



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



EVALUACIÓN TÉCNICA DE AMPLIACIÓN PARA
INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 120 A
340 TMD EN LA PLANTA DE BENEFICIO SMRL
ACUMULACIÓN LOS ROSALES-PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

JOSE LUIS GUTIERREZ QQUENTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2024



JOSE LUIS GUTIERREZ QQUENTA

TESIS EVALUACIÓN TÉCNICA DE AMPLIACIÓN PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 120 A 34...

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:412139624

Fecha de entrega

3 dic 2024, 7:49 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

3 dic 2024, 7:52 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS EVALUACIÓN TÉCNICA DE AMPLIACIÓN PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCI....pdf

Tamaño de archivo

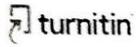
3.4 MB

143 Páginas

27,543 Palabras

141,677 Caracteres





7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 7% Fuentes de internet
- 0% Publicaciones
- 2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**
60 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
- Texto oculto**
229 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dr. A. Walter Sarmiento Sarmiento
DOCENTE - EPG

Hipólito Córdova Gutiérrez
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA





DEDICATORIA

A DIOS

Importantemente al todo poderoso por dejarme continuar mi camino siempre acompañado de él, protegiendo a toda mi familia y a mi dándonos la paz y la salud que necesitamos para poder continuar por el camino correcto.

A QUERIDOS MIS PADRES

Con profundo cariño y mucho amor lo dedico a mis queridos padres Luzmila Qqenta y Tony Ccañihua, por el apoyo cuidado y dedicación que siempre me dieron en este camino lleno de obstáculos y adversidades.

A MIS HERMANAS

Con mucho cariño a mis hermanas que son el motivo de mi perseverancia y dedicación al frente como el hermano mayor demostrando que con esfuerzo y convicción se puede lograr lo propuesto.

A MI DIFUNTO PADRE EDWIN ELAR.

Que siempre me acompaña en mis momentos de debilidad y a pesar de todo siempre está junto a mi cuidado de los suyos.

MI MAMA LUCY Y MI TIA YENNY

Que con gracias a su guía pude seguir este hermoso camino de la minería y metalurgia pudiendo afrontar el camino sin miedo y con la confianza necesaria.

A FIORELA ENMA CH.

Por su respaldo y porque me enseñó que siempre hay una luz al final del camino.

Jose Luis Gutierrez Qqenta



AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a Dios por guiar mis pasos y darme las fuerzas para crecer y lograr mis metas propuestas, ser mi principal fortaleza y apoyo en los momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a mis padres: Luzmila Quenta y Tony Ccañihua por se los pilare de mi familia siempre guiándome por el camino correcto que a pesar de los problemas y caídas siempre estuvieron conmigo nunca dejándome, al igual que mis hermanas con su cariño dándome el apoyo emocional.

A todos los docentes de la Universidad Nacional del Altiplano de la escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica, que me compartieron sus conocimientos y experiencias durante toda mi permanencia en esta casa superior de estudios.

A mis anteriores jefes Ing. Elvis Achohuanco por ser uno de mis mentores en mis practicas preprofesionales al Ing. Clever cabezas gracias a sus enseñanzas y conocimientos compartidos.

A la planta de beneficio MH EL RUBI empresa donde adquirí todo lo básico para iniciar este camino de metalurgia

A la planta de beneficio SMRL Acumulación Los Rosales, por haberme permitido realizar este trabajo, por su confianza y paciencia en especial al Dr. José Carneiro Arevalo, gerente general de la planta, así mismo mis compañeros de trabajo que siempre me dieron su apoyo sin poner peros. Así mismo al ingeniero Darwin Delgado Mita por ser uno de mis mentores, por compartirme sus experiencias, y por brindarme su confianza.

También agradezco infinitamente a todos los trabajadores de dicha planta por su apoyo constante y desinteresado durante el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Jose Luis Gutierrez Quenta



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. Hipótesis general	20
1.3.2. Hipótesis específicas	20
1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.....	21
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.5.1. Objetivo general	22
1.5.2. Objetivos específicos	22



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	ANTECEDENTES	23
2.2.	MARCO TEÓRICO	28
2.2.1.	El oro en la naturaleza	28
2.2.2.	Minerales auríferos principales	29
2.2.3.	Propiedades físicas del oro	30
2.2.4.	Propiedades químicas	30
2.2.5.	Propiedades mecánicas.....	31
2.2.6.	Tecnología de uso del oro	32
2.2.7.	Cianuración	32
2.2.8.	Principales factores que afectan la disolución del oro	33
2.2.9.	Métodos de cianuración de menas de Oro y Plata	33
2.2.10.	Cianuración por proceso de agitación	33
2.2.11.	Cianuración por proceso de percolación.....	34
2.2.12.	Uso del cianuro en la producción de Oro.....	35
2.2.13.	Reacciones químicas del proceso de cianuración	36
2.2.14.	Cinética de la cianuración del oro.....	38
2.2.15.	Estudio técnico.....	39
2.2.16.	Componentes del estudio técnico.....	41
2.2.17.	Ingeniería del proyecto.....	42
2.2.18.	Proceso de producción	42
2.2.19.	Capacidad de producción	42

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	44
-------------	--	-----------



3.2.	PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	45
3.3.	PROCEDENCIA DEL MATERIAL ESTUDIADO.....	45
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	45
	3.4.1. Población.....	45
	3.4.2. Muestra.....	46
3.5.	DISEÑO ESTADÍSTICO	46
3.6.	PROCEDIMIENTO.....	47
	3.6.1. Tipo de investigación	48
	3.6.2. Nivel de la investigación	48
	3.6.3. Métodos de investigación.....	48
	3.6.4. Diseño de investigación	49
3.7.	VARIABLES	49
3.8.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	49

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS.....	52
	4.1.1. Determinación de la capacidad y aspectos operativos de los componentes principales y auxiliares de la planta de beneficio SMRL acumulación los rosales-puno a 120 TMD.....	52
	4.1.1.1. Mineralización	53
	4.1.1.2. Reservas y volumen de material a procesar	53
	4.1.1.3. Descripción de la operación de planta (Cianuración Actual)	54
	4.1.1.4. Balance de materia a 120 TMD	57
	4.1.1.5. Balance Hídrico a 120 TMD.....	59
	4.1.1.6. Balance metalúrgico diario con 120 TMPD	60



4.1.1.7. Disposición de Relaves (Relavera La Candelaria I)	63
4.1.1.8. Desorción y electrodeposición	65
4.1.1.9. Electrodeposición.....	66
4.1.1.10. Fundición.....	67
4.1.1.11. Almacenamiento y control de reactivos e insumos.....	67
4.1.1.12. Ruta de transporte de mineral	67
4.1.1.13. Maquinaria empleada	68
4.1.1.14. Evaluación económica a 120 TMD.....	69
4.1.1.15. Diagrama de flujo de 120 TMSPD.....	70
4.1.2. Determinación de las modificaciones, adiciones y cambios de tecnología para la ampliación de la planta de beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno de 120 a 340 TMD	72
4.1.2.1. Complementación nueva línea de chancado	73
4.1.2.2. Muestreo por Faja	78
4.1.2.3. Muestreo por Hoyos.....	78
4.1.2.4. Muestreo por Surcos	78
4.1.2.5. Blending	79
4.1.2.6. Lixiviación de relaves y/o minerales frescos	79
4.1.2.7. Molienda	79
4.1.2.8. Cianuración	82
4.1.2.9. Carbón in Pulpa (CIP).....	82
4.1.2.10. Espesamiento.....	83
4.1.2.11. Balance metalúrgico diario a 340 TMD.....	83
4.1.2.12. Destrucción de Cianuro.....	86
4.1.2.13. Desorción y electrodeposición	86
4.1.2.14. Electrodeposición.....	87



4.1.2.15. Fundición.....	89
4.1.2.16. Reactivación del carbón activado.....	91
4.1.2.17. Construcción de Nueva Relavera 03	93
4.1.2.18. Diagrama de flujo de 340 TMSPD.....	95
4.1.3. Propuesta de componentes para modificar y ampliar la capacidad de procesamiento a 340 TMD	97
4.1.4. Balance de materia	98
4.1.5. Derecho de uso de recursos hídricos	100
4.1.6. Balance hídrico a 340 TMD	101
4.1.7. Implementación nueva línea de chancado independiente	102
4.1.8. Implementación del circuito de CIP	113
4.1.9. Implementación de equipos del circuito de desorción, electrodeposición y fundición	118
4.1.10. Implementación de la relavera la candelaria.....	121
4.1.11. Evaluación económica a 340 TMD.....	123
4.2. DISCUSIÓN	125
V. CONCLUSIONES	132
VI. RECOMENDACIONES	134
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
ANEXOS.....	138



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Propiedades físicas del oro.....	30
Tabla 2 Operacionalización de variables e indicadores	49
Tabla 3 Actividades del proyecto de ampliación	51
Tabla 4 Balance de masa a 120 TMD de la planta Acumulación Los Rosales.....	58
Tabla 5 Balance metalúrgico diario 120 TMD	61
Tabla 6 Resumen de Balance metalúrgico a 120 TMSD	62
Tabla 7 Maquinarias empleadas a 120 TMD	68
Tabla 8 Costo operativo de la planta Acumulación Los Rosales 120 TMD'	69
Tabla 9 Diámetro y altura del tanque de lixiviación.....	83
Tabla 10 Balance metalúrgico diario a 340 TMSD	84
Tabla 11 Resumen de balance metalúrgico diario a 340 TMSD	85
Tabla 12 Balance de masa a 340 TMD de la planta Acumulación Los Rosales.....	99
Tabla 13 Especificación técnica de tolva de gruesos (paso).....	103
Tabla 14 Especificaciones técnicas de tolva de finos	104
Tabla 15 Especificación técnica de faja transportadora N° 01, 02 y 03	105
Tabla 16 Especificaciones alimentador vibratorio.....	106
Tabla 17 Especificaciones chancadora de quijada 16"x24"	106
Tabla 18 Especificaciones técnicas de chancadora cónica	107
Tabla 19 Especificaciones técnicas zaranda vibratoria 4 x 12 pies	108
Tabla 20 Especificaciones técnicas del molino de bolas de 6'x10'	109
Tabla 21 Especificación técnica de molino de bolas 6' x 10'.....	109
Tabla 22 Especificación técnica de bomba de lodo 4"x3" ESPIASA	110



Tabla 23	Tamaño de la bomba horizontal de pulpa seleccionado según catalogo	
	Denver.....	111
Tabla 24	Especificaciones de hidrociclón D10BB ESPIASA	112
Tabla 25	Especificaciones de tanques de agitación a implementarse	115
Tabla 26	Tiempos de lixiviacion en los agitadores y tanques adsorcion	117
Tabla 27	Costo operativo de la planta Acumulación Los Rosales 340 TMD.....	124
Tabla 28	Equipos a implementarse para 340 TMD	126
Tabla 29	Balance metalúrgico mensual proyectado a 120 TMSD.....	127
Tabla 30	Balance metalúrgico mensual proyectado a 340 TMSD.....	127
Tabla 31	Ingresos totales de operación mensual a 120 TMSD.....	129
Tabla 32	Ingresos totales de operación mensual a 340 TMSD.....	129



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Diagrama de Pourbaix Au-CN-H ₂ O	37
Figura 2 Partes que conforman un estudio técnico	41
Figura 3 Mapa de ubicación de la planta de beneficio los Rosales SMRL.....	44
Figura 4 Actividades que se desarrollaron en la Planta de Beneficio Acumulación los Rosales SMR	47
Figura 5 Vista panorámica de la empresa Acumulacion Los Rosales	50
Figura 6 Balance de agua a 120 TMD	59
Figura 7 Relavera Piloto “Candelaria 3.1” 120 TMD.....	64
Figura 8 Plano de relavera Candelaria I.....	64
Figura 9 FLOWSHEET “01” De la planta de beneficio acumulación los rosales a 120 TMD	71
Figura 10 Cálculos de volumen de tolva de gruesos con EXCEL.....	74
Figura 11 Cálculos de volumen de tolva de finos con EXCEL	75
Figura 12 Cálculos de volumen de chancadora con EXCEL.....	76
Figura 13 Cálculos de volumen del molino con EXCEL	81
Figura 14 Proceso de desorción de una solución rica	87
Figura 15 Circuito de desorción, electrodeposición y fundición a 340 TMD	90
Figura 16 Diagrama de flujo de planta de desorción de 2.5. Toneladas.....	92
Figura 17 Relavera 03	94
Figura 18 Flowsheet ampliación planta de cianuración 340 TM/DIA	96
Figura 19 Balance de agua a 340 TMD	101
Figura 20 Tanques a implementarse para el proceso CIP 340 TMD	114



Figura 21	Circuito de desorción, electrodeposición y fundición a implementarse...	120
Figura 22	Proyecto “Nuevo Depósito de Relaves”.....	122
Figura 23	Balance metalúrgico mensual de producción de oro fino	128
Figura 24	Diferencia de Ingreso mensual	130



