

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA DE
MINERALES MEDIANTE EL REAPROVECHAMIENTO
DE LOS CHIPS (MINERAL Y BOLAS DE ACERO
DESGASTADAS) DE LA COMPAÑÍA MINERA
ANTAPACCAY – 2017**

PRESENTADO POR LA BACHILLER

MIRIAM HUILLCA CÁCERES

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AREQUIPA – PERÚ

2018

A mi madre, por darme las herramientas necesarias para ser profesional; espero corresponder considerablemente la confianza depositada en mi persona y brindarles los frutos de su enorme esfuerzo.

A mi familia, son el motor y motivo para salir adelante.

Agradezco a Dios, por haberme ayudado en cada paso de esta investigación.

A mi madre Sra. Felicitas Cáceres Paucara, quien me formó con reglas y algunas libertades; a su vez siempre me motivó a alcanzar mis metas.

A mi hermano Napoleón Huillca Cáceres, quien me dio su apoyo en cada etapa de esta investigación y por enseñarme mucho.

A mi novio Juan C. Ninahuaman Bustamante, por la ayuda que me ha brindado y fue sumamente importante; estuvo en los momentos malos apoyándome, no fue fácil culminar este proyecto; siempre fuiste motivador, me decías que lo lograría perfectamente.

A mis asesores, en especial a la Mg. Silvia Tapia Medrano, por la paciencia, sugerencias, comentarios y disponibilidad que ha tenido en todo momento.

RESUMEN

En los últimos años, la minería ha tenido gran relevancia en la economía peruana; esta actividad trae consigo muchos impactos ambientales, como la generación de residuos. En el proceso de extracción del cobre, se encuentran varios procedimientos entre ellas la etapa de molienda; esta etapa genera residuos en gran magnitud, estos residuos son de tipo metálico por ende pueden ser reaprovechados.

En la minera Antapaccay, se encuentra gran cantidad de estos residuos provenientes de los molinos de bolas y molinos SAG. La minera no cuenta con un sistema de segregación para el reaprovechamiento de los chips (bolas de acero desgastadas y mineral fragmentado).

El objetivo de este trabajo de investigación es plantear el diseño de un sistema de segregación para la optimización del reaprovechamiento de los chips (bolas de acero desgastadas y mineral fragmentado), con este sistema de segregación se pretende separar las bolas de acero desgastadas del mineral fragmentado.

Se identificó que la generación de chips es de entre 40 – 50 toneladas por día y de los cuales se determinó que la composición de los chips es de 25% bolas de acero desgastadas y 75 % mineral fragmentado.

Además, se realizó la evaluación del impacto ambiental donde se evaluó tres etapas: la descarga de chips de los molinos, el transporte de los chips al área de almacenamiento y el almacenamiento de los chips, donde la generación de material particulado se presenta en las etapas de transporte y almacenamiento donde se tiene una significancia moderada. La pérdida de la cubierta vegetal se da en las etapas de transporte y almacenamiento donde presenta una significancia moderada. La disminución de la calidad del suelo y contaminación del suelo se evaluaron con una significancia moderada en la etapa de transporte y almacenamiento de los residuos chips.

Asimismo, se realizó el diseño de la planta de segregación chips, donde el área para la planta será de 210 m². Se dimensiono los equipos tales como la tolva de alimentación, el alimentador vibratorio, faja transportadora de segregación de residuos chips, faja transportadora de bolas de acero desgastadas y faja transportadora de mineral fragmentado.

De esta manera, se pudo concluir que el diseño propuesto de un sistema de segregación logra la optimización del reaprovechamiento de los residuos generados en la etapa de molienda de los molinos de bolas y molino SAG.

Palabras claves: residuos mineros, residuo metálico, segregación y reaprovechamiento.

ABSTRACT

In recent years, mining has had great relevance in the Peruvian economy; this activity brings with it many environmental effects, such as the generation of waste. In the copper extraction process, several processes are found, among them the grinding stage; this stage generates waste in great magnitude.

In the Antapaccay mine there is a large amount of this waste coming from the SAG ball mills and mills, the mining company does not have a segregation system for the reuse of the chips (degassed steel balls and fragmented ore).

The objective of this research work is to propose the design of a segregation system for the optimization of the reuse of the chips (degassed steel balls and fragmented ore), with this segregation system it is intended to separate the zero-worn balls from the fragmented ore.

It was identified that the generation of chips is between 40 - 50 tons per day and from which it was determined that the composition of the chips is 25% steel balls worn and 75% mineral fragmented.

In addition, the environmental impact assessment was carried out, where three stages were evaluated, such as the discharge of chips from the mills, the transport of the chips to the storage area and the storage of the chips, where the generation of particulate material occurs in the transport and storage stage where there is a moderate significance, the loss of vegetation cover occurs in the stages of transport and storage where it has a moderate significance, the decrease in soil quality and soil contamination were evaluated with a significant moderate in the stage of transport and storage of waste chips.

Likewise, the design of the chip segregation plant was carried out, where the area for the plant will be 210 m², equipment such as: feed hopper, vibratory feeder, conveyor

belt segregation of waste chips, conveyor belt Worn steel balls and fragmented ore conveyor belt.

In this way it was possible to conclude that the proposed design of a segregation system achieves the optimization of the reuse of the waste generated in the milling stage of the ball mills and SAG mill.

Keywords: mining waste, metal waste, segregation and reuse.

INTRODUCCIÓN

OSINERMINING (2017) afirma que la minería en los últimos años ha tenido mucha importancia debido a sus diferentes encadenamientos con las actividades productivas del país (p.141). asimismo (2007) dice que la actividad minera consiste en la obtención selectiva del mineral, esto implica la interacción física de grandes cantidades de materiales de la misma, para la recuperación solo de pequeños volúmenes de producto deseado, lo que implica el desarrollo de varios procesos mineros, tales como la etapa de molienda de minerales (p.13).

Cuti (2017) manifiesta que la compañía minera Antapaccay, Espinar- Cusco, produce el concentrado de cobre mediante varios procesos mineros, que incluye la etapa de molienda de minerales, para la cual, la minera cuenta con dos molinos de bolas y un molino SAG (molienda semiautógena), cuyos medios moledores son las bolas de acero, donde la carga de estas es del 35 % de la capacidad del molino.

Dentro de las etapas de molienda se producen residuos, estos son llamados chips (mineral con bolas de acero desgastadas), los cuales se generan a partir de la descarga de los molinos de bolas y el molino SAG; posteriormente, pasan por una faja que los dirige a un electroimán, el cual al atraer los metales no solo logra captar las bolas de acero desgastadas, sino que también atrae la mena que contiene minerales como magnetita, pirita y minerales sulfurados, es decir, los chips.

El presente trabajo de investigación busca implementar un procedimiento para reaprovechar los chips generados en el proceso de extracción del cobre.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Caracterización de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema de la investigación.....	2
1.2.1. Problema principal.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.5. Importancia de la investigación.....	3
CAPÍTULO II.....	5
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5

2.1	Marco referencial.....	5
2.1.1.	Antecedentes de la investigación.....	5
2.2.	Marco legal.....	8
2.2.1.	Constitución Política del Perú.....	8
2.2.2.	Ley N° 28611 Ley General del Ambiente.....	8
2.2.3.	Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos deroga a la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.....	9
2.2.4.	Reglamento del Decreto Legislativo 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	10
2.2.5.	Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería Decreto Supremo N° 014-92-EM.....	10
2.2.6.	Reglamento sobre Protección del Medio Ambiente D.S. N° 016-93-EM.....	11
2.3.	Marco teórico.....	11
2.3.1.	Molienda.....	11
2.3.2.	Minerales.....	18
2.3.3.	Residuos.....	21
2.3.4.	Metales.....	24
2.3.5.	Bolas de acero.....	25
2.3.6.	Separadores magnéticos para la separación de fragmentos metálicos.....	30
2.3.7.	Faja transportadora.....	32
2.3.8.	Alimentador vibratorio.....	34
2.3.9.	Proceso de la planta concentradora antapaccay.....	35

2.3.10. Muestreo.....	41
2.4. Marco conceptual.....	42
2.4.1. Chips.....	42
2.4.2. Impacto ambiental	42
2.4.3. Roca.....	42
2.4.4. Actividad minera	43
2.4.5. Gestión integral de residuos.....	43
2.4.6. Población	43
2.4.7. Muestra	43
2.4.8. Muestra aleatoria	44
2.4.9. Unidad de muestreo	44
CAPÍTULO III	45
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	45
3.1. Metodología.....	45
3.1.1. Método.....	45
3.1.2. Tipos de investigación	57
3.1.3. Nivel de investigación	57
3.2. Diseño la de investigación	57
3.3. Hipótesis de la investigación	59
3.3.1. Hipótesis general	59
3.3.2. Hipótesis específicas.....	59

3.4. Variables	59
3.4.1. Variable dependiente	59
3.4.2. Variable independiente	59
3.4.3. Operacionalización de las variables.....	60
3.5. Cobertura del Estudio	60
3.5.1. Universo.....	60
3.5.2. Población	60
3.5.3. Muestra	61
3.5.4. Muestreo	61
3.6. Técnicas e instrumentos.....	61
3.6.1. Técnicas de la investigación	61
3.6.2. Instrumentos de la investigación	61
3.6.3. Fuentes.....	61
3.7. Procesamiento estadístico de la información.....	61
3.7.1. Estadísticos	61
3.7.2. Representación.....	61
CAPÍTULO IV	62
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	62
4.1. Resultados de la caracterización de la muestra.....	62
4.1.1. Determinación de la muestra	62
4.2. Identificación y evaluación del impacto ambiental.....	67

4.2.1. Lista de chequeo	67
4.2.2. Evaluación de impactos ambientales según la matriz de leopold.....	70
4.3. Diseño de la planta de segregación y reaprovechamiento de los residuos chips	72
4.3.1. Distribución de la planta.....	73
4.4. Dimensionamiento de equipos.....	79
4.4.1. Datos para el cálculo de equipos	79
4.4.2. Dimensionamiento de la faja transportadora principal.....	80
4.4.3. Dimensionamiento de la tolva y alimentador vibratorio	87
4.4.4. Dimensionamiento del área de almacenamiento de mineral fragmentado	88
4.4.5. Dimensionamiento del área de acopio de las bolas de acero desgastadas.....	89
4.5. Análisis económico.....	91
4.5.1. Inversión del proyecto para la ejecución	91
4.5.2. Ingresos y egresos del proyecto.....	92
4.5.3. Determinación del VAN y TIR.....	94
4.5.4. Costos del desarrollo del trabajo	95
4.6. Contraste de hipótesis.....	96
4.6.1. Hipótesis general	96
4.6.2. Hipótesis específicas.....	96
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

ANEXOS	106
--------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intensidad y descripción magnética de los principales minerales.....	19
Tabla 2. Composición química de las bolas de acero.....	26
Tabla 3. Peso y dimensiones de las bolas de acero.	27
Tabla 4. Dureza de las bolas de acero.	28
Tabla 5. Plan de higiene	49
Tabla 6. Criterios de evaluación del impacto ambiental	55
Tabla 7. Identificación del impacto ambiental	68
Tabla 8. Significancia	71
Tabla 9. Relación de proximidad.....	74
Tabla 10. Peso específico.	79
Tabla 11. Ángulo de inclinación.	79
Tabla 12. Dimensiones horizontales antropométricos.....	80
Tabla 13. Dimensiones antropométricas verticales.	82
Tabla 14. Gastos fijos anuales	91
Tabla 15. Gastos variables anuales.....	92
Tabla 16. Ingresos del proyecto.....	92
Tabla 17. Flujo de egresos del proyecto.....	93
Tabla 18. Flujo neto efectivo.....	93
Tabla 19. Datos para el VAN.	94
Tabla 20. Gastos del desarrollo del trabajo.	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Identificación de componentes de un molino de bolas para minería.	13
Figura 2. Representación de un molino de barras.	15
Figura 3. Representación de un molino SAG.....	16
Figura 4. Representación de las bolas de acero forjado, como medio moedor.	26
Figura 5. Representación del molino en estado de rotación.....	29
Figura 6. Placas magnéticas de alta intensidad	30
Figura 7. Operación de poleas magnéticas	31
Figura 8. Separadores magnéticos suspendidos	32
Figura 9. Diagrama esquemático del circuito de molienda de la minera Antapaccay ..	37
Figura 10. Chips – minerales fragmentados y bolas de acero desgastadas	42
Figura 11. Mapa de la compañía minera Antapaccay	46
Figura 12. Ubicación de la compañía minera Antapaccay	46
Figura 13. “Patio Billas” área donde se almacena los chips provenientes de los tres molinos de la minera Antapaccay.....	47
Figura 14. Diagrama de bloques del proceso de caracterización de chips	51
Figura 15. Diagrama de flujo del diseño de la investigación para la optimización del reaprovechamiento de los chips.....	58
Figura 16. Esparcimiento de chips en la plataforma de trabajo – Minera Antapaccay ..	63
Figura 17. Muestra de chips extendido para el cuarteo – Minera Antapaccay.....	63
Figura 18. Cuarteo de la muestra –residuos chips	64
Figura 19. Segregación de la muestra de chips	64
Figura 20. Selección de las bolas de acero desgastadas del mineral	65
Figura 21. Carguío de las billas de acero desgastadas.....	65
Figura 22. Resultado de la caracterización de los residuos chips.....	66

Figura 23. Porcentajes de mineral fragmentado y bolas de acero desgastadas	67
Figura 24. Evaluación del impacto ambiental - Matriz de Leopold	70
Figura 25. Generación de residuos del proceso de molienda de minerales – Minera Antapaccay	72
Figura 26. Análisis de proximidad entre las actividades para el diseño de planta de segregación y reaprovechamiento de Chips	73
Figura 27. Distribución de la planta para el diseño de reaprovechamiento de chips	75
Figura 28. Diagrama de procesos para el diseño de reaprovechamiento de residuos chips	76
Figura 29. Diagrama de flujo para el diseño de procesos de segregación y reaprovechamiento de los residuos chips.	78
Figura 30. Cantidad recuperada de bolas de acero y mineral fragmentado.....	84
Figura 31. Bolas de acero recuperadas en el periodo de un año.....	85
Figura 32. Valoración económica de las bolas de acero desgastadas.....	86

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Caracterización de la realidad problemática

La compañía minera Antapaccay se encuentra en la provincia de Espinar a unos 4100 msnm, en el campamento minero Tintaya, a 5 km de la carretera de Cusco Arequipa (DIRCETUR CUSCO, 2014). Esta minera produce el concentrado de cobre mediante varios procesos mineros, que involucra a la etapa de molienda, que es el tema de estudio donde se generan residuos que tienen la denominación de chips, los cuales están constituidos de mineral y bolas de acero desgastadas. La minera Antapaccay procesa un promedio de setenta mil toneladas por día de mineral en la etapa de molienda, aproximadamente de 48 a 50 toneladas por día de residuos provenientes de las descargas de los tres molinos, tanto del molino SAG como las de los molinos de bolas. Estos residuos son llevados a un patio de almacenamiento de una capacidad de 4 000 m², donde son apilados durante años; sin embargo, en los últimos meses se realiza la actividad de segregación manual de bolas de acero desgastadas.

1.2. Formulación del problema de la investigación

1.2.1. Problema principal

- ¿Cómo optimizar el reaprovechamiento de los chips (mineral fragmentado y las bolas de acero desgastadas) provenientes de la descarga del proceso de molienda de minerales de la minera Antapaccay?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características cuantitativas de los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales?
- ¿Cuál es el impacto que provoca el almacenamiento de los chips provenientes de la descarga de los molinos?
- ¿Cuál es el procedimiento para el reaprovechamiento de los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales de la minera Antapaccay?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Diseñar el proceso para optimizar el reaprovechamiento de los chips (mineral fragmentado y las bolas de acero desgastadas) provenientes de la descarga de los molinos de minerales de la minera Antapaccay

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar cuantitativamente los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales.
- Evaluar el impacto ambiental que provoca el almacenamiento de los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales de la compañía minera Antapaccay.

- Diseñar el procedimiento de recuperación de las bolas de aceros desgastadas

1.4. Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación presenta una propuesta para recuperar de los chips provenientes de la descarga de los molinos de la minera Antapaccay las bolas de acero desgastadas y mineral fragmentado; además, permite disminuir los costos de producción del proceso de molienda, mediante el reaprovechamiento y reciclado de las bolas de acero desgastadas; asimismo, se recuperará el mineral presente y volverá a la etapa de molienda para seguir su proceso. Lopez, R. (2002), afirma que el almacenamiento de estos materiales trae consigo degradación del suelo, ocupación inadecuado del suelo, agua e impacto visual del entorno donde se encuentra la minera, además la minera se encuentra en una ubicación geográfica donde hay precipitaciones durante seis meses al año, el contacto de las bolas de acero desgastadas con las precipitaciones produce las aguas ácidas y estas ocasionan degradación al suelo y del agua subterránea.

Además, mediante este estudio se pretende cumplir con la normativa ambiental vigente según la legislación peruana, esto garantizará que se tiene controles en materia ambiental.

1.5. Importancia de la investigación

La recuperación de los residuos tales como papel, botellas, latas, etc. son acciones que contribuyen a mitigar los impactos ambientales. La recuperación de las bolas de acero desgastadas provenientes de los molinos mineros de Antapaccay trae consigo muchos beneficios ambientales como la conservación de nuestros recursos naturales no renovables; ahorro de energía consumida hasta un 75 % en la producción del acero; reduce la contaminación del agua, aire y suelo por escorias y polvos producidos en el proceso de producción del acero a partir de materia prima. Según Gerdau AZA S.A.

(2005), con la recuperación de las bolas de acero desgastadas reduciremos los residuos provocados en esta industria minera y contribuiremos a la gestión ambiental eficiente de la minera Antapaccay, ya que por cada tonelada de acero reciclado se ahorra una tonelada y media de mineral de hierro. La recuperación de los residuos metálicos no solo trae beneficios ambientales, sino también beneficios económicos ya que la demanda de los residuos metálicos es muy grande por las plantas siderúrgicas y las fundiciones, disminuyendo así los costos en su producción.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Marco referencial

2.1.1. Antecedentes de la investigación

Ruiz & Hernandez (2016), Colombia, realizaron la tesis “Plan de Manejo para el Acopio de los Residuos Metálicos”

Los Programas de Calidad de Vida Urbana del Ministerio del Medio Ambiente y de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico, han establecido como prioritario el desarrollo de la Política para el Manejo Integral de Residuos Sólidos, fundamental para dar respuesta al incremento en la generación de los residuos sólidos, como resultado del incremento acelerado de la población de los centros urbanos. La política en mención establece la necesidad de optimizar los procesos productivos y promover "la cultura de la no basura" para disminuir la cantidad de residuos generados en la fuente, realizar el máximo aprovechamiento y valorización de los residuos producidos bajo condiciones de sostenibilidad, tratar los restantes para

reducir su volumen y características ofensivas al medio ambiente y construir sitios de disposición final controlados (Ministerio de medio ambiente, 2002, p.3). Con base en lo anterior, el presente plan de manejo ambiental contiene medidas orientadas a prevenir, corregir y mitigar o compensar los impactos y efectos ambientales generados por el acopio de todos los residuos metálicos del depósito el anticuario, tomando como base las medidas de prevención, corrección y mitigación. Las primeras evitan que se presenten efectos negativos al medio ambiente o simplemente puede mitigar su severidad; las segundas permiten la recuperación de la calidad ambiental del componente afectado luego de un determinado tiempo y las terceras son propias para los impactos irreversibles, para los cuales no es posible restituir las condiciones originales del medio. El Plan de manejo para el acopio de los residuos metálicos DEPÓSITO EL ANTICUARIO es un documento ejecutivo, que será de conocimiento de los responsables de ejecutar las actividades. Este plan se divide en cuatro programas; el “programa de prevención, corrección y mitigación de impactos”, el cual contiene las normas operativas y preventivas para el manejo ambientalmente adecuado del proyecto; el “programa de monitoreo ambiental” que incluye los muestreos y estudios necesarios para detectar los posibles cambios inducidos sobre el medio ambiente por efecto de la operación de la chatarrería; “ normas de seguridad ” que se encargarán de velar, preservar, promover, mantener la seguridad y bienestar físico, mental y social de cada uno de sus trabajadores y el “programa de seguimiento y/o vigilancia ambiental” que permite garantizar el cumplimiento de las medida estipuladas en el programa de prevención, corrección y mitigación.

Bravo & Silva (2005), Chile, realizaron la “Guía Educativa para el Reciclaje del Acero ¡A Reciclar Chatarra!”

La Guía Educativa para el Reciclaje del Acero ¡A Reciclar Chatarra! se realizó para impulsar la convicción y fomentar los temas ambientales entre la juventud, es la mejor forma de heredarles a las futuras generaciones un mundo mejor.

Se imprimieron en esa oportunidad 1500 ejemplares para ser repartidos entre los establecimientos educacionales de la Región Metropolitana. Pensamos que sería un número adecuado, considerando la naturaleza del libro. Pero nos equivocamos rotundamente, pues las guías se acabaron en pocos días. Tuvieron una demanda que jamás nos imaginamos.

Colegios, instituciones medioambientales y municipalidades fueron los más interesados en contar con este material, para poder fomentar el reciclaje de chatarra.

Esto nos llevó a pensar inmediatamente en una nueva edición de la Guía Educativa para el Reciclaje del Acero ¡A Reciclar Chatarra!, pero no quisimos hacer más de lo mismo y se decidió incorporar datos de todo el país. Así, este material no quedaría restringido sólo a Santiago. Esta nueva versión, además de entregar material para promover el reciclaje de chatarra entre nuestros educandos, aporta información sobre dónde la gente puede contactarse para entregar o vender la chatarra acumulada, ya sea en su casa o a través de las campañas que se realizan en los colegios. Esta chatarra finalmente llega a Gerdau AZA para ser convertida en acero nuevo para la construcción y la industria metalmecánica. Esto nos permite contar con materia prima reciclable, obteniendo así ventajas ambientales, económicas y sociales para la empresa y el país. De

esta forma, con la segunda edición de la Guía Educativa para el Reciclaje del Acero ¡A Reciclar Chatarra!, Gerdau AZA busca mantener un país más limpio y, además, contribuir al desarrollo económico de Chile, proveyendo del acero que éste necesita.

2.2. Marco legal

2.2.1. Constitución Política del Perú

Capítulo II

AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES

Artículo 66°.- Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal.

Artículo 67°.-El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Artículo 68°.- El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

Artículo 69°.-El Estado promueve el desarrollo sostenible de la Amazonía con una legislación adecuada.

2.2.2. Ley N° 28611 Ley General del Ambiente

Capítulo 1 Aspectos Generales

Artículo 1.- Del objetivo

La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno

desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

2.2.3. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos deroga a la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos

Capítulo 1. Disposiciones Generales

Artículo 1.- Objeto

El presente Decreto Legislativo establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de este Decreto Legislativo.

Artículo 2.- Finalidad de la gestión integral de los residuos sólidos.

La gestión integral de los residuos sólidos en el país tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, co-procesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente. La disposición final de los residuos sólidos en la infraestructura respectiva constituye la última alternativa de manejo y deberá realizarse en condiciones ambientalmente adecuadas, las cuales se definirán en el reglamento del presente Decreto.

2.2.4. Reglamento del Decreto Legislativo 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Título I. Disposiciones generales

El presente dispositivo normativo tiene como objeto reglamentar el decreto legislativo N° 1278, ley de gestión integral de residuos sólidos, a fin de asegurar la maximización de constatación de la eficiencia en el uso de materiales, la minimización de la generación de residuos, la adecuada disposición final de los mismos y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública.

2.2.5. Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería Decreto Supremo N° 014-92-EM

Título Décimo Quinto

Medio Ambiente

Artículo 219.- Para garantizar un entorno adecuado de estabilidad a la inversión minera, precisase lo señalado en el Artículo 53 del Decreto Legislativo N° 613, en el sentido que el establecimiento de áreas naturales protegidas no afectará el ejercicio de derechos otorgados con anterioridad a las mismas. En este caso cabe exigir la adecuación de tales actividades a las disposiciones del Código del Medio Ambiente.

