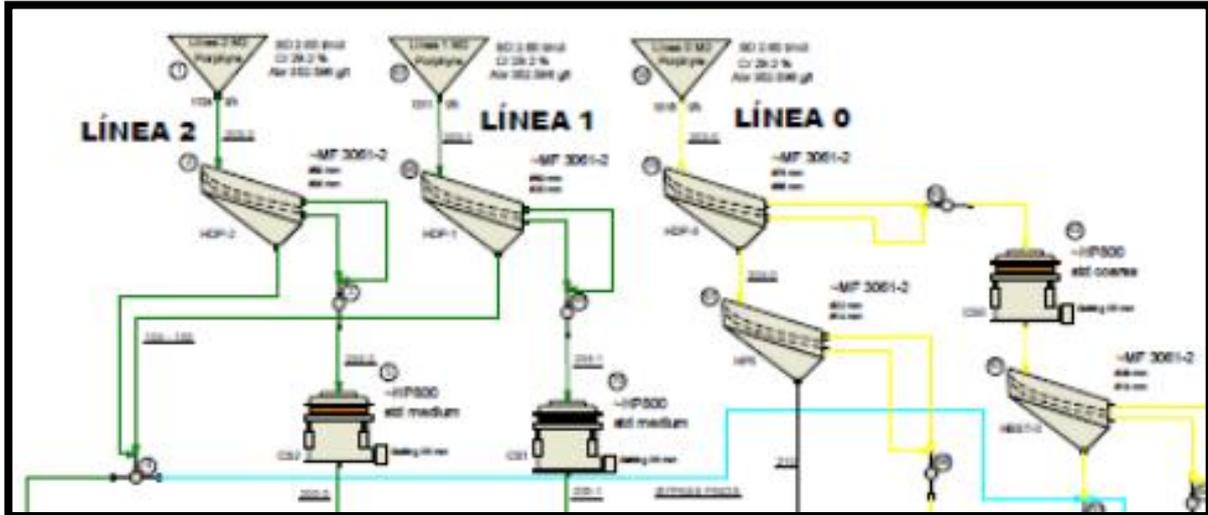
Previo al chancado secundario, el mineral del buzón de gruesos se debe clasificar, para lo cual se utilizan harneros del tipo “banana” y doble parrilla. Los

harneros vibratorios de la línea 1 y 2 poseen un tamaño de slot en el Deck superior de 50 mm y de 16 mm en el Deck inferior. El sobre tamaño de estos harneros secundarios se traspasa a tolvas de alimentación que dispone cada chancador secundario. El bajo tamaño de los harneros se puede juntar con el producto del chancado secundario y ser enviado a harneado terciario, o bien se pueden evacuar de la planta mediante un sistema de compuerta manual llamado desvío de finos, el cual consiste en hacer pasar directamente el mineral fino de la correa CV-105 a la correa CV-211 en cierta proporción, la cual llega finalmente a molienda convencional. Esto permite tener una mayor capacidad de tratamiento, pero trae como consecuencia la pérdida de finos naturales en la molienda unitaria (molino 13), disminuyendo el rendimiento del proceso y aumentando el % de producto retenido acumulado en ambas plantas. La línea 0 cuenta con 3 harneros vibratorios. El primero de ellos se le llama HDP-0, el cual tiene un slot superior de 50 mm e inferior de 30 mm. El sobre tamaño se procesa en el chancador secundario, y el bajo tamaño se vuelve a clasificar en el harnero HBST-0 con 11 mm de slot en su Deck inferior. El bajo tamaño obtenido del HDP-0 se vuelve a clasificar en el harnero HP-0. En este punto la correa CV-205-A junta el sobre tamaño de los harneros HBST-0 y HP-0 para transportarlo a la planta de chancado terciario. El bajo tamaño de la línea se transporta a molienda.

Chancado Secundario/Terciario.

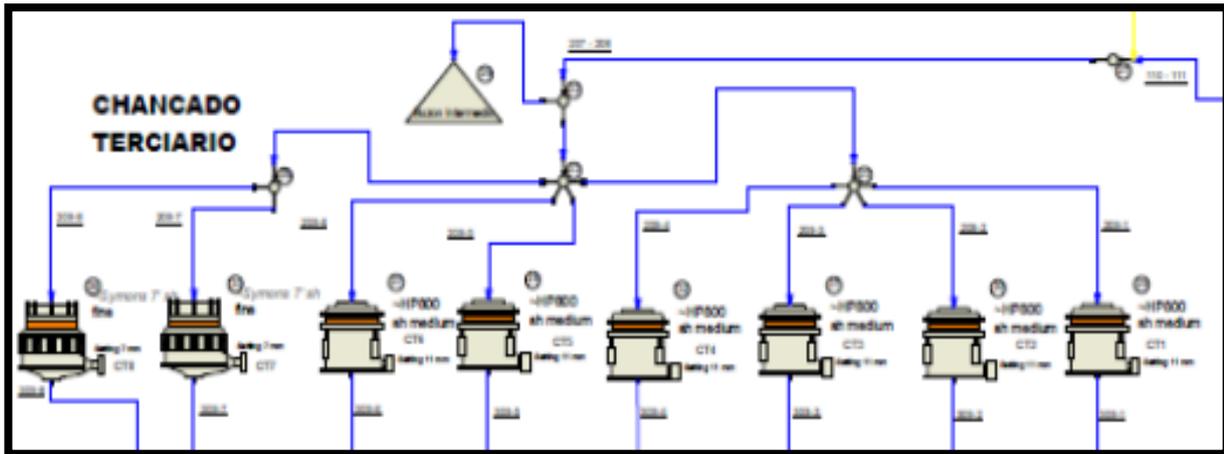
Todos los chancadores de una planta son de tipo cono, siendo la única diferencia entre los chancadores secundarios y terciarios la posición de las lánas (armadura/cóncono) al interior de estos. En la Fig. 2.6 se muestra la disposición del chancado secundario para las líneas de proceso.

FIGURA N.º 2.6: Chancado Secundario Línea 1, Línea 2 y Línea 0



Para la etapa de chancado terciario, se considera el carro de alimentación 208, correa CV-208, buzón intermedio de 2200 toneladas, alimentadores de los chancadores terciarios, chancadores terciarios y correas transportadoras de descarga de los chancadores para entrega del producto. Todo esto se aprecia en la Fig. 2.7.

FIGURA N.º 2.7: Chancado Terciario

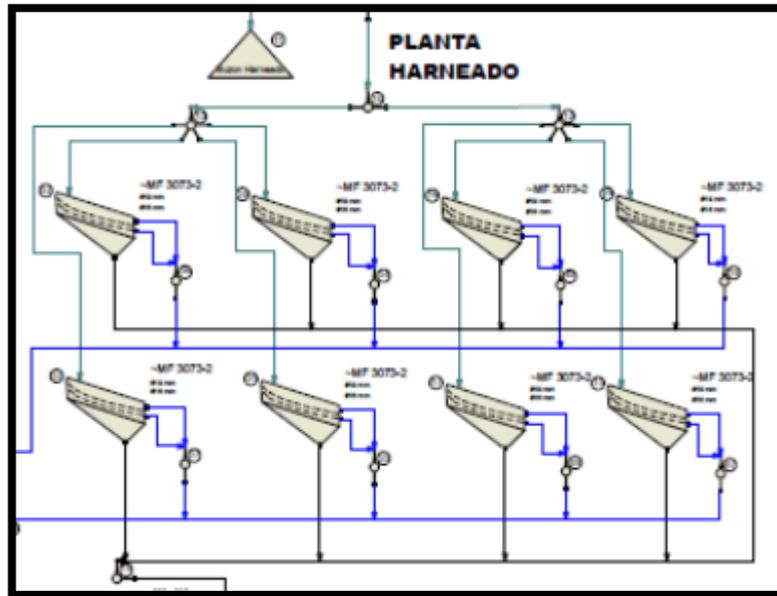


Planta de Harneado.

El mineral procesado en los chancadores secundarios y terciarios se transporta mediante correas transportadoras a la planta de harneado. La correa CV-103 reparte mediante el carro 103 la carga del mineral que luego la distribuye en el buzón de harneado de 6000 toneladas de capacidad, el cual está compuesto por 8 buzones diferentes independientes.

El sobre tamaño de la planta de harneado se recircula a la planta de chancado terciario, mientras que el bajo tamaño (producto final) es derivado a la tolva 220-BN-05 (Distribución de finos). En la Fig. 2.8 se muestra la disposición de la planta de harneado.

FIGURA N.º 2.8: Planta de Harneado



2.2.14 Seguridad en plantas de chancado.

En casi la totalidad de las faenas mineras de gran tamaño, las plantas de Chancado y Molienda ocupan el mayor espacio y requieren de mayor consumo de energía que las demás etapas del proceso productivo. Por lo tanto, existen mayores potencialidades de accidentes producto de malas prácticas por parte de los trabajadores. Además, en Chuquicamata y El Teniente, los chancadores primarios se encuentran al interior de la mina, por lo que además de las medidas de seguridad propias del chancado, se deben considerar los de toda la mina.

- ✓ Recomendaciones generales que siempre deben ser consideradas:
- ✓ Siempre usar gafas de seguridad, sobre todo cuando el chancador se encuentra trabajando, ya que existe material en suspensión que puede ingresar a los ojos.
- ✓ Usar protectores de polvo cuando los chancadores y molinos estén trabajando, ya que hay material fino que es más liviano que el aire que puede

ingresar por vías nasales y boca, el que, en el caso de las minas de cobre, puede contener sílice.

- ✓ Mantenerse siempre detrás de las barreras de seguridad o llevar un cinturón de seguridad cuando se trabaja alrededor de chancadores (con cable cola). En zonas elevadas amarrarse siempre a objetos firmes que prevengan ante una eventual caída.

- ✓ Nunca tomar alguna pieza o equipo en movimiento, especialmente cintas transportadoras, que pueden atrapar dedos, manos o brazos por su velocidad.

- ✓ El transporte de minerales pesados representa un peligro. Con frecuencia, los operadores de estos equipos tienen un campo de visión muy limitado, hay muchos puntos ciegos. Por eso es necesario quedarse donde los operadores puedan ver.

2.2.15 Cuidados en las chancadoras.

Se debe observar y tener diariamente los siguientes cuidados:

- ✓ Verificar constantemente la circulación del aceite por el gotero (en la Symons) o sobre el engranaje (en la McCully).
- ✓ Verificar que no haya escape o fugas de aceite por los retenes del contraeje o por las conexiones de las tuberías de lubricación. Las fajas con tensiones normales y bien centradas.
- ✓ Los chutes de carga y descarga limpios, sin obstrucciones, y sin huecos que dejen escapar el mineral.

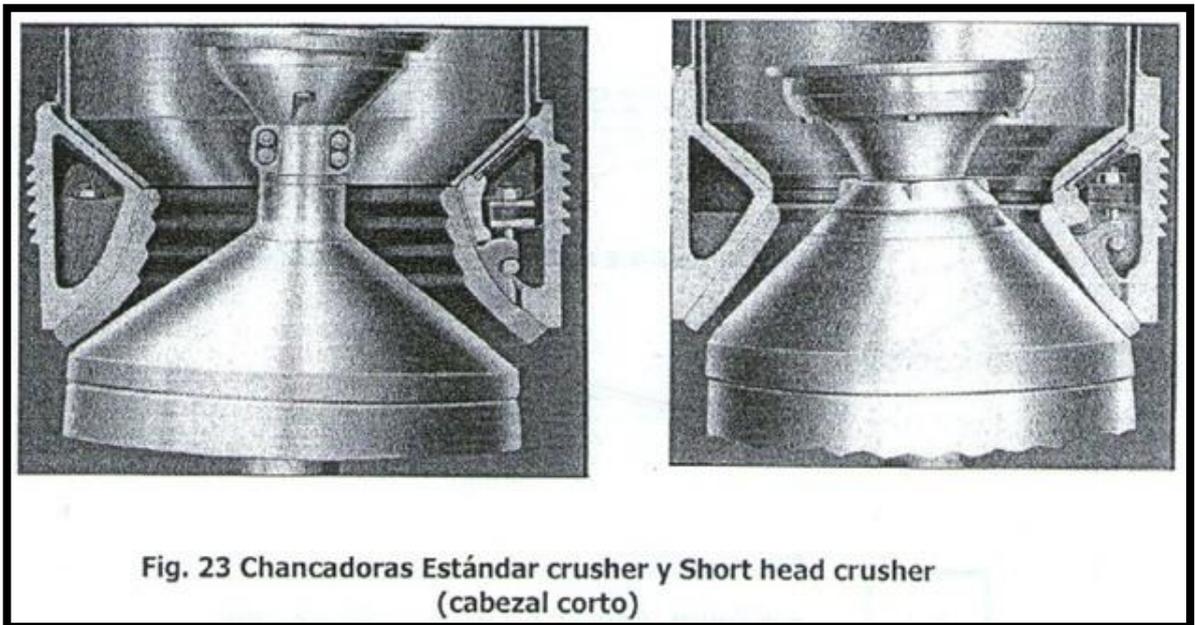
- ✓ No debe haber ruidos extraños o vibraciones raras de las partes. La presión hidráulica y la presión del aceite lubricante a la temperatura normal (Allis Chalmers). La carga del motor Kw o Amp. Cuidar que no haya desprendimiento del relleno de zinc de la excéntrica de las chancadoras. Que no se haya producido fugas de aceite ni soltado o roto pernos Que el producto de descarga sea el tamaño adecuado. (verificar la dimensión del set de descarga).