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Instrumentos Administrativos y de Gestión Ambiental de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación Los Rosales.....	138
ANEXO 2 Pasivos ambientales mineros de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación Los Rosales	139
ANEXO 3 Panel fotográfico de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación Los Rosales.....	140
ANEXO 4 Valoración de impactos ambientales en la etapa de operación de la Planta de Beneficio acumulación Los Rosales	142



ACRÓNIMOS

%:	Porcentaje
°C:	Grados Celsius
µm:	Micrones
A°:	Amperios
Ag:	Plata
Au:	Oro
cal/gr:	Calorías por gramo
CaO:	Óxido de calcio
CO ₂ :	Dióxido de carbono
Cu:	Cobre
g/kg:	Gramo / kilogramo
g/m ³ :	Gramo por metro cúbico
g/TM:	Gramos / tonelada métrica
g:	Gramos
HP:	Caballos de fuerza
kg/mm ² :	Kilogramo por milímetro cuadrado
kg/t:	Kilogramo / tonelada
kg/TM:	Kilogramo por tonelada métrica
kg:	Kilogramo
l/seg:	litro por segundo
lbs/pie:	Libras por pie
m:	Metros
m ³ /h:	Metros cúbicos por hora
m ³ :	Metros cúbicos
mm:	Milímetros
Pd:	Paladio
pH:	Potencial de hidrogeno
ppm:	Partes por millón
PPM:	Pequeño productor minero
Pt:	Platino
rpm:	Revoluciones / minuto
t/m ³ :	Tonelada por metros cúbicos
TM:	Tonelada métrica
TMD:	Toneladas métricas por día
TMS/día:	Toneladas métricas secas por día
TPD:	Toneladas por día



RESUMEN

El presente estudio de investigación se ha desarrollado en la Planta de beneficio SMRL acumulación los Rosales ubicado en el distrito de Vilque, Provincia de Puno, Región Puno que trata minerales auríferos de acopio y relaves propios de mina aplicando el proceso de cianuración. El objetivo general es realizar la evaluación técnica de ampliación para incrementar la capacidad de producción de 120 a 340 TMD, determinando la capacidad, aspectos operativos a 120 TMD para proponer las modificaciones, adiciones y cambios de tecnología para su ampliación. El tipo de investigación es de aplicación práctica, diseño no experimental y de nivel descriptivo en la que se evaluarán equipos y máquinas para aumentar la capacidad productiva. Para su evaluación técnica de ingeniería y análisis económico se determinó que el tratamiento se hará por el proceso de cianuración en donde se implementará una línea independiente de chancado y el incremento de más tanques de agitación. Los aspectos obtenidos a través de la evaluación técnico-económica permiten realizar la ampliación de la planta de beneficio de 120 TMD a 340 TMD. Según nuestro balance metalúrgico, con el procesamiento de 3 600 TMS/mes se logra obtener 6 021.00 gramos de oro fino, mientras que con la ampliación a 10 200.00 TMS/mes se obtendrá 32 314.00 gramos, lo que representa un aumento de 26 293.00 gramos de oro fino al mes. Además, se calculó el beneficio económico neto para la empresa, que asciende a \$689 779.14 con una producción diaria de 340 TMSD, en comparación con los \$187826.04 generados al producir 120 TMSD. Esto indica un beneficio neto de \$501 953.40 al mes. Por lo tanto, se decide proceder con la ampliación a 340 TMD, calculando las reservas del mineral y el tonelaje acumulado de diferentes áreas, dado que el beneficio técnico y económico se incrementa en 267 %.

Palabras clave: Ampliación, Beneficio, Capacidad, Minerales, Proyecto.



ABSTRACT

The present research study has been developed at the SMRL accumulation los Rosales benefit plant located in the district of Vilque, Province of Puno, Puno Region that treats gold-bearing minerals from stockpiles and mine tailings by applying the cyanidation process. The general objective is to carry out the technical expansion evaluation to increase production capacity from 120 to 340 TMD, determining the capacity, operational aspects at 120 TMD to propose modifications, additions and technology changes for its expansion. The type of research is of practical application, non-experimental design and descriptive level in which equipment and machines will be evaluated to increase productive capacity. For its technical engineering evaluation and economic analysis, it was determined that the treatment will be done through the cyanidation process where an independent crushing line and the increase of more agitation tanks will be implemented. The aspects obtained through the technical-economic evaluation allow the expansion of the processing plant from 120 TMD to 340 TMD. According to our metallurgical balance, with the processing of 3600 TMS/month it is possible to obtain 6 021.00 grams of fine gold, while with the extension to 10 200.00 TMS/month we will obtain 32314.00 grams, which represents an increase of 26 293.00 grams of fine gold per month. In addition, the net economic benefit for the company was calculated, which amounts to \$689 779.14 with a daily production of 340 TMSD, compared to the \$187 826.04 generated by producing 120 TMSD. This indicates a net profit of \$501 953.40 per month. Therefore, it was decided to proceed with the expansion to 340 TMD, calculating the mineral reserves and the accumulated tonnage of different areas, given that the technical and economic benefit increases by 267%.

Keywords: Expansion, Benefit, Capacity, Minerals, Project.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada Acumulación Los Rosales, es una empresa minera inscrita debidamente en registros públicos, del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Arequipa, con Registro Único de Contribuyentes N° 20451528123, siendo titular de derechos mineros Acumulación Los Rosales, Los Rosales N° 5 y Planta Concentradora Los Rosales, ubicados en el distrito de Vilque, Provincia de Puno y Región Puno.

Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada Acumulación Los Rosales es una empresa minera dedicada a la explotación y procesamiento de mineral polimetálico viene operando desde hace muchos años hasta la actualidad, las instalaciones se encuentran ubicadas en el distrito de Vilque, provincia de Puno, región Puno; la concesión de beneficio Los Rosales sus operaciones se realizan geográficamente ubicadas en el paraje denominado Ayrampune.

Las actuales operaciones mineras constan del trabajo de recuperación de minerales polimetálicos, de las canchas de desmontes de baja ley, las cuales fueron acumuladas en periodos anteriores, ahora resulta atractivo realizar el tratamiento de dichos recursos y los relaves antiguos de flotación considerando precios atractivos para los metales. Actualmente se está operando de acuerdo a la capacidad de la planta concentradora, procesando 120 TMSD.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de eficiencia en la operación de los equipos es uno de los problemas que enfrenta el sector minero-metalúrgico dentro de sus procesos convencionales para la



extracción de oro y minerales de interés. La mayoría de las plantas de beneficio de minerales de la minería de pequeña y mediana escala del país se han construido e instalado utilizando equipos sin estudio previo. La planta de beneficio SMRL en los Rosales-Puno necesita realizar cambios en sus operaciones minero-metalúrgicos para aumentar su capacidad de producción. Para ello, se requiere una evaluación de los componentes principales y auxiliares actuales para determinar qué modificaciones, adiciones y cambios de tecnología se deben realizar para aumentar la producción de 120 TMD a 340 TMD.

En la actualidad, el valor del oro en todo el mundo es muy alto, lo que facilita la recuperación del costo de inversión. Como resultado, les permite invertir en mejoras, ampliaciones, instalaciones y diseños de plantas utilizando técnicas recientes para sus procesos metalúrgicos.

El aumento del tratamiento metalúrgico es fundamental para aumentar la capacidad instalada de la planta metalúrgica mediante el sobredimensionamiento de sus etapas principales y equipos. La empresa de beneficio de minerales SMRL Acumulación los Rosales, es una empresa dedicada a la extracción de minerales, que tiene como objetivo aumentar la capacidad de procesamiento metalúrgico hasta llegar al producto final de barras Doré. El equipo sobredimensionado de esta planta metalúrgica se utilizará para aumentar la capacidad de tratamiento de 120 a 340 TMD.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Será posible realizar una evaluación técnica de ampliación para incrementar la capacidad de producción de 120 a 340 TMD en la planta de beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno?



1.2.2. Problemas específicos

- ¿Será posible determinar la capacidad y aspectos operativos de los componentes principales y auxiliares de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno a 120 TMD
- ¿Será posible determinar las modificaciones, adiciones y cambios de tecnología para la Ampliación de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno de 120 a 340 TMD?

1.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

Realizando la evaluación técnica de ampliación de la planta de beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno de 120 a 340 TMD permitirá incrementar la capacidad de producción.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Evaluando la capacidad y aspectos operativos de los componentes principales y auxiliares de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno a 120 TMD permitirá determinar sus condiciones actuales.
- Evaluando las modificaciones, adiciones y cambios de tecnología para la Ampliación de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno de 120 a 340 TMD permitirá determinar el aumento de su productividad y el rendimiento de sus equipos.



1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

SMRL Acumulación Los Rosales en su condición de pequeño productor minero-PPM, representado por sus accionistas quienes visionando la potencialidad de la zona y la operatividad de la Planta Concentradora Los Rosales y su ubicación estratégica en la región Puno, se proyecta invertir en un procesamiento eficiente con la finalidad de recuperar a través de una línea de cianuración mineral aurífero de los pasivos ambientales como depósitos de desmonte y relaves antiguos ubicados dentro de la concesión de Beneficio y concesión Acumulación Los Rosales, para tal fin, se implementará nuevos componentes como es el nuevo circuito de chancado independiente la nueva relavera, entre otros.

Asimismo, se plantea implementar y poner en marcha un sistema de acopio de minerales a los mineros artesanales en proceso de formalización ubicados dentro de las concesiones de nuestra titularidad y de zonas aledañas a la planta metalúrgica.

En ese sentido SMRL Acumulación Los Rosales, está comprometido en realizar buenas prácticas en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, manteniendo las actividades de la Planta Concentradora Los Rosales con altos estándares operacionales establecidas en la normatividad minera, así como, mantener relaciones de buena vecindad con el entorno poblacional y comunal, valorando las costumbres y manifestaciones culturales en general.

Por lo tanto, después de conocer los parámetros de operación y las capacidades del equipo, será importante evaluar los cambios en la configuración de los circuitos y adquirir nuevos equipos para poder procesar en esta primera etapa 340 TMS/día.

Por esta razón, actualmente la empresa se encuentra explorando nuevas estrategias para aumentar la productividad y planea realizar una ampliación para procesar 340 TMD



a un nivel de procesamiento de 20 g/TM, ya que actualmente el departamento de ingeniería tiene la predisposición de invertir en obras de infraestructura, nuevos equipos y su implementación, puesto que realizando la ampliación de la planta se conseguirá resultados satisfactorios como la calidad, la competitividad del producto y la recuperación económica actual.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Realizar la evaluación técnica de ampliación para incrementar la capacidad de producción de 120 a 340 TMD en la planta de beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la capacidad y aspectos operativos de los componentes principales y auxiliares de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno a 120 TMD.
- Determinar las modificaciones, adiciones y cambios de tecnología para la Ampliación de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno de 120 a 340 TMD.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Mantari (2023) en su tesis evaluación de la ampliación de la planta procesadora de San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD – Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Su estudio primeramente se basó en parámetros determinados en pruebas de flotación desarrolladas a nivel de laboratorio y teniendo como base los resultados de las pruebas anteriores, creó un diagrama de flujo con su respectivo equilibrio metalúrgico esperado y definió el diseño o disposición de los equipos y equipos de proceso a implementarse. Luego de recibir este resultado, concluyó que, para el beneficio económico de Minera Perú Sol S.A.C., existe una necesidad urgente de incrementar el tonelaje de procesamiento de minerales. ya que no se tuvo que cambiar o reemplazar completamente el sistema actual. Sólo se ampliaron los circuitos de trituración y cribado por flotación con poco esfuerzo económico, incrementándose la capacidad de producción en 300%.

Mamani (2022) su tesis realizó con el objetivo de ampliar la capacidad de procesamiento en una planta de proceso (CIP), para esto se establecieron los balances de materia de cada sección involucrada, se determinó las capacidades de los diferentes equipos, el diseño estuvo dado en base a la memoria descriptiva de la planta, pruebas metalúrgicas. Esta expansión se dio fundamentalmente en las zonas de molienda y lixiviación. Allí se implementó un molino de bolas de 5 pies x 5 pies de 75 caballos de fuerza operando a una velocidad de 26 rpm y un contenido de sólidos del 72%. Este molino, junto con el actual molino de bolas, forma parte de un molino secundario de molienda de similares características, estos dos están en circuito abierto. Para aumentar el tiempo de residencia de la adsorción de 77 a 86 horas y mejorar el porcentaje de



recuperación general a 95.29 % se adquirió una bomba de lodo de 5" x 5" de 30 HP, un hidrociclón D-8, y finalmente a los seis tanques se agregó un tanque agitado mecánicamente de 30 pies x 30 pies con un motor de 100 HP con una velocidad de operación de 37 RPM.