Artículo 220.- Sustitúyase los Artículos 56 y 57 del Decreto Legislativo N° 613, por el siguiente texto: "Las áreas naturales protegidas son establecidas por Decreto Supremo, con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros y refrendado por el Ministro de Agricultura. La política de manejo la establece el Gobierno Nacional. Su administración corresponde al Gobierno Nacional, pudiendo delegarse a los Gobiernos Regionales o Locales"

Artículo 226.- Para la aplicación de las disposiciones contenidas en el Decreto Legislativo N° 613, Código de Medio Ambiente y referidas a la actividad minera y energética, la autoridad competente es el Sector Energía y Minas.

2.2.6. Reglamento sobre Protección del Medio Ambiente D.S. N° 016-93-EM

Artículo 1°.- Alcance.

El presente Reglamento comprende la aplicación de las normas contenidas en el Título Décimo Quinto del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería aprobado por Decreto Supremo N° 014 -92-EM, en el Decreto Legislativo N° 613 - Código del Medio Ambiente -, Decreto Legislativo N° 757 y Decreto Ley N° 25763, y alcanza a todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que ejerzan actividades minero-metalúrgicas.

Artículo 5°.- El titular de la actividad minero-metalúrgica, es responsable por las emisiones, vertimientos y disposición de desechos al medio ambiente que se produzcan como resultado de los procesos efectuados en sus instalaciones.

2.3. Marco teórico

4.2.1. 2.3.1. Molienda

Molienda es la operación unitaria que constituye el paso final del proceso de reducción de tamaño de rocas y minerales de manera similar a la trituración. El proceso consiste en la reducción de tamaño del material alimentado que oscile en un rango máximo aproximadamente inferiores a 1 pulg (1 pulg = 2,54 cm).

El objetivo de la operación de molienda es reducir el mineral a un cierto tamaño de partículas, que permite la liberación del mineral deseado del material sin valor económico, según Gelabert, (1988, p. 16).

2.3.1.1. Tipos de molinos

2.3.1.1.1. Molino de bolas

Gelabert (1988) afirma que el molino de bolas está formado por un cilindro de acero fundido conocido como casco, a sus extremos van los cabezales de entrada y salida; unidas a estas van los muñones de carga y descarga, donde se soporta el molino por medio de cojinetes o chumaceras. Para proteger al molino de un rápido desgaste, la cara interna del casco y los cabezales se revisten de placas de desgaste que pueden ser de acero aleadas con níquel, cromo-molibdeno, o de hule sintético.

En su interior, como medio de molienda se introduce bolas de acero hasta ocupar aproximadamente un 40 % del volumen del molino; estas bolas pueden ser de diferentes diámetro y composición metalográfica.

Este molino funciona girando sobre sus muñones de apoyo a una velocidad crítica determinada para cada tamaño de molino. Cuando el molino gira, las bolas, junto con el mineral, son elevados por la acción conjunta de la fuerza centrífuga y las ondulaciones de las lianas hasta una altura tal en que la fuerza de atracción de la gravedad es mayor que la centrífuga, originando con esto una caída en cascada de las bolas sobre las que están abajo. Es de esta manera como el mineral se muele bajo dos acciones, una por la acción de rozamiento con las bolas y lianas al subir por un costado del molino y la otra por fractura mientro al caer junto con las bolas sobre las que están abajo (p. 16).

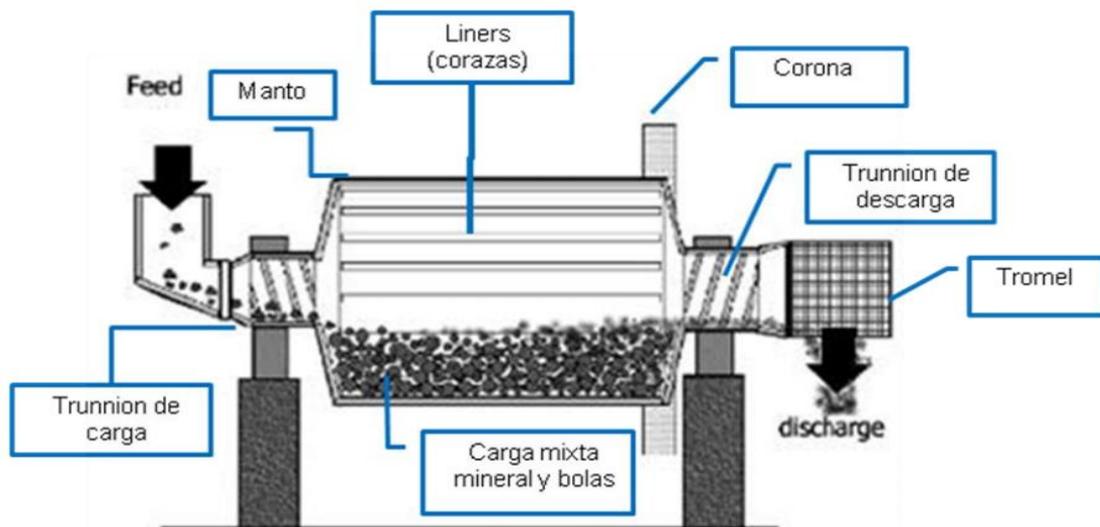
Reyes, López , Ibarra, Dávila, & Oliva (1999) manifiestan que el modelo es considerada como un tanque perfectamente mezclado con contenidos (masa dentro del

molino) descritos por una distribución de tamaños. Dentro del molino, hay dos factores que controlan el rompimiento de las partículas.

La función de selección, la cual define la probabilidad de las partículas a ser quebradas.

La función de rompimiento, la cual define la forma en la cual las partículas seleccionadas son quebradas (o aparecen) en el contenido del molino (pp. 7, 8).

Figura 1. Identificación de componentes de un molino de bolas para minería.



Fuente: Gutiérrez, 2011, p. 10.

2.3.1.1.2. Molienda de barras

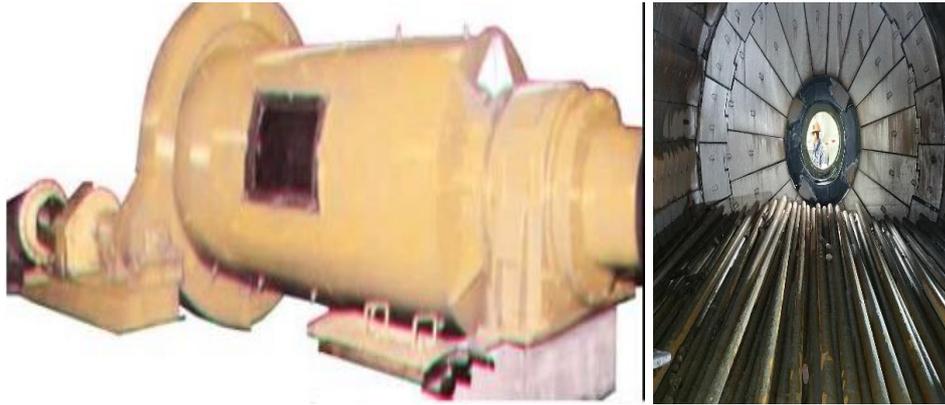
Rojas (2009) dice que el equipo tiene en su interior barras de acero que son los elementos de molienda para el chancado fino o de molienda gruesa. Son capaces de trabajar con alimentaciones de 50 mm y entregar productos de hasta 300 μm . A menudo se prefieren para chancado fino, sobre todo cuando el material tiene alto contenido de arcilla y tienden a atascar la chancadora.

Las barras son un poco más cortas que el largo del molino, para que trabajen en buenas condiciones sin formar puentes a lo ancho del cilindro y hacen efecto de tamiz ya que impiden el paso de los minerales que superan el tamaño requerido. La longitud máxima del molino es aproximadamente 6 metros, pues para longitudes mayores las barras se deforman. Inicialmente los molinos de barras se cargan con una selección de barras de diferentes diámetros. La proporción de cada una se calcula en base a proporcionar una superficie máxima de molienda. Los diámetros de las barras van desde 25 mm hasta 100 ms. Mientras más pequeño el diámetro de las barras, mayor será el área de molienda y por lo tanto la eficiencia será también mayor.

La capacidad óptima se obtiene con barras nuevas las que ocupan el 35 % del volumen. Las ventajas que proporciona utilizar molinos de barras se explican a continuación:

El medio de molienda es de un costo relativamente bajo. Se obtiene alta eficiencia de molienda ya que hay menos espacio vacío en una carga de barras que en otro medio de molienda. Esto repercute, también, en un menor consumo de aceros. Es fácil mantener las barras en condiciones de trabajo óptimas ya que las barras gastadas se pueden reemplazar fácilmente (pp. 43,44).

Figura 2. Representación de un molino de barras.



Fuente: Rojas, 2009, p. 43.

2.3.1.1.3. Molino SAG

Orellana (2010) afirma que este equipo tiene la capacidad y eficiencia, acortan el proceso de chancado y molienda donde el mineral se recibe directamente desde el chancado primario (no del terciario como en la molienda convencional) con un tamaño cercano a 8 pulgadas (20 cm, aproximadamente) y se mezcla con agua y cal.

En los molinos SAG, a diferencia de los molinos AG (autógenos), se agregan algunas bolas de acero para ayudar la molienda. En los molinos de bolas o de barras son estos elementos los que producen la conminación. A la alimentación fresca se le agrega agua. Como se verá más adelante la descarga de agua depende del contenido de sólidos dentro del molino.

Este material es reducido gracias a la acción del mismo material mineralizado presente en partículas de variados tamaños (de ahí su nombre de molienda semiautógena) y por la acción de numerosas bolas de acero, de 5 pulga de diámetro, que ocupan el 12 % de su capacidad. Dados el tamaño y la forma del molino, estas bolas son lanzadas en caída libre cuando el molino gira, logrando un efecto conjunto de chancado y molienda

más efectivo y con menor consumo de energía por lo que, al utilizar este equipo, no se requieren las etapas de chancado secundario ni terciario.

La mayor parte del material molido en el SAG va directamente a la etapa siguiente, la flotación, es decir tiene la granulometría requerida bajo los 180 micrones, y una pequeña proporción debe ser enviado a un molino de bolas (p. 7).

Figura 3. Representación de un molino SAG



Fuente: Orellana, 2010, p. 7.

2.3.1.2. Tipos de molienda

2.3.1.2.1. Molienda seca

“Es aquel donde el material alimentado al molino contiene un máximo de 7 % de humedad. En mineralurgia se emplea solo en casos excepcionales, tales como es molienda de minerales solubles y minerales industriales empleados en las industrias.

Hacer a materiales secos o a suspensiones de sólidos en líquido (agua), el cual sería el caso de la molienda húmeda” (Muñiz Delgado, 2012, p. 66).

2.3.1.2.2. Molienda húmeda

Muñiz Delgado (2012) afirma que se efectúa agregando agua y mineral al molino hasta que la mezcla contenga entre 50 a 80% de sólidos. Su gran aplicación de mineralurgia se debe:

- No produce polvo, lo que favorece las condiciones ambientales de trabajo
- Es más eficiente, lo que significa un menor consumo de energía que la molienda seca
- Permite un contacto más íntimo con los reactivos de flotación, cuando se emplea este método de concentración
- Es más fácil el transporte de los productos (p. 66).

2.3.1.3. Comparación entre la molienda seca y húmeda

Metso – Minerals (2004) anuncia:

2.3.1.3.1. Molienda húmeda

- Requiere menos potencia por tonelada tratada.
- No requiere equipos adicionales para el tratamiento de polvos.
- Consume más revestimiento (por corrosión).
- Molienda seca.
- Requiere más potencia por tonelada tratada.
- Si requiere equipos adicionales para el tratamiento de polvos.
- Consume menos revestimiento (p. 43 y 44).

2.3.2. Minerales

Montero (1999) sostiene que los minerales se definen como sustancias inorgánicas naturales, de composición química y estructura cristalina definidas. Poseen características físicas y químicas distintivas que permite su identificación y determinan su comportamiento.

Los minerales se identifican de acuerdo con las siguientes características:

- Brillo o lustre
- Color
- Color de la Raya
- Dureza Relativa
- Clivaje
- Fractura
- Solubilidad en Ácidos
- Peso Específico
- Diafanidad
- Maleabilidad
- Elasticidad (p. 62)

2.3.1.4. Intensidad magnética de los minerales

Tabla 1. Intensidad y descripción magnética de los principales minerales.

Intensidad Magnética	Descripción Magnética	Mineral
500 – 5000 G	Fuertemente Magnético	Magnetita
		Franklinita
		Leucita
		Silice
5000 – 10000 G	Moderadamente Magnético	Pirrotita
		Ilmenita
		Biotita
		Granate
10000 – 18000 G	Débilmente Magnético	Wolframita
		Hematita
		Columbita
		Limonita
		Pirolusita
		Rodocrosita
18000 – 23000 G	Pobremente Magnético	Siderita
		Manganitarutilo
		Rutilo
		Rodonita
		Dolomita
		Tantalita
		Cerusita

Fuente: Muñiz Delgado, 2012, p. 164.

El cuadro nos indica la intensidad magnética de los minerales que se encuentran en unidades de gauss (G).

2.3.1.5. Tipos de minerales

2.3.1.5.1. Pirita Fe₂S

Ruiz (1984) afirma que el mineral amarillento con manchas gris, verde o rojizo; lustre resinoso; se asocia a las evaporitas con el yeso, anhidrita o calcita. También es frecuente como mineral accesorio de algunas rocas lodosas u otras rocas.

2.3.1.5.2. Tipos principales de pirita

- La pirita diseminada se presenta en cristales idiomorfos y está presente sobre todo en los azufrones. Se localiza principalmente siguiendo un bandeo que coincide con SI.
- La pirita masiva se presenta desde pirita en mosaico cristalino a cristales idiomorfos o subidiomorfos, entre cuyos finos intersticios aparecen otros sulfuros o ganga (p. 53).

2.3.1.5.3. Magnetita, Fe₃O₄

Loayza (s.f.) sustenta que el óxido de hierro negro o piedra imán, de color negro de hierro y brillo metálico. La magnetita es miembro del grupo espinel, de sistema cristalino cubico y de estructura espinel inverso.

También manifiesta que la magnetita es un mineral mejor conocido por su propiedad de estar fuertemente atraído hacia los imanes. Algunas formas de la magnetita de locaciones específicas son, de hecho, ellos mismos imanes. Esta forma se conoce como piedra imán, y es el único mineral que actúa como un imán natural. Aunque su magnetismo es débil, es lo suficientemente fuerte como para atraer a grandes clavos. Debido a sus propiedades magnéticas, pequeñas partículas de hierro a menudo se

encuentran aferradas a su superficie. Algunos comerciantes colocan intencionadamente en una piedra imán limaduras metálicas para demostrar su magnetismo.

La magnetita tiene fuerte magnetismo que se debe a un fenómeno de ferromagnetismo: los momentos magnéticos de los distintos cationes de hierro del sistema se encuentran fuertemente acoplados, por interacciones anti ferromagnéticas, pero de forma que en cada celda unidad resulta un momento magnético no compensado, según (Loayza, s.f.).

2.3.3. Residuos

Residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final. Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida. También se considera residuos aquellos que siendo líquido o gas se encuentran contenidos en recipientes o depósitos que van a ser desechados, así como los líquidos o gases, que por sus características fisicoquímicas no puedan ser ingresados en los sistemas de tratamiento de emisiones y efluentes y por ello no pueden ser vertidos al ambiente. En estos casos los gases o líquidos deben ser acondicionados de forma segura para su adecuada disposición final, según (D.L. 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016).

2.3.1.6. Clasificación de Residuos

En la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016), anuncia que la clasificación de residuos se da:

Según su origen

- Residuo domiciliario
- Residuo comercial
- Residuo de limpieza de espacios públicos
- Residuo de establecimiento de atención de salud
- Residuo industrial
- Residuo de las actividades de construcción
- Residuo agropecuario
- Residuo de instalaciones o actividades especiales

Según su gestión

- Residuos de ámbito municipal
- Residuos de ámbito no municipal

Según su peligrosidad

- Residuos peligrosos
- Residuos no peligrosos

2.3.1.7. Valorización de residuos

Los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico, por lo tanto, en actividades de: reciclaje de sustancias inorgánicas y metales, generación de energía, producción de compost, fertilizantes u otras transformaciones biológicas, recuperación de componentes, tratamiento o recuperación de suelos, entre otras opciones que eviten su disposición final, según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016).

2.3.1.8. Reaprovechamiento de residuos

Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización, según el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016)

2.3.1.9. Residuos no Peligrosos – residuos reaprovecharles

Según el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016), los residuos no peligrosos se clasifican en:

- Residuos de metales y residuos que contengan metales
- Residuos que contengan principalmente constituyentes orgánicos que pueden contener metales y materiales inorgánicos
- Residuos que contengan principalmente constituyentes orgánicos, que pueden contener metales y materia orgánica
- Residuos que pueden contener constituyentes inorgánicos u orgánicos

2.3.1.10. Segregación de residuos

La segregación de residuos debe realizarse en la fuente o en infraestructura de valorización de residuos debidamente autorizada. Queda prohibida la segregación en las áreas donde se realiza de disposición final de los residuos, según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016).

2.3.1.11. Reciclaje

El reciclaje constituye una forma de valorización material, que consiste en la transformación de los residuos sólidos en productos, materiales o sustancias, que

conserven su finalidad original o cualquier otra finalidad, según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016).

2.3.1.12. *Recolección selectiva*

Según el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016), indica que recolección selectiva es la “Acción de recoger apropiadamente los residuos que han sido previamente segregados o diferenciados en la fuente, con la finalidad de preservar su calidad con fines de valorización”.

2.3.4. Metales

Los metales tienen casi sin excepción estructuras cristalinas en su estado sólido. Los átomos de los metales se mantienen unidos por enlaces metálicos, esto significa que sus electrones de valencia pueden cambiar de sitio con relativa facilidad (comparada con los otros tipos de enlaces atómicos y moleculares). Estas estructuras y enlaces generalmente importan a los metales su resistencia y dureza característica, según Groover (1997, p. 40).

2.3.1.13. *Residuo Metálico*

Power (2012) afirma que es un material cuya composición química es principalmente hierro en cualquiera de sus formas, como por ejemplo: acero, acero inoxidable, hierro colado, etc.

Gracias a sus propiedades, puede ser reciclado en forma infinita, por lo que al final de su vida útil un producto de acero puede transformarse en parte de un auto o de una lavadora, sin perder su calidad (p. 210).

2.3.1.13.1. Reciclaje de acero

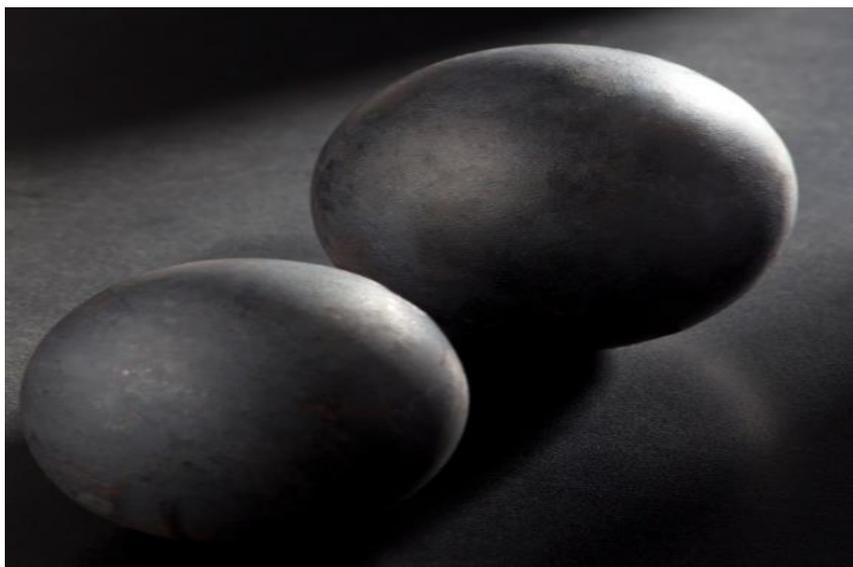
Gerdau AZA S.A. (2005) afirma que por cada tonelada de acero usado que reciclamos, ahorramos una tonelada y media de mineral de hierro y unos 500 kg del carbón que se emplea para hacer el coque. Se preserva las materias primas como la piedra caliza, el mineral de hierro y el carbón, entre otros y se mantiene el equilibrio de la naturaleza para que las generaciones futuras también puedan disfrutar del entorno

Los pasivos ambientales presentes en la explotación de un mineral se eliminan, como es el ruido y la contaminación atmosférica (polvo en suspensión). Se reducen en un 71 % las emisiones de contaminantes al aire, y en 56 % al agua y si hablamos de energía, el ahorro es del 70 % (pp. 44 y 45).

2.3.5. Bolas de acero

Las bolas de acero están hechas a través de calentarlas a 1000 °C de temperatura y utilizar el método forjado para la fabricación, y no hace falta derretirse ni el proceso de la fundición, simplemente el proceso forjado. Normalmente cuando se forjan las bolas de acero se utiliza el tratamiento de enfriamiento de agua. Posteriormente las bolas son templadas para darles la estructura martensítica con la dureza deseada y luego depositadas en cajas para enfriamiento lento hasta temperatura ambiente, con el objeto de aliviar las eventuales tensiones residuales propias del temple. Las cajas conteniendo los medios de molienda, son llevadas a los fosos de almacenamiento, según Valderrama (1999, p. 190).

Figura 4. Representación de las bolas de acero forjado, como medio molidor.



Fuente: Moly - Cop.

2.3.5.1. Composición química de las bolas de acero

Tabla 2. Composición química de las bolas de acero.

	Composición Química (peso %)			
	Diámetro Bola (pulg)			
	5.0		5.5	
	Min	Max	Min	Max
C	0.75	0.90	0.75	0.90
Mn	0.80	1.30	0.80	1.30
Si	0.15	0.40	0.15	0.40
Cr	0.10	0.50	0.50	0.80
Mo	0.00	0.10	0.00	0.10
Peso Nominal	8.850		11.200	
	(g)			

Fuente: Moly – cop.

Cantidad de químicos (peso %) utilizados en la producción de bolas de acero.

2.3.5.2. *Peso y dimensión de las bolas de acero para molinos de mineral*

Tabla 3. Peso y dimensiones de las bolas de acero.

Dimensión	Tipo	Diámetro teórico	Masa por bola	N° Promedio de bolas por Ton
1"	25 mm	26.0 mm	72	13900
1.25"	30 mm	31.2 mm	125	8000
1.5"	40 mm	41.6 mm	296	3380
2"	50 mm	52.0 mm	578	1730
2.5"	60 mm	62.4 mm	999	790
3"	75 mm	78.0 mm	1951	510
3.25"	80 mm	83.2 mm	2367	420
3.5"	90 mm	93.6 mm	3371	300
4"	100 mm	98.8 mm	3964	250
5"	125 mm	124.8 mm	7989	125

Fuente: Moly-cop.

La tabla nos indica las dimensiones de las bolas de acero y el promedio de bolas requeridas para la molienda de una tonelada de mineral.

2.3.5.3. Dureza interior y exterior de las bolas de acero

Tabla 4. Dureza de las bolas de acero.

Dimensión	Tipo	Dureza promedio de la superficie	Dureza del interior
1"	B2	60-65 HRB	60-65 HRB
1.25"	B2	60-65 HRB	60-65 HRB
1.5"	B2	60-65 HRB	60-65 HRB
2"	B2	60-65 HRB	60-65 HRB
2.5"	B2	60-65 HRB	60-65 HRB
3"	B2	60-65 HRB	60-65 HRB
3.25"	B3	60-65 HRB	60-65 HRB
3.5"	B3	60-65 HRB	60-65 HRB
4"	B3	57-63 HRB	57-63 HRB
4"	B6	60-65 HRB	60-65 HRB
5"	B3A	53-63 HRB	53-63 HRB
5"	B6	56-65 HRB	56-65 HRB

Fuente: Moly - cop.