2.2.16 Chancadora Short Head.

Es una chancadora terciaria, está diseñada con cámaras de trituración y en la posición del plato de alimentación.

La chancadora short head se usa para reducciones más finas; tienen un ángulo más agudo en el cabezal y una cámara de trituración con una mayor zona paralela que la estándar- Admite una alimentación más pequeña y está diseñada para producir tamaños desde menos de 3/16" a 3/4" en circuito cerrado y el tipo de cavidad es fino; la capacidad llega hasta 420 TMPH.

FIGURA N.º 2.9: Chancadoras Estándar crusher y Short Head crusher (cabezal corto)



2.3 Definición de Términos Básicos

Metalurgia. - Es la técnica de la obtención y tratamiento de los metales desde minerales metálicos hasta los no metálicos.

Proceso Metalúrgico. - Obtención del metal a partir del mineral que lo contiene en estado natural, separándolo de la ganga.

Mineral. - Es aquella sustancia sólida, natural, homogénea, de origen inorgánico, de composición química definida.

Chancado. - Proceso mediante el cual se disminuye el tamaño de las rocas mineralizadas triturándolas en equipos llamados chancadoras y molinos. El material extraído pasa por chancador primario, secundario y terciario, hasta llegar a tamaños de menos de ½ pulgada.

Conminución. - Es un término general utilizado para indicar la reducción de tamaño de un material y que puede ser aplicado sin importar el mecanismo de fractura involucrado.

Entre los equipos de reducción de tamaño se incluyen, entre otros, chancadoras (tritadoras), molinos rotatorios de varios tipos, molinos de impacto y molinos de rodillos. Algunas máquinas de conminución efectúan la reducción de tamaños a través de compresión lenta, algunos a través de impactos de alta velocidad y otros principalmente a través de esfuerzos de corte o cizalle.

Fractura. – Es la fragmentación de un cuerpo sólido en varias partes, debido a un proceso de deformación no homogénea.

Compresión. – En las chancadoras mayormente intervienen fuerzas de compresión, como su nombre lo indica la chancadora por compresión es hecha en dos superficies, generalmente usan este método las chancadoras de quijada y las giratorias.

Análisis Granulométrico. – Es la determinación de la proporción de tamaños en que se encuentran distintos tamaños de partículas presentes en el suelo, donde por cada una de las muestras que han sido tomadas en terreno, basándonos en los resultados obtenidos, se desarrollan metodologías constructivas de limpieza de suelos donde estos serán filtrados por un tamiz de referencia para la obtención de material de relleno y construcción de diversas infraestructuras.

2.4 Formulación de hipótesis.

En base a los problemas y objetivos se formula las Hipótesis general y específicos.

2.4.1 Hipótesis general.

El estudio tuvo como hipótesis: Si contribuimos la instalación de la Chancadora Short Head de manera adecuada, se podrá mejorar el análisis granulométrico del producto en el chancado terciario y se incrementará la producción en la Sociedad Minera EL BROCAL.

2.4.2 Hipótesis específica

- a. Si realizamos la instalación de la Chancadora Short Head conoceremos la eficacia de la maquinaria.
- b. Si priorizamos la sección del chancado terciario la maquinaria nos permitirá mejorar el análisis granulométrico del producto.
- c. Si calculamos los tamaños característicos en la alimentación F80 y producto P80 del chancado mejoraremos el análisis granulométrico en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019
- d. Si realizamos los análisis, ensayos, pruebas experimentales realizaran para determinar las características del mineral mejoraremos el análisis granulométrico en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019

2.5 Identificación de variables

Se identifica las variables que serán estudiadas para así poder realizar la operacionalización respectiva.

Variable independiente.

Instalación de la Chancadora Short Head

Variable dependiente.

Mejoramiento del análisis granulométrico del producto en el chancado terciario.

Variable intervinientes

- Granulometria de chancadora secundaria
- Work index del mineral
- Contenido de Fe en el mineral
- Cantidad de arcilla en el mineral

2.6 Definición Operacional de variables e indicadores

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Instalación de la Chancadora Short Head</p>	La instalación de la maquinaria.	Efectividad
	Cálculo y selección de los equipos mecánicos.	Disponibilidad
	Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo.	Efectividad Global de la contribución del chancado.
<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Mejoramiento del análisis granulométrico del producto en el chancado terciario.</p>	Aumentará la producción diaria.	Efectividad Global de la contribución del chancado.
	Aumento de producción diaria.	Tasa de rendimiento
	Cumplimiento de los requerimientos de producción solicitados.	Capacidad Productiva.
	Incremento de la efectividad.	Efectividad Global de la contribución del chancado.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de Investigación

De acuerdo al tipo de investigación, naturales del problema y objetivos formulados en este trabajo, el presente estudio de investigación reúne las condiciones suficientes para ser calificado como una investigación Tecnológica del tipo Aplicado porque para su desarrollo, en la parte teórica conceptual, se apoyará en conocimientos de ingeniería a fin de ser aplicados en el área de operación correspondiente.

Criterios de Inclusión.

- ✓ En las chancadoras se consideró la evaluación de la capacidad de producción según la granulometría. (fijada por el área de operaciones).
- ✓ En los clasificadores se consideró la evaluación de la capacidad de producción y granulometría. (fijada por el área de operaciones).
- ✓ En las fajas transportadoras se consideró la evaluación de capacidad, velocidad, potencia y granulometría. (fijada por el área de operaciones).

Criterios de Exclusión.

- ✓ No se consideraron estudios de .la parte eléctrica y control, ya que fueron elaboradas-por otras áreas.
- ✓ No se consideraron detalles de fabricación ni estructuras.
- ✓ No se consideraron obras civiles, cimentación de equipos.
- ✓ No se consideraron la evaluación de costos.
- ✓ No se consideraron criterios de optimización.

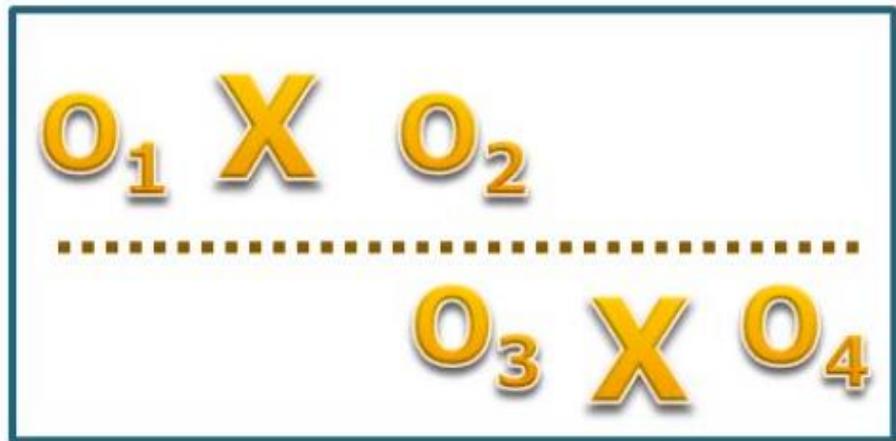
3.2 Métodos de Investigación

El presente trabajo de Investigación, por tener una naturaleza de carácter práctico, porque las pruebas serán directamente observadas en la planta y se tendrá como lugar de pruebas la misma sección de chancado para el cual se ajustarán los parámetros de operación, ha sido objeto del empleo del Método descriptivo y cuasi experimental.

3.3 Diseño de la investigación

La investigación corresponde a un diseño Aplicado y como se aplicara los cambios en la planta de procesamiento el tipo de investigación será el diseño será cuasi experimental.

ESQUEMA



Donde:

X = Variable independiente

O_1 O_3 = Mediciones pre-test de la variable independiente

O_2 O_4 = Mediciones post-test de la variable independiente

3.4 Población y muestra

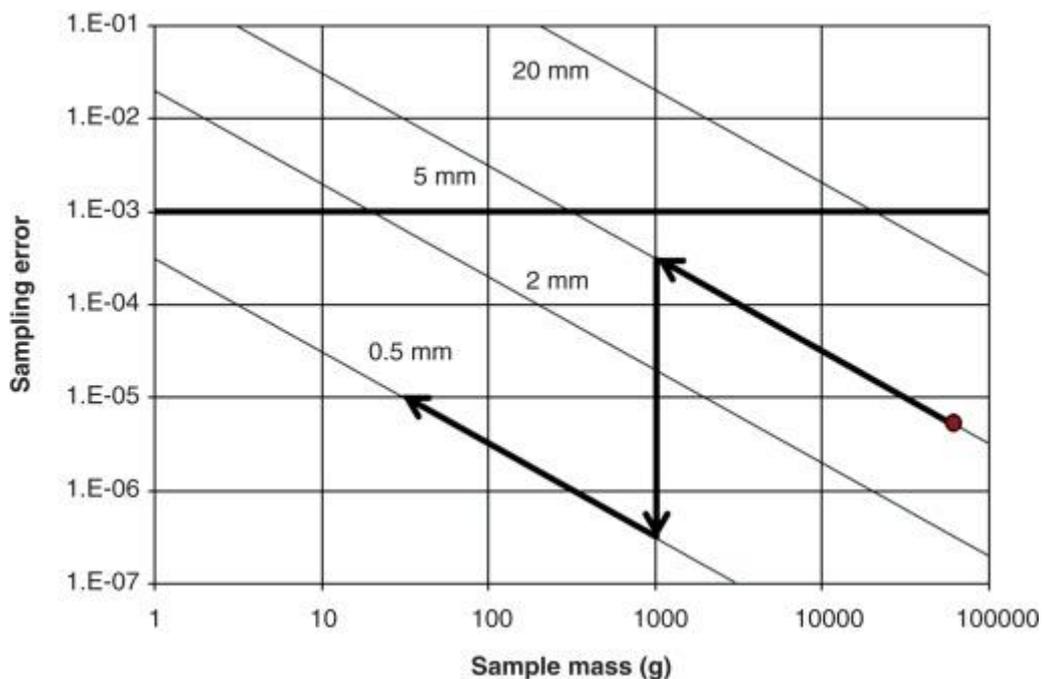
3.4.1 Población.

Para el presente estudio la población será el mineral que se trata en la entrada y el producto del Chancado Terciario de la Sociedad Minera EL BROCAL S.A.A. que tiene las siguientes características químicas.

Mineral Cu	L E Y E S			
	Ag Oz/TM	Cu %	As %	Au gr/TM
	0.52	2.03	0.45	0.31

3.4.2 Muestra.

La muestra se obtuvo al azar mediante los muestreadores ubicados en la entrada de las chancadoras, para el cual se utilizará el método de Taggart donde el tamaño de la muestra depende del máximo tamaño de partícula de mineral presente en esta etapa. Para esta etapa se tomó aproximadamente 40 kg. El cual se realizó el proceso de homogenización y cuarteo de acuerdo a las técnicas de normalizado.



Fuente: Mineral Processing Design and Operations, Ashok Gupta and Denis Yan

Las características del mineral, tiene la particularidad de tener gran cantidad de la arcilla comparada a otras muestras de mineral de otros yacimientos, este componente nos causa problema respecto a la eficiencia de la chancadora, así se tiene:

Work Index W_i : 17 Kwh/t

Densidad del mineral Bulk Density: 2.1 Tm/m³

Índice de abrasividad: 0.35

Humedad: 5.1%

Arcilla: 3 a 4%

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Situación Anterior de la Planta de Chancado.