Álvarez (2022) el objetivo de su proyecto fue determinar la capacidad de ampliación de la planta procesadora de minerales de Compañía Procesadora Mollehuaca S.A.C. en donde se prevé mejorar y procesar 3000 toneladas por mes, o 1800 toneladas más que la producción actual. Para lograr este objetivo, el autor analizó cuidadosamente la capacidad actual de la planta procesadora de 40TMD, determinó los límites de producción del equipo y pudo desplegar el equipo necesario para lograr la producción de 100TMD. Concluyó que lo que se necesitaba implementar era una chancadora de mandíbulas (primaria) de 15 x 24 pulgadas, una tolva de almacenamiento de material grueso de 115TM de capacidad, un tanque de 25 x 25 pies con tiempo de residencia suficiente para la lixiviación, un molino de bolas remolienda de 7 pulgadas x 7 pulgadas, una bomba de pulpa de 4 pulgadas x 3 pulgadas, un hidrociclón D6 y darles un mantenimiento y su reactivación a los seis tanques de 9 pies x 9 pies. Dando como resultado una diferencia de producción de 7617.6 g de Au por mes y un beneficio rentable de 35 374.8 dólares por mes.

Yana (2021) en su proyecto para expandir la Planta de Beneficio Veta Dorada de 360 a 430 TMD, llevó a cabo la construcción e instalación de la infraestructura y el equipamiento necesario para aumentar su capacidad de procesamiento metalúrgico y la comercialización de minerales auríferos. Al considerar e implementar la ampliación mediante el cambio del circuito de la planta, fue necesario agregar un circuito de chancado y molienda con clasificación adecuada, aumentando el tamaño de la faja, introduciendo un colector de polvo e instalando un separador magnético. Mejoro el circuito de agitación



implementándose con tanques de agitación de gran capacidad y del manejo de relaves. Modificó el ciclo de adsorción y desorción de carbono reemplazando la bomba de circulación con una bomba de circulación de 1 1/2 pulgadas e instaló un intercambiador de calor y calor de placas junto con la bomba de circulación para el nuevo tanque de 8 x 8 pies. El rendimiento medio de los minerales almacenados fue del 93.5% y la ampliación de las nuevas instalaciones aumentó el rendimiento al 94.8%. Por lo tanto, se justificó la instalación de una nueva planta que procese 430 TMD.

Delgado (2020) en su estudio de ampliación de la planta de extracción de minerales Jerusalén S.A.C. Arequipa de 80 TMSD a 120 TMSD, en principio evaluó la capacidad de trabajo de los equipos, el desempeño operativo y aspectos operativos a 80 TMSD para llevar a cabo su ampliación a 120 TMSD, evaluando todo ello determino que cumplen los requisitos para su ampliación, excepto que se tiene que implementar una Tolva de finos de capacidad de almacenamiento de 140 TMSD, un molino de bolas de 4" x 8", una bomba centrífuga horizontal de 4" x 3" y un hidrociclón D6. Logrando ampliar la capacidad productiva de la Planta de Procesamiento de Minerales de Jerusalén S.A.C. donde a 80 TMSD se extraía 38280 gramos de oro al mes, actualmente a 120 TMSD se extrae 57 420 gramos de oro al mes, aumentando la capacidad de producción de 19140 gramos de oro puro al mes y aportando beneficios económicos del 33.3% donde se obtiene una ganancia económica por un valor de \$35 995.00 dólares.

Lava (2018) en su estudio sobre la ampliación de la planta de beneficio minera Paraíso SAC de 50 TMD a 250 TMD, llegó a las siguientes conclusiones: A pesar de que el precio del oro puede fluctuar debido a la actividad económica global, existen factores que sugieren un aumento o estabilidad en su valor. Por lo tanto, es recomendable aprovechar esta situación para aumentar la producción de oro. Para mantener buenas liberaciones de partículas por encima del 90% de la malla -200, se deben implementar un



molino de 6 pies x 10 pies y dos molinos de 5 pies x 5 pies en un circuito mixto con dos clasificadores hidrociclones D-6 y D-10 y bombas de pulpa de 4 x 3 pulgadas para aumentar la etapa de molienda primaria. Para mantener la recuperación de oro por encima de 94,5, se deben instalar en el circuito varios tanques de 20" x 20" y otro tanque de 25" x 25" para mantener un tiempo de residencia de 84.24 horas. Una conclusión importante a la que llega el autor es que los costos operativos se reducen porque se puede procesar más tonelaje con el mismo personal.

Lima (2018) en su tesis, llevó a cabo el cálculo de las capacidades de los equipos de la planta para identificar las limitaciones en la producción. Esto le permitió proponer modificaciones e implementar nuevos equipos, así como optimizar los existentes, con el objetivo de lograr resultados satisfactorios y superar el tratamiento actual del oro. En Geza Minerales Asis E.I.R.L. se utiliza tecnología de cianuración y proceso de carbón en pulpa (CIP). La evaluación se realizó en un circuito de trituración y molienda donde se requería que el tamaño de partícula alcanzara $-1/2$ pulgada. Para lograr una buena molienda, el tamaño de las partículas de molienda es del 68 % al 72 % con malla 200, la molienda por desbordamiento es del 91 % con malla 200 y el rendimiento objetivo es del 90 %. En resumen, la ampliación de la planta de procesamiento requiere un motor para el molino de bolas de 5' x 10' y una trituradora de cono Traylor de 2 x 46 pulgadas. El consumo de reactivos es el siguiente: A 3.33 kg/t NaCN y 2.5 kg/t NaOH, el costo de 1 TM es de 80 dólares para su extensión de 60 TMD.

Álvarez (2017) en su tesis sobre la Compañía Minera Jerusalén SAC, señala que se trata de una planta dedicada al procesamiento de oro y plata, utilizando el mineral acumulado como materia prima. Sin embargo, debido a la complejidad del mineral, el tratamiento convencional mediante cianuración ha resultado ineficaz en los últimos dos años, principalmente por el elevado contenido de material cianicida.



Por lo tanto, mejorar el procesamiento de minerales auríferos requiere un ajuste continuo dependiendo del tipo de mineral. En consecuencia, la propuesta anterior utiliza sales oxidantes como litargirio, nitrato de plomo y medios oxidantes para minimizar las altas concentraciones, reducir el consumo de reactivos y reducir los metales valiosos manteniendo los niveles de producción. Al realizar una serie de pruebas experimentales, el autor confirmó la efectividad de estas sales y obtener resultados óptimos para aumentar la recuperación de oro y reducir el consumo de cianuro de sodio. Estos resultados indican que se puede esperar que este trabajo de investigación se aplique a sistemas de producción a nivel industrial.

Chacnama (2016) indica que esta investigación se llevó a cabo en la compañía minera Jerusalén SAC, donde se ha logrado recuperar mercurio en áreas anteriores al proceso de adsorción, específicamente en la zona de molienda y clasificación. Se implementó un dispositivo simple pero eficiente que aprovecha la ventaja del mercurio sobre otros elementos: su alta gravedad específica. Se instaló una repulpeadora de cono que recuperó el 39.2% del mercurio, un elutriador y/o separador hidráulico que recuperó el 22.17% del mercurio y una trampa cilíndrica de acero que recuperó el 28.73% del mercurio. En general, la tasa de recuperación de mercurio es del 90.11%. Se recuperó hasta el 11.54% del oro junto con el mercurio para generar ingresos adicionales. Los equipos utilizados permitieron reducir el contenido de mercurio en el carbón activado de 1.124 g/kg a 0.104 g/kg, logrando una mayor eficiencia en esta etapa. Ya no se produce sobresaturación y los costes se minimizan.

Aquise (2014) consideró necesario desarrollar el Proyecto de Ampliación de la Planta de Beneficio Laytaruma, incrementando su capacidad de 340 TPD a 450 TPD. Para ello, se utilizaron procesos de adsorción, desorción y electrodeposición. El mineral extraído de las minas fue recibido, pesado y almacenado en canchas de acopio,



separándose según la ley que presenta. Los objetivos específicos incluyen establecer los parámetros óptimos para la cianuración del oro a través de pruebas experimentales, controlar y reducir el consumo de agua fresca en el proceso, y monitorear el tiempo de residencia en el nuevo tanque 30'x 30'. Una vez concluido su trabajo demostró que la ampliación de la planta fue posible y se elevó los estándares de producción.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El oro en la naturaleza

El ciclo geoquímico del oro se divide en etapas. En el ambiente hipógeno, este metal se enriquece a través de una fase magmática, que es la etapa inicial producida por la fusión parcial en áreas profundas de la corteza continental que contienen 0.005 ppm de oro. Al ser activadas por la presencia de agua, así como por altas temperaturas y presiones, estas sustancias se cristalizan, formando la corteza terrestre, donde el oro se distribuye en un promedio de 0.004 ppm. (Marsden y House, 1960).

Al disminuir la temperatura y presión, el oro tiende a centrarse en asociación con el conjunto cuarzo-pirita-arsenopirita, cuyos valores varían entre cero y 45 ppm en oro, debido al efecto reductor del Fe^{2+} y As^{3+} , aunque los sulfuros de metales. básicos tienen un efecto en menor proporción que los metales básicos (Marsden y House, 1960).

Asimismo, Marsden y House (1960) señalan que, ante agentes de intemperismo como el agua, el oxígeno, la temperatura, el CO_2 y la materia orgánica, los sulfosales y sulfuros que contienen oro y plata se disuelven parcialmente, liberando Au^0 y Ag^0 en medios ácidos (pH 2-4). Estos elementos, al interactuar con medios carbonatados, aumentan el pH y Eh, lo que permite la



oxidación y precipitación del Fe^{2+} . Este proceso actúa sobre la Ag^+ , generando Ag^0 y enriqueciendo el oro cerca de la superficie, en asociación con conjuntos de limonita, hematita, goetita, calizas y pizarras. Un fenómeno similar ocurre con los coloides negativos de manganeso que colectan plata.

2.2.2. Minerales auríferos principales

- **Elementos nativos y aleaciones naturales**
 - Oro nativo
 - Oro argentífero (electrum), cuya simbología es (Au, Ag)
 - Oro cuprífero (cuproaururo), cuya simbología es (Ag, Cu)
 - Oro paladinífero (porpezita), cuya simbología es (Au, Pd)
 - Oro platinífero, cuya simbología es (Au, Pt)
 - Amalgama de oro, cuya simbología es (Au₂Hg₃)
- **Sulfuros**
 - Uylembogaardtita, cuya simbología es (Ag₃AuS₂)
- **Teluros**
 - Calaverita, cuya simbología es (Au, Te₂)
 - Krennerita cuya simbología es (Au, Ag, Te₂)
 - Petzita cuya simbología es (Ag₃, Au, Te₂)
 - Sylvanita cuya simbología es (Au, Ag, Te)
 - Kostovita cuya simbología es (Au, Cu, Te₄)
- **Antimoniuro**
 - Aurostibita (Au, Sb₂)



2.2.3. Propiedades físicas del oro

Misari y Franco (1993) indican que las propiedades físicas del oro son:

Tabla 1

Propiedades físicas del oro

Propiedades	Oro
Símbolo químico	Au
Color	Amarillo
Peso atómico	197
Número atómico	79
Estado de oxidación	3.1
Densidad específica	19.3
Temperatura de fusión C°	1063
Temperatura de ebullición C°	2530
Temperatura de vaporización C°	2808
Calor de fusión, cal/gr.	16.3
Dureza (Mohs)	2.5
Radio atómico, A°	1.46
Radio iónico, A°	1.37
Potencial normal, voltios	1.498
Resistencia Eléctrica, MHm.	2.25
Electronegatividad	2.4

Nota: Misari y Franco (1993).

2.2.4. Propiedades químicas

(Misari y Franco, 1993) indican que las propiedades químicas del oro son:

- Es fácilmente soluble en agua regia o en otras mezclas que desprenden cloro.



- Además, los cianuros y el yodo en estado nascente lo disuelven.
- Ni el ácido clorhídrico ni el ácido nítrico solo lo atacan.
- Los álcalis fundidos no lo afectan.
- El ácido sulfúrico lo ataca a 300 °C.
- El mercurio, o amalgama de mercurio, se aleja fácilmente del oro.
El mercurio se evapora cuando se calienta la amalgama formada, lo que deja el oro esponjoso.
- De todos los metales, el oro es el más "insensible". Es inofensivo en todos los entornos naturales e industriales. Difícilmente se oxidará o se empañará el oro porque nunca reacciona con el oxígeno.