La tabla nos indica la resistencia que tienen las bolas de acero según el tipo y dimensión de las bolas, están en unidades Rockwell (HRB).

2.3.5.4. Factores de desgaste de las bolas de acero

2.3.5.4.1. Volumen de carga

Es importante que el molino no esté sobre cargado ni con poca carga ya que, al sobrecargarlo, se tiende a acumular partículas finas en la parte inferior del molino que resultan en una especie de colchón que absorbe el impacto de las bolas y al operarlo con poca carga se puede producir un contacto excesivo entre bolas lo que se traduce en poco contacto entre bolas y material, según Hinojosa (2010, p. 33).

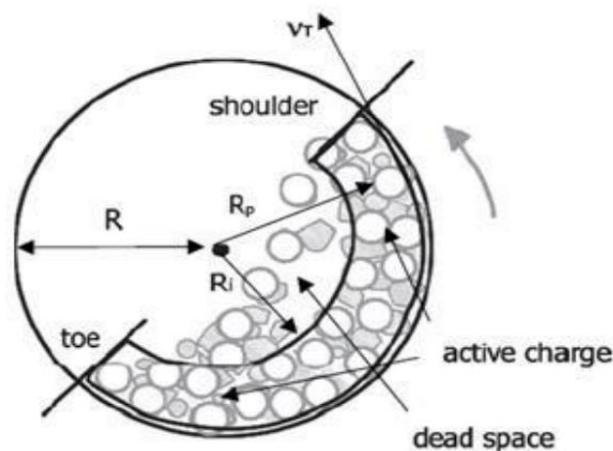
2.3.5.4.2. Densidad de bolas

En términos generales mientras más grande es la diferencia de densidad y dureza de las bolas y la roca más eficiente será la operación de molienda. Por lo anterior es necesario usar una densidad de bolas apropiada para un mineral en particular. Es importante destacar que esta densidad corresponde a una densidad referencial de bolas en un espacio determinado y por ningún motivo hace referencia a la densidad del material de las bolas, según Hinojosa (2010, p. 37).

2.3.5.4.3. Rotación del molino y velocidad crítica

Inicialmente, cuando la velocidad del molino aumenta también lo hace la molienda y por lo tanto aumenta el rendimiento del molino. Sin embargo, cuando la velocidad es mayor que un valor crítico, la carga junto con las bolas tiende a girar junto al molino debido a la fuerza centrífuga. En este caso la molienda se anula completamente y la potencia requerida para girar el molino se reduce drásticamente. La velocidad a la que ocurre lo anterior se conoce como velocidad crítica, según Hinojosa (2010, pp. 37,38).

Figura 5. Representación del molino en estado de rotación



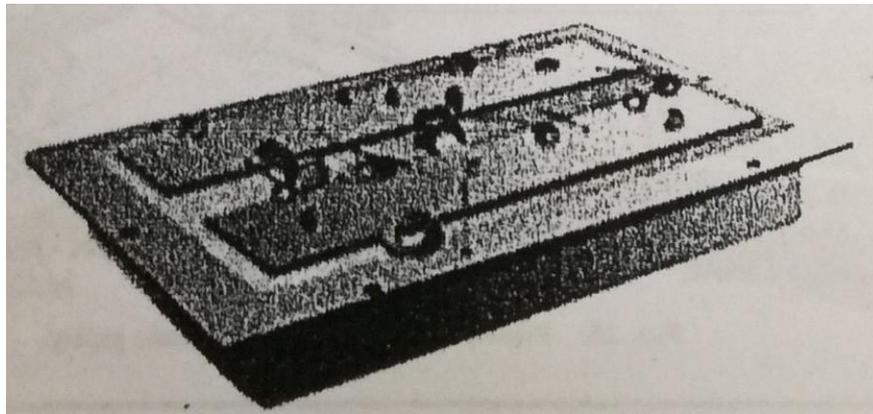
Fuente: Hinojosa, 2010, p. 29.

2.3.6. Separadores magnéticos para la separación de fragmentos metálicos

2.3.6.1. Placas magnéticas

Muñiz Delgado (2012) afirma que los fragmentos o piezas metálicas que van por conductos o canales inclinados, son eliminados adhiriéndose en una placa magnética a medida que el material se desliza por el canal o conducto. Este equipo debe ser limpiado periódicamente. Estas placas funcionan en forma de electromagnético mediante imanes permanentes.

Figura 6. Placas magnéticas de alta intensidad

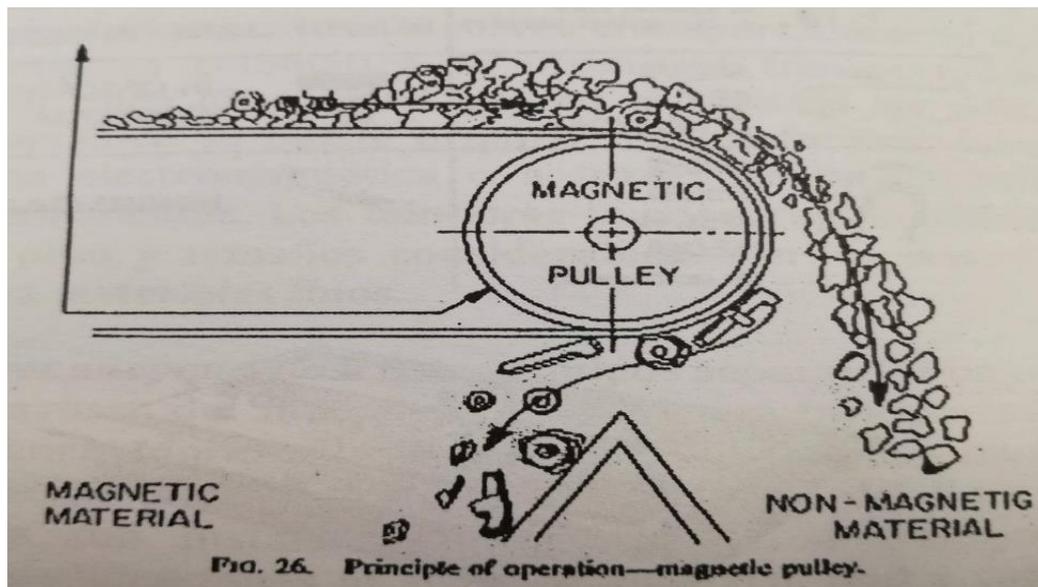


Fuente: Muñiz Delgado, 2012, p. 169.

2.3.6.2. Poleas

Muñiz Delgado (2012) afirma que las poleas son utilizadas en la separación automática de impurezas ferrosas que contaminan productos transportados por correas transportadoras u otros sistemas. Debido a la gran capacidad de atracción. Las poleas son montadas en un cilindro de acero inoxidable de gran resistencia mecánica, en cuyo interior se encaja la bobina, en el caso de las poleas electromagnéticas, o el conjunto de imanes permanentes, en el caso de las poleas magnéticas. El campo magnético es generado a lo largo de toda la superficie de la polea.

Figura 7. Operación de poleas magnéticas



Fuente: Muñiz Delgado, 2012, p. 170.

2.3.6.3. Tambores

Muñiz Delgado (2012) anuncia que a diferencia de las poleas, los tambores son instalados exteriormente a la correa transportadora. Se aplican para la limpieza automática de productos transportados por cintas o en caída libre. Igual que en el caso de las poleas, el campo magnético se puede originar de dos formas.

- Mediante bobina electromagnética
- Conjunto de imanes permanentes

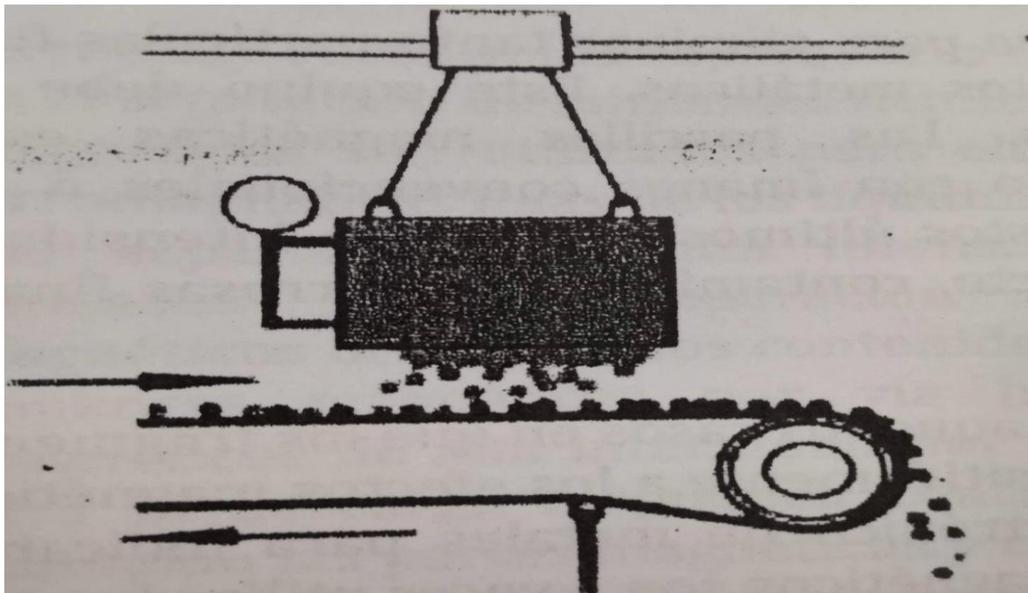
Los tambores pueden captar pedazos de hierro de peso y tamaños considerables. Son los separadores ideales para materiales finos (p. 168).

2.3.6.4. Separadores suspendidos

Muñiz Delgado (2012) sustenta que estos equipos separan las impurezas o piezas ferrosas del material no magnético transportado por correas, alimentadores

vibratarios, etc. Sin ninguna necesidad de intervencional manual y sin intervencion de flujo estos separadores son instalados externamente al transportador y captan el material ferroso que pasa sobre o bajo el separador (p.168).

Figura 8. Separadores magnéticos suspendidos



Fuente: Muñiz Delgado, 2012, p. 171.

2.3.7. Faja transportadora

Salinero (2013) anuncia que una faja transportadora consiste en una banda continua que se desliza sobre rodillos giratorios que están soportados por un bastidor resistente son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es transportar, elevar o distribuir materiales hacia otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que las manipule directamente de forma continua (p.13).

Su función más importante, a nivel de transporte, es hacerlo de forma continua, tanto de materiales homogéneos como mezclados, a distancias que pueden oscilar entre algunos metros y decenas de kilómetros, según Salinero (2013, p. 13).

2.3.7.1. Tipos de fajas transportadoras

Salinero (2013) alega que los tipos de fajas transportadoras se clasifican según:

Tipo de tejido

- De algodón.
- De tejidos sintéticos
- De cables de acero

2.3.7.1.1. Disposición del tejido

- De varias telas o capas
- De tejido sólido

2.3.7.1.2. Aspecto de la superficie portante de la carga

- Lisas
- Rugosas
- Con nervios, tacos o bordes laterales vulcanizados (p. 15).

2.3.7.2. Rodillos y soporte

Salinero (2013) declara que los rodillos son uno de los componentes principales de una faja transportadora, y de su calidad depende en gran medida el buen funcionamiento de la misma. Si el giro de los mismos no es bueno, además de aumentar la fricción y por tanto el consumo de energía, también se producen desgastes de recubrimientos de la banda, con la consiguiente reducción de la vida de la misma (p. 21).

2.3.7.2.1. *Tipos de rodillos*

Según Salinero (2013), tenemos:

- Rodillos cilíndricos con la superficie exterior lisa, tal como la obtenida mediante el empleo de tubos de acero.
- Rodillos cilíndricos recubiertos de goma, adecuados para soportar impactos pequeños.
- Rodillos cilíndricos de aros de goma, si se montan en los rodillos portantes pueden soportar grandes impactos, usados en la zona de carga. Si se montan en la zona de retorno, deben ser adecuados para facilitar la limpieza de la banda (p. 22).

2.3.8. **Alimentador vibratorio**

El alimentador vibratorio puede alimentar conglomerado o materiales granulados a otros dispositivos de manera uniforme y continua. En la línea de producción de grava y arena, la alimentación continua de la máquina de alimentación vibratoria ayuda a evitar el bloqueo en la tolva de recibimiento. Con un ajuste flujo fácil, bajo nivel de ruido y bajo consumo de energía, alimentador vibratorio se aplica a trituración y cribado de las líneas de producción en el sitio de la trituración, en la minería, metalurgia, materiales de construcción, química, procesamiento de minerales, y las industrias del carbón, según Henan Hongji Mine Machinery (s.f.).

2.3.8.1. *Características del alimentador vibratorio*

Henan Hongji Mine Machinery (s.f.) nos indica que las características de un alimentador vibratorio es la siguiente:

- El alimentador vibratorio goza de una estructura simple, vibración estable, funcionamiento constantemente bueno, fuerza de excitación ajustable, etc. Su tasa de flujo puede ser convenientemente modificado y controlado.
- Adopta un bloque excéntrico como fuente de excitación y se caracteriza por funcionamiento de bajo ruido, bajo consumo de energía, funcionamiento de ajuste bueno, y no salpican materiales.
- Alimentador vibratorio tipo cerrado puede prevenir la contaminación del polvo.
- La abertura de descarga efectiva debe ser menor que la cuarta parte de la anchura de la ranura. La tasa de flujo debe ser controlada dentro de 6-18m/min.
- Para los materiales de alimentación con una gran cantidad, una defensa con bastante altura debe ser instalado en la salida. Esta defensa no debe ser fijado a la alimentación ya que afectará el rendimiento de la máquina.
- Para cargar sin problemas, el mejor ángulo de descarga es 55°-65°

2.3.9. Proceso de la planta concentradora antapaccay

Bechtel Chile Limited Confidential (2010) afirma:

2.3.9.1. Molienda

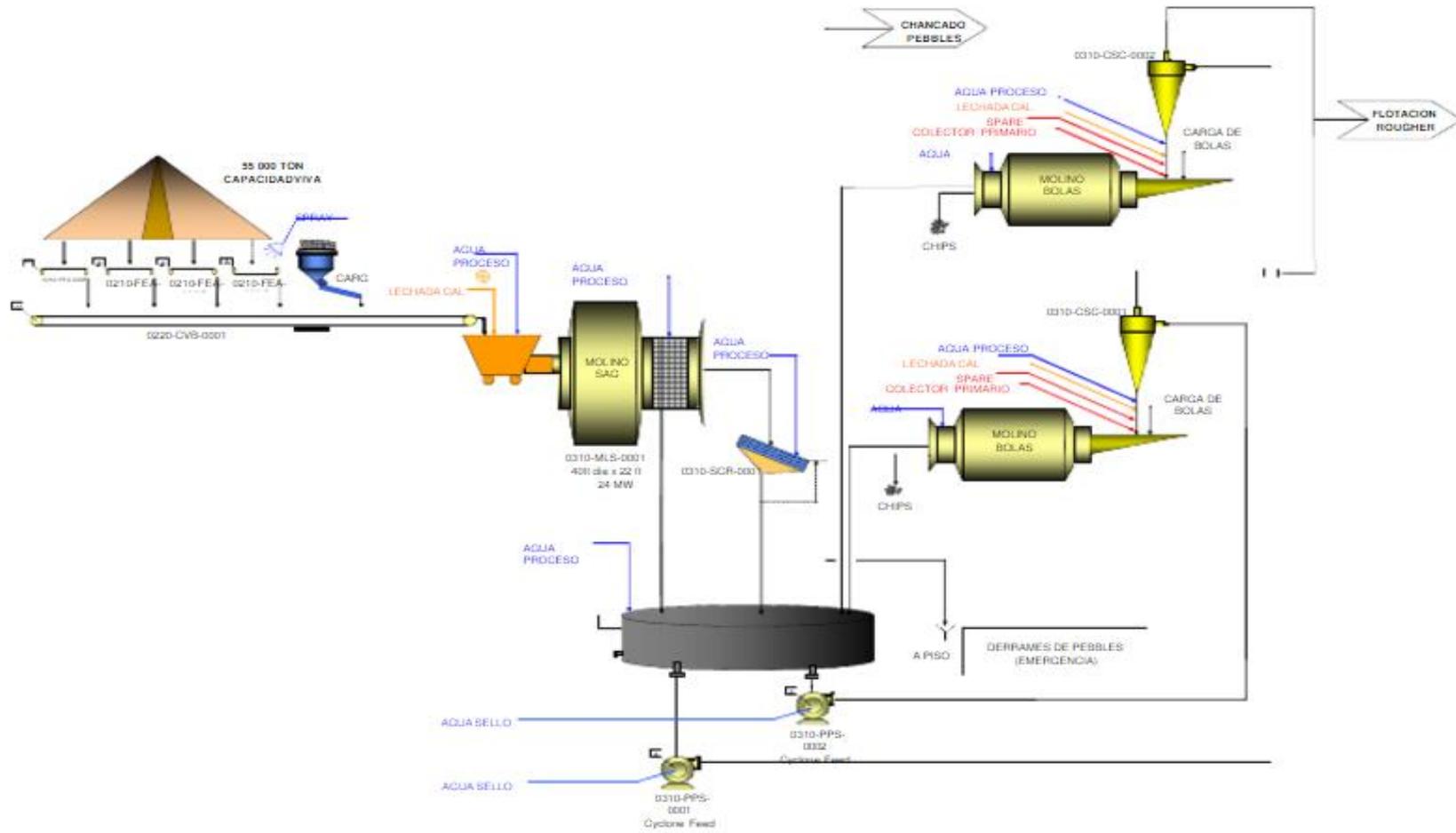
La planta de molienda contempla un acopio abierto de 55000 t de capacidad viva provisto de cuatro (4) alimentadores de placas (Apron) (0240-FEA-0005 a 0008) para la recuperación de mineral desde la pila de acopio, tres (3) en operación continua y un (1) equipo standby, indistintamente.

El circuito de molienda está compuesto por un molino SAG de 12,2 m x 6,7 m (40 x 22 pies, EGL) (0310-MLS-0001) de 24 MW, provisto de un Trommel corto, cuyo sobre tamaño alimenta a un harnero vibratorio (0310-SCR-0001) de doble parrilla de 3,7 x 7,3 m (12 x 24 pies), para clasificación.

El producto grueso, sobre tamaño harnero (pebbles), es conducido mediante correas a la planta de chancado de pebbles, mientras que el producto fino (bajo tamaño harnero) es enviado al circuito de molienda secundaria, compuesto por dos (2) molinos de bolas de 7,9 m x 12,2 m (26 x 40 pies, EGL) cada uno (0310-MLB-0001 & 0002), operando en circuito cerrado inverso con dos (2) baterías de 12 ciclones (0310-CSC-0001 & 0002) de 838 mm (33 pulgadas) de diámetro. Cada batería de ciclones cuenta además con dos salidas adicionales (14 posiciones totales).

La operación normal del proyecto Antapaccay contempla el envío de la totalidad de los pebbles chancados a la alimentación del molino SAG. Esta área se encuentra adyacente a la canaleta de colección de derrames del área, considerándose para el retiro de los pebbles en este sector, el uso de cargadores frontales, los que retornan los pebbles al acopio de mineral grueso. Finalmente, el producto de los ciclones (overflow) es conducido a la alimentación de la flotación Rougher previa clasificación y muestreo de la pulpa. El diseño de la planta ha considerado un tratamiento promedio de 70000 t/d de mineral, con un esquema operacional de 365 días por año, 24horas por día y 92% de utilización efectiva.

Figura 9. Diagrama esquemático del circuito de molienda de la minera Antapaccay



Fuente: Bechtel Chile Limited Confidential, 2010, p. 9.

2.3.9.1.1. Alimentación al circuito de molienda

El acopio de mineral grueso es un recinto abierto con una carga viva de 55000 t, permitiendo una autonomía máxima cercana a 18 horas. La descarga del acopio cuenta con cuatro (4) alimentadores, y se ha diseñado de forma tal que basta con tres (3) alimentadores para proveer la totalidad del flujo demandado por molienda (3170 t/h nominales y 3646 t/h de diseño).

El variador de frecuencia instalado en la correa transportadora (0240-CVB-0005) que alimenta al molino SAG tiene dos objetivos fundamentales, primero actuar como arrancador suave y segundo como herramienta de mantenimiento.

La alimentación de mineral al molino SAG será controlada por medio de la variación de la velocidad de los alimentadores de placas (Apron Feeders) (0240-FEA-0005 THRU 0008).

2.3.9.1.2. Carguío de bolas a los molinos SAG y bolas

Los sistemas de almacenamiento y carguío de bolas contemplan cuatro (4) tolvas de almacenamiento cubiertas de 400 t de capacidad cada una, provistas de sistemas de descarga y conteo.

A. Molino SAG

Dos (2) tolvas almacenarán y abastecerán bolas de 5 pulg de diámetro al molino SAG, vía descarga directa del alimentador rotatorio sobre la correa de alimentación del molino.

A. Molino bolas

Dos (2) tolvas almacenarán y abastecerán bolas de 3 pulg de diámetro a los molinos de bolas por medio de un sistema de correas transportadoras de velocidad fija. Las correas cuentan con un desviado neumático ubicado sobre la correa de bolas para seleccionar el molino que será alimentado. El concepto de diseño indica que una operación de alrededor de 1 h/d a 1,5 h/d permite realizar la recarga de bolas en los molinos.

2.3.9.1.3. Descarga del molino SAG

El molino SAG cuenta, para la clasificación de su descarga, con un Trommel corto y harnero de pebbles. Ambos equipos requieren de la adición de agua de procesos de modo de efectuar una eficiente clasificación de los pebbles. Se ha conceptualizado dicha adición en forma manual, de modo que el operador de terreno debe ajustar el caudal en cada punto, siendo el objetivo la obtención de pebbles lo más libre que sea posible de finos (fuente de barro y derrames en las correas y de ineficiencias en el chancado)

2.3.9.1.4. Alimentación y descarga de los molinos de bolas

El underflow de cada batería de ciclones (0310-CSC-0001&0002) descarga de forma gravitacional en los chutes de alimentación de los molinos de bolas (0310-MLB-0001&0002) respectivamente, además en este punto se realiza la adición de agua de procesos, lechada de cal, colector primario y medios de molienda (bolas 3") en el circuito de molienda. Cada molino de bolas, cuenta con un sistema de velocidad variable y operará con un nivel de llenado de bolas cercano a un 35%, para alcanzar la distribución de tamaño para la alimentación a flotación, P80 de 160 micrones. La descarga de los molinos de bolas es a través de un trommel magnético que permite colectar y eliminar

los chips de bolas acumulados en el interior del molino antes de alimentar de forma gravitacional el cajón de alimentación de ciclones de molienda (0310-SUL-0080).

2.3.9.1.5. Alimentación de los ciclones de molienda

Cada batería de ciclones es alimentada por una bomba centrífuga horizontal con descarga inferior y de velocidad variable, alimentada desde el cajón de alimentación de ciclones de molienda (0310-STP-0080) con un volumen neto de 266 m³. Un volumen constante es mantenido en este cajón por un control de nivel el cual varía la velocidad de las bombas de alimentación de ciclones. Esto asegura que la alimentación al cajón sea siempre bombeada fuera de este. La densidad del flujo de alimentación ciclones es medida a través de un densímetro, el cual a través de un controlador, ajusta la adición de agua de procesos hacia el cajón para mantener constante el porcentaje de sólidos en la alimentación a ciclones.

2.3.9.1.6. Manejo de derrames del área de molienda

En el nivel inferior, del edificio de molienda, se ha considerado una pendiente de piso de 2 %, que conduce los derrames de pulpa hacia un sector de pendiente fuerte, 10 %, que luego reporta a un pozo de decantación, ubicada justo fuera de la nave de molienda.

2.3.9.1.7. Eliminación Chips de bolas

Cada molino de bolas cuenta con un Trommel magnético, para coleccionar y eliminar los “chips” producto del desgaste de los medios de molienda. Una vez que los chips sean capturados por el trommel son dirigidos hacia el sector de derrames del área de molienda, donde son acumulados y posteriormente derivados a un sector de acopio. Para las maniobras de acumulación en el sector de acopio se ha contemplado el uso de un cargador frontal y camión tolva para su transporte.