La recolección de datos de análisis granulométrico es de forma empírica, esto significa que los datos serán tomados de la sección de chancado, para el cual utilizaremos formatos.

El circuito de chancado de Cobre es una Planta antigua por tal motivo la chancadora cónica terciaria existente, modelo SANDVIK CH660, fue puesta en operación en el año 2011 y fue reparado el año 2015 por una rotura en el eje el cual aún genera problemas de vibración y presenta elevado desgaste ocasionando una baja en la disponibilidad de la Planta. En la siguiente tabla se muestra la pérdida de disponibilidad y el número de detenciones para el mantenimiento.

Las detenciones por motivos de mantenimiento nos ocasionan pérdidas debido a las pérdidas de horas-hombre y pérdida de horas máquina.

Tabla 1 Pérdida de disponibilidad por el Chancado Terciario

Detenciones (hrs)	1.00	1.00	21.84	1.92	6.17	39.97	17.92
Pérdida de disponibilidad afectada por Ch.Terciaria CH660	0.13%	0.14%	2.76%	0.24%	0.89%	5.95%	2.26%

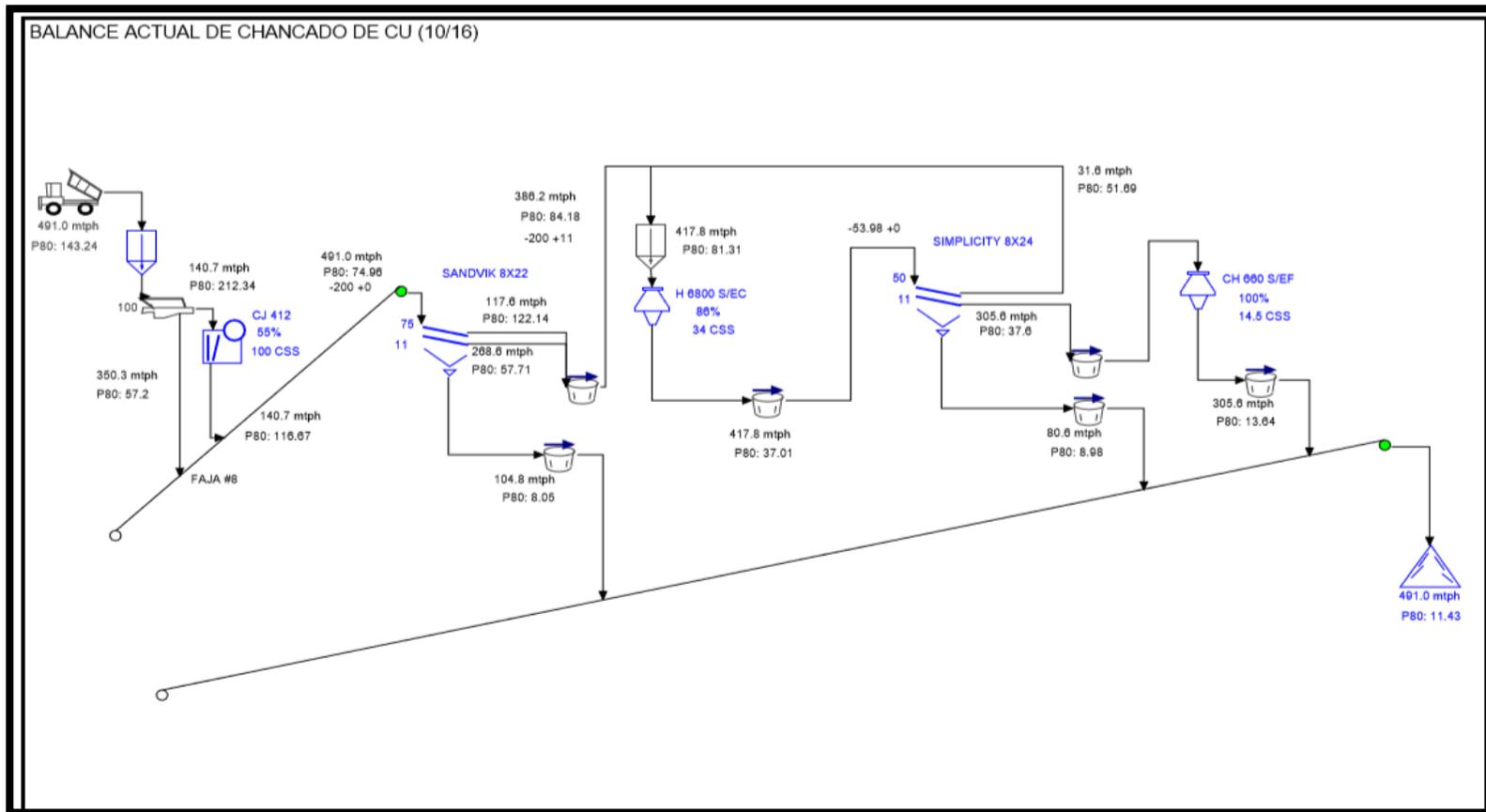
Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

3.5.2 Circuito de Chancado terciario anterior

La planta de chancado al ser una etapa donde las operaciones se encuentran normalizados, entonces para cada operación y proceso se encuentran los formatos para la toma de datos y para su respectivo procesamiento se cuenta con protocolos.

Se muestra el Flow sheet de la planta de Chancado anterior

Figura 1 Flow Sheet Anterior de la Planta de Chancado



Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1 Procedimiento y presentación de datos de la Chancadora

Terciaria

Mediante documentación primaria y secundaria los datos se han tomado directamente del equipo en funcionamiento y otros se han tomado de los archivos de la oficina del área de producción.

Tabla 2 Análisis granulométrica alimento de planta chancado terciario anterior

Malla	Abertura	Peso (g)
10"	254000	0.00
9"	228600	0.00
8"	203200	0.00
7"	177800	0.00
6"	152400	0.00
5"	127000	0.00
4"	100512	0.00
3"	75384	0.00
2"	50256	0.00
1"	25128	8345.10
3/4"	18846	6366.00
1/2"	12564	8386.00
3/8"	9423	2628.00
1/4"	6350	1290.20
4	4699	876.32
6	3327	90.20
8	2362	13.10
10	1651	8.60
14	1168	23.60
20	833	16.20
30	595	13.50
40	420	20.50
50	297	15.80
70	210	20.00
100	150	21.20
140	105	21.40
200	74	24.90
-200	<74	0.00
TOTAL	W seco	28180.62

	W humedo	29698.65
--	-----------------	-----------------

Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

Tabla 3 Análisis granulométrico de la descarga de planta chancado terciario anterior

Malla	Abertura	Peso (g)
10"	254000	0
9"	228600	0
8"	203200	0
7"	177800	0
6"	152400	0
5"	127000	0
4"	100512	0
3"	75384	0
2"	50256	0
1"	25128	1824.45
3/4"	18846	3454.3
1/2"	12564	4622
3/8"	9423	5848
1/4"	6350	8570
4	4699	11204
6	3327	2770
8	2362	1582.25
10	1651	59.8
14	1168	53.9
20	833	44.5
30	595	30.1
40	420	34.9
50	297	21.6
70	210	21
100	150	18.4
140	105	15.4
200	74	14.5
-200	<74	6058.65
TOTAL	W seco	46247.75
	W humedo	48725.25

Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

3.7 Tratamiento Estadístico

3.7.1 Determinación del F80 y P80 en la Planta Anterior de Chancado Terciario

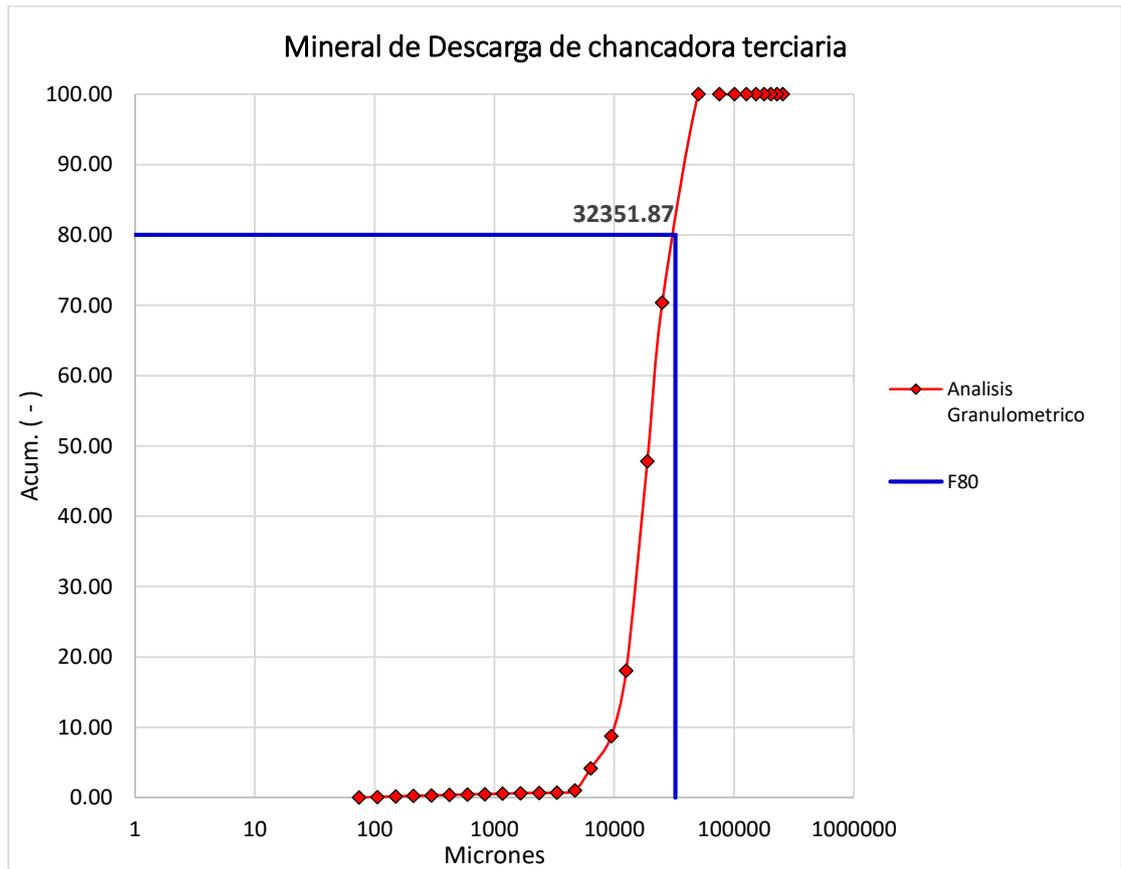
Como es una investigación Tecnológica del tipo Aplicada y al tener en cuenta que la población es grande se tuvo que tomar la muestra según el criterio de Taggart, esta investigación amerita procesamiento o análisis estadístico, así como el análisis de los resultados obtenidos que lo comparamos con los análisis granulométricos, además de acuerdo a los datos con que se cuentan estos se analizan mediante fórmulas prácticas.