2.2.5. Propiedades mecánicas

Según Misari y Franco (1993) el oro es un metal maleable y dúctil que puede ser cortado, modelado y martillado en frío cuando se presenta en forma de lingote. En forma de lámina, su grosor puede ser tan delgado como un quinceavo de micra, es decir, la décima quinta parte de una milésima de milímetro (0.0001 mm). Estas láminas permiten el paso de la luz, dando un tono verde azulado, mientras que, al reflejar la luz, muestra su color característico. Una onza de oro, que pesa aproximadamente 30 gramos, puede cubrir un área de 30 metros cuadrados. El oro en forma de hilo puede alcanzar longitudes asombrosas, mientras que una onza de metal puede viajar más de 90 kilómetros. El oro tiene una carga de rotura de 13 kg/mm² y un límite de elasticidad de 4 kg/mm². Es un buen conductor eléctrico, un buen aislante del calor y del frío y se suelda sin ayuda



2.2.6. Tecnología de uso del oro

Es el componente con la demanda más baja. Las aplicaciones tecnológicas representan aproximadamente el 12% de la demanda de oro. Durante los últimos diez años, la investigación ha descubierto una variedad de nuevos usos para el oro. Esta producción se encuentra en regiones como Asia, Europa y América del Norte.

El oro ofrece una gran utilidad gracias a sus propiedades técnicas y puede ser trabajado fácilmente, ya que es maleable y dúctil. (Gomis y Noguera, 2012).

El oro es utilizado para:

- Electrónica
- Medicina
- Tecnología espacial
- Laser
- Ingeniería

2.2.7. Cianuración

El 19 de octubre de 1887, John Stewart McArthur, RW Forrest y W. Forrest descubrieron cómo usar el cianuro como disolvente para extraer oro y plata de sus menas. En Nueva Zelanda y Sudáfrica, el proceso conocido como cianuración se popularizó rápidamente.

El proceso de cianuración ha reemplazado el antiguo método de cloración y, desde entonces, se ha establecido como uno de los métodos hidrometalúrgicos más utilizados para recuperación de oro y plata de sus menas (Dominic et al.,2006).



2.2.8. Principales factores que afectan la disolución del oro

De acuerdo con Vesga (2010) los factores que afectan la disolución del oro incluyen el tamaño de las partículas, la concentración de cianuro y oxígeno, la temperatura, la alcalinidad y el pH.

2.2.9. Métodos de cianuración de menas de Oro y Plata

Según Vesga (2010) hay dos variantes principales de la cianuración

- Cianuración mediante el proceso de agitación.
- Cianuración mediante el proceso de percolación

2.2.10. Cianuración por proceso de agitación

Las menas se cortan a un tamaño inferior a 150 mallas (aproximadamente 105 micrones) y se agitan con solución cianurada durante 6 a 72 horas. La concentración de la solución cianurada varía entre 200 ppm y 800 ppm (partes por millón, que equivalen a gramos de cianuro por metro cúbico de solución), y el pH debe estar en el rango de 10.5 y 11.5. Se utiliza cal para prevenir la hidrólisis del cianuro (que genera cianhídrico, HCN, ácido altamente tóxico) y para neutralizar los componentes ácidos de la mena. Para asegurar que el pH se mantenga en un nivel alcalino, se añade la cantidad adecuada de modo que la concentración de CaO libre en la solución permanezca por encima de 100 g/m³.

La velocidad de disociación del oro nativo puede variar según el tamaño del mineral, el grado de liberación y el contenido de plata, entre otros factores. No obstante, es común extraer la mayor cantidad posible de oro grueso (partículas mayores de 150 mallas o 105 μm) mediante concentración gravitacional antes de



la cianuración, para evitar la segregación y pérdida de oro en diferentes etapas del circuito.

Aparte de determinar la naturaleza de los minerales de oro, es crucial identificar la mineralogía de la ganga, ya que esto puede determinar si la cianuración es efectiva, ya que algunos minerales de la ganga pueden reaccionar con el cianuro o el oxígeno, lo que reduce la presencia de reactivos necesarios para solubilizar el oro Vesga (2010).

Se llevan a cabo pruebas a escala de laboratorio para identificar las condiciones óptimas que permitan un tratamiento económico y eficaz de la mena (Vesga, 2010).

Vesga (2010) menciona que las variables a determinar son las siguientes:

- La cantidad de cianuro utilizada por tonelada de mineral tratada.
- La cantidad de cal consumida por tonelada de mineral tratado
- El grado de molienda óptimo.
- El tiempo de contacto
- La concentración ideal de cianuro en la solución
- La dilución de pulpa más adecuada

2.2.11. Cianuración por proceso de percolación

El mineral y la roca se extraen de la mina con explosivos y luego se transportan a la planta, donde se trituran en partículas más pequeñas y se apilan, habiendo sido compactados previamente con arcillas o mantas de polietileno. Este método se ha convertido en el proceso más utilizado para extraer oro y plata en la industria minera metalúrgica (Vesga, 2010).



La solución de cianuro disuelve el oro de la mena triturada y se pulveriza a través de la pila. Dependiendo del tipo de mineral o mena y del procedimiento de lixiviación utilizado, la lixiviación puede ocurrir en algunos días o varios meses. Se coloca la mezcla de oro y plata enriquecida en un piso impermeable dispuesto en forma ligeramente inclinada que hace que fluya hacia el tanque de almacenamiento, desde ahí se almacena al circuito de recuperación (Vesga, 2010).

Este circuito para recuperar oro y plata de soluciones cianuradas diluidas, que contienen los metales preciosos en disolución, puede clasificarse de la siguiente manera:

- Adsorción con carbón activado
- Cementación del material aurífero por Zinc.

El oro y/o plata disueltos con cianuro pueden recuperarse a través del sistema de adsorción en carbón activado o el sistema Merrill-Crowe. La adsorción con carbón activado no requiere energía eléctrica ni la adición de zinc, y es el método preferido para captar el oro. Este proceso se basa en un enlace físico relacionado con los microporos del carbón, en lugar de una reacción química. Este enlace es débil en condiciones de alta alcalinidad; por lo tanto, si la solución cargada se mantiene a un pH muy alto, el carbón retiene menos oro que a un pH más bajo. Posteriormente, este enlace se utiliza para extraer el oro del carbón durante el proceso de recuperación (Vesga, 2010).

2.2.12. Uso del cianuro en la producción de Oro

Una de las razones por las que el oro tiene un alto valor es su resistencia a la mayoría de los productos químicos. Sin embargo, una excepción es el cianuro,

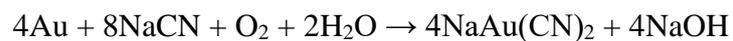


o más específicamente, las soluciones que lo contienen, que pueden disolver este metal precioso. El cianuro se utiliza en la minería para extraer oro (y plata) de minerales, especialmente aquellos de baja ley que no pueden tratarse fácilmente con métodos físicos simples, como la trituración y la separación gravitacional (Dominic et al., 2006).

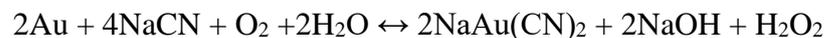
2.2.13. Reacciones químicas del proceso de cianuración

Dominique et al. (2006) indican que muchos investigadores han propuesto reacciones entre el cianuro y los metales preciosos; Elsner fue el primero en proponer la reacción química de disolución del oro por cianuros alcalinos.

Ecuación de Elsner:



Ecuación de Bodlander [19]:



Ecuación de McArthur-Forrest:



La reacción global de las ecuaciones de Bodlander se expresa a través de la ecuación de Elsner, que es reconocida universalmente como la reacción estándar del cianuro y del oro (Dominic et al., 2006).

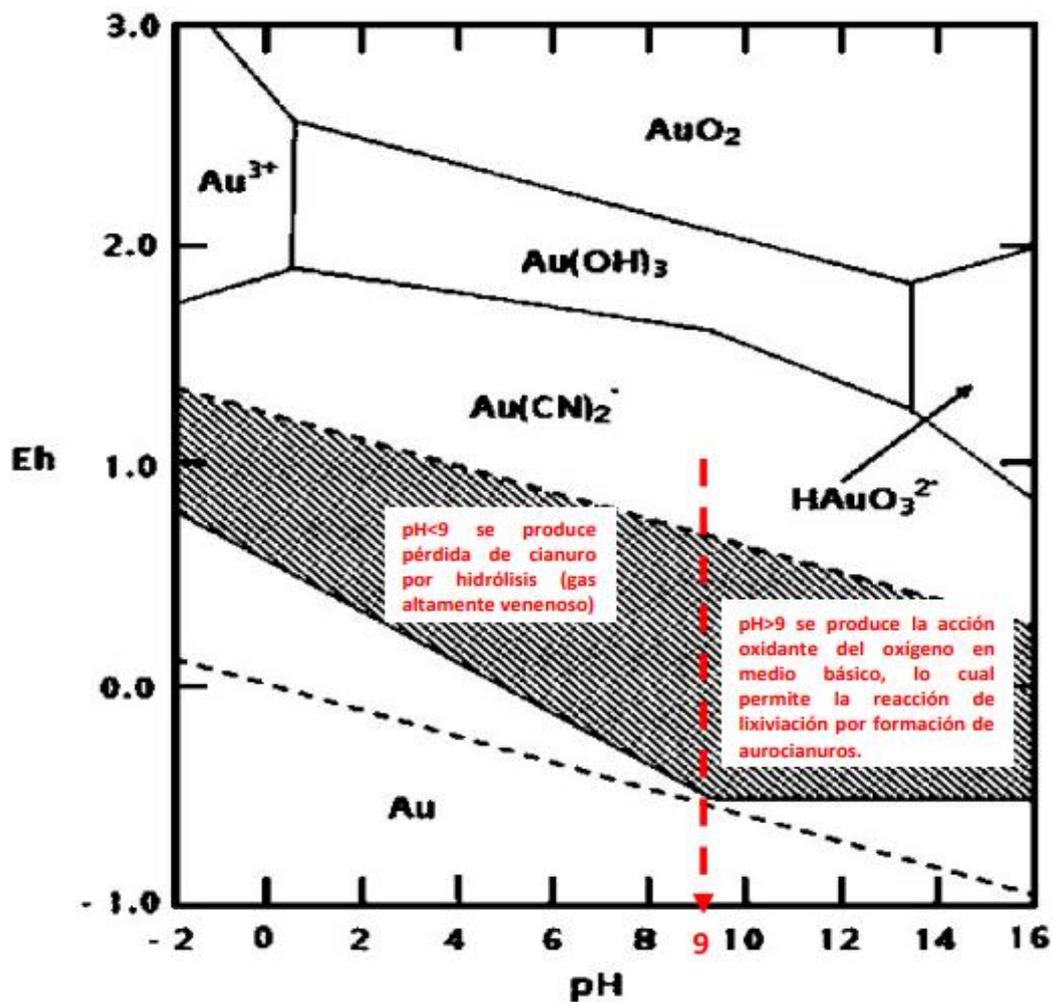
La ecuación de McArthur-Forrest no es posible termodinámicamente porque no se produce H_2 durante la cianuración. Esto se descubrió al calcular las

energías libres producidas por los iones aurocianuro y, a partir de esto, se calcularon los cambios de energía libre de las diferentes reacciones químicas sugeridas. Finalmente, se llegó a la conclusión de que bajo condiciones normales de cianuración, la formación de hidrógeno es imposible. Esto confirma la validez de la ecuación propuesta por Elsner, cumpliendo un rol importante el O_2 .

El comportamiento del sistema Redox se comprende mejor mediante los diagramas de Pourbaix, que muestran las regiones y áreas de estabilidad de las diferentes especies (Dominic et al., 2006).

Figura 1

Diagrama de Pourbaix Au-CN-H₂O



Nota: Misari y Franco (1993).



2.2.14. Cinética de la cianuración del oro

La disolución del oro a través de la cianuración es un proceso de corrosión electroquímica que implica una reacción heterogénea, que ocurre en la interfase entre las zonas anódica y catódica (Dominic et al., 2006).

La corriente catódica está limitada por la velocidad de difusión del oxígeno, mientras que la corriente anódica está limitada por la difusión del CN⁻ a la superficie. Para un estado estacionario, la velocidad de difusión del ion cianuro es directamente proporcional a su concentración de oxígeno en la solución y aumenta durante la agitación.

$$i_{\text{corrosión}} = K_{\text{ia}} = K_{\text{ic}}$$

La velocidad de disolución de oro es directamente proporcional a la corriente de corrosión o densidad de corriente.

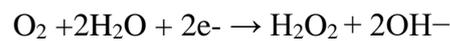
(Dominic et al., 2006) afirman que, según diversos estudios, se puede concluir que la velocidad de disolución del oro se controla teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- La velocidad a la que el oxígeno se difunde por capa límite.
- La velocidad a la que se difunde el cianuro
- La superficie del oro es pasiva.
- La relación entre las concentraciones de CN⁻ y O₂ es crucial en el proceso controlado por difusión.
- La velocidad de disolución solo depende de las bajas concentraciones de cianuro.

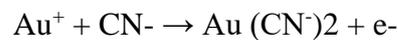


- La velocidad será independiente de la concentración de cianuro y proporcional a la concentración de oxígeno a bajas concentraciones de oxígeno.
- Se puede alcanzar el límite de velocidad teórico cuando $(CN^-)/(O_2) = 6$.
- La siguiente es la reacción producida en la celda electroquímica durante el proceso de disolución del oro por cianuro y oxígeno. (Dominic et al., 2006).