2.3.10. Muestreo

Gálvez (2011) asevera que el muestreo es la herramienta para seleccionar la parte de la población cuya observación permitirá extender la información obtenida al conjunto de la población objetivo del estudio. Para que las conclusiones sobre la población sean adecuadas es necesario que la selección de las unidades se realice de tal manera que las unidades escogidas sean lo más representativa posible de la población total y, para esto, es fundamental planificar adecuadamente el método usado para la selección (p 12).

2.3.10.1. Tipos de muestreos probabilísticos

2.3.10.1.1. Muestreo aleatorio simple

Díaz (2006) anuncia que el muestreo aleatorio simple (M.A.S.) es el diseño de muestreo en el cual “n” unidades distintas son seleccionadas de las N de la población de tal manera que cada uno de los posibles subconjuntos de n elementos tomados de los N tiene probabilidad de selección.

Se caracteriza porque cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser escogido para formar parte de la muestra. Una vez censado el marco de la población, se asigna un número a cada individuo o elemento y se elige aleatoriamente. La aleatorización puede realizarse mediante listas de números aleatorios generados por ordenador, aplicándolas para escoger de la población los individuos o sujetos que coincidan con los números obtenidos.

Este tipo de muestreo se caracteriza por su simplicidad y fácil comprensión, aunque también posee algunas limitaciones, ya que no siempre es posible disponer de un listado de todos los individuos que componen la población, generalmente cuando son poblaciones grandes (p.123).

2.4. Marco conceptual

2.4.1. Chips

Es un residuo generado en la actividad minera en la etapa de molienda de minerales este residuo está compuesta por bolas de acero desgastadas y mineral, según Cuti (2017).

“La denominación de chips solo se aplica en la minera Antapaccay”

Figura 10. Chips – minerales fragmentados y bolas de acero desgastadas



Fuente: Elaboración propia.

2.4.2. Impacto ambiental

Es cualquier acción o actividad produce una alteración, favorables o desfavorables, en el medio o con alguno de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales, según Sanchez (2009, p. 1)

2.4.3. Roca

Savedra (2013) anuncia que “Las rocas son masas de grandes dimensiones formadas por uno o varios minerales asociados. La ciencia que se encarga del estudio de las rocas es la Petrografía” (p.2).

2.4.4. Actividad minera

La actividad minera consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre, lo cual, en muchos casos, implica la extracción física de grandes cantidades de materiales de la misma, para recuperar sólo pequeños volúmenes del producto deseado. El objetivo de la minería es obtener minerales o combustibles, según OSINERGMIN (2007, p. 13).

2.4.5. Gestión integral de residuos

“Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos”, según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016).

2.4.6. Población

Una población es un conjunto de individuos u objetos (unidades de muestreo o de estudio) que poseen la característica que se desea estudiar. La población ideal que se pretende estudiar se denomina población objetivo. El grupo que en realidad podemos estudiar se denomina población de estudio, según Kleeberg & Ramos (2009, p.13).

2.4.7. Muestra

“Es un subconjunto extraído de la población, por tanto es el conjunto de mediciones que han sido realmente recolectadas”, según Kleeberg & Ramos (2009, p. 13).

2.4.8. Muestra aleatoria

Es una colección de variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas. Se dice que una muestra aleatoria es “representativa” de la población debido a que considera que cada elemento de la población ha tenido la misma oportunidad de formar parte de la muestra. Las conclusiones basadas en una muestra aleatoria son generalizables a la población de la muestra, según Kleeberg & Ramos (2009).

2.4.9. Unidad de muestreo

Corresponde a la entidad básica mediante la cual se accederá a la unidad de análisis. En algunos casos, ambas unidades se corresponden. La unidad de muestreo debe ser observable, identificable y ubicable; por ejemplo, una vivienda, una empresa, un colegio, un centro comercial, etcétera, según Kleeberg & Ramos (2009, p. 13).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

3.1.1. Método

3.1.1.1. Planificación

La formulación del diseño de optimización de reaprovechamiento de los chips (mineral fragmentado y bolas de acero desgastadas), se lleva a cabo a través de varias fases para un adecuado planteamiento del mismo, tal como se muestra a continuación.

3.1.1.2. Ubicación geográfica

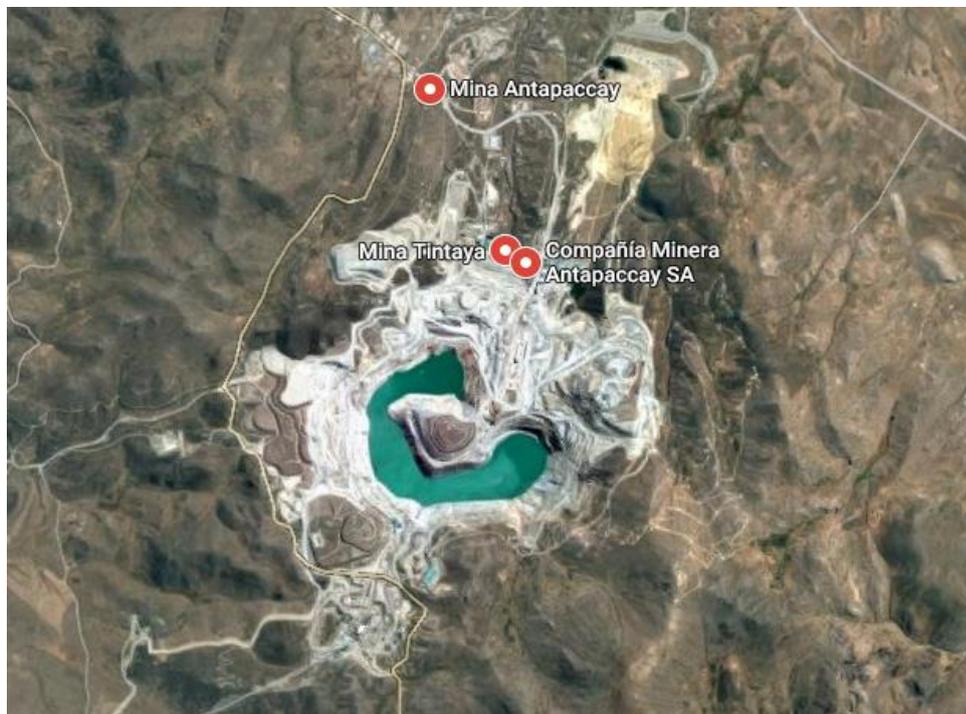
La minera Antapaccay se encuentra ubicada a los 4 100 m.s.n.m. en la zona Sur de los Andes del Perú, distrito y provincia de Espinar, Región Cusco. La minera Antapaccay está localizado a 15 km del poblado de Yauri y aproximadamente a 255 km distante entre las ciudades de Cusco y Arequipa. La minera Antapaccay está aproximadamente a 12 km al sur-oeste de la mina Tintaya.

Figura 11. Mapa de la compañía minera Antapaccay



Fuente: Google Maps.

Figura 12. Ubicación de la compañía minera Antapaccay



Fuente: Google Maps.

En el presente estudio, el área de estudio se encuentra dentro de la unidad minera Antapaccay; tiene un área de 4 200 m² en donde se almacenan los residuos generados en la etapa de molienda de minerales. En la etapa de molienda de minerales, se encuentra 2 molinos de bolas y un molino SAC; estos residuos son denominados “chips” que consta de mineral fragmentado y bolas de acero desgastadas que provienen de la descarga de los molinos de minerales.

Figura 13. “Patio Billas” área donde se almacena los chips provenientes de los tres molinos de la minera Antapaccay



Fuente: Google Maps.

3.1.1.3.Recolección de la información

Se realizó recorridos desde la planta de procesos de minerales hasta el área de almacenamiento de los chips (mineral fragmentado y bolas de acero desgastadas); a partir de esto, se llevó a cabo un proceso de observación dentro de las instalaciones y área de

acopio de chips donde se recolecta evidencias fotográficas y entrevistas al personal encargado de la planta de procesos de minerales de forma que se pueda dimensionar el manejo de residuos sólidos dentro de la planta; así mismo, se realizó una revisión documental de los registros y documentos que involucran el manejo de los residuos generados en la etapa de molienda de minerales.

Posteriormente, se elaboró un formato de registro de descargas de chips de los molinos de minerales, para fundamentar la información recopilada.

3.1.1.4. Procedimiento de caracterización de la muestra

3.1.1.4.1. Plan de seguridad e higiene

Tabla 5. Plan de higiene

Actividades a realizar	Plan de higiene
Recolección selectiva	Uso de todos los equipos de protección personal (Guantes, mascarilla, zapatos de seguridad, casco).
Pesado de las muestras	Las muestras serán cargadas por un cargador frontal a un volquete. El personal cuenta con los EPPs requeridos
Traslado de las muestras para segregación y/o separación	Posteriormente, se llevó la muestra a la balanza industrial de piso en un volquete
Segregación y/o separación	Los cuadrantes seleccionados serán segregados por el personal los cuales deberán estar implementados con sus EPPs básicos.
Carguío de bolas de acero desgastadas	En el momento de carguío, el personal presente en el área de trabajo estuvo con protector auditivo.
Pesaje de los residuos segregados	Se realizó en una balanza industrial

Fuente: Elaboración propia.

La tabla nos muestra las medidas de seguridad propuesta para cada actividad realizada en el muestreo.

3.1.1.4.2. *Caracterización de la muestra.*

La caracterización de los residuos comenzó con la recepción de los residuos que son generados en el proceso de molienda de minerales de la minera Antapaccay; una vez descargados de los molinos de minerales son cargados y transportados a la balanza industrial de piso para ser pesado y tener la cantidad total de residuos generado por día.

Posteriormente, se llevó al punto de almacenamiento de chips donde se realizó la caracterización de los chips, para ello se necesitó lo siguiente:

- Retroexcavadora
- Personal
- Semitrailer o volquete
- Balanza industrial de piso

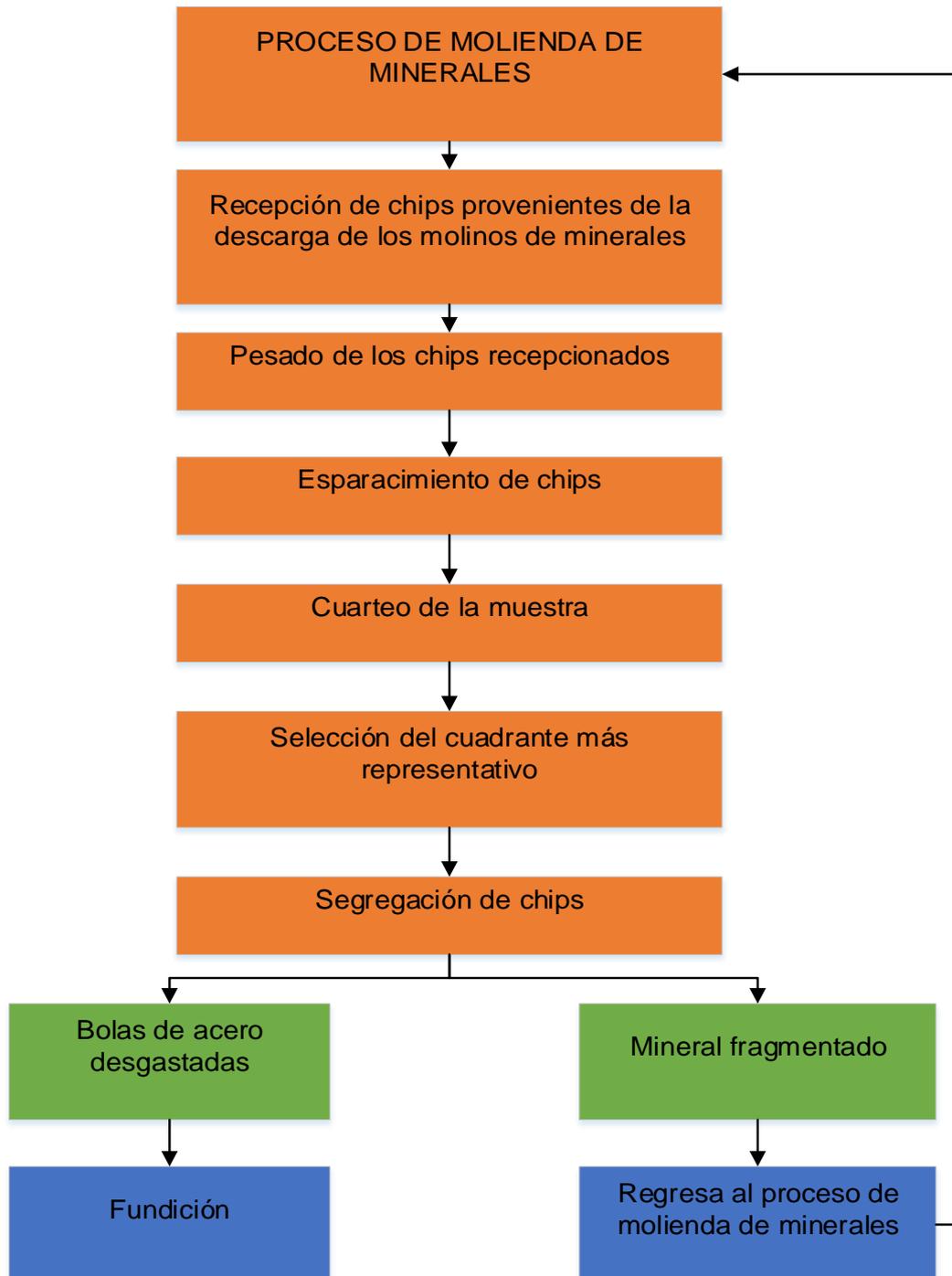
La caracterización comenzó con la utilización de la retroexcavadora quien se encargó de esparcir los chips sobre la plataforma de trabajo. Luego se realizó el cuarteo de la muestra donde se dividió en cuadrantes y enseguida se le asignó un número a cada cuadrante para la selección de las muestras donde se eligió el cuadrante más representativo para la caracterización de los chips.

Posteriormente, se llevó a cabo la segregación de los chips donde se realizó la selección de las bolas de acero desgastadas, que luego se trasladó al punto de acopio temporal de residuos.

Estos residuos almacenados son cargados por la retroexcavadora a un volquete para ser pesados en la balanza industrial de piso que se encuentra dentro de la unidad

minera. Los residuos de mineral sobrantes son recirculadas a la etapa de molienda de minerales para continuar su proceso.

Figura 14. Diagrama de bloques del proceso de caracterización de chips



Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.4.3. Formato de documentos

La información se recopiló en formatos donde se registró las cantidades de descarga de residuos generados y la cantidad de mineral procesado en la etapa de molienda.

En el anexo 1, 2 y 3 se presentan los formatos antes mencionados.

3.1.1.4.4. Determinar la logística

a. Equipos

Equipo para la caracterización de residuos mineros - chips

Materiales y equipos

- Retroexcavadora
- Volquete
- Balanza industrial de piso

3.1.1.4.5. Personal requerido

Para realizar la caracterización de los residuos generados en el proceso de molienda de minerales, se requirió 8 personas de las cuales 6 fueron personas que se encargaron de la segregación y 2 operadores.

3.1.1.4.6. Determinación de la muestra

La muestra se determinó de acuerdo al muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple. En este tipo de muestreo se asigna un número a cada individuo de la población, posteriormente, se eligen tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de la muestra requerida.

El método de toma de muestra se realizó mediante la técnica del cuarteo donde utilizamos el método de muestreo aleatorio simple ya que a cada cuadrante se le enumeró y, posteriormente, se ha elegido aleatoriamente la muestra más representativa para el estudio.

3.1.1.4.7. Recolección y transporte de la muestra

La recolección de la muestra se realizó mediante la selección manual de las bolas de acero desgastadas, separándolo así del mineral; para ello, el personal encargado de la segregación estuvo equipado con sus respectivos EPPs de seguridad.

El transporte de la muestra se realizó una vez seleccionada la muestra, para ello se contó con una retroexcavadora quien se encargó del carguío de las muestras al volquete; este llevó la muestra a la balanza industrial que se encuentra dentro de la compañía minera Antapaccay.

3.1.1.5. Identificación y evaluación del impacto ambiental

La identificación del impacto ambiental se realiza mediante una lista de chequeo muy útil para determinar los impactos según las diversas alternativas de un mismo proyecto. La metodología viene soportada por un cuadro de doble entrada -matriz- en el que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos. Las estimaciones se realizan desde un punto de vista subjetivo.

Para la evaluación del impacto ambiental se utilizó la Matriz de Leopold; este es un método para realizar la evaluación del impacto ambiental que puede producir un determinado proyecto. En sí, es una matriz interactiva simple donde se muestran las acciones del proyecto o actividades en un eje y los factores o componentes ambientales posiblemente afectados en el otro eje de la matriz.

La finalidad de la matriz de evaluación de impactos ambientales es para reconocer qué actividades están ejerciendo un impacto positivo o negativo frente al componente que se está evaluando. Para la matriz de evaluación de impactos, se establecieron los siguientes criterios:

Tabla 6. Criterios de evaluación del impacto ambiental

Criterios de evaluación	de incidencia	Nivel de	Valor de ponderación	
			Positivo	Negativo
Tipo de impacto (Ti)	Positivo	P		N
	Negativo			
Magnitud (M)	Bajo	1	1	1
	Moderado	2	2	2
	Alto	3	3	3
Área de influencia (Ai)	Puntual	1	1	1
	Local	2	2	2
	Zonal	3	3	3
	Corto	1	1	1
Duración (D)	Moderado	2	2	2
	Permanente	3	3	3
Mitigabilidad	Bajo			3
	Moderada			2
	Alta			1
Significancia	Bajo		3-4	4-5
	Moderada		5-7	6-9
	Alta		8-9	10-12

Fuente: De la Maza, 2017.

La tabla nos indica la valoración del impacto ambiental según los criterios de evaluación.

$$S = Ti (M + Ai + D + Mi)$$

3.1.1.6. Diseño de planta para el reaprovechamiento de los chips

Después de la información recopilada, se propone un diseño para el reaprovechamiento de los residuos chips; este residuo es generado en la etapa de molienda de minerales y consta de una mezcla de bolas de acero desgastadas con mineral fragmentado. Para ello, se propone un diseño que facilitará la selección de los dos tipos de residuos; así, disminuir los riesgos de enfermedades ocupacionales por posturas inadecuadas que actualmente se observa y también se reducirá el costo en recuperación de los residuos. El diseño propuesto consta de las siguientes etapas:

3.1.1.6.1. Descripción de equipos y maquinarias

La planta de segregación de chips constará de una tolva de alimentación, alimentador vibratorio, una retroexcavadora; así mismo, se tendrá un sistema de fajas transportadoras.

- a. Alimentador vibratorio:** Consiste en una estructura vibratoria que permitirá la separación del conglomerado generado por el almacenamiento temporal de los residuos generados en la etapa de molienda de minerales.
- b. Retroexcavadora:** Es una maquinaria que se encargará de la alimentación de los residuos al alimentador vibratorio.
- c. Faja transportadoras:** Las fajas transportadoras son sistemas de transporte continuo que se mueve entre 2 poleas accionadas por una o más motores. El material que ingresará al alimentador, posteriormente, pasará

por la banda transportadora donde se realizará la segregación de los residuos chips.

3.1.1.6.2. Distribución de la planta

El tipo de distribución de la planta para el diseño del proceso de optimización de reaprovechamiento de los chips será la distribución por producto, ya que este tipo de distribución organiza elementos en una línea de acuerdo con la secuencia de operaciones para llevar a cabo una elaboración de un producto.

Este tipo de distribución permite agrupar en una misma zona los equipos y maquinarias y se ordenan de acuerdo con el proceso.

3.1.2. Tipos de investigación

El tipo de investigación corresponde a un tipo de investigación no experimental correlacional – causal.

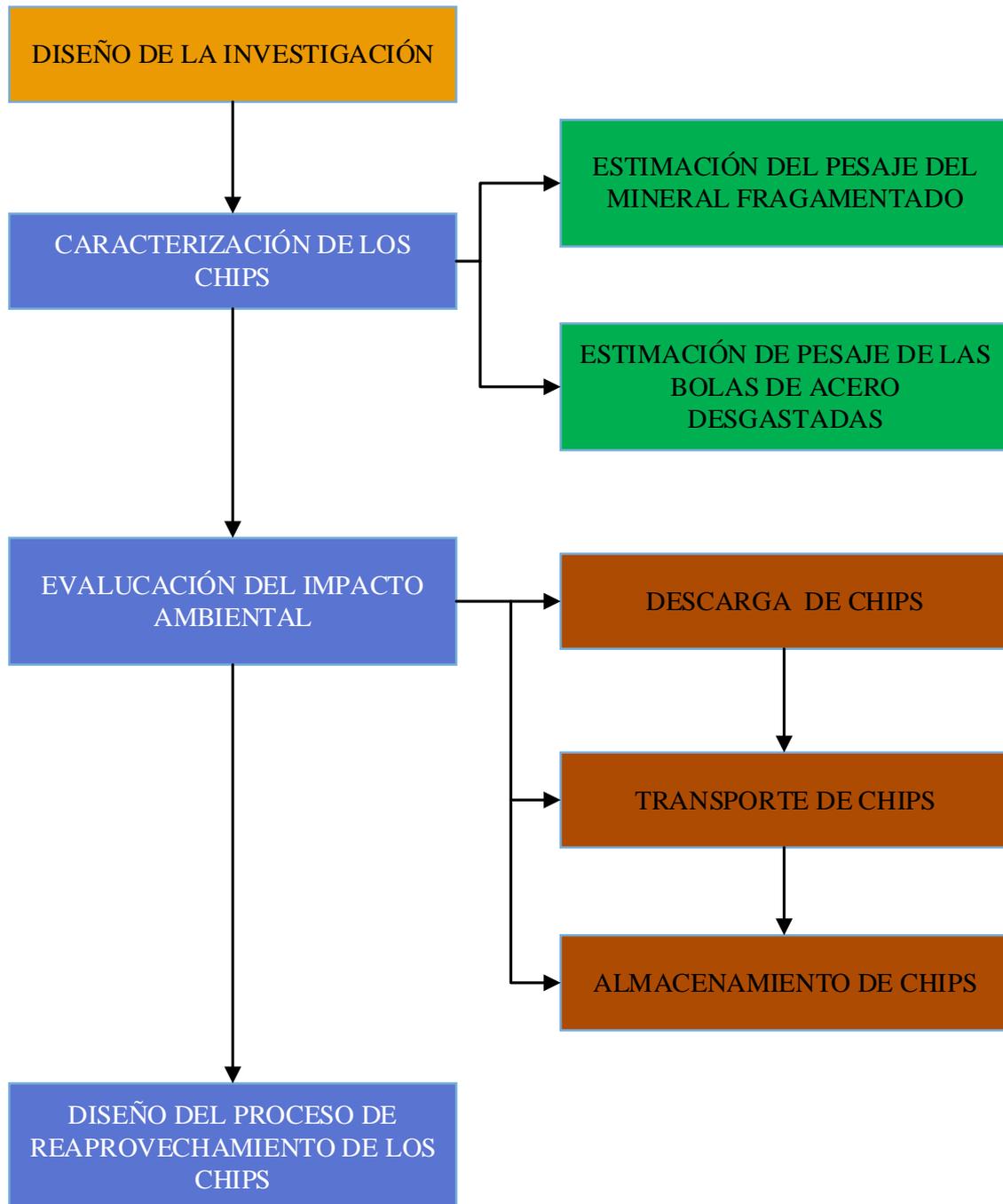
3.1.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo

3.2. Diseño la de investigación

El diseño del presente estudio de investigación es el siguiente:

Figura 15. Diagrama de flujo del diseño de la investigación para la optimización del reaprovechamiento de los chips



Fuente: Elaboración propia

3.3. Hipótesis de la investigación

3.3.1. Hipótesis general

- Es probable que mediante el diseño de recuperación se optimice el reaprovechamiento de las bolas de acero desgastadas y mineral fragmentado provenientes de las descargas de los molinos de bolas y el molino SAG de la compañía minera Antapaccay.