Tabla 4 Análisis granulométrico alimento de planta chancado terciario anterior

Análisis Granulometrico						
Malla	Abertura	Peso (g)	% PESO	Acum (+)	Acum(-)	F80
10"	254000	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
9"	228600	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
8"	203200	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
7"	177800	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
6"	152400	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
5"	127000	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
4"	100512	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
3"	75384	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
2"	50256	0.00	0.00	0.00	100.00	32351.87
1"	25128	8345.10	29.61	29.61	70.39	0.00
3/4"	18846	6366.00	22.59	52.20	47.80	0.00
1/2"	12564	8386.00	29.76	81.96	18.04	0.00
3/8"	9423	2628.00	9.33	91.29	8.71	0.00
1/4"	6350	1290.20	4.58	95.86	4.14	0.00
4	4699	876.32	3.11	98.97	1.03	0.00
6	3327	90.20	0.32	99.29	0.71	0.00
8	2362	13.10	0.05	99.34	0.66	0.00
10	1651	8.60	0.03	99.37	0.63	0.00
14	1168	23.60	0.08	99.46	0.54	0.00
20	833	16.20	0.06	99.51	0.49	0.00
30	595	13.50	0.05	99.56	0.44	0.00
40	420	20.50	0.07	99.63	0.37	0.00
50	297	15.80	0.06	99.69	0.31	0.00
70	210	20.00	0.07	99.76	0.24	0.00
100	150	21.20	0.08	99.84	0.16	0.00
140	105	21.40	0.08	99.91	0.09	0.00
200	74	24.90	0.09	100.00	0.00	0.00
-200	<74	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
TOTAL	W seco	28180.62	100.00		F80 (um)	32351.87
	W humedo	29698.65	% Humedad	5.11	F80 (cm)	3.24

Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

Figura 2 Análisis Granulométrico del Alimento en la Planta de Chancado Anterior



Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

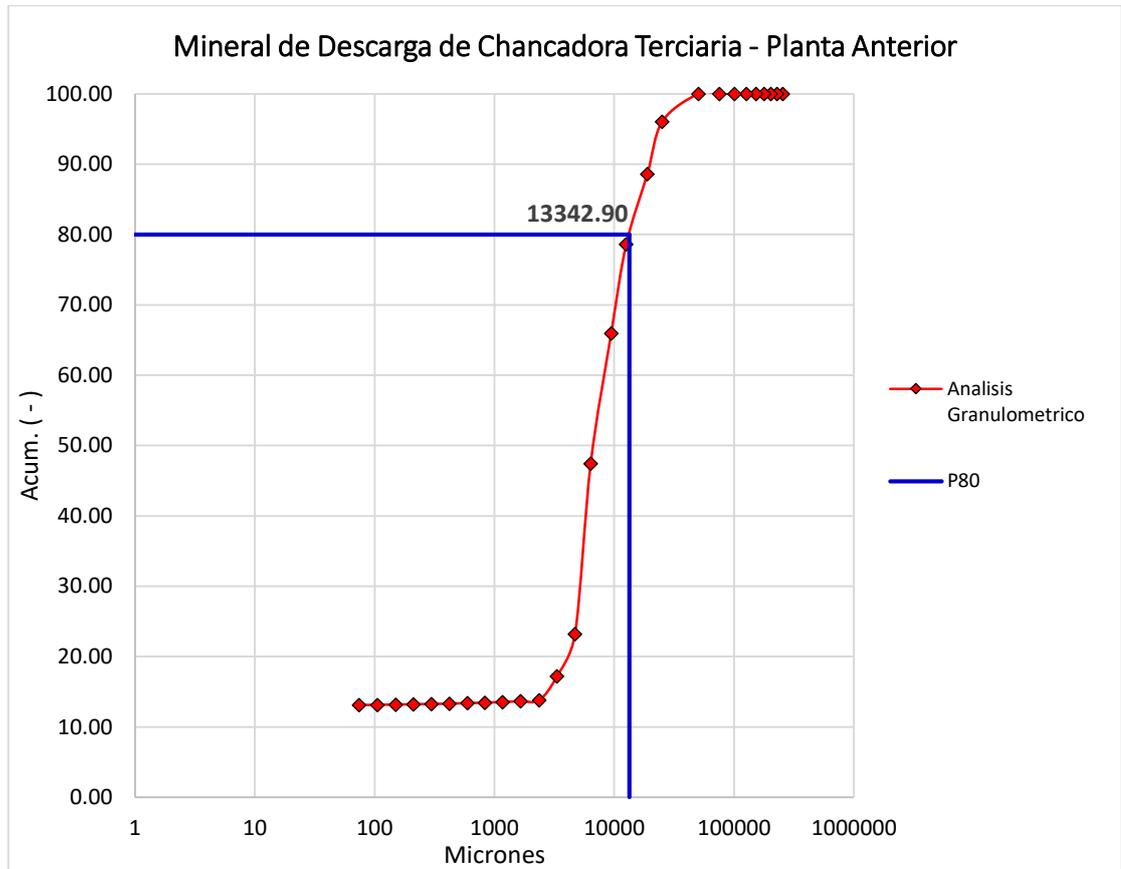
Se puede visualizar que el F80 = 32351.87 micrones o 32.35 mm en la planta de chancado terciario con el modelo SANDVIK CH660, es necesario optimizar el proceso de clasificación con zarandas previas a esta etapa.

Tabla 5 Análisis granulométrica de la descarga de planta chancado terciario anterior

Análisis Granulométrico						
Malla	Abertura	Peso (g)	% PESO	Acum (+)	Acum(-)	P80
10"	254000	0	0.00	0.00	100.00	0.00
9"	228600	0	0.00	0.00	100.00	0.00
8"	203200	0	0.00	0.00	100.00	0.00
7"	177800	0	0.00	0.00	100.00	0.00
6"	152400	0	0.00	0.00	100.00	0.00
5"	127000	0	0.00	0.00	100.00	0.00
4"	100512	0	0.00	0.00	100.00	0.00
3"	75384	0	0.00	0.00	100.00	0.00
2"	50256	0	0.00	0.00	100.00	0.00
1"	25128	1824.45	3.94	3.94	96.06	0.00
3/4"	18846	3454.3	7.47	11.41	88.59	13342.90
1/2"	12564	4622	9.99	21.41	78.59	0.00
3/8"	9423	5848	12.64	34.05	65.95	0.00
1/4"	6350	8570	18.53	52.58	47.42	0.00
4	4699	11204	24.23	76.81	23.19	0.00
6	3327	2770	5.99	82.80	17.20	0.00
8	2362	1582.25	3.42	86.22	13.78	0.00
10	1651	59.8	0.13	86.35	13.65	0.00
14	1168	53.9	0.12	86.47	13.53	0.00
20	833	44.5	0.10	86.56	13.44	0.00
30	595	30.1	0.07	86.63	13.37	0.00
40	420	34.9	0.08	86.70	13.30	0.00
50	297	21.6	0.05	86.75	13.25	0.00
70	210	21	0.05	86.80	13.20	0.00
100	150	18.4	0.04	86.83	13.17	0.00
140	105	15.4	0.03	86.87	13.13	0.00
200	74	14.5	0.03	86.90	13.10	0.00
-200	<74	6058.65	13.10	100.00	0.00	0.00
TOTAL	W seco	46247.75	100.00		P80 (um)	13342.90
	W humedo	48725.25	% Humedad	5.08	P80 (cm)	1.33

Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

Figura 3 Análisis Granulométrico de la descarga en la Planta de Chancado Anterior



Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

Se tiene que el P80 con la chancadora terciaria modelo SANDVIK CH660 es de 13342.90 micrones o su equivalente es de 13.34mm.

3.7.2 Radio de Reducción Planta de Chancado Anterior

El radio de reducción de la planta de chancado anterior es igual a:

Radio de reducción	Rr =	$\frac{32351.87}{13342.90}$	=	2.4246504
---------------------------	-------------	-----------------------------	----------	------------------

3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Los instrumentos de investigación utilizados fueron las plantillas de recolección de datos que se utiliza en los procesos de toma de datos en la pruebas metalúrgicas y balances de materiales que se realizan regularmente en la Planta Concentradora de Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

La confiabilidad y validación ha sido confirmado a lo largo de lo años que ha sido utilizado.

3.9 Orientación ética

La validación ética de este trabajo es que los datos han sido recolectados en los procesos de chancado durante las diferentes guardias, así también debemos acotar que el presente trabajo de investigación puede ser tomado como referencia en futuros trabajos para mejorar las operaciones en la industria minera.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo.

El objetivo es mantener las 450 tmph (+/-50) de mineral al día, utilizando tres etapas de chancado, reemplazando el equipo de chancado terciario para mejorar el producto final.

La propuesta considera para chancado terciario, colocar una chancadora Trio TCHS84 SH/Fine Liner (Motor de 500 HP Crusher Duty customizado para altura) con un setting de 6.35mm para obtener un promedio P80 de 7.63mm a 8.33mm. Esta chancadora mantiene la tecnología de chancado tradicional de cámara paralela o setting fijo y velocidad baja de 250rpm en el sistema de trituración interna. Esta tecnología permite una mejor granulometría de producto garantizando un mayor porcentaje de finos; tanto para una operación con cámara llena ó a medio llenar. Esto se traduce en menor carga circulante trabajando en circuito cerrado. La ingeniería no necesita obras civiles adicionales, puesto que, el equipo será colocado sobre el hormigón que servía de estructura para

un equipo Symmons 5½". A pesar de sus 72,000 kgs de peso, nuestro equipo genera menores cargas dinámicas que un equipo de alta velocidad debido a, su buen balance y rigidez durante la operación. Opcionalmente, se pueden adicionar vibroshocks en los 6 soportes del equipo.

Una ventaja de utilizar este equipo es no necesitar cerrar el circuito de chancado en la etapa terciaria; dado que la diferencia con el circuito terciario abierto sería, solo en un P80 de menos de 0.5 mm (Ver simulaciones a circuito abierto en los anexos). Generando ahorro en capex de fajas, chutes, ingeniería adicional y una zaranda 10'x20' para soportar la carga circulante adicional. Otra ventaja de este equipo es el modo de alimentación. No se necesita pan feeder ni surge bin y puede ser alimentado directamente desde la zaranda o faja. Para esta aplicación especial, se ha elegido un chute splitter con el fin de mantener el equipo terciario actual disponible en caso de ser requerido y no parar la operación.

La ingeniería de detalle incluye ingeniería de diseño, de fabricación y de montaje, de todos los elementos estructurales (chutes, faja, estructura y bastidor del cono), soluciones estructurales, con sus debidas memorias de cálculo y eléctrica.

La ingeniería de detalle incluye ingeniería de diseño, de fabricación y de montaje, de todos los elementos estructurales (chutes, faja, estructura y bastidor del cono), soluciones estructurales, con sus debidas memorias de cálculo y eléctrica.

Figura 4 Disposición la chancadora terciaria Trio TCHS84 SH/Fine Liner

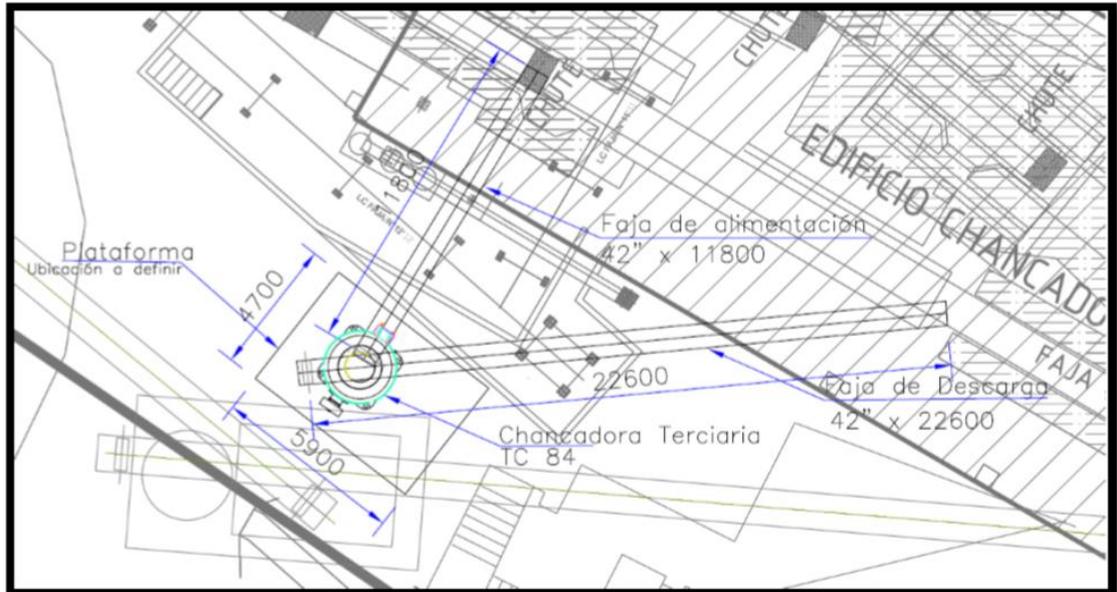


Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

4.1.1 Circuito de Chancado terciario actual

La planta de chancado al ser reemplazado la chancadora terciaria Ajustes de operación en equipos de cribado y trituración se realizaron las siguientes modificaciones:

Figura 5 Disposición de las fajas alimentadoras y de descarga



Fuente: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

El alimentador vibratorio Scalper SG5142 tiene una eficiencia de arrastre de material del 75% con una separación de 4" entre barras. Esta eficiencia del 75% se debe a la gran colmatación de material entre las barras de arrastre de estos equipos durante su operación.