Área catódica



Área anódica



A partir de estas dos reacciones, se puede inferir que el oro se disuelve de acuerdo con las ecuaciones de Elsner y Bodlander. Finkelstein señala que la mayor parte del cianuro se disuelve según la primera ecuación, mientras que solo una pequeña parte lo hace según la segunda ecuación (Dominic et al., 2006).

2.2.15. Estudio técnico

El objetivo de un estudio técnico es detallar las condiciones técnicas y los procedimientos del proyecto. El propósito del estudio técnico, según Rosales (2005, P.115), es:



"...proponer y evaluar las distintas opciones tecnológicas para producir los bienes o servicios necesarios, al mismo tiempo que se verifica la viabilidad técnica de cada una.

El análisis determina que el equipo, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones que se requieren para llevar a cabo el proyecto, es lo que facilita la estimación de los costos de inversión y operación, así como la cantidad de capital de trabajo necesario."

Este estudio ha alcanzado una de sus conclusiones más relevantes: es necesario establecer una función de producción que optimice el uso de los recursos disponibles para generar un bien o servicio del proyecto. A partir de esto, se podrá obtener información sobre las necesidades de capital, mano de obra y recursos materiales, tanto para la fase inicial como para la operación futura del proyecto (Sapag, 2008).

Así, el estudio técnico se empleará para definir los requisitos de equipos de fábrica necesarios para la operación y la inversión requerida. El análisis de las características y especificaciones técnicas de las máquinas permitirá definir su disposición en la planta, lo que facilitará dimensionar el espacio físico necesario para que las operaciones se lleven a cabo adecuadamente, considerando las normas y principios de la administración de la producción (Sapag, 2008).

La descripción del proceso de producción también ayudará a identificar las materias primas y los insumos adicionales requeridos. Por esta razón, y como se ha mencionado anteriormente, la selección del proceso productivo se realiza a partir de un análisis técnico y económico de las a alternativas existentes (Sapag, 2008).

En resumen, el propósito del estudio técnico es identificar la función de producción óptima para utilizar los recursos disponibles de manera eficiente y eficaz en la productividad de un bien o servicio prestado. La selección de la función apropiada determinará las necesidades de equipos y maquinaria, las cuales, junto con la información sobre el proceso de producción, permitirán calcular el costo de operación (Sapag, 2008).

2.2.16. Componentes del estudio técnico

Varios autores proponen distintos elementos esenciales que forman parte del análisis técnico de un proyecto de inversión. A continuación, se presenta la estructura funcional de un estudio técnico según Baca (2010).

Figura 2

Partes que conforman un estudio técnico



Nota: Baca, 2010.



2.2.17. Ingeniería del proyecto

El objetivo es resolver todos los aspectos relacionados con la instalación y la operación de la planta, lo que incluye la descripción del proceso, la compra de equipos y maquinaria, la determinación de la distribución óptima de la planta y la definición de la estructura legal y organizacional que necesita la planta de beneficio de minerales en este caso. En síntesis, resuelve todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta (Baca, 2010).

2.2.18. Proceso de producción

El proceso de producción es el sistema mediante el cual un conjunto de insumos se transforma en productos utilizando una tecnología específica, lo que implica la combinación óptima de mano de obra calificada, maquinaria, métodos y procedimientos operativos, entre otros.

También puede definirse como una serie secuenciales de operaciones unitarias que transforman materias primas en productos listos para el consumo. En otras palabras, es el conjunto de equipos que realizan todas las operaciones unitarias necesarias para llevar a cabo esta transformación (Sapag, 2008).

2.2.19. Capacidad de producción

Es el nivel máximo de producción que puede alcanzar una estructura económica específica, ya sea un país, una empresa, una persona o una máquina. La medida de la capacidad de producción refleja el tamaño que debe tener la estructura económica; si la capacidad excede la producción real, se generarán desperdicios de recursos.



La estructura debe permitir una capacidad productiva flexible, reduciendo costos fijos y aumentando las variables, lo que facilitará la adaptación a las fluctuaciones en los niveles de producción. Esto se puede lograr mediante herramientas como la subcontrata (Sapag, 2008).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en el distrito de Vilque el mismo que se encuentra ubicado en la provincia de Puno, región Puno.

Entre las coordenadas geográficas UTM – WGS 84.

- Este : 362694
- Norte : 8251348
- Altitud : 3963 m.s.n.m.

Figura 3

Mapa de ubicación de la planta de beneficio los Rosales SMRL



Nota: Google Earth.



3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La delimitación temporal es el periodo 2022, donde se empezó con el proyecto de ampliación de producción.

3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL ESTUDIADO

El material de estudio proviene de la misma empresa SMRL acumulación los Rosales, quien dentro de su proceso productivo hace el reaprovechamiento de pasivos ambientales o relaves mineros en el sector Huancasaya, del distrito de Vilque, provincia y departamento de Puno. Actualmente tiene una capacidad de 120 TMD.

Las particularidades del mineral que se está procesando actualmente en la Planta Concentradora Los Rosales proceden de los desmontes de la mina y de los relaves antiguos. En resumen, se procesará una combinación de relave y desmonte en una proporción de 7:1, con leyes promedio de plata (Ag) de 20.22 g/TM y de oro (Au) de 3.16 g/TM.

La mineralización de la zona está compuesta por sulfuros de cobre, como calcopirita y bornita, así como arsenopirita, pirita aurífera, gangas de pirita, cuarzo, limonitas, tetraedrita y otros.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.4.1. Población

Se puede afirmar que la población es un conjunto de elementos que comparten una característica común, la cual se analiza para obtener los datos de la investigación.



En tal sentido, para la población objeto de estudio, es la planta de beneficio SMRL acumulación Los Rosales, aunque está conformada por una serie de equipos y componentes, estos trabajan como un sistema, entonces para nuestro Proyecto de investigación está referido al incremento de la producción de los minerales y relaves para ser procesadas en la planta de beneficio que será de 340 toneladas por día.

3.4.2. Muestra

La muestra se compone de los estudios realizados sobre la ampliación y modificación de los componentes principales y auxiliares de la planta de beneficio SMRL acumulación Los Rosales. Por lo tanto, nuestra muestra de elección es de tipo no probabilístico, intencional y por conveniencia. Debido a que el mineral será tratado a nivel de laboratorio, los resultados serán analizados minuciosamente para determinar el diseño e implementación de los equipos o maquinaria necesaria.

Se trabajó con los informes correspondientes al periodo 2021 – 2022.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Para procesar los datos se utilizó la hoja de cálculo, que registró los datos en tablas y gráfico. Las anotaciones de campo se realizaron con hoja y lápiz.

Así mismo la estadística descriptiva nos facilitó la recopilación, organización y visualización de datos en tablas y gráficos, y la estadística inferencial nos permitió llegar a conclusiones sobre una población a partir de datos de una muestra, donde se implementó el programa computarizado ANOVA y Microsoft Excel.

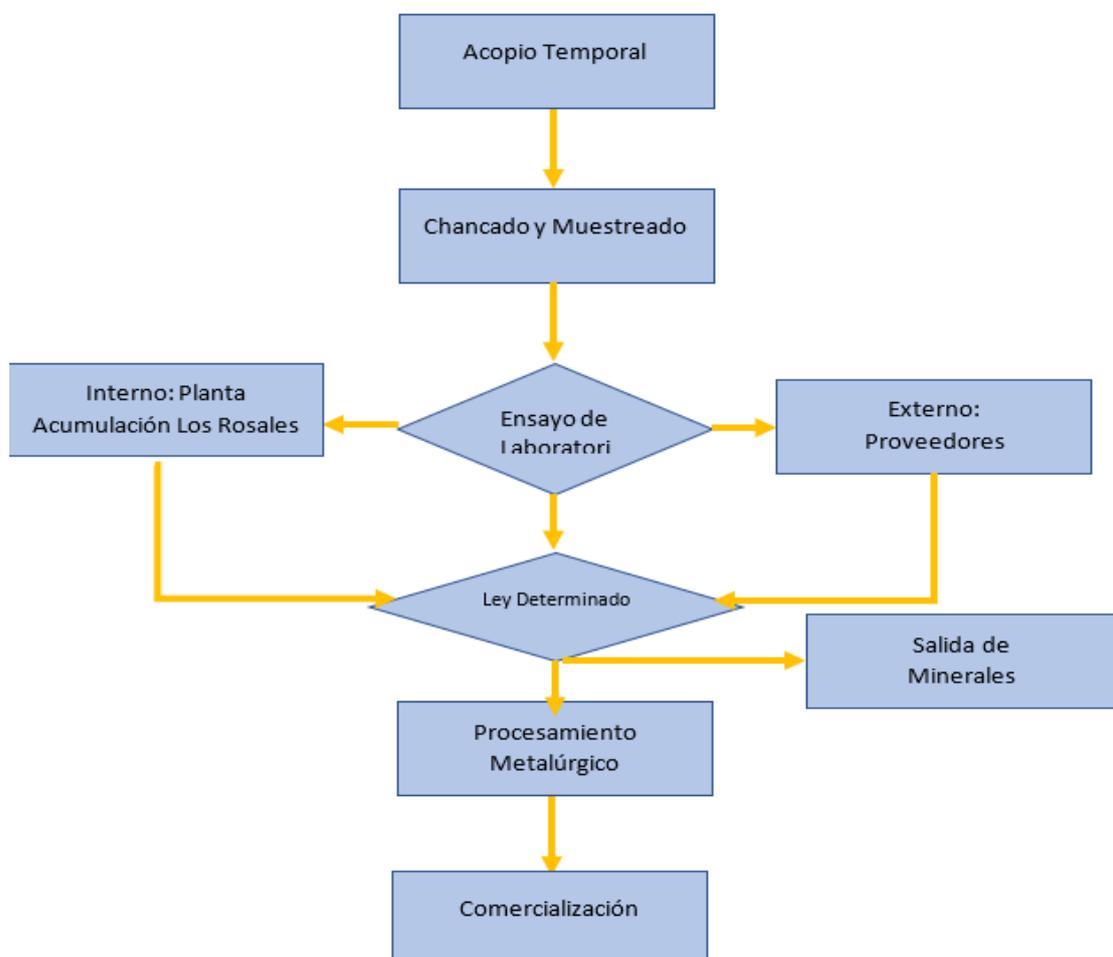
3.6. PROCEDIMIENTO

El análisis descriptivo, el método de investigación utilizado para desarrollar este trabajo de investigación, nos permitió recopilar y describir información documental de los informes emitidos por la planta de beneficio SMRL acumulación Los Rosales sobre la propuesta de ampliación y modificación de componentes principales y auxiliares.

El acopio de minerales, el procesamiento (chancado, molienda, lixiviación y disposición de relaciones) y la venta son las principales actividades de la Planta de Beneficio Acumulación Rosales SMRL, que producirá hasta 340 TMD. Observe la Figura 4.

Figura 4

Actividades que se desarrollaron en la Planta de Beneficio Acumulación los Rosales SMR





3.6.1. Tipo de investigación

Se ha determinado que su objetivo de investigación es una aplicación práctica, en la que se evalúan equipos y máquinas para aumentar la capacidad productiva. Así mismo se considera como una investigación del tipo descriptiva, lo que significa que se hace un análisis de la realidad actual, considerando las variables o parámetros que vienen a formar parte para incrementar la capacidad de producción a 340 TMD.

3.6.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación del presente trabajo se centra en el aumento de la capacidad de la planta. El objetivo de los Rosales SMRL es reducir los costos y aumentar la producción, lo que resulta en beneficios sociales y económicos para los propietarios de la planta. Para ello, se analiza la capacidad actual de la planta concentradora para diseñar su capacidad futura.

3.6.3. Métodos de investigación

Teniendo en cuenta que el método de investigación es fundamental para generar conocimientos valederos sobre un enfoque específico, en nuestro caso, sobre la ampliación de la planta de beneficio de minerales. El método de investigación que se utilizó fue la cuantitativa que implica el uso de datos cuantitativos para evaluar la expansión de la planta de beneficio de minerales Los Rosales para su posterior validación.

3.6.4. Diseño de investigación

Los diseños de investigación son una herramienta que ayuda al investigador a recopilar, medir y analizar datos. En nuestro caso, el investigador solo está interesado en describir la ampliación de la planta de beneficio.

3.7. VARIABLES

En la siguiente tabla se muestra la definición operacional de variables e indicadores.