3.3.2. Hipótesis específicas

- Mediante la caracterización es probable cuantificar la composición de los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales.
- Se pretende evaluar el impacto ambiental que provoca el almacenamiento de los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales de la compañía minera Antapaccay.
- Se pretende diseñar el procedimiento de recuperación de las bolas de aceros desgastadas.

3.4. Variables

3.4.1. Variable dependiente

- Diseño del dispositivo de segregación de chips

3.4.2. Variable independiente

- Chips

3.4.3. Operacionalización de las variables

Variables	Indicadores	Sub indicadores	Unidad	
V. Independiente	Velocidad de la faja	-----	m/s	
Diseño de planta de segregación de chips	Dimensión de la faja	-----	Mts.	
V. Dependiente	Bolas de acero desgastada	Antes del diseño	T	
	recuperadas	Después del diseño	T	
	Chips	Mineral	Antes del diseño	T
		recuperado	Después del diseño	T

Fuente: Elaboración propia

3.5. Cobertura del Estudio

3.5.1. Universo

Se toma en cuenta todo el residuo generado en la etapa de molienda de minerales, a estos residuos se les denomina chips. Para la molienda de minerales, se cuenta con tres molinos (dos de ellos son molinos de bolas y el tercero es el molino SAG).

3.5.2. Población

La población del presente estudio fue la descarga de residuo por día en la etapa de molienda de minerales donde se tiene dos molinos de bolas y un molino SAG.

3.5.3. Muestra

La muestra del presente estudio se determinó mediante la técnica del cuarteo, sobre la cual se determinó el cuadrante representativo como muestra.

3.5.4. Muestreo

El muestreo que se realizó en el presente estudio fue el muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple.

3.6. Técnicas e instrumentos

3.6.1. Técnicas de la investigación

Como técnicas se han utilizado las entrevistas y los registros.

3.6.2. Instrumentos de la investigación

Balanza industrial de piso marca Mettler Toledo de capacidad 100 t

3.6.3. Fuentes

Se utilizaron las fuentes primarias: Libros, Tesis, Artículo y Entrevistas

3.7. Procesamiento estadístico de la información

3.7.1. Estadísticos

Según el tipo de diseño de investigación, la formulación del problema y la manera de recopilación de la información, se aplicó una estadística descriptiva.

Donde se utilizó el programa Excel para realizar gráficas.

3.7.2. Representación

Se utilizó Excel para representar cantidades de residuos generados en las diferentes etapas de la tesis.

También recurrimos al programa de AutoCAD para la representación del diseño del proceso de optimización de reaprovechamiento de los chips.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados de la caracterización de la muestra

4.1.1. Determinación de la muestra

La caracterización de la muestra de residuos chips se realizó dentro de la unidad minera y se trabajó con 8 personas.

Se tomó una muestra de 18.25 toneladas; esta cantidad representa un volquete de chips que es la mezcla (bolas de acero desgastadas con mineral fragmentado) proveniente de los residuos del proceso de molienda. El muestreo se realizó con los siguientes pasos:

Primero: el residuo proveniente de los molinos se extendió en una plataforma de trabajo.

Figura 16. Esparcimiento de chips en la plataforma de trabajo – Minera Antapaccay



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Muestra de chips extendido para el cuarteo – Minera Antapaccay.



Fuente: Elaboración propia

Segundo: el material extendido se cuarteó y posteriormente se eligió a la muestra representativa para la separación del mineral fragmentado y bolas de acero desgastadas.

Figura 18. Cuarteo de la muestra –residuos chips



Fuente: Elaboración propia.

Tercero: se procedió a segregar los residuos metálicos que constan de billas de acero desgastadas del mineral fragmentado.

Figura 19. Segregación de la muestra de chips



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Selección de las bolas de acero desgastadas del mineral



Fuente: Elaboración propia.

Cuarto: Transporte de la muestra. Se procede al carguío de las bolas de acero desgastadas y posterior transporte a la balanza industrial de piso que se encuentra dentro de la unidad minera

Figura 21. Carguío de las billas de acero desgastadas.



Fuente: Elaboración propia.

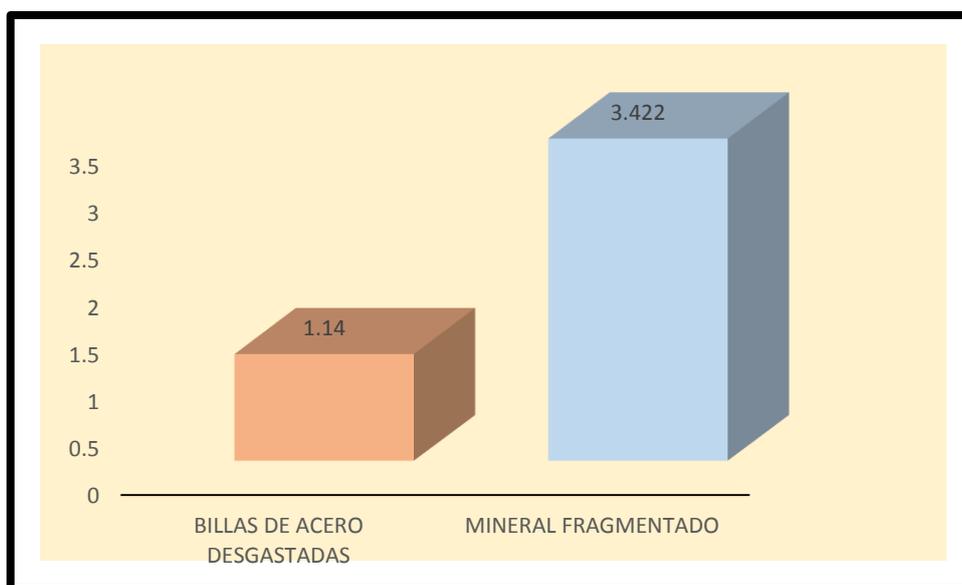
Mediante la caracterización de los residuos chips (bolas de aceros desgastados y minerales fragmentados) se determinó las cantidades de cada una de ellas. Por medio del pesaje en la balanza industrial de piso, se calcula las cantidades de las bolas de acero desgastadas ya seleccionadas y el mineral fragmentado

Después del cuarteo de la muestra, se procedió a la segregación donde se obtuvieron las siguientes cantidades:

Billas de acero desgastadas = 1.140 toneladas

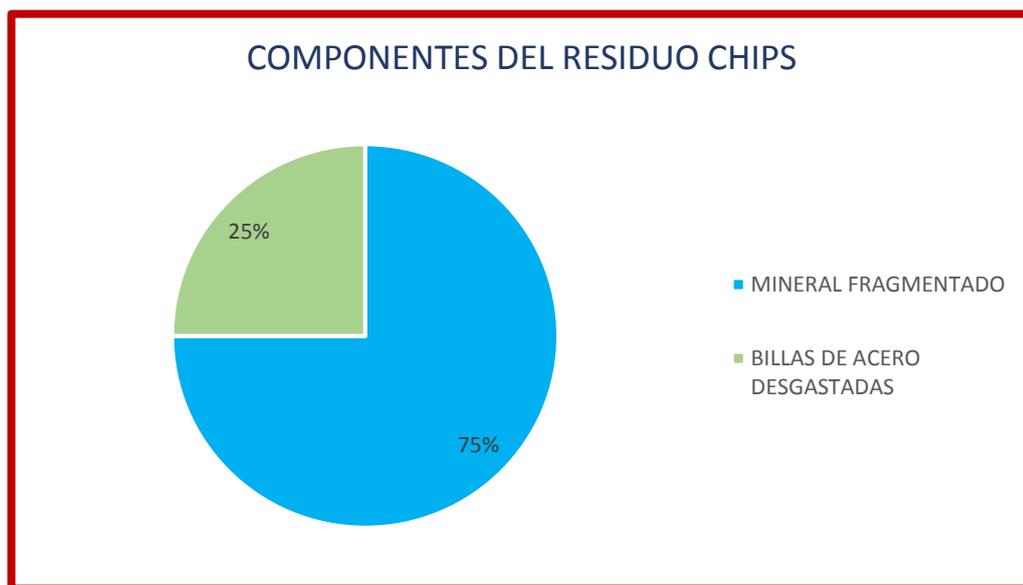
Mineral fragmentado = 3.4225 toneladas

Figura 22. Resultado de la caracterización de los residuos chips



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Porcentajes de mineral fragmentado y bolas de acero desgastadas



Fuente: Elaboración propia.

Entonces, del porcentaje del residuo chips el 25% de residuos son de tipo metálicos que están compuestas de bolas de acero desgastadas y el 75% de residuos está compuesta por mineral fragmentado que posteriormente regresa al proceso de molienda de minerales.

4.2. Identificación y evaluación del impacto ambiental

4.2.1. Lista de chequeo

Se realizó la lista de chequeo para la identificación de todos los impactos ambientales según las etapas del trabajo

Tabla 7. Identificación del impacto ambiental

LISTA DE CHEQUEO DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS					
AMBIENTALES					
Impactos generales	Etapas				
	Descarga de chips de los molinos	Transporte de chips	Almacen amiento	Apilami ento de mineral	Apilamie nto de bolas de acero desgastad as
Sobre el aire					
Generación de material particulado		X	X	X	X
Incremento de ruido	X	X			
Sobre el suelo					
Disminución de la calidad del suelo	X	X	X	X	
Ocupación inadecuada del suelo			X	X	X
Sobre flora					
Pérdida de la cubierta vegetal			X	X	X
Sobre la fauna					
Migración de especies		X	X		
Socio económico					
Población económicamente activa	X	X	X	X	X
Empleo	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 7, nos indica la lista de chequeo para la identificación de impactos ambientales. Posterior a la identificación del impacto ambiental, se procedió a la evaluación mediante la matriz de Leopold, según el criterio de evaluación de impactos ambientales.

4.2.2. Evaluación de impactos ambientales según la matriz de leopold

Figura 24. Evaluación del impacto ambiental - Matriz de leopold

				ACCIONES																														
				FASES I										FASE II																				
				DESCARGA DE LOS RESIDUOS CHIPS DE LOS MOLINOS					TRANSPORTE DE RESIDUOS CHIPS					ALMACENAMIENTO DE CHIPS					APILAMIENTO DE MINERAL					APILAMIENTO DE BOLAS DE ACERO DESGASTADAS										
				A I					AII					AII					AIII					AIII										
				M	A	i	D	M	i	Σ	M	A	i	D	M	i	Σ	M	A	i	D	M	i	Σ	M	A	i	D	M	i	Σ	M	A	i
MEDIO	FISICO	AIRE	GENERACION DE MATERIAL PARTICULAR	B01							1	1	3	1	-6	2	2	3	2	-9	1	1	1	1	-4	1	1	1	1	-4				
			INCREMENTO DE RUIDO	B02	1	1	1	1	-4	2	1	1	2	-6																				
		SUELO	DISMINUCION DE LA CALIDAD DEL SUELO	B03	2	1	2	1	-6	1	1	3	2	-7	3	1	3	2	-9	1	1	1	1	-4										
			OCCUPACION INADECUADA DEL SUELO	B07											2	1	3	1	-7	1	1	1	1	-4	1	1	1	1	-4					
		AGUA	INUNDACION	B08																														
			CALIDAD DE AGUA	B09																														
			REGIMEN FLUVIAL	B10																														
			VARIACION DEL FLUJO	B11																														
			VIDA ACUATICA	B12																														
		BIOLOGICO	FLORA	PERDIDA DE LA CUBIERTA VEGETAL	B13											3	1	3	2	-9	1	1	1	1	-4	1	1	1	1	-4				
				TALA O DESBROCE	B14				0					0						0														
			FAUNA	DIVERSIDAD BIOLOGICA	B15																													
	MIGRACION DE ESPECIES			B16						1	1	1	1	-4	1	1	1	1	-4															
	ESPECIES ACUATICOS EN PELIGRO			B17				0						0					0															
	SOCIO ECONOMICO	USO ACTUAL DEL SUELO	B18																															
		POTENCIAL A GROPECUARIO	B19				0						0					0																
		POTENCIAL TURISTICO Y RECREACION	B20				0						0					0																
		EMPLERO	B21	1	1	1	1	4	2	2	2	2	8	2	2	2	2	8	2	3	2	2	9	2	2	2	2	8						
		POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA	B22	2	2	3	2	9	2	2	3	2	9	1	1	1	1	4	3	3	2	2	10	2	2	2	2	8						
		CULTURA	PAISAJE	B23				0						0					0															

Fuente: Elaboración propia

Leyenda	
Tipo de impacto	(Ti)
Magnitud	(M)
Área de influencia	(Ai)
Duración	(D)
Mitigabilidad	(Mi)
Significancia	S

$$S = Ti (M + Ai + D + Mi)$$

Tabla 8. Significancia

		Positivo	Negativo
Significancia	Bajo	3-4	4-5
	Moderada	5-7	6-9
	Alta	8-9	10-12

Fuente: De la Maza, 2017.

Cuadro de jerarquización de impactos ambientales.

4.2.2.1. Descripción de impactos ambientales significativos

Los impactos negativos de mayor relevancia son:

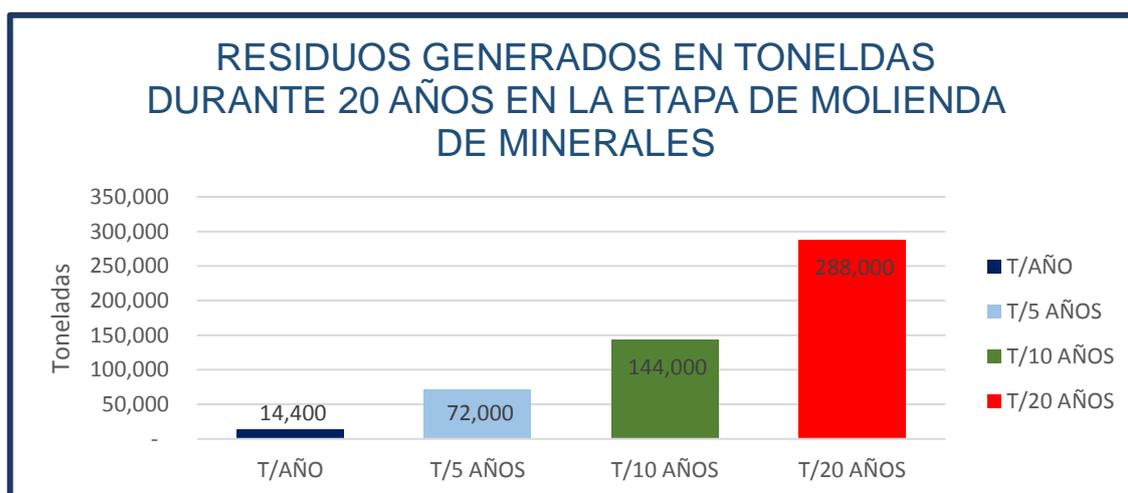
- A. La generación de material particulado ocasionado por el transporte de los residuos chips; también se observa en la etapa de almacenamientos de chips, donde por los vientos presentes en la zona se generan material particulado, se evalúa con una significancia moderada.

- B. La disminución de la calidad del suelo presente en la etapa de descarga de chips, transporte de chips y almacenamiento de chips, donde se tiene una significancia moderada.
- C. Ocupación inadecuada del suelo provocado por el almacenamiento de chips prolongado, es evaluada con una significancia moderada.
- D. La pérdida de la cubierta vegetal ha sido degradada por el almacenamiento prolongado de los residuos chips, donde se presenta una significancia moderada.

4.3. Diseño de la planta de segregación y reaprovechamiento de los residuos chips

El diseño para la optimización del proceso de reaprovechamiento de chips se realiza de acuerdo a las cantidades de residuos generados en la etapa de molienda de minerales de la compañía minera Antapaccay. Realizando la proyección para 20 años de operación¹ se estimó 288 000 mil toneladas.

Figura 25. Generación de residuos del proceso de molienda de minerales – Minera Antapaccay



Fuente: Elaboración propia.

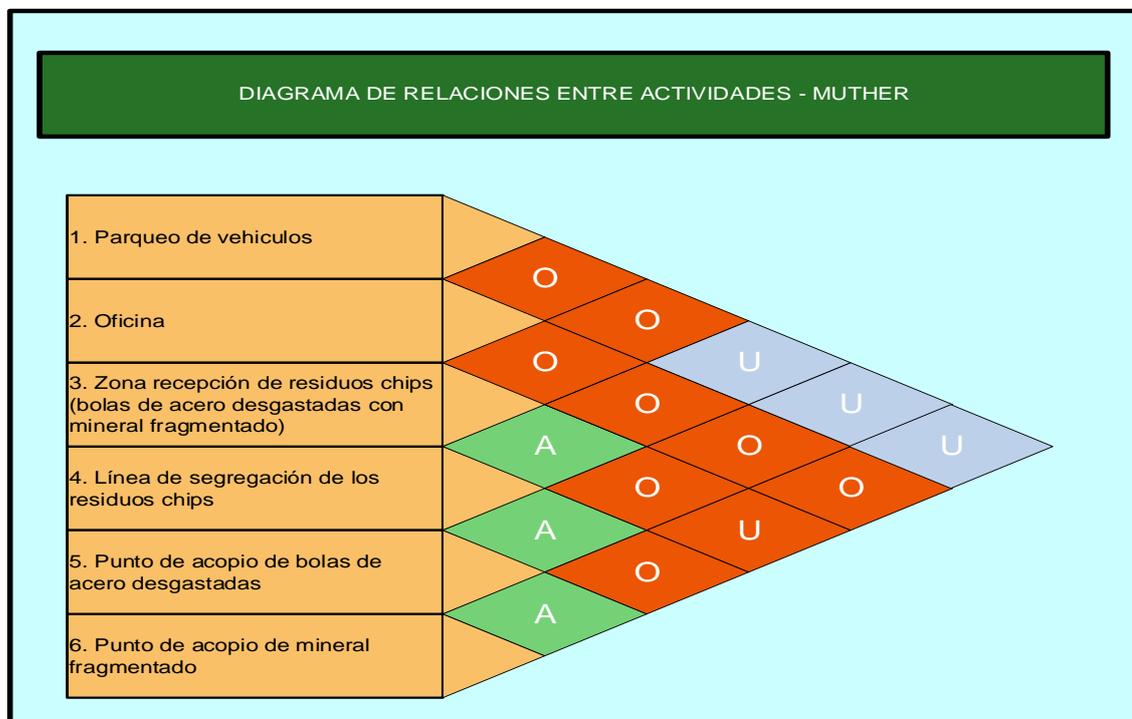
¹ Las operaciones en la compañía minera están proyectadas para 20 años de producción. según (GLENCORE, 2013)

4.3.1. Distribución de la planta

Mediante la metodología de Muther, se relacionó las actividades para poder realizar la distribución de la planta para el diseño del reaprovechamiento de residuos chips.

A continuación, se describe el análisis de actividades según la metodología de Muther

Figura 26. Análisis de proximidad entre las actividades para el diseño de planta de segregación y reaprovechamiento de Chips



Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la figura 26, la relación de las actividades y operaciones dentro de la planta dando como resultado que las actividades de la zona de recepción de residuos chips, línea de segregación de los residuos chips, punto de acopio de bolas de acero desgastadas y punto de acopio de mineral fragmentado tienen mayor relación de proximidad donde nos indica que es **absolutamente necesario**.

Asimismo, las actividades de oficina, parqueo de vehículos, zona de recepción de residuos chips, línea de segregación de los residuos chips, punto de acopio de bolas de acero desgastadas y punto de acopio de mineral fragmentado en la relación de proximidad nos indica **importancia ordinaria**.

También, las actividades de parqueo de vehículos y punto de acopio de mineral fragmentado en la relación de proximidad **no importante**

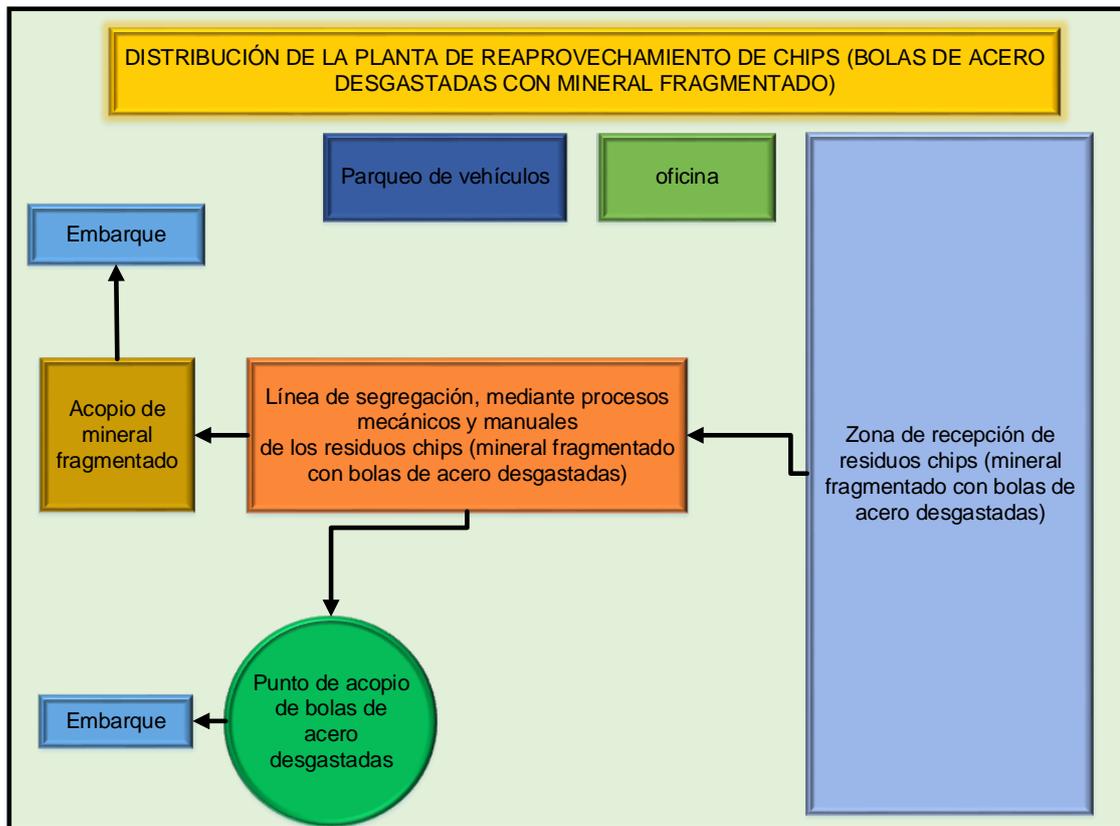
Tabla 9. Relación de proximidad.

CÓDIGO	RELACIÓN DE PROXIMIDAD
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Importancia ordinaria
U	No importante
X	Indeseable

Fuente: Muther, 1970.