Todas las zarandas han sido con una eficiencia del 89% acorde a lo indicado por sociedad Minera el Brocal S.A.A. y en base al análisis granulométrico.

□ Los ajustes en las mallas requeridas para cada piso de las zarandas son los siguientes:

a) Zaranda Inclinada LF2460 3 Deck tamaño 8'x20' ó 2400mmx6000mm (Solo se consideran dos decks por disponibilidad mecánica del equipo)

Primer deck: Datos - Tamaño de corte: 40mm - Tipo de ranura de malla cuadrada

Segundo deck: Datos - Tamaño de corte: 11mm (Recomendación Sociedad Minera el Brocal S.A.A.) Tipo de ranura de malla cuadrada

Las áreas requeridas para las zarandas son las siguientes:

Zaranda Inclinada LF2460 3 Deck tamaño 8'x20' ó 2400mmx6000mm (Solo se consideran dos decks por disponibilidad mecánica del equipo

Primer deck:

Datos:

- Tamaño de corte: 40mm
- Tipo de ranura de malla cuadrada
- Capacidad básica: 41.92 TN/m²
- Factor de plataforma: 1 (Primer deck)
- Eficacia fija: 0.89

- Factor de eficacia: 1.19
- Factor de cribado húmedo: 1.00. (No se usan pulverizadores de agua)
- % Área abierta: 68.7
- Factor de ranura: 1.00 (Ranura cuadrada)
- Factor de peso: 1.56
- Capacidad Real: 46 TN/m²
- Resultados Área requerida: 4.82 m² Área disponible: 14.9 m² Índice DBD (Discharge End Bed Depth): 0.9 (se recomienda menor a 4)

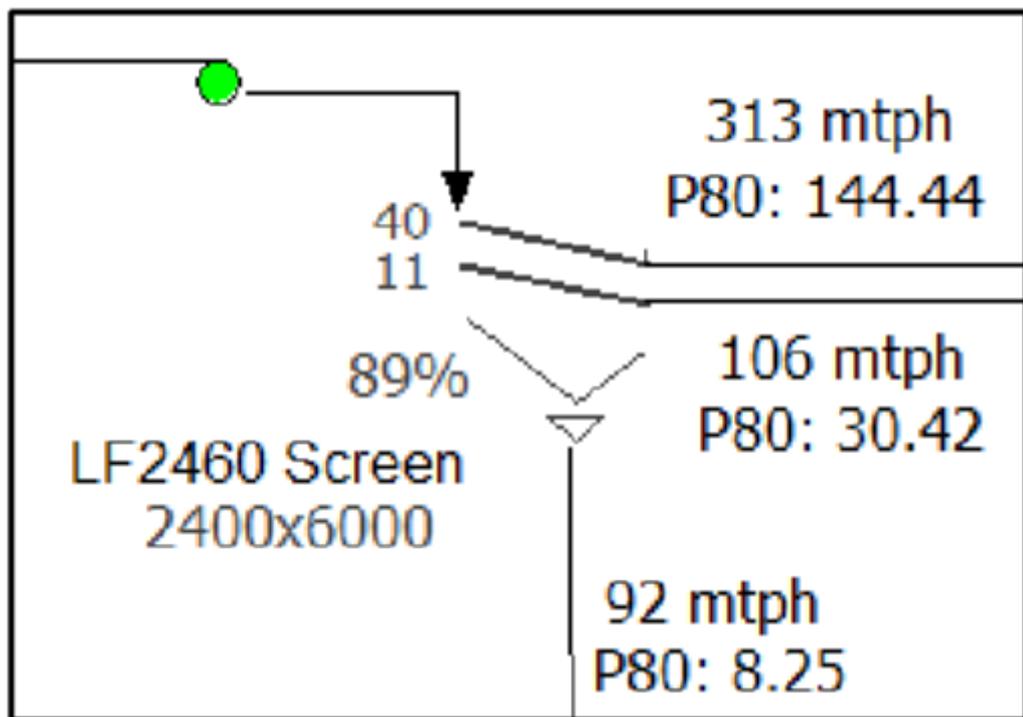
Segundo deck:

Datos

- Tamaño de corte: 11mm (Recomendación Sociedad Minera El **Brocal**)
- Tipo de ranura de malla cuadrada
- Capacidad básica: 22.08TN/m²
- Eficacia fija: 0.89
- Factor de eficacia: 1.19

- Factor de cribado húmedo: 1.00 (No se usan pulverizadores de agua)
- % Área abierta: 52.4
- Factor de ranura: 1.00 (Ranura cuadrada)
- Factor de peso: 1.56
- Capacidad Real: 22.4 TN/m²
- Resultados Área requerida: 4.59 m² Área disponible: 14.9 m² Índice DBD (Discharge End Bed Depth): 1.2 (se recomienda menor a 4)

Figura 6 Zaranda LF 2460 distribución de pesos y granulometría 80% Passing



Fuente Sociedad Minera El Brocal S.A.A

**b. Zaranda Inclinada Simplicity 2 Deck tamaño 8'x24' ó
2400mmx7200mm**

Primer deck: Datos - Tamaño de corte: 39mm - Tipo de ranura de
malla cuadrada

Segundo deck: Datos - Tamaño de corte: 11mm - Tipo de ranura
de malla cuadrada

Zaranda Inclinada Simplicity 2 Deck tamaño 8'x24' ó
2400mmx7200mm

Primer deck:

Datos - Tamaño de corte: 39mm

- Tipo de ranura de malla cuadrada

- Capacidad básica: 41.44 TN/m² - Factor de plataforma: 1 (Primer
deck)

- Eficacia fija: 0.89

- Factor de eficacia: 1.19

- Factor de cribado húmedo: 1.00. (No se usan pulverizadores de agua)
- % Área abierta: 68.9
- Factor de ranura: 1.00 (Ranura cuadrada)
- Factor de peso: 1.56
- Capacidad Real: 87.19 TN/m²
- Resultados Área requerida: 5.39 m² Área disponible: 17.8 m² Índice DBD (Discharge End Bed Depth): 0.4 (se recomienda menor a 4)

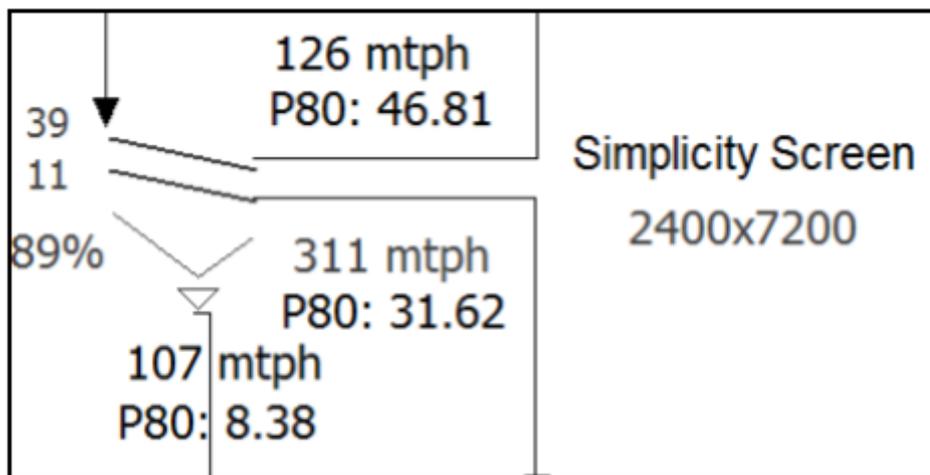
Segundo deck:

Datos

- Tamaño de corte: 11mm
- Tipo de ranura de malla cuadrada
- Capacidad básica: 22.08 TN/m²
- Factor de plataforma: 0.9 (Segundo deck)
- Eficacia fija: 0.89
- Factor de eficacia: 1.19

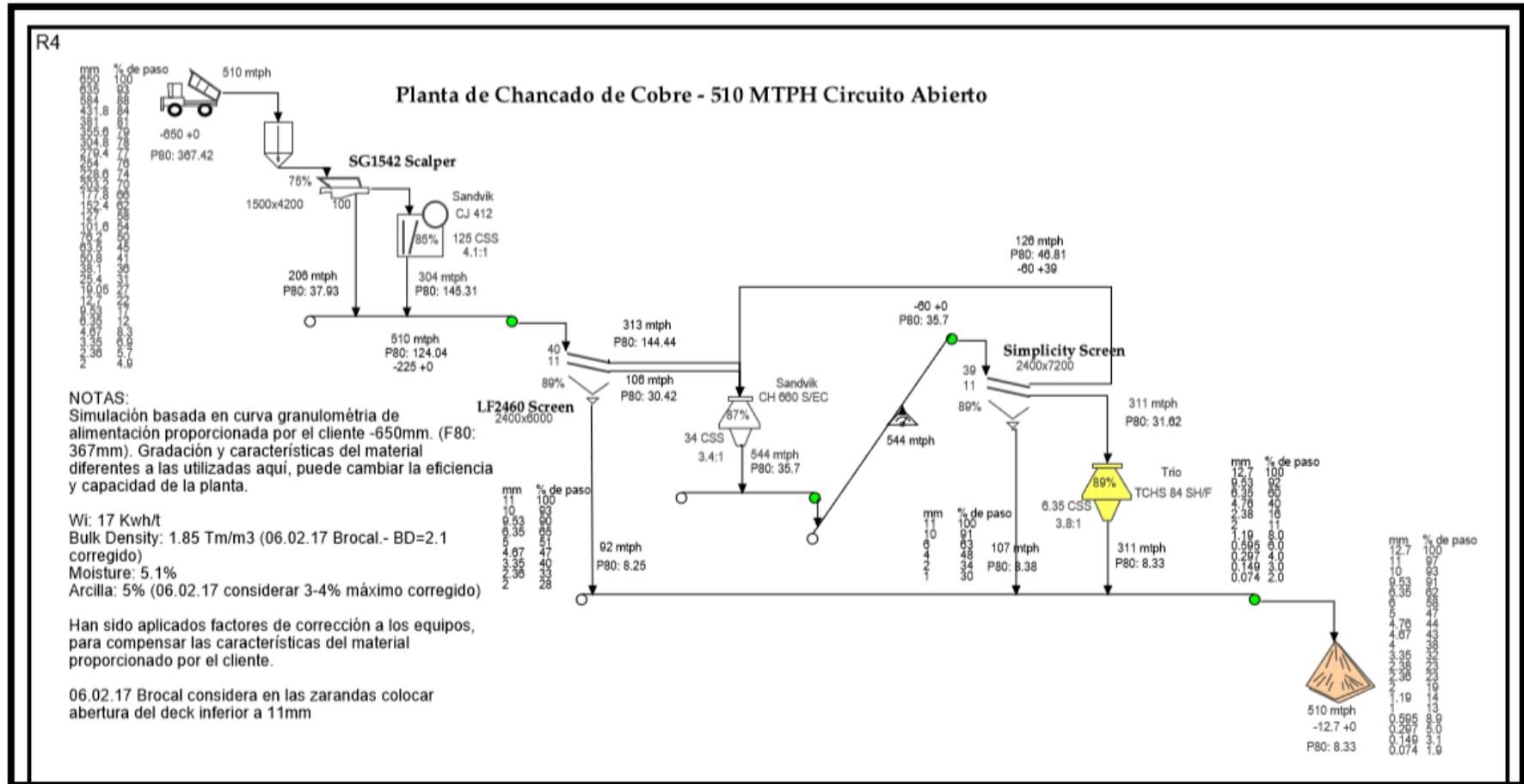
- Factor de cribado húmedo: 1.00. (No se usan pulverizadores de agua)
- % Área abierta: 52.4
- Factor de ranura: 1.00 (Ranura cuadrada)
- Factor de peso: 1.56
- Capacidad Real: 12.6 TN/m²
- Resultados Área requerida: 9.51 m² Área disponible: 17.8 m²
- Índice DBD (Discharge End Bed Depth): 3.4 (se recomienda menor a 4)