Tabla 2

Operacionalización de variables e indicadores

Variable	Definición		Indicadores
	independiente	Operacional	
Evaluación técnica de ampliación de la planta de beneficio	Evaluar la capacidad y aspectos operativos de los componentes principales y auxiliares de la Planta de Beneficio	Determinar que equipos, máquinas y aspectos operativos se van a modificar para incrementar la capacidad de producción	TMD
Dependiente			
Incrementar la capacidad de producción de 120 a 340 TMD	Determinar las modificaciones, adiciones y cambios de tecnología para la Ampliación de la Planta de beneficio.	Implementación de equipos, máquinas y aspectos operativos para producir 340 TMD.	TMD

3.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La planta de acumulación Los Rosales ha aumentado su capacidad de producir minerales auríferos oxidados con escasa presencia de sulfuros a 340 TM /día, con una ley promedio de 3.60 g/TM de los productores de la región. El proceso incluye chancado,

molienda y cianuración, seguido de otros procesos como electrodeposición y fundición hasta producir el producto final, que es el metal Dore.

Los resultados de las pruebas metalúrgicas realizadas a la fecha sobre las muestras de mineral indican que el proceso de cianuración es adecuado para obtener metales valiosos a precios razonables y que las características del mineral satisfacen los requisitos de lixiviación en carbón en pulpa (CIP).

Figura 5

Vista panorámica de la empresa Acumulación Los Rosales



Para aumentar la capacidad de producción de la Planta de Beneficio Los Rosales a 340 TMD, será necesario instalar diversos equipos en los diferentes circuitos que forman parte de la planta de beneficio de minerales, ya que estos afectan la capacidad de tratamiento tanto de manera directa como indirecta.



Tabla 3

Actividades del proyecto de ampliación

Etapa	Actividades del proyecto
Construcción	Movilización de equipos y materiales
	Montaje e instalación de estructuras y equipos
	Obras de concreto
	Movimiento de tierras
Operación	Operación de chancado
	Operación de molienda
	Operación de cianuración
	Operación desorción y Refinería
	Operación de disposición de relaves
Cierre y Post-Cierre	Desmantelamiento, demolición y disposición de materiales
	Restablecimiento de la forma del terreno
	Mantenimiento y monitoreo

Para su ampliación se determinó continuar con el proceso de cianuración e incrementar el circuito de chancado independiente y más tanques de cianuración a bajo costo económico, en donde se observa que operando con una capacidad de 120 TMSD, se obtiene la producción mensual de 6 021. 00 gramos de oro fino y operando a 340 TMSD durante 30 días, la producción mensual de mineral o relave procesado se tendría 10 200.00 TM/mes, de donde se obtiene 32 314 gramos de oro fino por mes habiendo una diferencia de 26 293.00 gramos de oro fino por mes.

Por lo tanto, existe una conexión directa entre el factor de equipos y maquinarias a reemplazar y la expansión de la planta de beneficio de 120 TMSD a 340 TMSD.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Determinación de la capacidad y aspectos operativos de los componentes principales y auxiliares de la planta de beneficio SMRL acumulación los rosales-puno a 120 TMD

La descripción del Proceso Actual se basa en el procesamiento de relaves - Planta Metalúrgica Proceso CIP.

La PB-LR procesa en el sector Huancasaya, del distrito de Vilque, provincia y departamento de Puno, la operación consiste en el reaprovechamiento de Pasivos Ambientales de Relaves Mineros-Planta metalúrgica CIP, con una capacidad actual de 120 TMD (Ver Flowsheet N° 1), nuestra operación en la actualidad está enfocado en la cianuración, actualmente en 120 TMD y a mediano plazo para el primer semestre del año 2024, llegar a su máxima capacidad con implementación de una balanza de minerales de 80 ton de capacidad, montaje de un circuito de chancado independiente de 340 TMD de capacidad para minerales de desmonte de mina y compra de minerales a terceros mineros en formalización de nuestras concesiones; compra de un molino 5'x10', un segundo molino 6'x10' para llegar a una capacidad de 340 TMD en molienda, el molino 6'x8' hardinger actualmente presenta fallas de antigüedad, estará trabajando hasta su máxima capacidad de acompañamiento por desgaste; la implementación de un hidrociclón D6 y D4 para tener un buen corte de 90% malla -200 con lo cual aseguramos la liberación del oro encapsulado cuyos estudios de investigación por microscopia



electrónica y pruebas de gravimetría, nos han permitido ver con claridad que el mejor proceso para estos relaves con valores promedios de 2.0 g/ton de ley de cabeza, es conveniente el proceso de lixiviación permitiendo obtener una buena recuperación con el carbón activado proceso CIP; lo cual se construirá más tanques de agitación y adsorción con el uso de carbón activado.

4.1.1.1. Mineralización

En la región de Puno, específicamente en la zona de estudio se encuentran principalmente sulfuros de cobre (calcopirita y bornita), pero también se encuentran minerales como arsenopirita, pirita aurífera, gangas de pirita, cuarzo, limonitas, tetraedrita y otros.

4.1.1.2. Reservas y volumen de material a procesar

La estimación de volúmenes se lleva a cabo utilizando la información topográfica recolectada en el terreno para determinar las dimensiones de las canchas de relaves antiguos.

Para determinar la profundidad potencial de cada cancha, se utiliza información geológica que abarca el rumbo y buzamiento de la estratificación entre los materiales y afloramientos, así como la interpretación estructural de la zona donde se encuentra el depósito, además de datos provenientes de pozos de muestra.

Volumen y/o capacidad del material:

- Capacidad de la cancha del relave antiguo : 120 000.00 m³
- Capacidad de la cancha de desmonte 1 : 73 350.00 m³
- Capacidad de la cancha de desmonte 2 : 65 810.00 m³



• Capacidad de la cancha de desmonte 3 : 69 900.00 m³

Volumen total 209 060.00 m³

Tonelaje probado:

• Relave: 120 000.00 m³ x 1.76 TM/m³ = 211 200.00 TM

• Desmonte: 209 060.00 m³ x 1.90 TM/m³ = 397 214.00 TM

Total material probado = 608 414.00 TM

4.1.1.3. Descripción de la operación de planta (Cianuración Actual)

A continuación, se muestra la descripción de operación de la planta de beneficio Acumulación los Rosales a 120 TMD en sus diferentes áreas de trabajo.

a) Sección de extracción y acarreo de mineral (sistema de alimentación)

El proceso de extracción y acarreo de mineral comprende en extraer, apilar y transportar el (mineral-relave) de los pasivos ambientales que están en los depósitos de relaves antiguos, donde es transportado mediante volquetes con capacidad de 15 m³ respectivamente ello es abastecido con la excavadora donde el almacenamiento final lo realizan en la cancha de mineral-planta finalmente la alimentación a la tolva de gruesos de 80 TM, la limpieza se realiza con el cargador frontal.

b) Sección de trituración

Se cuenta con una tolva de gruesos de 80 TM se alimenta el relave preparado por rumas, cuyo blending es trasladado desde la zona de



relavera antigua cuya composición del relave es sulfuros (piritas) de una granulometría 55% malla 200, faltando un 40% para obtener una malla ideal con la remolienda.

De tal forma se acopló una chancadora de martillos de 10" x 16" de 25 HP y 1740 RPM, antes de ingresar se tiene un grizzly estacionario de 3/4" de luz, en el cual el relave húmedo (grumos) de malla +3/4" pasa por la chancadora de martillos para ser pulverizado y el relave fino pasante a la malla -3/4" cae directamente a la faja transportadora N°1 de 20" x 3/8" x 25 m de largo, que son evacuados a la tolva de finos de 120.0 TM de capacidad, para luego pasar a la sección molienda, así cumpliéndose el circuito de chancado.

c) **Sección de Molienda**

El mineral de la tolva de finos de 120 TMH es regulado y alimentado por medio de una faja transportadora N° 2 de 20" x 3/8" y 5.9 m. al molino de bolas continuo de 6' x 8' a razón de 5.0 TM/hora, con la cual se asegura el tratamiento de 120.0 TM/día, la molienda es en húmedo, cuya densidad es de 1.650 g/L en promedio, a la entrada del molino se adicionan los insumos químicos como cianuro de sodio al 10% en gotas, y cal viva como regulador del pH con el fin de darle el tiempo necesario de su acondicionamiento y a la vez disolver el oro en el mismo molino ayudando la cinética de lixiviación. La descarga de la pulpa del molino de bolas 6' x 8', entra a un cajón de pulpa 1.20 x 0.80 x 2m el cual es impulsado por medio de una bomba de lodos sello húmedo de 2 1/2" x 2", la misma que es bombeado al hidrociclón N° 1 D4BB, el producto



resultante del hidrociclón donde se clasifica el material a un corte de granulometría de 90% de malla – 200 (OVERFLOW) con una densidad de 1250 g/L, ingresando por rebose a una zaranda autovibratorio de 2' x 4' para limpiar todas las basuritas, pelusas, material desechable, el pasante de la malla #40 pasará al primer tanque de agitación, y las arenas gruesas (UNDERFLOW) del ciclón son enviados a un molino 5'x10' como remolienda cuya pulpa se juntan en el cajón de pulpa en circuito cerrado. La pulpa se extrae del molino de bolas de 5' x 10' el cual es impulsado por medio de una bomba horizontal de sello seco 4" x 3", la misma que es bombeado al hidrociclón D6BB con una densidad de 1840 g/L.

d) Sección de Cianuración proceso CIP

La descarga de la pulpa de clasificación del over flow ingresa al primer tanque agitador de 10' x 12' de cianuración con aireación, manteniéndose el pH en 11 con cal y/o soda, la fuerza de cianuro en 0.150% (1500 ppm). La descarga de la pulpa al segundo tanque de 10' x 12' de cianuración pasa por gravedad secuencialmente en forma de catarata a los tanques de agitación carboneros de 25'x25' y los dos últimos tanques de 20' x 20'.

El tiempo total de cianuración se estima en 48.0 horas, la oxigenación de la pulpa en los tanques se lleva a cabo mediante la insuflación de aire a presión y la concentración de carbón en la pulpa se estima en 13 a 20 Kg/m³. Cada tanque de agitación carbonero cuenta con tamices autolimpiador malla # 25 para descarga de la pulpa, y así evitar transferencia de carbón activado rico de tanque a tanque.



En el proceso de lixiviación contamos con 02 tanques de 10' x 12', 03 tanques carboneros de agitación una de 25' x 25' y dos de 20' x 20' de capacidad, procesando a la fecha 120 toneladas por día, para subir mayor capacidad se deberá mejorar muchos aspectos de chancado, molienda y agitación.

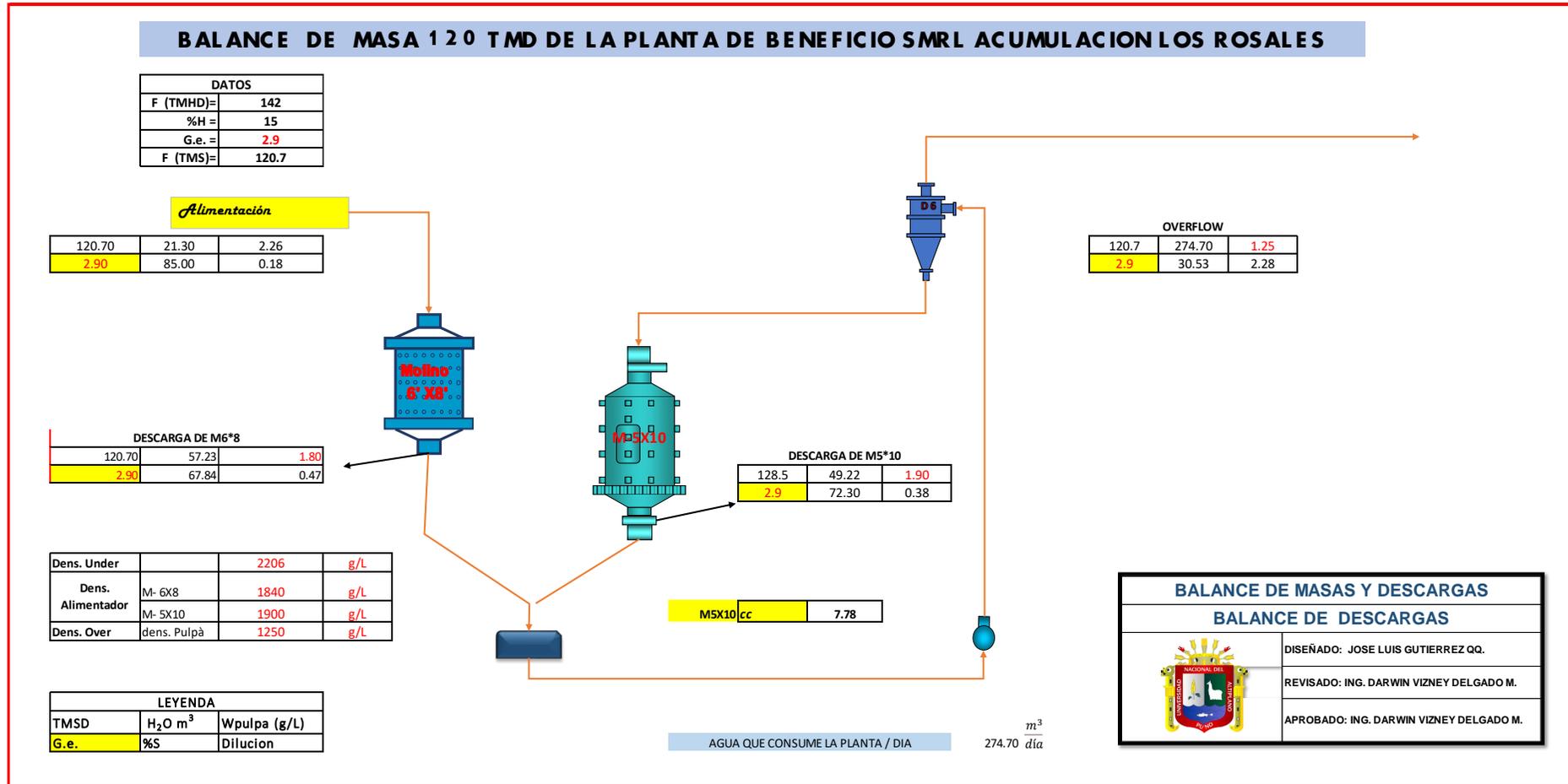
Una vez finalizada la etapa de lixiviación, la pulpa se envía a una presa de relaves a través de un conducto de 4" ϕ HDPE, utilizando un sistema de bombeo y gravedad. En esta presa, los sólidos se sedimentan y la solución sobrenadante es reciclada a la planta mediante una bomba centrífuga marca Hidrostat, con una capacidad de 3" x 3" ϕ y un flujo de 7 m³/h, a través de una tubería de 2" ϕ de HDPE hasta una poza de solución barren con una capacidad de 200 m³. Esta solución barre se distribuye a la planta de mediante molienda una tubería de 3" ϕ HDPE y se canaliza a través de tuberías de 2" ϕ HDPE hacia la entrada del molino de 5' x 10' y el cajón de pulpa.