La tabla nos indica la importancia de las actividades. Una vez realizado las relaciones de actividades según el método Muther se procedió a la distribución de la planta por producto. Donde las áreas del diseño constan:

Figura 27. Distribución de la planta para el diseño de reaprovechamiento de chips



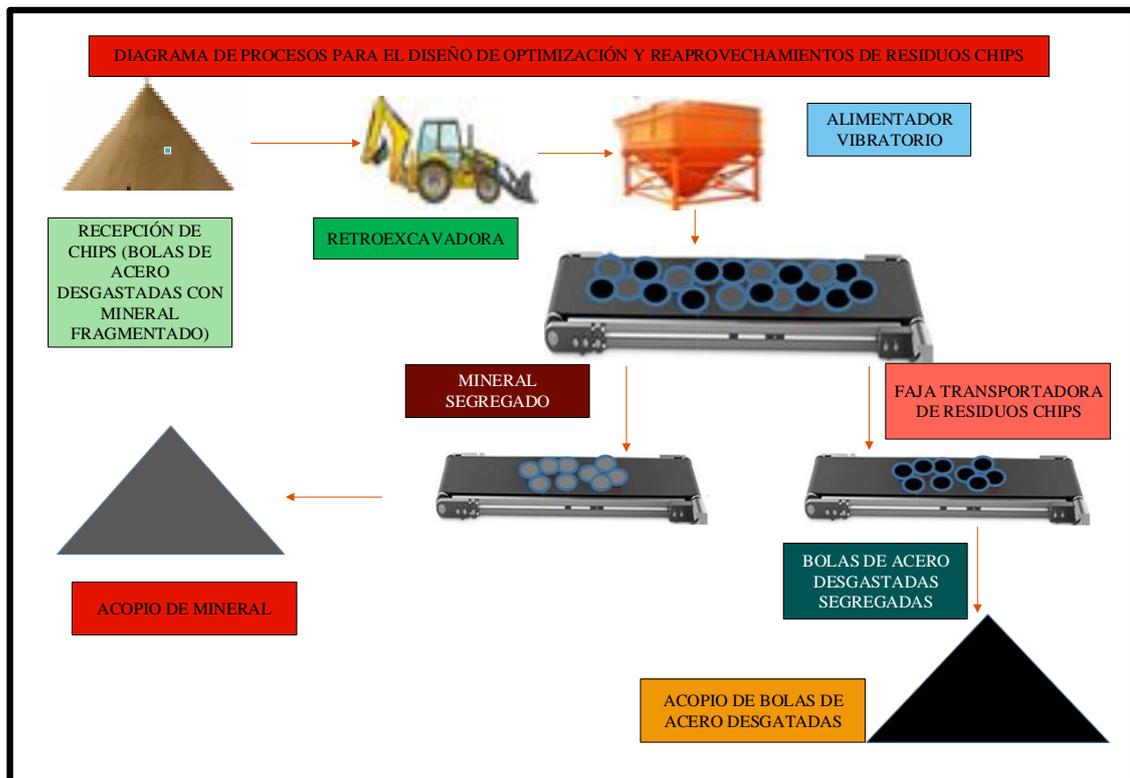
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al método Muther, se realizó la distribución de la planta como se visualiza en la figura 26, donde se encuentran las distintas instalaciones como son la zona de parqueo, oficina, zona de recepción de residuos chips, línea de segregación de residuos chips, punto de acopio de bolas de acero desgastadas y punto de acopio de mineral fragmentado. En los planos se encuentran los detalles (anexo 5).

4.3.1.1. Descripción del proceso de reaprovechamiento de los chips

A continuación, se describe el diseño de optimización del reaprovechamiento de los residuos chips (bolas de acero desgastada con mineral fragmentado) mediante el diagrama de proceso.

Figura 28. Diagrama de procesos para el diseño de reaprovechamiento de residuos chips



Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1.1. Descarga de chips

El proceso empieza desde la descarga de los chips provenientes de los molinos de bolas y el molino SAG. Los chips son descargados de la etapa de molienda de minerales; el espacio para la recepción de chips consta de 100 m².

4.3.1.1.2. Transporte de residuos chips

Una vez descargado los chips se pasa a la etapa de transporte. Para el transporte, se requiere un equipo móvil; la compañía minera dispone de volquetes para el transporte de los chips hacia un área de almacenamiento.

4.3.1.1.3. Zona de recepción de residuos

Luego del transporte de los residuos chips, estos son llevados a un área de almacenamiento que consta de 4 200 m². Esta área se designó porque las cantidades de descarga de residuos chips son de entre 45 – 50 toneladas por día. Los volquetes llegan a la zona de recepción y allí descargan los residuos chips. Estos volquetes provienen de la planta de procesos de la etapa de molienda. Desde esta zona, se transporta los residuos chips hacia la zona de recepción de residuos donde se almacena.

4.3.1.1.4. Líneas de segregación de chips

Esta sección es donde se conseguirá separar y clasificar los residuos chips.

A. Selección manual

Los residuos pasan a través de una banda transportadora de manera continua. El personal va cogiendo manualmente los residuos metálicos que constan de bolas de acero desgastadas.

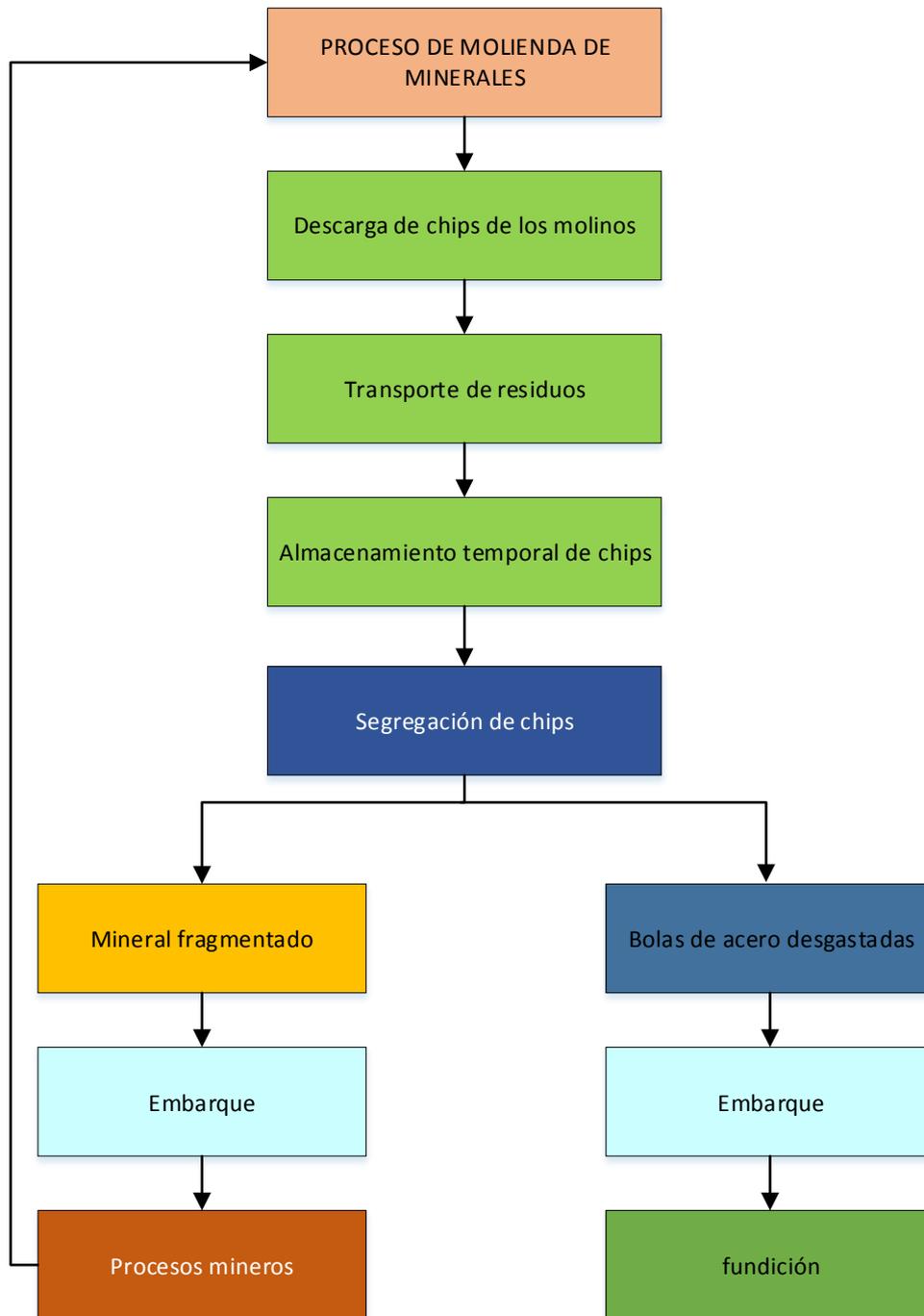
B. Transporte mecánico

Los residuos ya seleccionados pasarán a una banda transportadora, la cual llevará los residuos ya seleccionados a un lugar de acopio y posterior venta.

4.3.1.1.5. Transporte de material sobrante

El residuo sobrante que consta de mineral fragmentado, caerá a una banda transportadora la cual transportará a un almacén para su posterior derivación a la planta de procesos donde continuará su proceso.

Figura 29. Diagrama de flujo para el diseño de procesos de segregación y reaprovechamiento de los residuos chips.



Fuente: Elaboración propia

4.4. Dimensionamiento de equipos

4.4.1. Datos para el cálculo de equipos

4.4.1.1. Peso específico

Tabla 10. Peso específico

Materiales	Peso específico
Mineral fragmentado	1.9 - 2.2 t/m ³
Bolas de acero desgastadas	7.98 t/m ³

Fuente: Elaboración propia

La tabla nos indica el peso específico del mineral fragmentado y bolas de acero desgastadas

4.4.1.2. Ángulo de reposo

Tabla 11. Ángulo de inclinación.

Materiales	Ángulo de inclinación	Imagen
Mineral fragmentado	20°	
Bolas de acero desgastadas	--	

Fuente: Elaboración propia

La tabla nos indica el ángulo de inclinación del mineral fragmentado y bolas de acero desgastadas.

4.4.2. Dimensionamiento de la faja transportadora principal

4.4.2.1.1. Limitaciones ergonómicas del ancho y la altura de la faja transportadora

El ancho y la altura de la faja dependen antropométricamente de una superficie de trabajo basada en datos antropométricos. En las tablas 12 y 13 se presentan las dimensiones.

Tabla 12. Dimensiones horizontales antropométricas.

	Dimensiones		Imagen
	Pulg	Cm	
H	18	45,7	
I	36	91,4	
J	42	106,7	

Fuente: Panero & Zelnik, 1996, p. 159.

La tabla presenta los espacios horizontales antropométricos en un banco de trabajo

Se determinan las dimensiones de la faja principal, según el cuadro. El alcance del trabajador a la zona de trabajo es de 45,7 centímetros, según este dato se dimensiona el ancho de la faja principal. Se trabajará con 4 trabajadores a cada lado de la faja transportadora.

Datos:

A = 1 trabajador

B = 45.7 cm de alcance

C = 2 trabajadores

Fórmula:

$$X = \frac{C * B}{A}$$

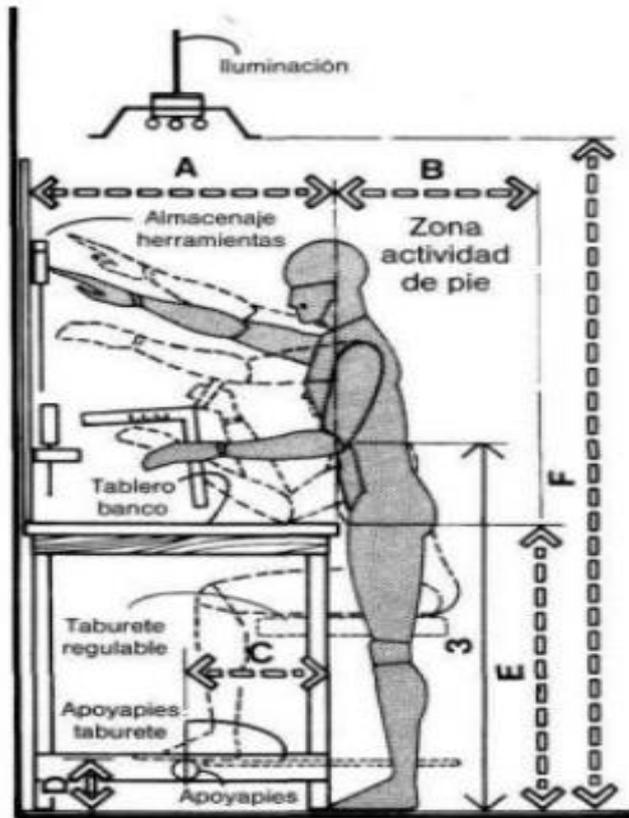
$$X = \frac{45.7 \text{ cm} * 2 \text{ trabajador}}{1 \text{ trabajador}}$$

$$X = 91.4 \text{ cm}$$

Entonces, la dimensión de la faja principal de segregación tiene un ancho de **91.4** cm.

Tabla 13. Dimensiones antropométricas verticales.

Dimensiones	Imagen
cm	
A	45.7 – 91.4
B	45.7
C	15.2 – 22.9
D	17.8 – 22.9
E	86.4 – 91.4
F	213.4



Fuente: Panero & Zelnik, 1996, p. 162.

La tabla nos muestra las medidas antropométricas verticales,

Con base a la información proporcionada en la tabla 13, se concluye que la altura para el sistema de transporte de la faja es:

$$h = 90 \text{ cm}$$

4.4.2.1.2. Factor de la faja transportadora

$$K = \frac{V \text{ pies}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{h} * \frac{1 \text{ Ton}}{100 \text{ Kgr}}$$

Datos

$$E = 9 \text{ m}$$

$$T = 90 \text{ s}$$

Hallar la velocidad

$$V = \frac{E}{T}$$

$$V = \frac{9 \text{ m}}{90 \text{ s}} = \frac{0.1 \text{ m}}{\text{s}}$$

Convertir la velocidad en cm/s

$$X = \frac{0.1 \text{ m}}{\text{s}} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \quad X = \frac{10 \text{ cm}}{\text{s}}$$

Convertir la velocidad a pies / min

$$V = \frac{10 \text{ cm}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ pies}}{30.48 \text{ cm}} * \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}$$

$$V = \frac{19.69 \text{ pies}}{\text{min}}$$

Reemplazamos los datos a la fórmula del factor de faja

$$K = \frac{V \text{ pies}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kgr}}$$

$$K = \frac{19.69 \text{ pies}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kgr}}$$

$$K = \frac{1.1814 \text{ pies}}{\text{h}} * \frac{\text{ton}}{\text{kgr}}$$

Hallamos el volumen total que transporta la faja

$$\text{Vol Total} = K * W$$

K: Factor de faja

W: Peso de faja

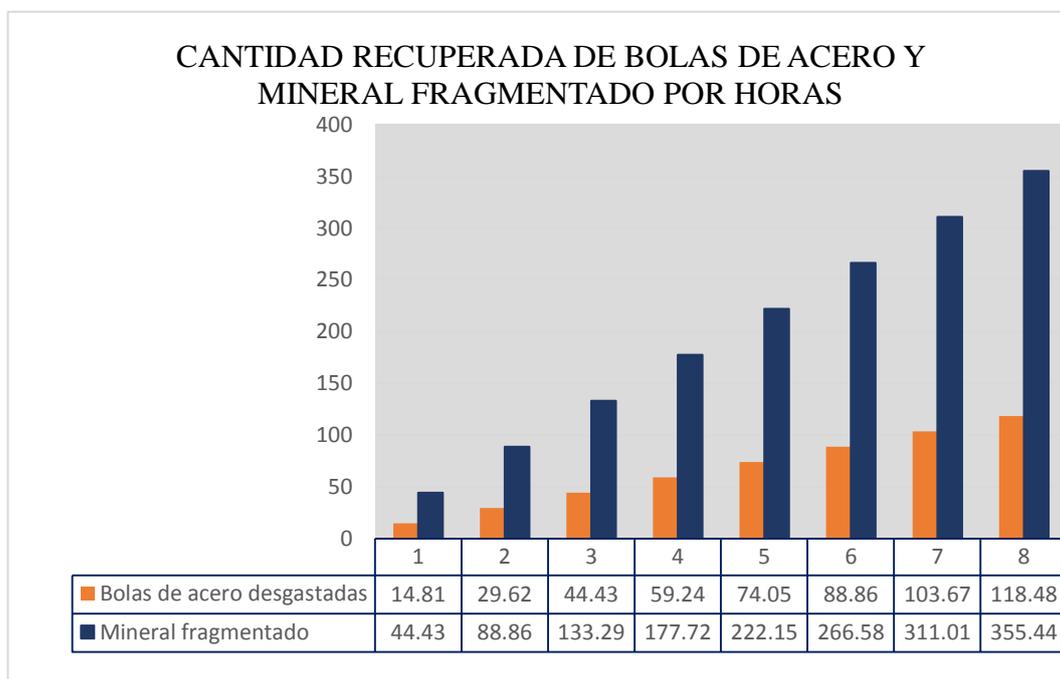
El peso de la faja se determina del peso de una muestra de material donde se obtuvo un peso de 37.6 kg/pies.

$$\text{Vol Total} = \frac{1.1814 \text{ pies}}{h} * \frac{\text{ton}}{\text{kgr}} * \frac{37.6 \text{ kgr}}{\text{pies}}$$

$$\text{Vol Total} = \frac{59.24 \text{ ton}}{h}$$

Se determinó que en una hora de trabajo, la faja transportadora trasladará 59.24 toneladas, donde el 25 % son bolas de acero desgastadas; entonces, se recuperara 14.81 toneladas por hora.

Figura 30. Cantidad recuperada de bolas de acero y mineral fragmentado.

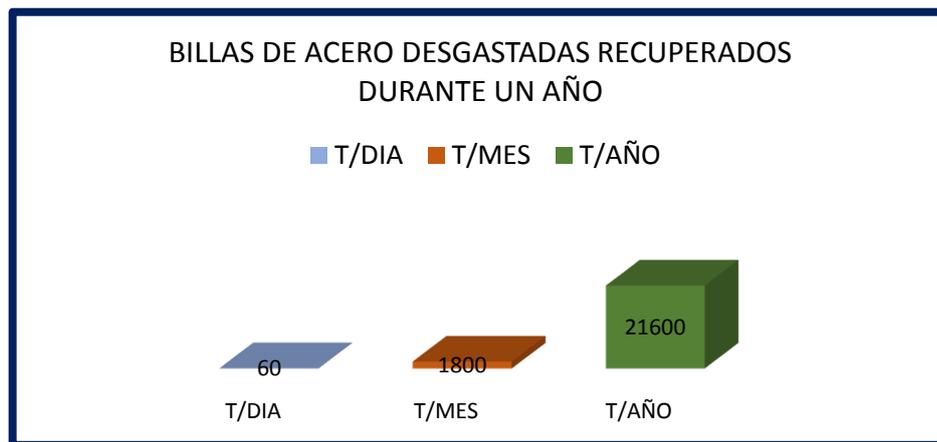


Fuente: Elaboración propia.

El diseño propuesto se podría proyectar a una recuperación de bolas de acero desgastadas hasta 118 toneladas en 8 horas de trabajo

Para el diseño planteado, se pretende recuperar 60 toneladas por día de bolas de acero desgastadas, siendo rentable ya que su punto de equilibrio es de 47 toneladas por día.

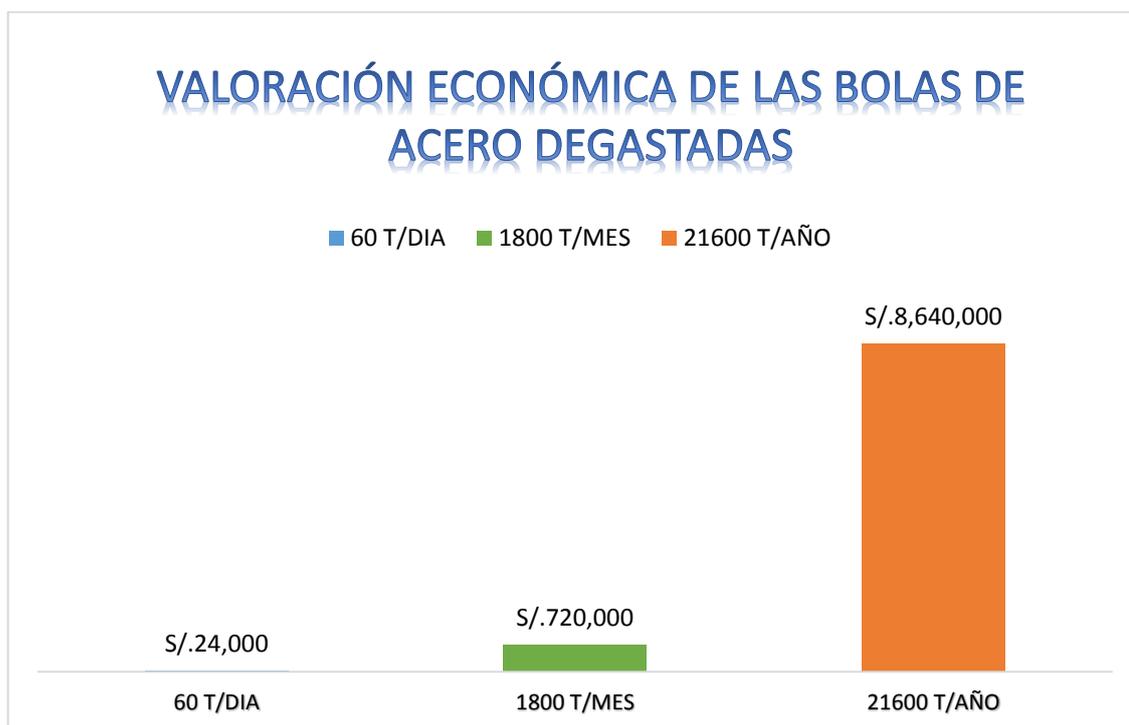
Figura 31. Bolas de acero recuperadas en el periodo de un año.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 30, se visualizan las cantidades de bolas de acero recuperadas por día, mes y año, donde nos indica que la recuperación diaria es de 60 toneladas, al mes, 1 800 toneladas y la recuperación anual será de 21 600 toneladas de bolas de acero desgastadas, lo cual viene a ser es una recuperación favorable comparando con el punto de equilibrio que es de 47 toneladas día.

Figura 32. Valoración económica de las bolas de acero desgastadas.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 32, se visualiza la valoración económica del reaprovechamiento de las bolas de acero desgastadas, donde para 60 toneladas de bolas de acero desgastadas tiene una valoración económica de 24 000 soles por día; para 1 800 toneladas de bolas de acero desgastadas, se tiene una valoración económica de 720 000 soles mensuales y para 21 600 toneladas de bolas de acero desgastadas, se tiene una valoración económica de 8 640 000 soles.

En el anexo 7, se muestra las dimensiones de la faja transportadora de segregación

La Faja Transportadora de segregación de chips tiene una longitud de 9 metros por 70 cm de ancho y su altura es de 90 cm; el material de la faja transportadora es de caucho color negro anti abrasivo y anti corte para transporte de chips. El Motor Kraftman

4 HP 220V/380V/440V 60Hz la velocidad de la faja principal es de 10 cm/seg con una capacidad de 40-55 toneladas por hora

4.4.3. Dimensionamiento de la tolva y alimentador vibratorio

El dimensionamiento del alimentador vibratorio se determinó de acuerdo a la cantidad de material que se transporta por la faja transportadora de segregación.

Las variables para el dimensionamiento son:

Dimensiones del cucharón de la retroexcavadora

- Ancho = 2.40 m
- Alto = 1.10 m

Cantidad de chips transportado

- 59.29 toneladas por hora

Dimensiones de la tolva

- Largo = 3.60 m
- Ancho = 2.20 m
- Altura = 2.70 m

Dimensiones del alimentador vibratorio

- Largo = 1.57 m
- Ancho = 060 cm
- Altura = 30 cm

Capacidad del alimentador vibratorio de 40 - 60 toneladas por hora

En el anexo 6, se muestran las dimensiones de la tolva y el alimentador vibratorio.

Dimensiones de la tolva: el largo es de 3.60 m, ancho 2.20 m, altura 2.70 m y con una capacidad de 14 m³. El material consta de una plancha estructural A36 de 3/16" reforzada con costillar en platina A36 de 2". El alimentador vibratorio tiene las dimensiones: largo de 1.57 m, ancho 60 cm y la altura 30 cm, con una capacidad de 40-60 Ton/hora. Además, cuenta con 2 moto vibradores trifásicos de 2 Hp 380 V 60

4.4.4. Dimensionamiento del área de almacenamiento de mineral fragmentado

El área de almacenamiento para el mineral fragmentado se determinó según la producción diaria de recuperación de bolas de acero desgastadas. Según el peso específico, se determinó el área y para la acumulación del mineral fragmentado se indica que para 2 toneladas de mineral fragmentado se requiere 1m³, por tanto:

$$X = \frac{240 \text{ ton} * 1 \text{ m}^3}{2 \text{ ton}}$$

$$X = 120 \text{ m}^3$$

Además, se especifica la altura de apilamiento que es de 2 m; entonces, hallamos el área:

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{120 \text{ m}^3}{2 \text{ m}}$$

$$A = 60 \text{ m}^2$$

Se calculó el área de almacenamiento para el acopio de mineral fragmentado donde se obtuvo 60 m².