Figura 7 Zaranda LF 2460 distribución de pesos y granulometría 80% Passing



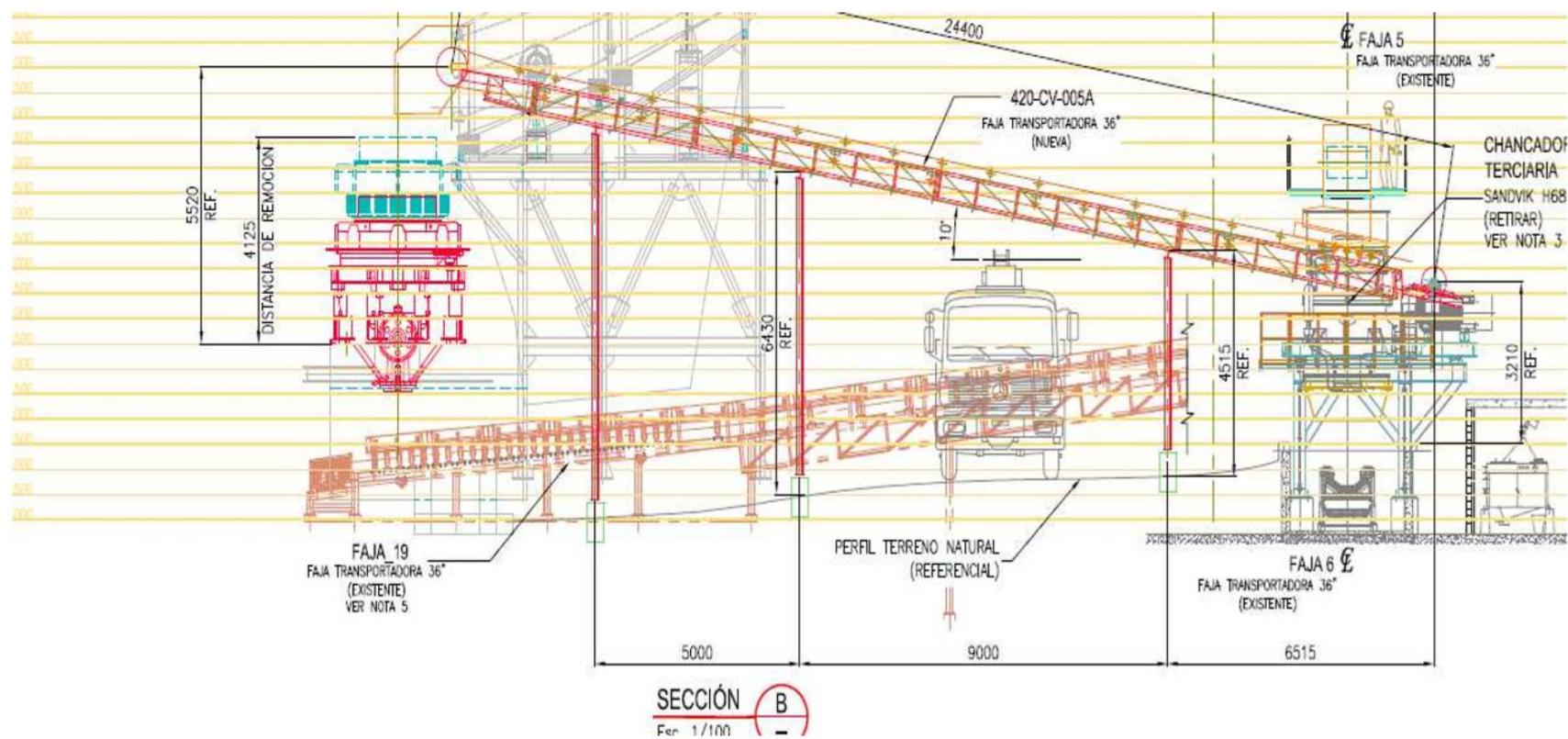
Fuente Sociedad Minera El Brocal S.A.A

Figura 8 Flow Sheet Actual de la Planta de Chancado



Fuente: Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

Figura 9 Arreglo Mecánico – Chancadora Cónica Trio TC84



Fuente: Fuente: Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

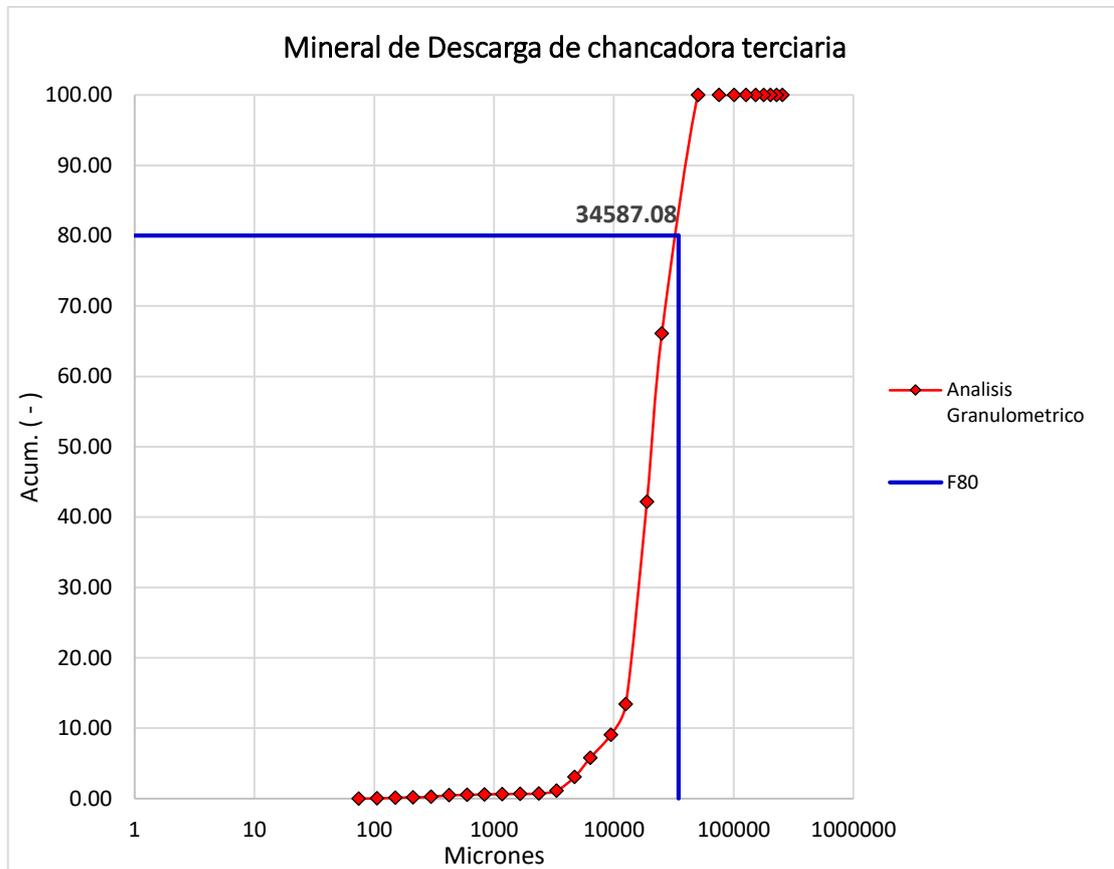
Se realizó el análisis granulométrico en la alimentación y descarga de la chancadora Trio TCHS84 SH/Fine Liner, según el criterio de Taggart.

Tabla 6 Análisis granulométrica del alimento de planta chancado terciario Actual

Análisis Granulométrico						
Malla	Abertura	Peso (g)	% PESO	Acum (+)	Acum(-)	F80
10"	254000	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
9"	228600	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
8"	203200	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
7"	177800	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
6"	152400	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
5"	127000	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
4"	100512	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
3"	75384	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
2"	50256	0.00	0.00	0.00	100.00	34587.08
1"	25128	9865.57	33.90	33.90	66.10	0.00
3/4"	18846	6954.25	23.89	57.79	42.21	0.00
1/2"	12564	8386.00	28.81	86.60	13.40	0.00
3/8"	9423	1258.78	4.32	90.93	9.07	0.00
1/4"	6350	958.54	3.29	94.22	5.78	0.00
4	4699	789.42	2.71	96.93	3.07	0.00
6	3327	562.87	1.93	98.87	1.13	0.00
8	2362	125.48	0.43	99.30	0.70	0.00
10	1651	9.62	0.03	99.33	0.67	0.00
14	1168	15.24	0.05	99.38	0.62	0.00
20	833	8.95	0.03	99.41	0.59	0.00
30	595	24.57	0.08	99.50	0.50	0.00
40	420	12.65	0.04	99.54	0.46	0.00
50	297	65.89	0.23	99.77	0.23	0.00
70	210	21.24	0.07	99.84	0.16	0.00
100	150	12.58	0.04	99.89	0.11	0.00
140	105	32.14	0.11	100.00	0.00	0.00
200	74	1.25	0.00	100.00	0.00	0.00
-200	<74	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
TOTAL	W seco	29105.04	100.00		F80 (um)	34587.08
	W humedo	30692.89	% Humedad	5.17	F80 (cm)	3.46

Fuente: Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

Figura 10 Análisis Granulométrico de la descarga en la Planta de Chancado Actual



Fuente: Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

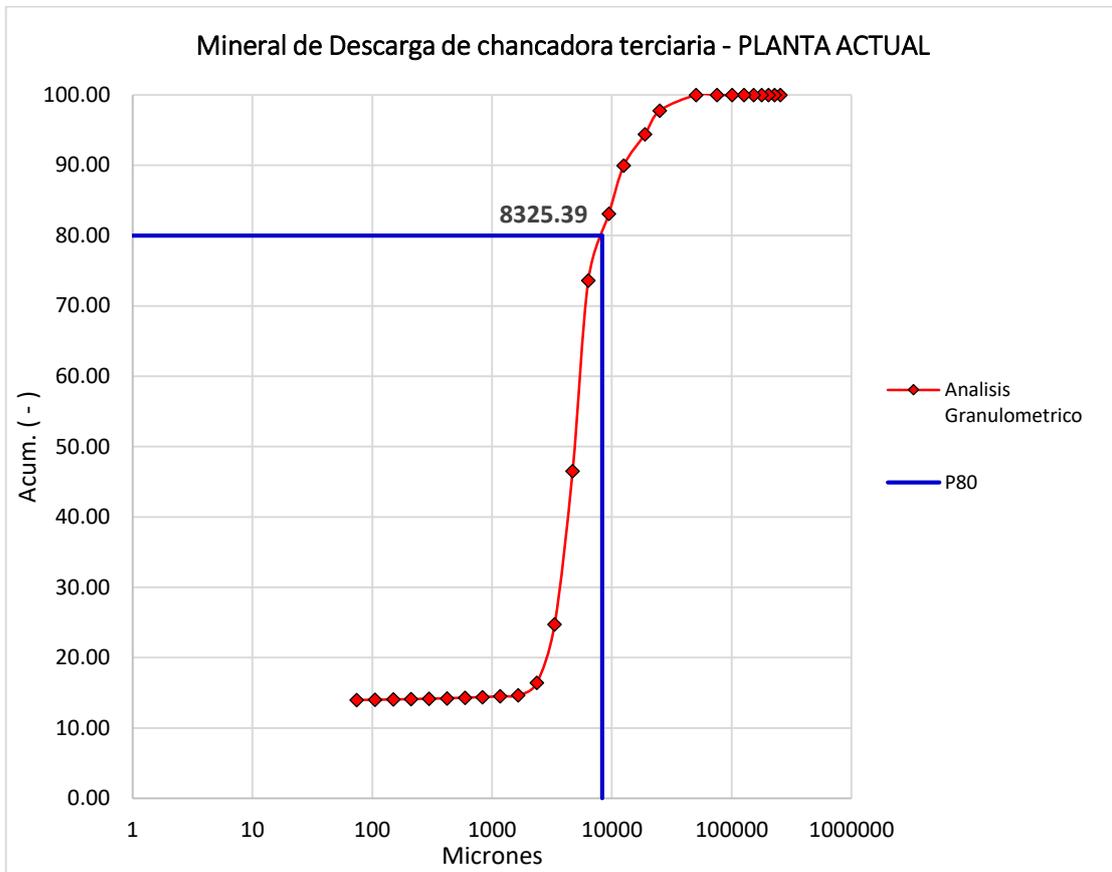
El alimento para la chancadora terciaria es de F80 = 34587.08 micrones o equivalente a 34.59 mm, teniendo una humedad promedio de 5.17%