4.1.1.4. Balance de materia a 120 TMD

El balance de masa calculado corresponde a la operación actual de la planta de beneficio a 120 TMSPD, y se fundamenta en las pruebas metalúrgicas previamente mencionadas.

Tabla 4

Balace de masa a 120 TMD de la planta Acumulación Los Rosales



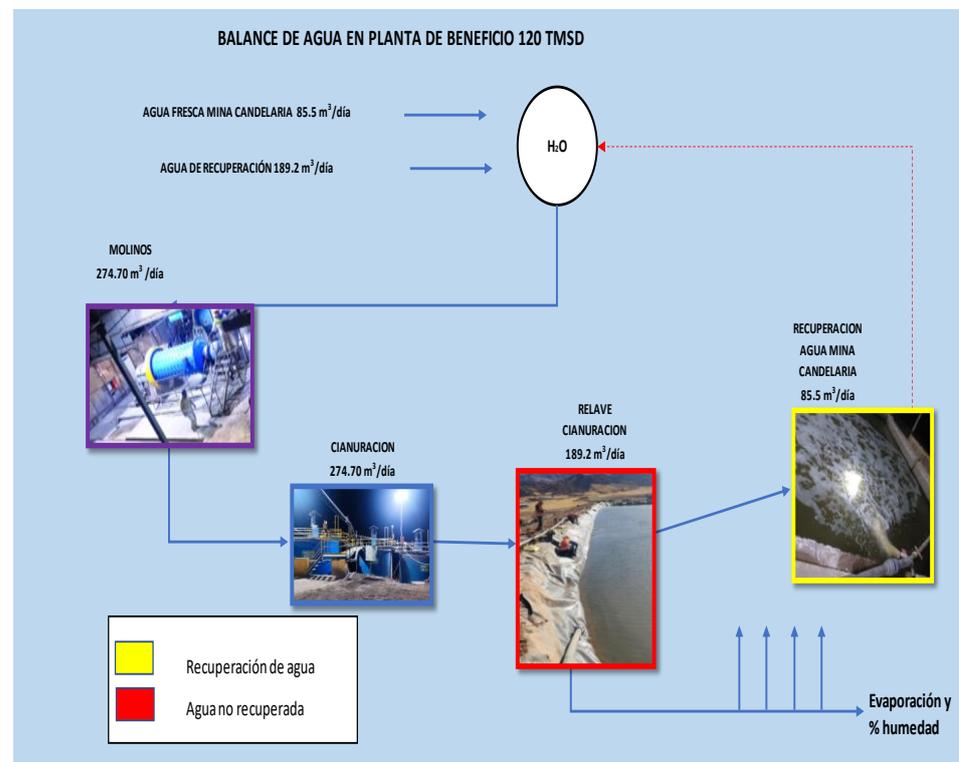
4.1.1.5. Balance Hídrico a 120 TMD

El proceso en la planta concentradora utilizará en su consumo un promedio de 2.5 litros por segundo de agua, la cual se tomará del punto de captación Candelaria. Esta será transportada mediante una bomba hidrostal de 2" x 2" y tuberías de polietileno de 2" de diámetro, hasta un depósito o reservorio existente en la parte superior de la planta, cuya capacidad de almacenamiento es de 200 m³

Así mismo para el depósito de la solución Barren se cuenta con un reservorio de 200 m³ de capacidad de almacenamiento.

Figura 6

Balance de agua a 120 TMD





Teniendo en consideración el balance de materia a 120 TMD, de la figura se observa que para el tratamiento del relave ingresa 274.70 m^3 de agua por día, de los cuales en la relavera ingresa 189.2 m^3 de agua por día, recuperándose de esto 85.5 m^3 por día.

4.1.1.6. Balance metalúrgico diario con 120 TMPD

La precisión en los datos para los cálculos del balance metalúrgico es crucial porque ayuda a saber exactamente cuánto material entra y sale de un proceso en la minería.

En la minería, esto significa que, si los datos no son precisos, no sabremos cuánto mineral estamos procesando ni cuánto producto final estamos obteniendo. Esto puede llevar a problemas como pérdidas de dinero, ineficiencia en la producción y, en casos extremos, incluso problemas de seguridad.

Tabla 5*Balance metalúrgico diario 120 TMD*

		BALANCE METALÚRGICO DIARIO SMRL ALR		
FECHA	SUPERVISOR	GUARDIA		
28/08/2022	JOSE L. GUTIERREZ QQUENTA	DÍA/NOCHE		
FACTOR DE FAJA	G.E			
2.15	2.9			
		TM HUMEDAS/día		
HORAS TRABAJADAS	24.00			141.90
		TM SECAS/día		
CORTE / Kg.	2.75			120.62
		VOL PULPA m ³ /día		
HUMEDAD	15.00			316.09
		VOL LIQUIDO m ³ /día		
DENSIDAD O/F g/L	1250.00			274.50
		% Au RECUPERADO		
DILUCION	2.62			75%
		ORO FINO RECUPERADO g/día		
LEY CABEZA (g/TM)	2.23			201.78
		g/TM-LIQUIDO		
CONT. METALICO Au (g)	269.09			1.04
		Au FINO LIQUIDO (g/día)		
LEY SOL. BARREN (g/m ³)	0.12			125.17
		% SOLIDOS		
CONT. METALICO Au (g)	32.94			30.53
		RECUPERACION DE MOLINOS		
LEY RELAVE SOLIDO (g/t)	0.29			36.93
CONT. METALICO A RELAVERA Au (g/DÍA)	34.38			
LEY O/F g/t solido	1.41			
		OBSERVACIONES: REPORTE DIARIO SIN NOVEDADES EN OPERACIÓN.		



LEY O/F g/m³
liquido

0.40

Este balance metalúrgico está en base al diagrama de flujo de la planta de beneficio Acumulación los Rosales a 120 TMSPD, el cual implica el seguimiento riguroso de todos los materiales que entran y salen de los procesos de tratamiento de minerales, que permitió la mejora del control de calidad al proporcionar datos precisos sobre su composición.

Tabla 6

Resumen de Balance metalúrgico a 120 TMSD

Balance metalúrgico diario proyectado a 120 TMSD					
Material	Peso	Ley Au	Finos Au	Recuperación Au	
	(TMS)	(g/TM)	(g)	(%)	
Cabeza	120.00	2.23	267.60	100.00	
Carbón activado C*	kg/k 2000.00	0.10	200.70	75.00	
Relave	120.00	0.56	66.90	25.00	

De la tabla se observa que el producto final diario de esta planta es un carbón rico, cargado con 200.70 g de Au/ kg C*. La cosecha del carbón rico se realizará a razón de 30 días. Dicho carbón será enviado en lotes de aproximadamente de 6.0 toneladas a la planta de desorción para la recuperación en bullión al 95 % de pureza.



4.1.1.7. Disposición de Relaves (Relavera La Candelaria I)

Se ha considerado una relavera piloto denominada “Candelaria I”, con una capacidad de almacenamiento de 23553.28 m³., recubierta con geomembrana, la primera de arcilla y seguida por una geomembrana sintética de 1.8 mm., de acuerdo a las normas vigentes, asimismo, considerando la presencia del nivel freático, debajo del área impermeabilizada se diseñara un colector de aguas de forma de espina de pescado que a través de una tubería de HDPE de 4” ira a una poza de subdrenaje con una capacidad de 31.20 m³.

El agua clara y limpia se recircula hacia las pozas de contingencia con una bomba centrífuga de 3 x 3 pulgadas de marca hidrostal, para luego ser bombeado por otra bomba centrífuga de 3 x 3 pulgadas marca hidrostal hacia la poza de solución Barren de 200 m³ de capacidad.

Para la ubicación del depósito de relaves, se ha tenido en consideración, la extensión del área, la cercanía a las operaciones, y el tipo de suelo en el que se va edificar el depósito de relaves, para la construcción de dicha relavera se realizaron muestreo de los suelos, para determinar las características físicas y geomecánicas del material suelo, y posteriormente con estos resultados de laboratorio, se hicieron las pruebas y ensayos para determinar las características físicas del depósito de relaves.

La segunda relavera “La Candelaria II”, tendrá una capacidad de almacenamiento 22 734.00 m³, diseño y conformación que la primera relavera piloto.

Figura 7

Relavera Piloto “Candelaria 3.1” 120 TMD





4.1.1.8. Desorción y electrodeposición

La etapa de desorción comienza con la introducción del carbón en el reactor, agregándose 50 kilogramos de soda cáustica, 75 kilogramos de cianuro de sodio y 400 litros de alcohol industrial de pureza del 98 % al volumen total utilizado en el circuito. Todo esto se prepara en el tanque de solución gastada.

Esta solución se bombea hasta que el caldero alcance la temperatura de trabajo de 80 °C. Después de que el caldero se haya bombeado, la solución ingresa al reactor de manera uniforme por la parte inferior y fluye hacia arriba atravesando todas las partículas de carbón. Hay una salida enmallada en la parte superior que permite la salida de una solución rica de oro en lugar de carbón.

Hay un serpentín de enfriamiento (al ambiente) entre la salida superior del reactor y la entrada a la celda electrolítica. Este serpentín permite que la solución baje de 80°C a 60°C, la temperatura a la que fluye dentro de la celda electrolítica con un flujo de 1.44 m³/h.

La solución de la celda electrolítica es bombeada hacia el tanque inclinado de 1.20 m de diámetro x 2.40 metros de largo para la preparación de solución. De esta manera, se completa un circuito cerrado con una electrobomba de solución de 3.4 HP cuya marca de 2" x 1 1/2". Hasta que la solución de salida de la celda alcance una ley de 0.80 g/m³ (solución pobre) y el carbón pobre del reactor alcance 0.020 g Au/kgC*, el proceso de desorción finaliza.



4.1.1.9. Electrodeposición

El proceso consiste en transformar el oro y la plata de su forma iónica en metal. Al término de cada ciclo, se extrae una solución rica y se dirige hacia una celda de electrodos a una velocidad de 1.44 m³/h. Luego, se aplica una diferencia de potencial de 5 voltios y 1000 amperios utilizando un rectificador de corriente continua. En estas condiciones, el oro, la plata y otros metales se electro depositan en los cátodos (-), mientras que la solución empobrecida se dirige al tanque.

La celda electrolítica está compuesta por un recipiente rectangular de 2.00 metros por 0.70 metros por 1.0 metros de altura. Contiene ocho placas de cátodo de cobre metálico y nueve placas de ánodo de acero inoxidable de 3/16 pulgadas de espesor, que están conectadas paralelamente al rectificador de corriente.

Al encender el rectificador, comienza el proceso al fluir un electrón (-) hacia el cátodo, cuya superficie tiene una carga negativa. Los iones de oro y plata, que tienen cargas positivas, fluyen hacia el cátodo, lo que resulta en la neutralización de sus cargas positivas con una cantidad igual de cargas negativas. Por lo tanto, cada ion metálico regresa a su estado natural de metal y forma lodos catódicos en la superficie del cátodo (virutas # 02 de hierro).