En el anexo 10, se muestran las dimensiones de la faja transportadora del mineral fragmentado.

La faja transportadora de mineral fragmentado tiene una longitud de 7.48 m con una altura de elevación de 3 m y tiene un ángulo de elevación de 22.5°. Consta de un chute de 0.71 * 0.71 cm. El de acopio de mineral fragmentado consta de 60 m².

4.4.5. Dimensionamiento del área de acopio de las bolas de acero desgastadas

Se determinó el área de almacenamiento según la recuperación de las bolas de acero desgastadas en un día.

Donde se requiere 1 m³ por cada de 7.98 toneladas, entonces, se calculó:

$$X = \frac{60 \text{ ton} * 1 \text{ m}^3}{7.98 \text{ ton}}$$

$$x = 7.519 \text{ m}^3$$

Además, se especifica la altura de apilamiento que es de 1 m; entonces, hallamos el área:

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{7.519 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$$

$$A = 7.51 \text{ m}^2$$

El área calculada para el acopio es de 7.51 m² para 60 toneladas de bolas de acero desgastadas.

En el anexo 8, se muestran las dimensiones de la faja transportadora para el acopio de las bolas de acero desgastada.

La longitud de la faja transportadora es de 5 m y el ancho, 0.24 m, también se tiene el área de acopio de bolas de acero desgastadas que consta de 7.51 m²

En el anexo 9, se muestran las dimensiones de la faja transportadora de las bolas de acero desgastadas.

Las dimensiones de la faja transportadora de bolas de acero desgastadas tiene una longitud de 8.16 m y un ancho de 0.18 m. Se cuenta con 2 fajas transportadoras que se encuentran a los costados de la faja transportadora de segregación de chips.

En el anexo 5, se muestra el diseño de la planta de segregación de chips. Donde se visualiza el diseño completo de la planta de segregación de residuos de chips, esta planta tiene un área 250 m². La planta consta de una tolva alimentadora, alimentador vibratorio, faja transportadora de segregación de chips, faja de transporte de bolas de acero desgastadas, faja de transporte de mineral fragmentado, área de acopio de mineral fragmentado y área de acopio de bolas de acero desgastadas.

4.5. Análisis económico

4.5.1. Inversión del proyecto para la ejecución

Tabla 14. Gastos fijos anuales

	Cantidad	Costos diarios	Costo unitario mensual	Costo unitario anual	Costo anual
Maquinaria	1	S/. 600	S/. 1 800	S/. 216 000	S/. 216 000
Trabajadores	20	S/. 66.6	S/. 2 000	S/. 16 000	S/. 320 000
Alimentación	20	S/. 24	S/. 720	S/. 5 760	S/. 115 200
Alojamiento	20 hab.		S/. 250	S/. 2 000	S/. 40 000
Transporte	1	S/. 150	S/. 4 500	S/. 54 000	S/. 54 000
Capacitación	20	-----	S/. 1 500	S/. 18 000	S/. 18 000
Combustible	32 gl/día	S/. 480	S/. 14 400	S/. 172 800	S/. 172 800
Flete de transporte	2/día	S/. 4 000	S/. 60 000	S/. 720 000	S/. 1 440 000
Equipo	1	---	---	S/. 150 000	S/. 150 000
EPP	20	-----	-----	S/. 2 446	S/. 48 920
Manteniendo del equipo	2	---	---	S/. 60 000	S/. 60 000
Bolas de acero desgastadas	60 T	S/. 6 000	S/. 180 000	S/. 2 160 000	S/. 2 160 000
Total		S/. 11 320.60	S/. 265 170	S/. 3 577 006	S/. 4 794 920

Fuente: Elaboración propia

La tabla contiene los gastos que se realizarán para la operatividad del proyecto.

Tabla 15. Gastos variables anuales.

	S/.
Mantenimiento anual	S/. 60 000
Total	S/. 60 000

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Ingresos y egresos del proyecto

4.5.2.1.1. Análisis de la rentabilidad de la planta de segregación de chips

Tabla 16. Ingresos del proyecto.

FLUJO DE INGRESOS	
AÑO	INGRESOS
1	S/. 8 640 000
2	S/. 8 640 000
3	S/. 8 640 000

Fuente: Elaboración propia

La tabla 16, muestra los ingresos anuales del proyecto proyectados para 3 años. Se calculó con los datos de producción diaria, donde indica que el precio por tonelada es de 400 soles y la producción día es de 60 toneladas; entonces, se determina que el flujo de ingresos anuales es de 8 640 000 de soles.

Tabla 17. Flujo de egresos del proyecto.

FLUJO DE EGRESOS	
AÑO	EGRESOS
1	S/. 4 776 920
2	S/. 4 776 920
3	S/. 4 776 920

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se muestra el flujo de egresos del proyecto para 3 años. Se calculó mediante la suma de los gastos de operatividad del proyecto.

Tabla 18. Flujo neto efectivo.

FLUJO NETO EFECTIVO	
AÑO	FLUJO EFECTIVO NETO
1	S/. 3 863 080
2	S/. 3 863 080
3	S/. 3 863 080

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, se muestra el flujo neto efectivo. El flujo se calculó mediante la resta del flujo de ingresos y el flujo de egresos.

4.5.3. Determinación del VAN y TIR

Para hallar el valor neto actual VAN, necesitamos los siguientes datos:

Tabla 19. Datos para el VAN.

AÑO	PROYECTO
0	S/. -4 776 920
1	S/. 3 863 080
2	S/. 3 863 080
3	S/. 3 863 080

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 19, se muestra el capital en el año cero y el flujo neto efectivo para los 3 años de producción.

Los datos de la tabla 19, serán reemplazara en la siguiente formula:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)^1} + \frac{Q_1}{(1+K)^2} \dots \frac{Q_n}{(1+K)^n}$$

Donde:

- **Qn:** son los flujos de dinero en cada periodo t
- **A:** es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)
- **n:** es el número de periodos de tiempo
- **k:** es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Donde se determinó el VAN del proyecto:

VNA	S/. 6 406 908.19
------------	-------------------------

La fórmula para hallar la tasa interna de retorno TIR:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(I+i)^n} = 0$$

Donde:

- **Fn:** es el flujo de caja en el periodo n.
- **n:** es el número de períodos.
- **I:** es el valor de la inversión inicial.

El valor del TIR para el proyecto es:

TIR	62%
------------	-----

4.5.4. Costos del desarrollo del trabajo

Tabla 20. Gastos del desarrollo del trabajo.

	S/.
Equipo	S/. 200
Personal	S/. 200
Pesaje	S/. 100
Maquinaria	S/. 240
Materiales	S/. 500
Pasajes, viáticos, asignaciones.	S/. 2 500
Papel, impresiones.	S/. 1 000
Total	S/. 4 740

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 20, muestra los gastos del proyecto de investigación.

4.6. Contraste de hipótesis

4.6.1. Hipótesis general

H₀: Dadas los cálculos realizados en el diseño es probable que mediante el diseño de recuperación se optimizará el reaprovechamiento de las bolas de acero desgastadas y mineral fragmentado provenientes de las descargas de los molinos de bolas y el molino SAG de la compañía minera Antapaccay.

H₁: Dadas los cálculos realizados en el diseño no es probable optimizar el reaprovechamiento de las bolas de acero desgastadas y mineral fragmentado provenientes de las descargas de los molinos de bolas y el molino SAG de la compañía minera Antapaccay.

4.6.2. Hipótesis específicas

H₀₁: dada la caracterización de la muestra, se cuantifica la composición de los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales.

H₁₁: dada la caracterización de la muestra, no se logra la cuantificación de la composición de los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales.

H₀₂: Mediante la evaluación del impacto ambiental, se logra identificar el problema ambiental que provoca el almacenamiento de los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales de la compañía minera Antapaccay.

H₁₂: Mediante la evaluar el impacto ambiental no se logra identificar el problema ambiental que provoca el almacenamiento de los chips provenientes de la descarga de los molinos de minerales de la compañía minera Antapaccay

H₀₃: Mediante el estudio se logra diseñar un procedimiento de recuperación de las bolas de aceros desgastadas.

H₁₃: Mediante el estudio no se logra diseñar un procedimiento de recuperación de las bolas de aceros desgastadas.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se diseñó una planta de segregación de reaprovechamiento de los chips, que tiene un área 250 m^2 donde la tolva de alimentación tiene una capacidad de 14 m^3 . La faja transportadora de segregación de chips tiene una longitud de 9 m y un ancho de 0.70 m. La faja transportadora de bolas de acero desgastadas cuentan con 2 fajas transportadoras, estas tienen una longitud de 8.16 m cada una y la faja transportadora de mineral fragmentado de 5 m de longitud.

SEGUNDA: La cantidad promedio de chips de la descarga de los molinos de la minera son 46 t/día de los cuales el 25% son bolas de acero desgastadas y el 75 % es mineral fragmentado que regresa al proceso de molienda.

TERCERA: La evaluación del impacto ambiental realizada mediante la Matriz de Leopold nos indica que se tiene impactos de significancia moderada, teniendo los medios físicos y biológicos como los más afectados; los componentes más afectados son el aire, suelo y flora, teniendo una valoración de entre 7 – 9 que son de significancia moderada. Estos impactos se presentan en la etapa de almacenamiento de chips.

CUARTA: El procedimiento de reaprovechamiento de los chips empieza desde la descarga de los molinos de bolas y el molino SAG. Una vez descargados, estos son transportados a un área de almacenamiento temporal; luego estos chips pasan a la planta de segregación de chips donde se realiza la separación de las bolas de acero desgastadas y el mineral fragmentado, donde el mineral fragmentado regresa al proceso de molienda de minerales y las bolas de acero desgastadas son embarcados y transportados a una fundición.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Realizar proyectos para la mitigación de impactos ambientales generados por la industria minera, ya que en esta actividad se generan gran cantidad de los residuos de material metálico; estos residuos pueden ser reaprovechables y constituyen un potencial recurso económico, a su vez pueden ser reciclados en forma infinita.

SEGUNDA: Implementar una planta de segregación de chips en todas las mineras, ya que este problema se presenta en todas las mineras del Perú generando cerros artificiales de este residuo y degradando la calidad del suelo. Estos residuos tienen una cantidad considerable de residuos metálicos que pueden ser reciclados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bechtel Chile Limited Confidential. (2010). *Filosofía de Operación - Antapaccay*.
Obtenido de ESCRIBD: <https://es.scribd.com/doc/273391734/25580-220-30R-V01-00201-Filosofia-de-Operacion-Version-0>
- Bravo, L., & Silva, C. (2005). *!A Reciclar Chatarra!* Obtenido de GERDAU AZA.CL.
- Cuti, A. (15 de 06 de 2017). Procesos Antapaccay. (M. Huillca, Entrevistador)
- Diaz, N. (01 de 12 de 2006). *Técnicas de Muestreo*.
- DIGESA. (17 de 03 de 2010). *Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo a nivel nacional*. Obtenido de Ministerio de Salud:
www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/residuos/Residuos_EESSySMA.pdf
- DIRCETUR CUSCO. (2014). Obtenido de
<http://www.dirceturcusco.gob.pe/ofertaexportable/detalleempresa.php?Codigo=55>
- Galvez, M. (20 de 06 de 2011). *Metodos de Muestreo*. Obtenido de FAO. org:
http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/Workshops_Events/Workshop_Montevideo/Metodos_de_muestroMG_2.pdf
- Gelabert, P. (1988). *Selección de una estrategia de control para un circuito de molienda*. Obtenido de Universidad de Sonora .Escuela de Ciencias Químicas:
<http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=914>
- Gerdau AZA S.A. (2005). *A Reciclar Chatarra. Guía Educativa para el Reciclado del Acero*, 130.

GLENCORE. (2013). *Convencion Minera*. Obtenido de Antapaccay del Poryecto a la Operación :

<https://www.convencionminera.com/perumin31/encuentros/topmining/jueves19/1630-luis-rivera.pdf>

Gómez, F. (s.f.). *Cintas Tranportadoras en Automatizacion de la Produccion*. Obtenido de www.esi2.us.es/~fabio/cintas.pdf

Groover, M. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Mexico: produccion supervision: Raeia Maes. Guia de Valoracion Economica de Impactos Ambientales.

(2013). *R.M. N° 387-2013-MINAM* . Obtenido de MINAM.

Gutierrez, O. (2011). *Estudio para Calibración de Molinos*. Obtenido de Repositorio Academico de la Universidad de Chile: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-gutierrez_og/pdfAmont/cf-gutierrez_og.pdf

Henan Hongji Mine Machinery . (s.f.). *Alimentador vibratorio*. Obtenido de Fabricante de maquinaria de minería en China: <http://www.sinocrusher.es/b3-vibrating-feeder.html>

Hinojosa, J. (21 de 07 de 2010). *Diseño Mecanico de Molino de Bolas*. Obtenido de Universidad de Chile Facultad de Ciencias Fisica y Matematicas Departamento de Ingenieria Mecanica: file:///C:/informe_final_molino_de_bolas.pdf

Kleeberg, F., & Ramos, J. (2009). *Aplicación de las Técnicas de Muestreo en los Negocios y la Industria*. Obtenido de Redalyc.org:

<http://www.redalyc.org/pdf/3374/337428493002.pdf>

Ley de Gestión Integral de Residuos Solidos. (23 de 12 de 2016). Obtenido de

<http://sinia.minam.gob.pe/>

Ley General de Residuos Sólidos (LEY N° 27314) . (20 de 7 de 2000). *Ley General de Residuos Sólidos*. Obtenido de SINIA: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos>

Ley N° 28611 Ley General del Ambiente. (2005). *Ley General del Ambiente*. Obtenido de SINIA.

Loayza, M. (s.f.). *Magnetismo de Rocas y Minerales*. Obtenido de Universidad Nacional Mayor de San Marco:

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/Cer%C3%B3n_L_M/cap3.pdf

López, J. (s.f.). *Proyectos de Ingeniería Mecánica*. Obtenido de Red de Bibliotecas Landivarianas.

Lopez, R. (2002). *Degradacion de Suelos Causas Procesos de Evaluacion e Investigacion*. Merida - Venezuela: CIDIAT. Obtenido de Universidad de los Andes de venezuela.

Metso - Minerals. (2004). *Conocimientos Básicos en el Procesamiento de Minerales*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/anibalmoya/equipos-planta-minerales>

MINAM. (s.f.). *Ley General de RR SS No.27314*. Obtenido de Biblioca Ambiental Nacional:

http://cdam.minam.gob.pe/multimedia/perfiles_residuossolidos/Materiales/Seminarios/Marco_Conceptual_de_Residuos_Solidos%20Seminario.pdf

Montero, J. (1999). *Minerales y Rocas*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.docentes.unal.edu.co/jmmonteroo/docs/4-5%20Minerales%20Rocas.pdf>

Muñiz Delgado, J. (2012). *Procesamiento de Minerales Metalicos*. Arequipa: Qoriruna E.I.R.L.

NTP 900.058. (2005). *Gestión de residuos. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos*. Obtenido de Sociedad Nacional de Pesqueria:

<http://snp.org.pe/media/Normas-Pesqueras/Residuos-solidos/NTP-900.058.2005.pdf>

Orellana, P. (2010). *Modelo, Control y Simulador de Planta de Molienda Semiautógena y Molienda Secundaria*. Recuperado el 06 de 07 de 2017, de Repositorio Academio de la Universidad de Chile: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103779/cf-orellana_ra.pdf

OSINERGMIN. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú*. Obtenido de OSINERGMIN.GOB: http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro_Panorama_de_la_Mineria_en_el_Peru.pdf

OSINERGMIN. (2017). *La Industria Minera en el Peru*. Obtenido de Osinergmin: http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf

Panero, J., & Zelnik, M. (1996). *FCEIA*. Mexico: G. Gili, S.A.

Power, G. (06 de 02 de 2012). *Materiales Metálicos y Reciclaje*.

Raffo, E. (11 de 10 de 2015). *Valoración económica ambiental: El problema*.

Reglamento de la Ley de Gestion Integral de Residuos Solidos. (2016). Obtenido de SINIA.

Reglamento de la Ley de Gestion Integral de Residuos Solidos. (2016). Obtenido de SINIA.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. (2004). *D.S N° 057-2004-PCM*. Obtenido de MINAM.

Reglamento Sobre Protección del Medio Ambiente D.S.N° 016-93-EM. (1993).

Obtenido de El Portal del Derecho Ambiental.

- Reyes, J. L., López, A., Ibarra, A., Dávila, H., & Oliva, S. (1999). *Molienda en Serie con Clasificación en Circuito Cerrado en Minera el Pilon. Diseño, Optimización e Implementación de Circuito por Simulación en Computadora*. Obtenido de [http://www.metso.com/miningandconstruction/mct_service.nsf/webwid/wtb-120116-22576-d7ba6/\\$file/062.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/mct_service.nsf/webwid/wtb-120116-22576-d7ba6/$file/062.pdf)
- Rojas, M. (2009). *Descripción Cuantitativa de Los Procesos de Extracción y Reducción de Mineral en la Minería de Cobre a Cielo Abierto*. Obtenido de Repositorio Academico de Chile: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/cf-rojas_mc/pdfAmont/cf-rojas_mc.pdf
- Ruiz, C. (1984). *Estudio de la Mineralización y Rocas Encajantes en la Mina*. Obtenido de http://oa.upm.es/6662/1/boletin_igme_vol_95_n%C2%BA_2.pdf
- Ruiz, R., & Hernandez, A. (2016). *Plan de Manejo para el Acopio de los Residuos Metalicos*. Obtenido de <http://repository.uniminuto.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10656/4715/T.A%20HERNANDEZ%20AMORTEGUI%20IVONNE%20ALEXANDRA%20%202016.pdf?sequence=1>
- Salinero, M. (2013). *Diseño de una Banda Transportadora*. Obtenido de CORE: <https://core.ac.uk/download/pdf/29405026.pdf>
- Sanchez, A. (2009). *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%20sobre%20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20ULADECH/14._Impacto_ambiental_lectura_2009_.pdf

Savedra, V. (2013). *Clasificación Geológica de las Rocas, Modo de Formación en su Origen, Piedras más Empleadas en la Construcción*. Obtenido de http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/semana_3_tec._materiales_2013.2.pdf

Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería D. S. N° 014-92-EM . (1992). *Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería*. Obtenido de Congreso de la Republica.

Valderrama, J. (1999). *Informacion Tecnologica*. Obtenido de Libros Google.

ANEXOS

Anexo 1. Descarga de residuos chips diaria

DESCARGA DE RESIDUOS (CHIPS) DE LOS MOLINOS DE MINERALES	
Cantidad de días registrados	Cantidad de residuo (chips) generados t/d
Día 1	40
Día 2	49
Día 3	45
Día 4	48
Día 5	42
Día 6	52
Día 7	49

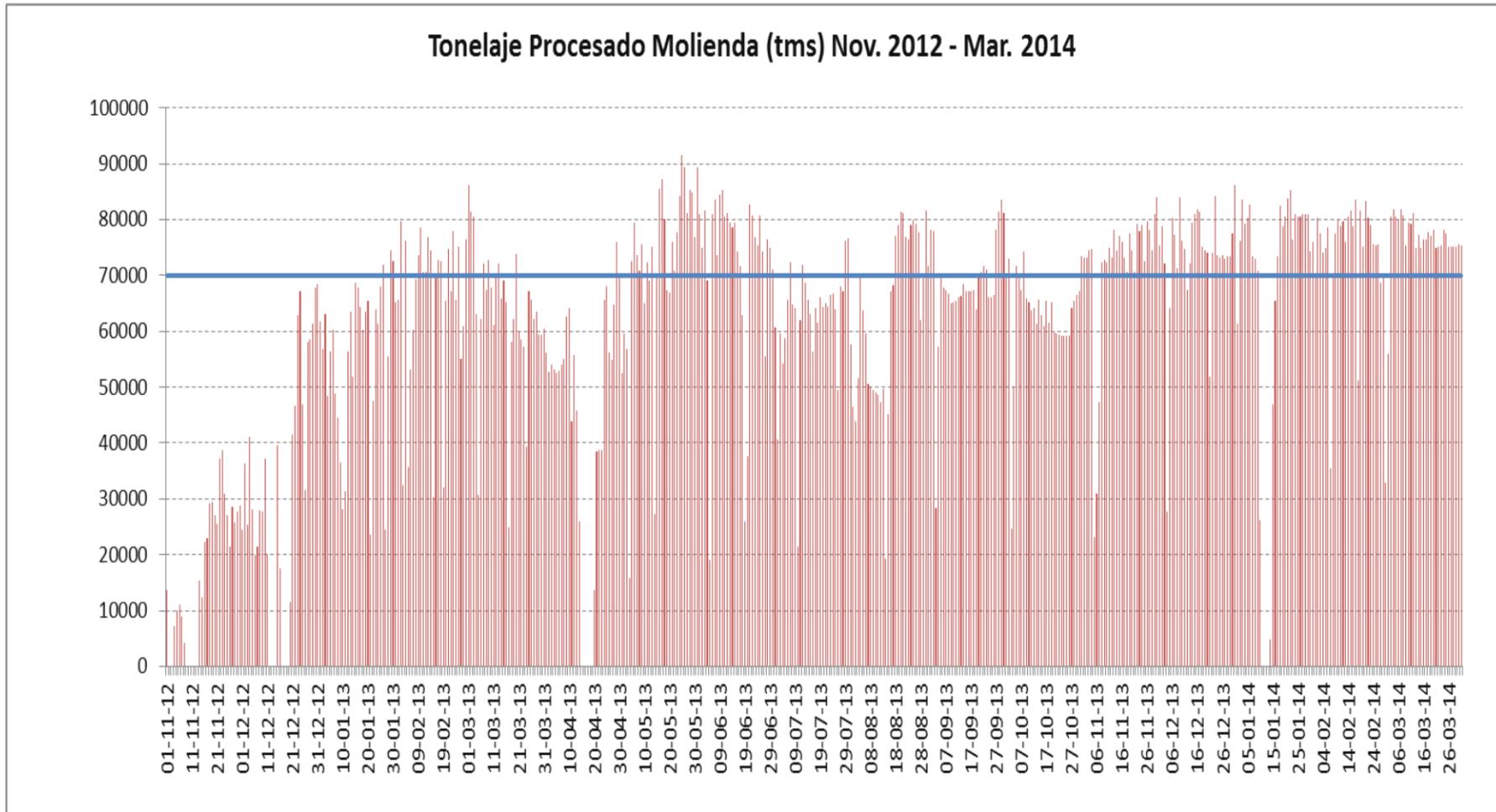
Anexo 2. Descarga de los residuos chips semanales

DESCARGA DE RESIDUOS (CHIPS) DE LOS MOLINOS DE MINERALES	
Cantidad de semanas registradas	Cantidad de residuo (chips) generados semanales
Semana 1	322
Semana 2	299
Semana 3	300
Semana 4	280