Tabla 7 Análisis granulométrica de la descarga de planta chancado terciario Actual

Análisis Granulométrico						
Malla	Abertura	Peso (g)	% PESO	Acum (+)	Acum(-)	P80
10"	254000	0	0.00	0.00	100.00	0.00
9"	228600	0	0.00	0.00	100.00	0.00
8"	203200	0	0.00	0.00	100.00	0.00
7"	177800	0	0.00	0.00	100.00	0.00
6"	152400	0	0.00	0.00	100.00	0.00
5"	127000	0	0.00	0.00	100.00	0.00
4"	100512	0	0.00	0.00	100.00	0.00
3"	75384	0	0.00	0.00	100.00	0.00
2"	50256	0	0.00	0.00	100.00	0.00
1"	25128	825.26	2.21	2.21	97.79	0.00
3/4"	18846	1254.89	3.37	5.58	94.42	0.00
1/2"	12564	1654.56	4.44	10.02	89.98	0.00
3/8"	9423	2564.25	6.88	16.91	83.09	8325.39
1/4"	6350	3526.85	9.47	26.37	73.63	0.00
4	4699	10105.87	27.12	53.49	46.51	0.00
6	3327	8105.35	21.75	75.25	24.75	0.00
8	2362	3105.54	8.33	83.58	16.42	0.00
10	1651	658.54	1.77	85.35	14.65	0.00
14	1168	53.9	0.14	85.50	14.50	0.00
20	833	44.5	0.12	85.62	14.38	0.00
30	595	30.1	0.08	85.70	14.30	0.00
40	420	34.9	0.09	85.79	14.21	0.00
50	297	21.6	0.06	85.85	14.15	0.00
70	210	21	0.06	85.90	14.10	0.00
100	150	18.4	0.05	85.95	14.05	0.00
140	105	15.4	0.04	85.99	14.01	0.00
200	74	14.5	0.04	86.03	13.97	0.00
-200	<74	5203.7	13.97	100.00	0.00	0.00
TOTAL	W seco	37259.11	100.00		P80 (um)	8325.39
	W humedo	39245.25	% Humedad	5.06	P80 (cm)	0.83

Fuente: Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

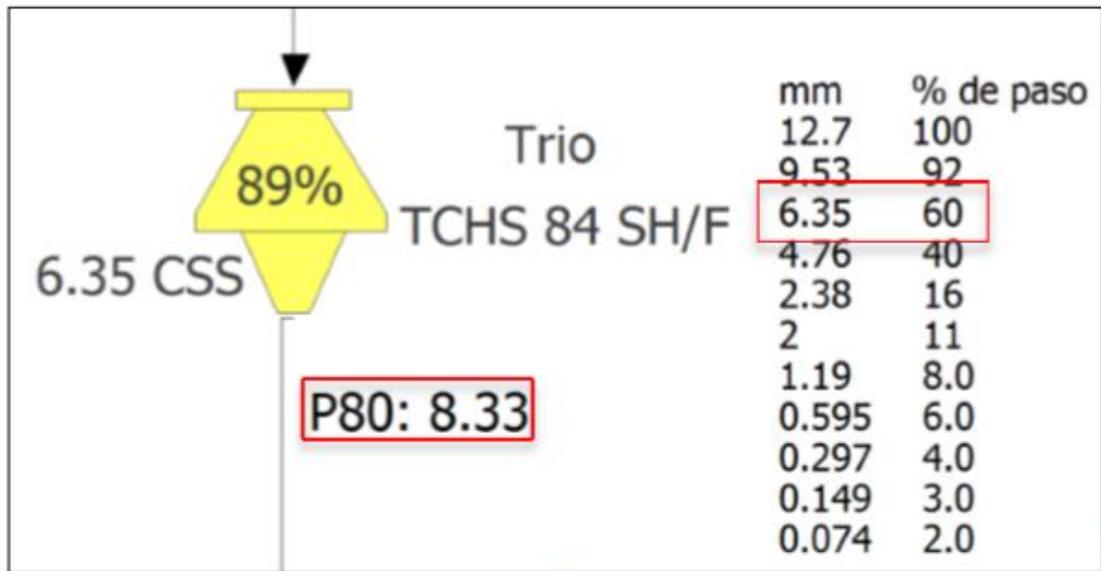
Figura 11 Análisis Granulométrico de la descarga en la Planta de Chancado Actual



Fuente: Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

Se modificaron la gradación de producto, considerado un escenario más exigente, el cual contempla material más duro, más abrasivo y de alimentación muy variable en tamaño. obteniendo así, un P80 de 8.33mm.

Figura 12 Chancadora cono Trio TCHS 84 SH/F granulometría 80% Passing



Fuente: Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

Esta modificación de circuito abierto se hizo realizar con el motivo de evaluar el escenario más adverso de uso para nuestro equipo teniendo $P80 = 8.33$ mm

Radio de Reducción Planta de Chancado Actual

El radio de reducción de la planta de chancado actual es:

Radio de reducción	$R_r =$	$\frac{32351.87}{8325.39}$	$=$	3.8859277
--------------------	---------	----------------------------	-----	------------------

4.3 Prueba de hipótesis

Se realizó la instalación de la Chancadora Short Head en la Sociedad Minera EL BROCAL - Pasco, el cual nos permitirá mejorar el análisis granulométrico del producto en el chancado terciario y aumentar la productividad, así tenemos que el P80 anterior fue de 13.3 mm y después de la instalación de la chancadora el P80 TCHS84 SH/Fine Liner fue de 8.33 mm.

Prueba de Hipótesis Específica

- a. Cuando realizamos la instalación de la Chancadora Short Head se obtuvo la eficacia de la maquinaria que es de 89% respecto a las zarandas.
- b. La sección del chancado terciario la maquinaria nos permitirá mejorar el análisis granulométrico del producto así tenemos que el radio de reducción se incrementó desde 2.42 a 3.88.
- c. Si calculamos los tamaños característicos en la alimentación F80 y producto P80 del chancado mejoraremos el análisis granulométrico en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019 teniendo en la

Planta de chancado anterior

F80 = 32351.87 micrones = 32.35 mm

P80 = 13342.90 micrones = 13.34 mm

Planta de Chancado actual

F80 = 34587.08 micrones = 34.58 mm

P80 = 8325.39 micrones = 8.33 mm

- d. realizamos los análisis, ensayos, pruebas experimentales en la planta para así conocer la distribución granulométrica de los alimentos y producto del mineral para así tomar las decisiones para ajustar los set y aberturas de las zarandas de vibración en la Planta de Chancado terciario y ajustar los parámetros de operación en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019

4.4 Discusión de resultados.

Con la instalación de la Chancadora Short Head se cumple con el incremento de radio de reducción de 2.42 a 3.88 y la mejora del análisis granulométrico en el chancado terciario al obtener un producto más fino.

El reemplazo de este equipo por la Chancadora Trio TC84, permitirá aumentar la confiabilidad de la operación así como alcanzar una reducción de tamaño de partícula de 13.3mm a 8.33mm. Este nuevo tamaño de partícula mejorará la eficiencia en el circuito de molienda, clasificación y flotación de la concentradora, así como su disponibilidad.

CONCLUSIONES

1. Para aumentar la capacidad de la chancadora, se debe tener en cuenta la adecuada distribución de tamaños del material; el contenido de finos, el cual resta la eficiencia de la trituración por lo que es necesario tamizarlos antes de alimentarlo, para el cual se ajustó los parámetros de eficacia fija a 0.89 en las zarandas
2. La conminución en la minería constituye la primera fase del ciclo productivo. El chancado en su mayoría se realiza en seco, teniéndose una humedad promedio de 5.1%.
3. El radio de reducción con la instalación de la nueva chancadora terciaria Trio TCHS84 SH/Fine Liner de 2.42 a 3.89
4. El P80 de la planta de chancado anterior con la chancadora modelo SANDVIK CH660 fue de 13.34 mm, El P80 del set de la chancadora terciaria Trio TCHS84 SH/Fine Liner de es de 8.33mm
5. La colocación de equipos de chancado en las plantas concentradoras depende de un factor principal que es el espacio existente o disponible. Por tal motivo se tiene que ver la topografía del terreno para así aprovechar la transferencia de materiales, para la instalación de las fajas transportadoras y las zarandas vibratorias.
6. Al tener la topografía del terreno se va evaluar alternativas para la ubicación de las chancadoras Short Head, así pudiéndose ubicar chancadoras del mismo tipo y de diferentes dimensiones.

7. Una adecuada calibración de la abertura del chancado y el set de descarga de 6.35 mm como función de las características del material al ser chancado aumenta la capacidad de la chancadora y mejora la producción.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda hacer una evaluación experimental antes del funcionamiento de la chancadora. Por otro lado, se recomienda alimentar la chancadora con material que no debe ser excedido al 80% del tamaño de la boca.
- ✓ Evaluar el rendimiento de la chancadora, tomando en cuenta el criterio de: operación y técnica.
- ✓ Con el fin de aumentar la capacidad total de la planta a futuro, se recomienda ampliar la segunda etapa de chancado

BIBLIOGRAFIA

1. Agar G.E., Stratton R. Optimizing the design of flotation
2. Grinding requirements of an ore for flotation. The Institution of Mining and Metallurgy, December 1977, p207 -211
3. Instituto Geológico Minero de España (1991). Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea
4. Kelly g. E. J. Spottiswood d. Introducción al Procesamiento de Minerales. Editorial Noruega Limusa. 1992.
5. Lynch a. J. Circuitos de Trituración y Molienda de Minerales. Universidad Queensland, Brisbane Quid. Australia. Editorial Rocas y Minerales 1980 Arturo Soria 166 Madrid -33.
6. Manzaneda J. Procesamiento de Minerales. Nueva Edición Ediciones UNI. Lima-Perú 2001.
7. Sepulveda E. J., Gutierrez R. L. Dimensionamiento y Optimización de Plantas Concentradoras mediante Técnicas de Modelación Matemática. Centro de Investigación Minera Metalúrgica. Chile 1992.
8. Universidad Politécnica de Madrid (2007). Curso de evaluación y planificación minera

Referencia electronica

- ✓ http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/9754/1/rodriguez_vc.pdf
- ✓ [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/IMalalca%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/IMalalca%20(1).pdf)
- ✓ file:///C:/Users/Usuario/Downloads/maquinaria_reduccion_de_tamano.pdf

- ✓ http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/237/T-09_5.pdf?sequence=1
- ✓ <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/75/B2-M-18059.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ✓ http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/183/FIM-13_373.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ✓ file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TIMM_23.pdf
- ✓ https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/artic/20190109/asocfile/20190109004934/chancado_media_t_cnico_060119.pdf
- ✓ <https://es.calameo.com/read/0029869513356bb1abc78>
- ✓ http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/UCD5754_01.pdf