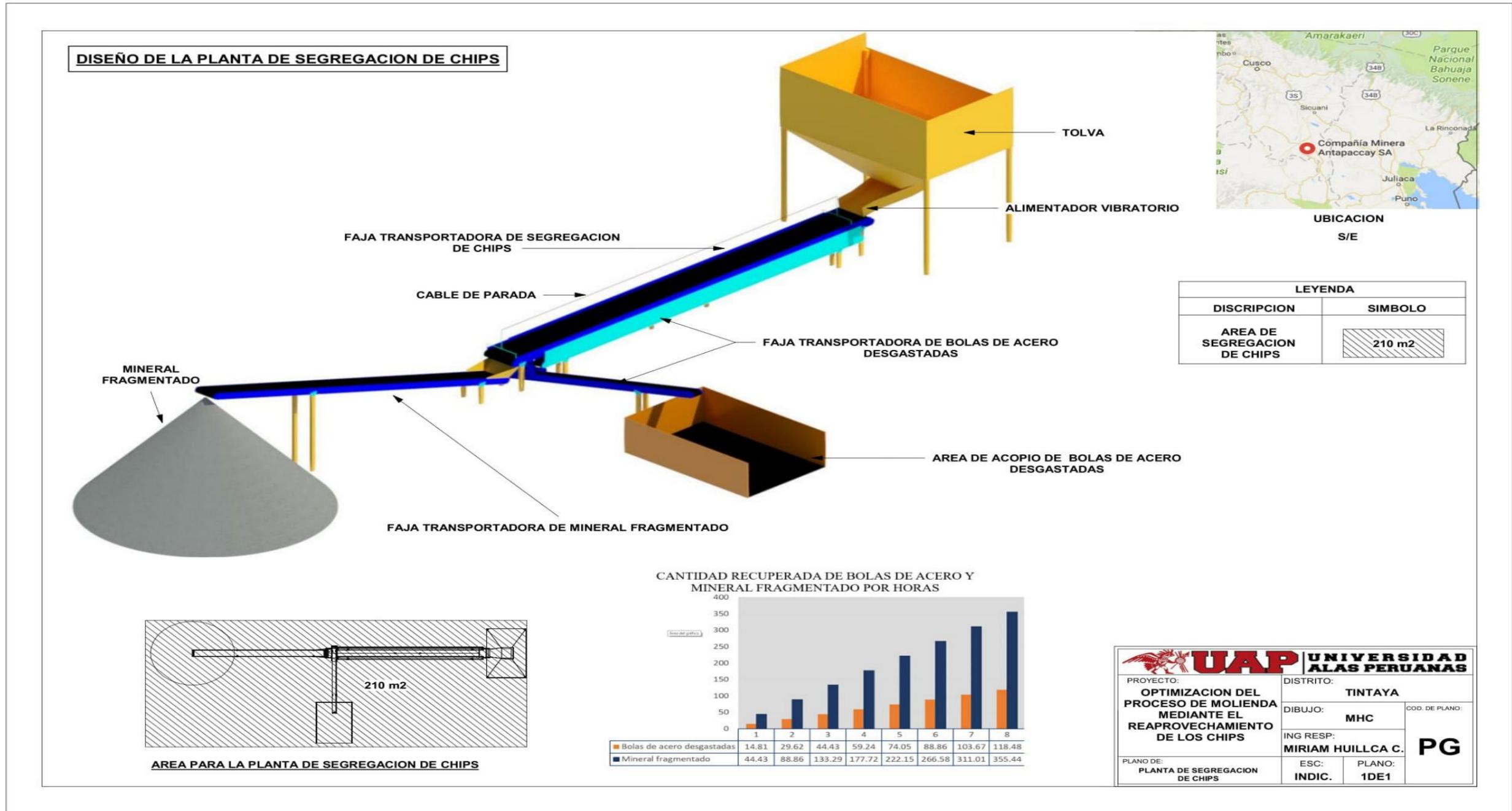
Anexo 3. Descarga de los residuos chips mensuales

DESCARGA DE RESIDUOS (CHIPS) DE LOS MOLINOS DE	
MINERALES	
Cantidad	Cantidad de residuo (chips)
de	generados mensuales
meses	
registradas	
Mes 1	1201
Mes 2	1200
Mes 3	1205
Mes 4	1300
Mes 5	1180
Mes 6	1200
Mes 7	1190
Mes 8	1210
Mes 9	1180
Mes 10	1215
Mes 11	1260
Mes 12	1260

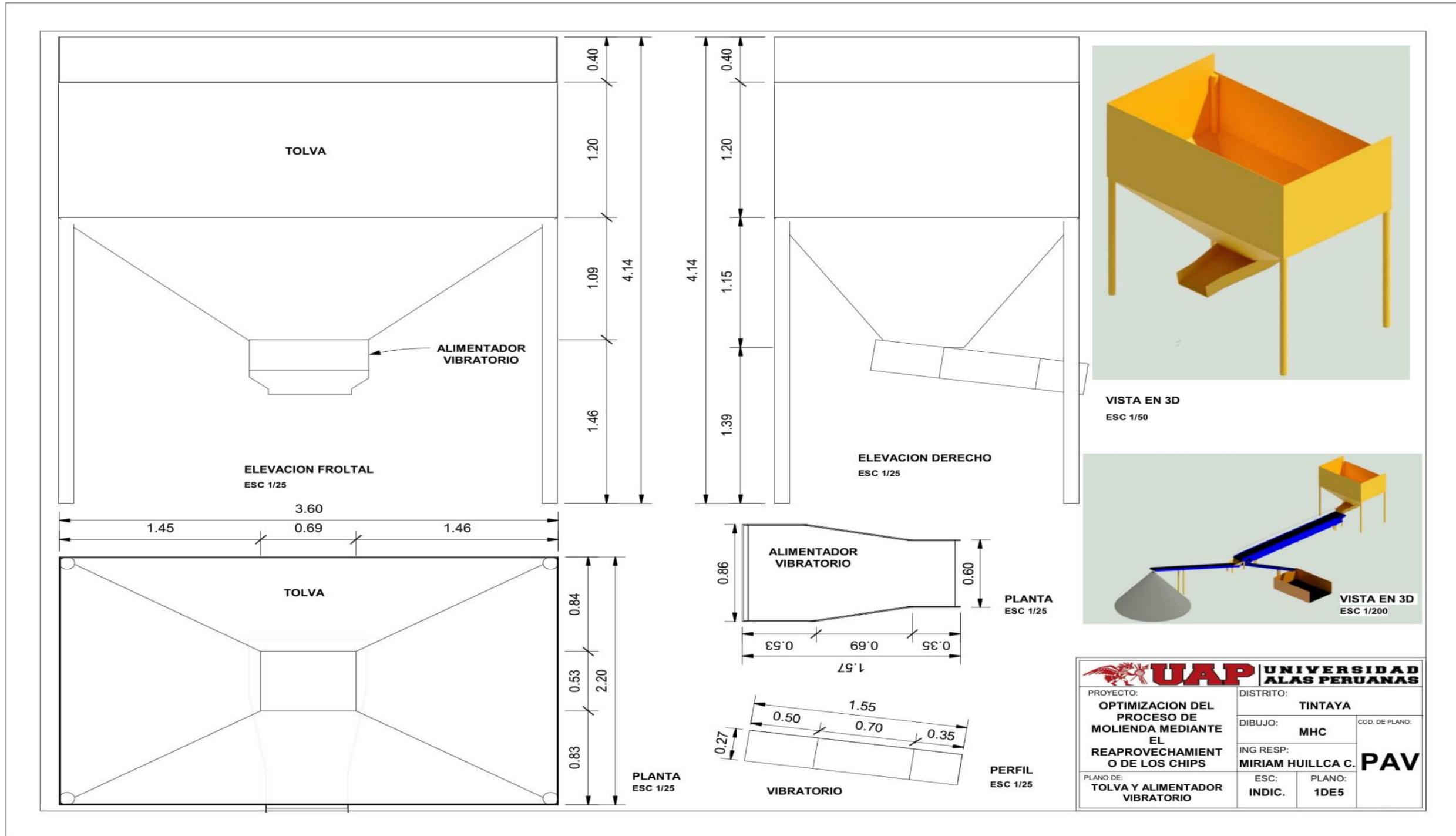
Anexo 4. Toneladas procesadas en la etapa de molienda de minerales desde noviembre del año 2012 hasta marzo 2016



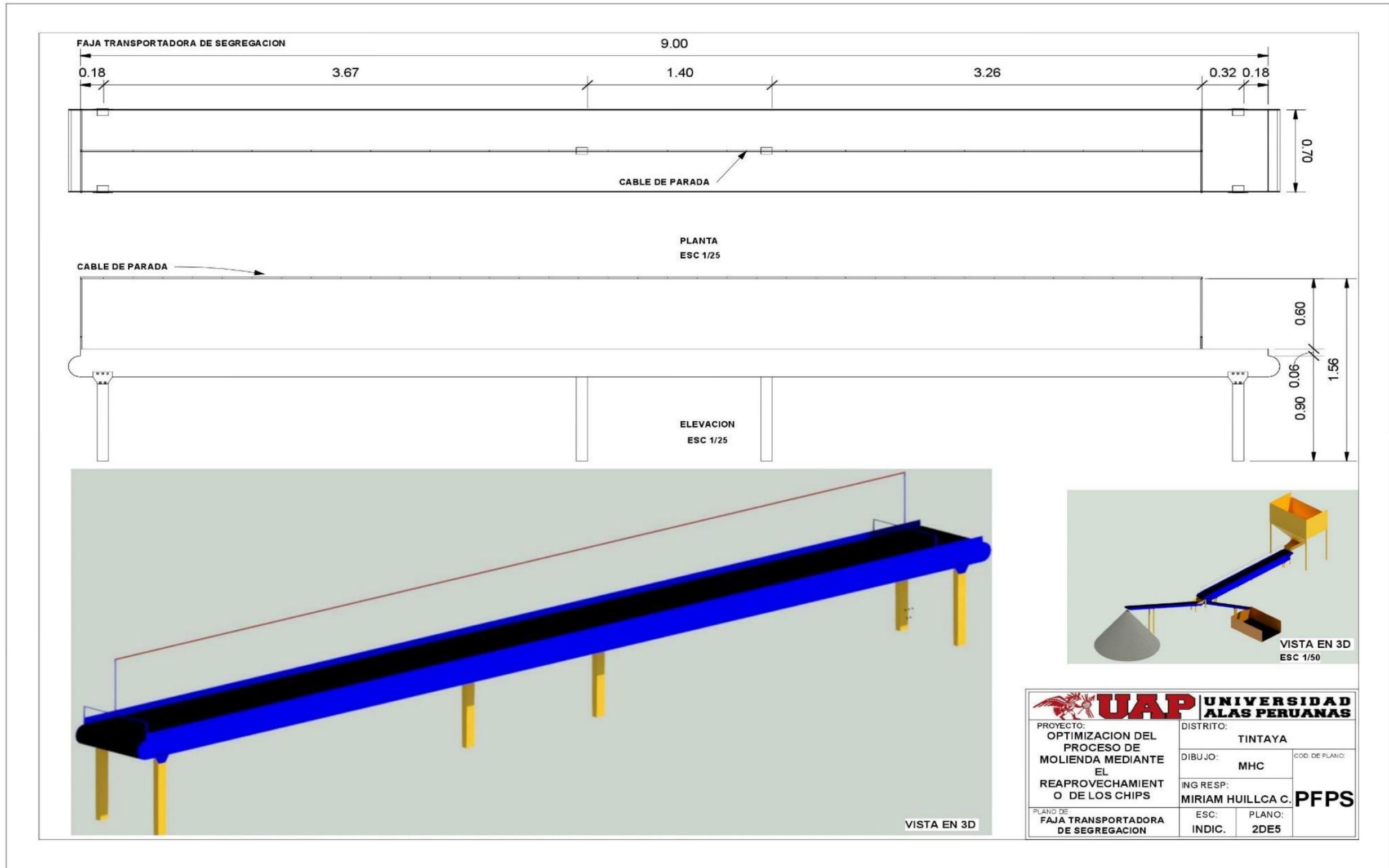
Anexo 5. Dimensiones del diseño de planta de segregación



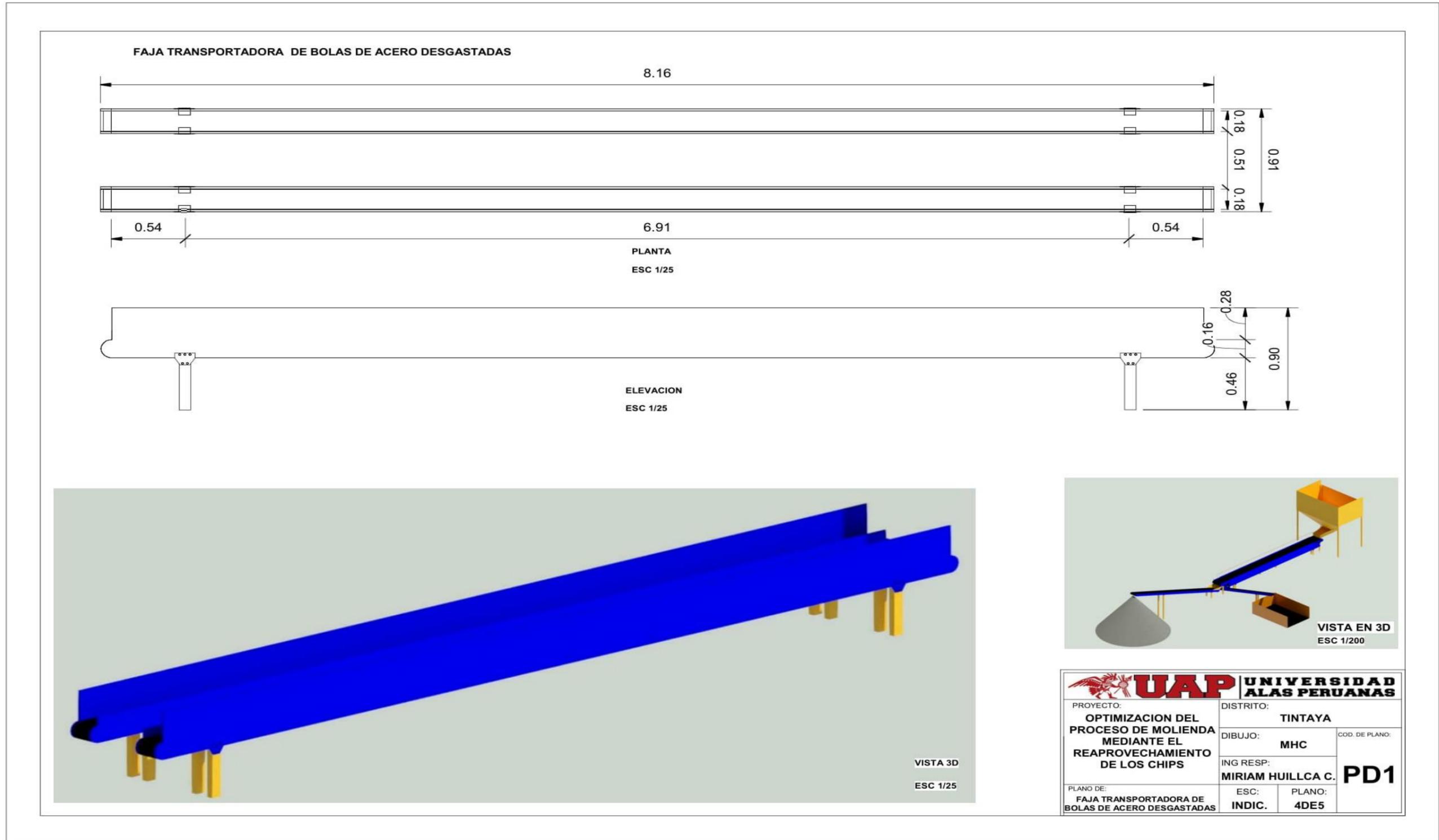
Anexo 6. Dimensiones de la tolva de alimentación y el alimentador vibratorio.



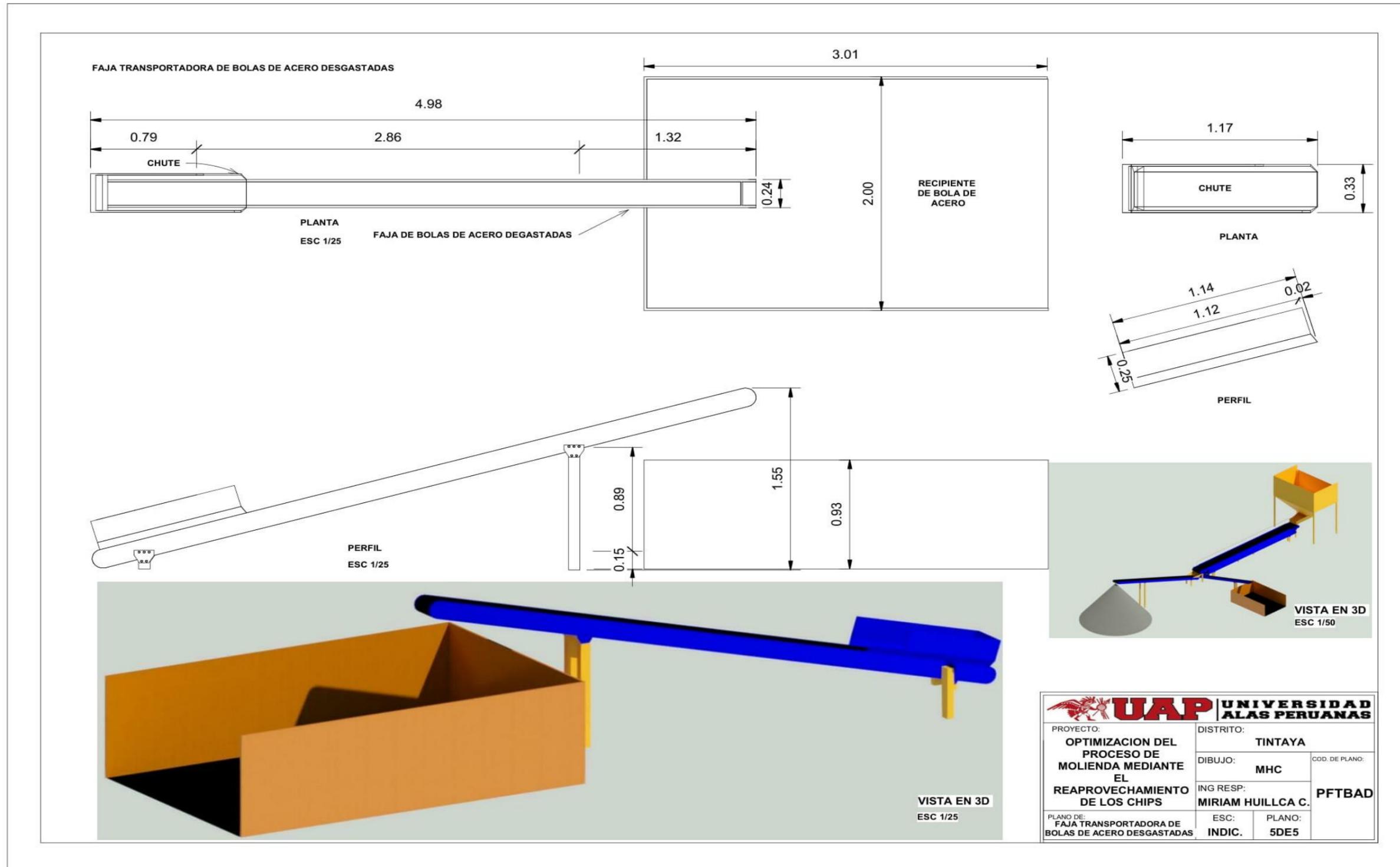
Anexo 7. Dimensiones de la faja transportadora de segregación de chips.



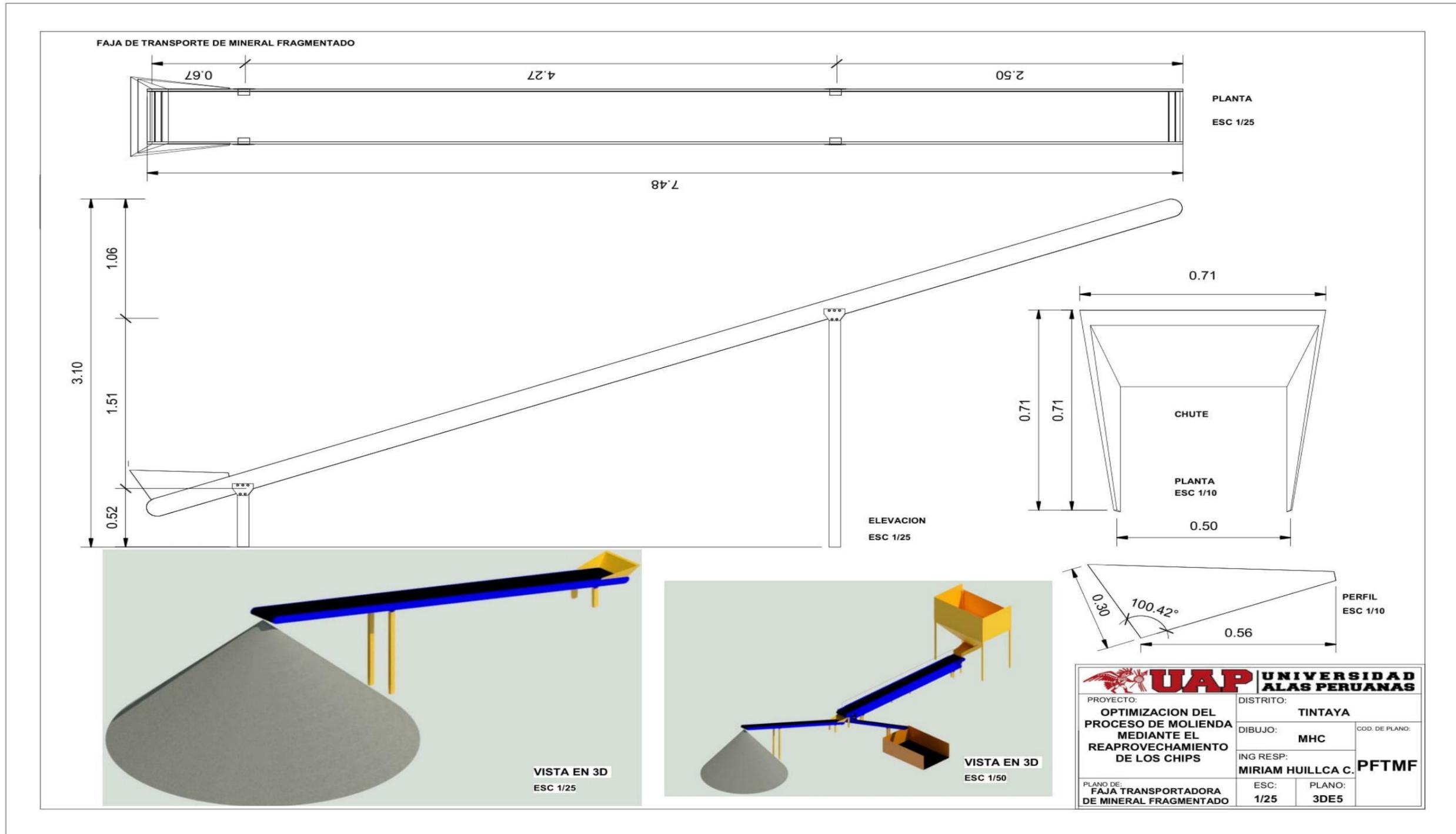
Anexo 8. Dimensiones de la faja transportadora de bolas de acero desgastadas.



Anexo 9. Dimensiones de la faja transportadora al área de acopio de bolas de acero desgastadas.



Anexo 10. Dimensiones de la faja transportadora del mineral fragmentado.



Anexo 11. Constancia de trabajo.



EC-RS-EPS-RS
Reg. ECGH-1527.14
EXP. N°: 28816-2013-EC
Informe N° 0366 -
2014/DSB/DIGESA
SUCEN° 201308124

CONSTANCIA DE TRABAJO

EL QUE SUSCRIBE GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA BARRACA LAS GEMELAS E.I.R.L

HACE CONSTAR

Que la Srta. HUILLCA CÁCERES MIRIAM, identificada con DNI: 77243695 está laborando en la empresa desde el 15 de ENERO del 2017, hasta la Actualidad desempeñando el cargo de ASISTENTE DE SEGURIDAD, EN EL AREA DE RESIDUOS SOLIDOS.

En las instalaciones de la planta de procesos de la COMPAÑIAMINERA ANTAPACCAY S.A. La referida trabajadora demuestra su alto compromiso en sus labores, responsabilidad, funciones asignados.

Se le expide la presente constancia a petición de la interesada, para los fines que vea por conveniente.

BARRACA LAS GEMELAS E.I.R.L.

.....
Antonia Melitina Lupo
D.N.I. 34875934
GERENTE

Espinar, 20 de setiembre del 2018

Calle Pichigua # 515 Espinar – Cusco
N° RUC: 20450586464

E-mail: gemelas130661@hotmail.com
Cel, RPC: 954158446