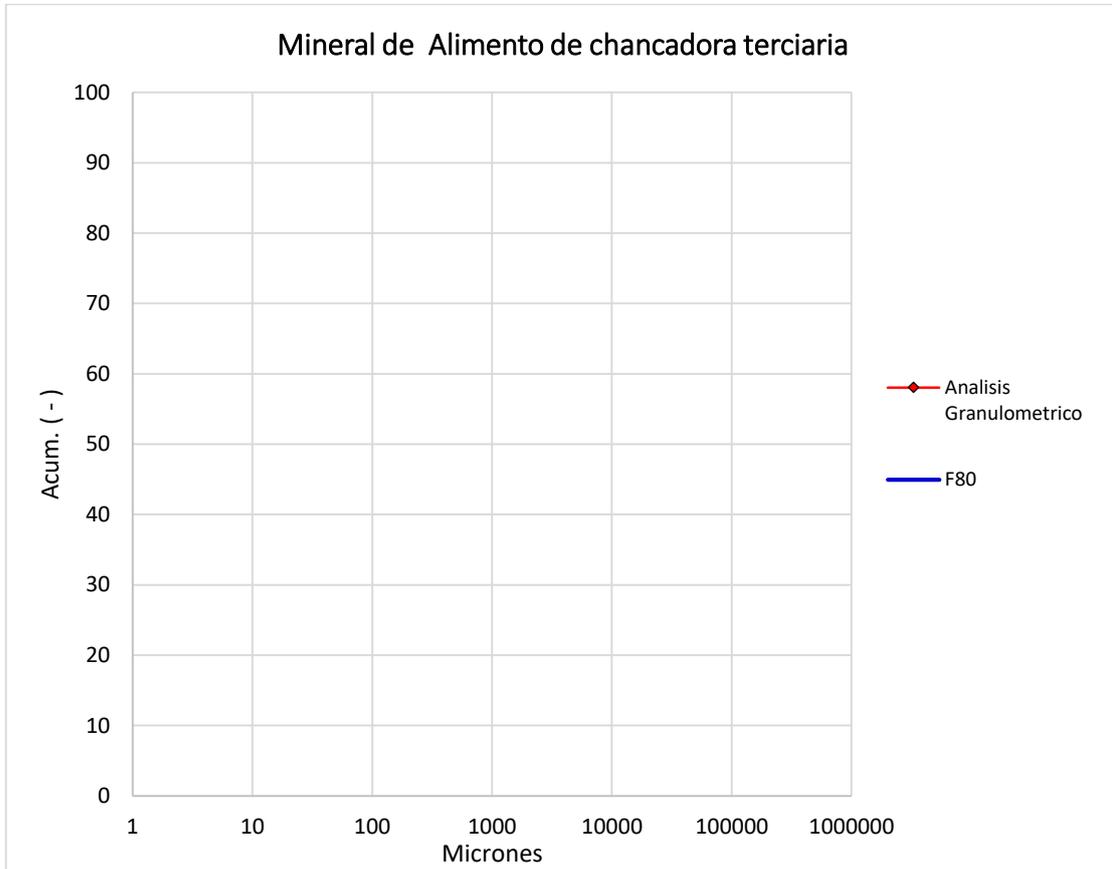
ANEXOS

Instrumentos de recolección de datos

Instrumento para análisis granulométrico

Análisis Granulométrico						
Malla	Abertura	Peso (g)	% PESO	Acum (+)	Acum(-)	F80
10"	254000					
9"	228600					
8"	203200					
7"	177800					
6"	152400					
5"	127000					
4"	100512					
3"	75384					
2"	50256					
1"	25128					
3/4"	18846					
1/2"	12564					
3/8"	9423					
1/4"	6350					
4	4699					
6	3327					
8	2362					
10	1651					
14	1168					
20	833					
30	595					
40	420					
50	297					
70	210					
100	150					
140	105					
200	74					
-200	<74					
TOTAL	W seco	0.00	0.00		F80 (um)	0.00
	W humedo	29698.65	% Humedad	100.00	F80 (cm)	0.00

Instrumento para el grafico de clasificación



TRIO TC Shorthead Head 84" Cone Crusher

Head Diameter:	84" (2100mm)
Machine Weight:	158,400 lbs (72000 kg)
Tramp Relief:	Hydraulic cylinders with relief valves and remote accumulator
Liners Available:	Fine; Medium; Coarse
Max Feed Opening:	5-1/4" (133mm) with Medium Liner
Min to Max CSS Range:	3/8" to 3/4" (10mm to 19mm) depending on liner selection
Capacity:	420 to 570 STPH (380 to 515 MTPH) depending on liner and CSS
Required Power:	500 Hp (400 kW) Electric Motor

Adjustment:

Threaded bowl with hydraulic gear drive allowing precision adjustment.

Operating Controls:

Hydraulic Pump 25 Hp. Fully integrated hydraulic console with push button control for clamping and adjustment. Tramp relief via PLC for reliable operation and simple troubleshooting.

Lubrication:

TRIO's self contained oil lubrication skid is PLC integrated with automatic shutdown sensors for out of tolerance and oil temperature/pressure/flow. Air to oil heat exchanger, oil tank heaters and dual element oil filter provide climate controlled oil lubrication. Lube pump 15 Hp, cooling fan 10 Hp, heater 5kW.

Bearings:

Precision machined bronze bushings with additional oil porting provide superior load carrying ability in harsh environments.

Gearing:

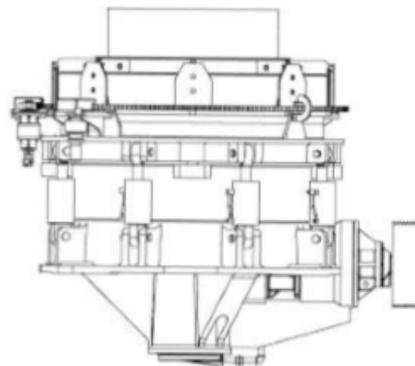
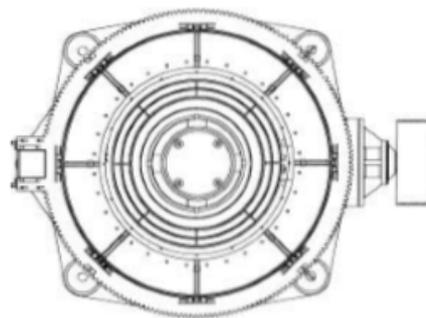
Spiral cut bevel gear set using induction hardened gears and carburized pinions ensure quiet, smooth and more efficient horsepower transmission.

Frame:

Cast high strength alloy & fabricated mainframe. Heat treated, stress relieved.

Operating Speed Range:

485 RPM to 530 RPM



Drawings not to scale. Specifications may not be representative of most recent upgrades and changes.

Building Solutions Together

WWW.TRIOPRODUCTS.COM

C.2.P.01.EN.002

TRIO CONE CRUSHERS TC84 FINE

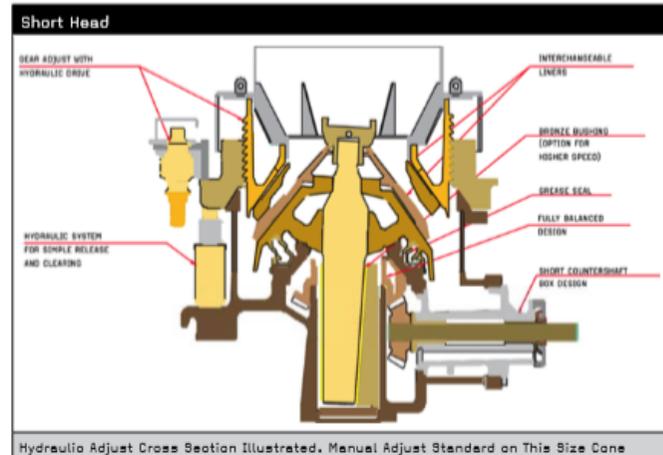
Linear Selection				
	Minimum Setting		Feed Opening (OS)	
	Inch	MM	Inch	MM
Ex-Coarse	5/8"	16	8"	200
Coarse	1/2"	12	7"	180
Medium	3/8"	10	5 1/4"	135
Fine	3/16"	5	4 1/8"	105

Note : Maximum feed size should be 80% of the open side (OS) feed opening

Open Circuit Maximum Capacities										
TPH (High Speed)	Closed Side Setting – Inches (MM)									
	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"
	6MM	10MM	13MM	16MM	19MM	25MM	32MM	38MM	50MM	64MM
Short	320-350	420-460	475-575	540-630	570-685	605-740	750-960	880-1050	1210-1430	1400-1650
Metric	290-315	380-425	430-520	485-565	515-615	550-670	680-872	800-955	1100-1300	1270-1500

Product Gradations - Percent Passing									
Inch	Closed Side Setting (High Speed)								
	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	
MM	6	10	13	19	25	31	38	50	
4" (100)									100
3" (75)								100	90
2 1/2" (64)						100	90	90	80
2" (50)					100	90	80	65	65
1 1/2" (38)				100	90	80	65	50	50
1 1/4" (32)				90	80	65	50	30	30
1" (25)			100	85	65	51	30	24	24
3/4" (19)		100	85	65	49	31	24	17	17
1/2" (13)	100	85	65	49	30	24	17	12	12
3/8" (10)	87	65	49	31	22	17	12	8	8
1/4" (6)	65	49	31	22	16	12	8	5	5
4# (5)	50	30	22	16	12	8	5	3	3
6# (3)	32	22	17	12	8	5	3	1	1
8# (2)	22	17	12	8	5	3	1	0	0

Note 1: Figures for 1/4" to 3/4" Closed Side Settings are for closed circuit application and the rest are for open circuit application. Note 2: The values are for the average feed material with Wt = 12 to 14. Note 3: The values in the above tables will vary with the method of feeding, feed distribution, feed segregation, crushing cavity, bulk density, fines in the feed, moisture content, fracture characteristics, speed, etc. Consult Trio Engineered Products, Inc. for more accurate estimate.



Hydraulic Adjust Cross Section Illustrated. Manual Adjust Standard on This Size Cone

Description	US	Metric
Speed	530 RPM	530 RPM
HP	500 HP	355 KW
Weight	174000 LBS	79000 KG
Size	185x134x162"	4700x3400x4100MM

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“INSTALACIÓN DE CHANCADORA SHORT HEAD PARA MEJORAR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL PRODUCTO DEL CHANCADO EN SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A., PASCO-2019”.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMAS	OBJETIVO	HIPOTESIS
<p><u>PROBLEMA GENERAL</u></p> <p>¿De qué manera contribuiría la instalación de la Chancadora Short Head para mejorar el análisis granulométrico del producto en el chancado terciario en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco - 2019?.</p> <p><u>PROBLEMAS ESPECIFICOS</u></p> <p>a) ¿Cual la eficiencia en la Chancadora Short Head en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco - 2019?</p> <p>b) ¿Cual es el Diseño el circuito de la sección del chancado terciario que permita mejorar el análisis granulométrico del producto en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019?</p> <p>c) ¿Como calcular los tamaños característicos en la alimentación F80 y producto P80 del chancado en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019?.</p> <p>d) ¿Cuales son los análisis, ensayos, pruebas experimentales realizaran para determinar las características del mineral en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL</u></p> <p>Instalar de la Chancadora Short Head para mejorar el análisis granulométrico del producto en el chancado terciario en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco - 2019.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la eficiencia en la Chancadora Short Head en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco - 2019 • Diseñar el circuito de la sección del chancado terciario que permita mejorar el análisis granulométrico del producto en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019. • Calcular los tamaños característicos en la alimentación F80 y producto P80 del chancado en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019. • Realizar los análisis, ensayos, pruebas experimentales realizaran para determinar las características del mineral en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019. 	<p><u>HIPÓTESIS GENERAL:</u></p> <p>Si contribuimos la instalación de la Chancadora Short Head de manera adecuada, se podrá mejorar el análisis granulométrico del producto en el chancado terciario y se incrementará la producción en la Sociedad Minera EL BROCAL.</p> <p><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICA:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Si realizamos la instalación de la Chancadora Short Head conoceremos la eficacia de la maquinaria. • Si priorizamos la sección del chancado terciario la maquinaria nos permitirá mejorar el análisis granulométrico del producto. • Si calculamos los tamaños característicos en la alimentación F80 y producto P80 del chancado mejoraremos el análisis granulométrico en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019 • Si realizamos los análisis, ensayos, pruebas experimentales realizaran para determinar las características del mineral mejoraremos el análisis granulométrico en la Sociedad Minera EL BROCAL, Pasco – 2019

ORGANIZACIÓN DE LAS VARIABLES			METODOLOGÍA
VARIABLE	INDICADORES	ÍNDICES	
<p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u></p> <p>Instalación de chancadora short head.</p>	<p><u>Indicadores:</u></p> <p>Unidad de equipos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Circuito normal ✓ Circuito modificado ✓ Equipo Nuevo. 	<p><u>MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN</u></p> <p>El presente trabajo de Investigación, por tener una naturaleza de carácter práctico y practico es experimental.</p> <p><u>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</u></p> <p>La investigación corresponde a un diseño Aplicado, asi podemos decir que es cuasi experimental.</p> <p><u>POBLACIÓN Y MUESTRA</u></p> <p><u>POBLACIÓN</u></p> <p>La población para la investigación será toda una gama de minerales tratados en el chancado terciario de la sociedad Minera Brocal S.A.A.</p> <p><u>MUESTRA</u></p> <p>La muestra se obtuvo al azar mediante los muestradores ubicados en la entrada de las chancadoras, para el cual se utilizara el método de Taggart.</p>
<p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></p> <p>Análisis granulométrico del producto del chancado.</p> <p>.</p>	<p><u>Indicadores:</u></p> <p>P80, F80</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 0-30 malo ✓ 30-70 bueno ✓ 80-100 mejor 	