Lavado de cátodos (cosecha): cuando un cátodo está saturado de lodos catódicos en su superficie, se saca de la celda y se extrae de la lana de acero. Luego, el cátodo se envuelve en lana nueva de acero # 02 y se devuelve a la celda para continuar operando. Después de 48 horas de



operación, la celda, los cátodos, los ánodos, las barras de cobre y otros componentes son completamente lavados.

4.1.1.10. Fundición

Los lodos catódicos son filtrados y atacados con H_3NO técnico, las lanas de acero que se adhieren a la carga son atacadas con ácido clorhídrico técnico y agua caliente para disolver el zinc, luego se lavan y filtran en un filtro prensa, y la torta se hornea en un horno a gas con bórax y sílice en un crisol de grafito tipo A-20. El dore producido se limpia, lava, seca, muestrea, pesa y etiqueta.

4.1.1.11. Almacenamiento y control de reactivos e insumos

El almacenamiento de estos reactivos se lleva a cabo en un lugar específicamente designado y que cumple con todas las medidas de seguridad. Esta zona está completamente aislada de los demás almacenes y es monitoreada diariamente por personal capacitado que prepara los reactivos. Para una operación de un mes, necesitará el stock máximo permitido.

4.1.1.12. Ruta de transporte de mineral

El mineral será transportado desde las canchas de relaves antiguos y desmontes de mina principalmente nivel oficinas y Natividad a través del volquete de 25 TM de capacidad de propiedad de la Empresa.



4.1.1.13. Maquinaria empleada

La maquinaria que se empleará para el procesamiento a 120 TMD se encuentra descrita en la siguiente tabla.

Tabla 7

Maquinarias empleadas a 120 TMD

LEYENDA			
ITEM	DESCRIPCION	ITEM	DESCRIPCION
1	Cancha de minerales y relaves	23	Tanque de almacenamiento de NaCN al 10% 8'x9' / 12.5Hp
2	Tolva de gruesos de 80 TM	24	Tolva de cal cap. 1000kg
3	Chancadora de martillos salida luz de 3/4 25 Hp 1740 rpm	25	Tanque de solución barren de 20'x16'
4	Faja transportadora N° 01 - 20" x 25 m / 7 Hp	26	Relavera de lixiviación cap. De 20527.21 m3
5	Tova de finos 120 TM	27	Bomba centrífuga 3'x3' hidrostral solución barren /25Hp
6	Faja transportadora N° 02 - 20" x 5.9 m / 5.5Hp	28	Pozas de contingencia.
7	Faja transportadora N° 03 - 17" x 13.6 m / 5Hp	29	Bomba centrífuga 3'x3' hidrostral agua acida /25HP
8	Molino de bolas continuo de 6'x8' / 123Hp	30	Poza de agua Industrial y Poza de solución barren 200 m3 c/u
9	Molino de bolas continuo de 5'x10' / 150Hp	31	Mina candelaria.
10	Cajón de bomba (1.20mx0.80m x 1.0mHx 0.80mh)	32	Reactor de carbón activado 2000 kg cap.
11	Bomba horizontal de sello seco 4" x 3" / 20 Hp	33	Celda de electrodeposición 9 anod y 8 catodos
12	Bomba horizontal de humedo 2 1/2 x 2"/12.5 hp	34	Rectificador de corriente de 1000 Amp - 5V
13	Hidrociclón D6	35	Tanque de solución barren 3 m3 cap.
14	Hidrociclón D4	36	Electrobomba hidrostral 3.4 HP
15	DSM - vibratorio 3'x 5' / 1Hp	37	Caldero acuotubular de 12,000 BTU
16	Tanque de agitación 10'x12' de /30 Hp	38	Bulliones al 95%
17	Tanque de agitación 10'x12' de /30 Hp		
18	Tanques de agitación 25'x25' / 75 Hp		
19	Tanques de agitación 20'x20' / 30 HP		
20	Tanques de agitación 20'x20' / 30 HP		
21	Bomba horizontal de sello seco 4" x 3" / 25 Hp		
22	Zaranda vibratoria para cosecha de carbon / 5Hp		

4.1.1.14. Evaluación económica a 120 TMD

El aspecto económico es el elemento más crucial para cualquier empresa, especialmente en el caso de empresas mineras de baja producción, como la planta de beneficio de minerales Acumulación Los Rosales, que se clasifica como pequeña empresa.

Para evitar estas situaciones, se llevó a cabo un estudio económico detallado, como se presenta en la tabla 8.

Tabla 8

Costo operativo de la planta Acumulación Los Rosales 120 TMD´

A) COSTO OPERATIVO DE LA PLANTA		
Capacidad y días de operación mensual - Planta de beneficio 120 TMSPD		
T/M DIA US\$		66.10
Capacidad Instalada	120.00	TMD
Días de operación	30.00	DIAS
Disponibilidad	75.00%	
Producción mensual	3600.00	TM/MES
Oro fino obtenido por mes	6021.00	g/mes
Precio de oro (USD)	66.10	g
INGRESOS TOTALES DE VENTA	397988.10	mes
Costo total de operaciones en planta de 120 TMSPD.		
RESUMEN- COSTO TOTAL TEÓRICO DE OPERACIÓN DE PLANTA US\$/TMD		
PRODUCCIÓN EN TM/MES	COSTO	POR MES
	(USD)	
Alimentación	18000.00	
Depreciación Planta y Equipos	3000.00	
Reactivos	13878.00	
Laboratorio	2000.00	
Mano de obra	46662.16	
Gastos Administrativos y	3000.00	
Comunidades	5000.00	
Mantenimiento y reparación equipos	2000.00	
Aceros	1000.00	
Fuerza motriz y petróleo	700.00	
Energía	114921.90	
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN	210162.06	
COSTO DE PRODUCCION (USD)		
PROCESAMIENTO DE RELAVE	0.00	
PROCESO	210162.06	
BENEFICIO LIQUIDO PARA LA EMPRESA	187826.04	
COSTO UNITARIOS	20.60	
COSTO TOTAL EN PRODUCCION	210162.06	



De la tabla se observa que operando a 120 TMD el costo total en producción será de 210 162.06 US. Y el beneficio económico líquido para la empresa es \$ 187 826.04 US. Si la política de inversión se dirige adecuadamente, puede asegurar el éxito de la empresa. Sin embargo, incluso con una inversión realizada, una mala distribución de la misma puede conducir al fracaso. Según lo señalado, esta planta metalúrgica cuenta con equipos sobredimensionados, cuya capacidad debería ser utilizada para incrementar la capacidad de tratamiento de 120 TMD a 340 TMD con un mínimo aumento de equipos. Por lo tanto, el objetivo principal de este proyecto es optimizar el rendimiento de la capacidad de los equipos.

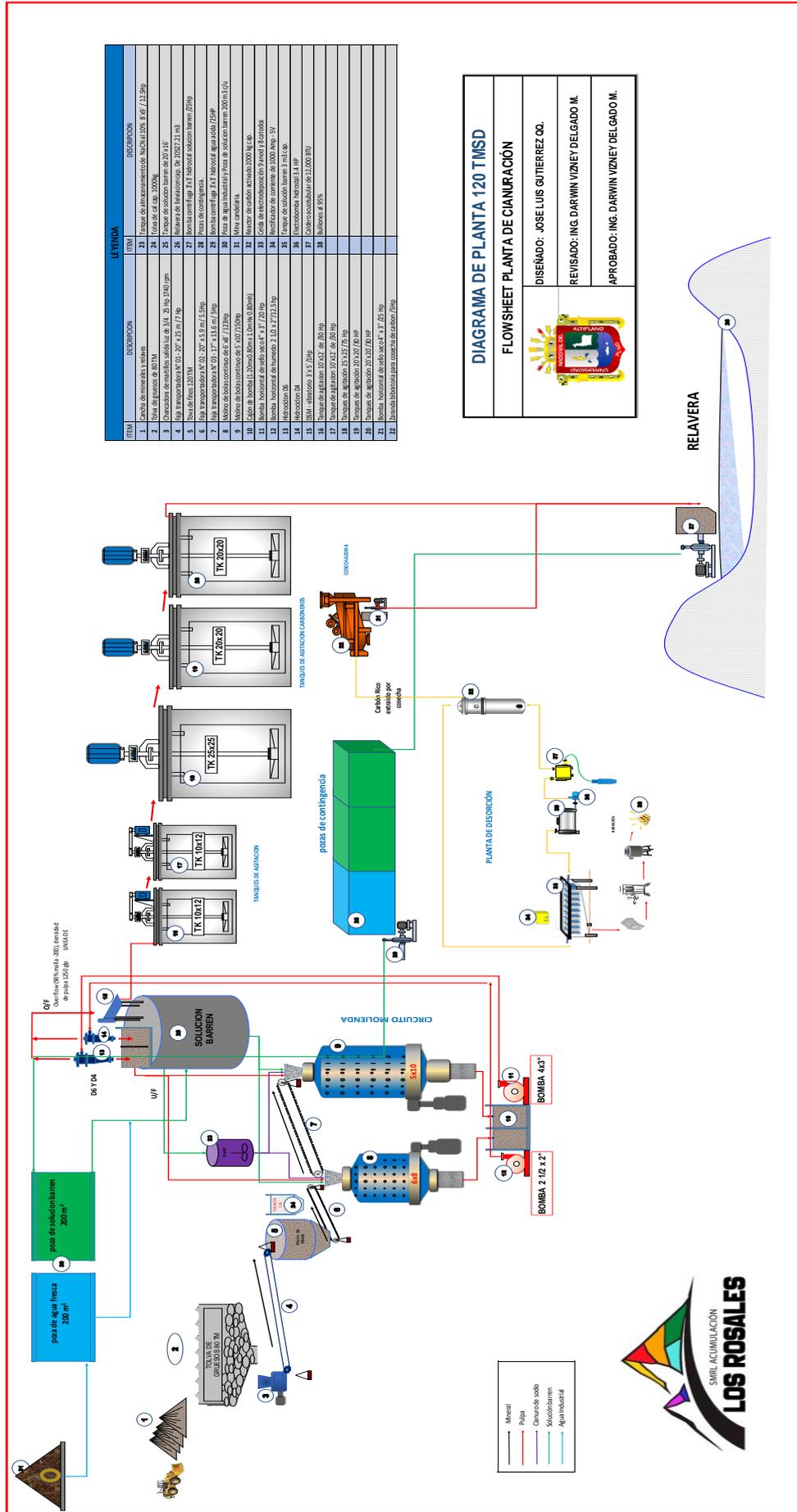
4.1.1.15. Diagrama de flujo de 120 TMSPD

Este diagrama está en base a las dimensiones y capacidades actuales de la planta de beneficio Acumulación Los Rosales, el cual se encuentra bien elaborado y dimensionado en el circuito de chancado, molienda, circuito de cianuración, desorción y relavera para soportar la ampliación de la planta a 340 TMSPD.

Como se puede apreciar en este flowsheet “01”, se aprecian las diversas secciones de la planta de tratamiento: recepción de mineral, chancado y clasificación, molienda, lixiviación, absorción, desorción, electrodeposición y regeneración del carbón activado. en el mismo diagrama se presenta la descripción del equipo de los equipos principales a emplear en las diversas secciones de la planta acumulación los Rosales.

Figura 9

FLWSHEET "01" De la planta de beneficio acumulación los rosales a 120 TMD





4.1.2. Determinación de las modificaciones, adiciones y cambios de tecnología para la ampliación de la planta de beneficio SMRL Acumulación los Rosales-Puno de 120 a 340 TMD

Teniendo en consideración que la ley de cabeza del relave es de 3.60 gramos Au/TM en promedio según cálculos de ingeniería de diseño, es por ello que se ha determinado ampliar la planta a su máxima capacidad de tratamiento a 340 TM por día para que sea rentable.

Asimismo, para llegar a la capacidad máxima de la planta, se tiene como principal activo la infraestructura actual de la planta, áreas auxiliares (laboratorio, almacén, agua y red energía de Electro Puno), mano de obra calificada y no calificada de la zona.

También, la nueva directriz en la actualidad es dedicarnos en el tratamiento de pasivos ambientales PAM de relaves antiguos por la línea de lixiviación; comprobando la obtención de mejores rendimientos de recuperación, que por flotación y/o gravimetría.

La planta de tratamiento de relaves y/o minerales frescos por Cianuración mediante el proceso CIP, en este estudio se plantea una modificación actual a la planta por la línea de LIXIVIACIÓN.

La planta modificada, procesará 340 TMD de mineral procedente de las canchas de relave y/o minerales frescos comprados en toda la zona.

El producto final mensual de esta planta será un carbón rico, cargado con 5.39 g de Au/ kg C*. La cosecha del carbón rico se realizará a razón de 30 días.



Dicho carbón será enviado en lotes de aproximadamente de 6.0 toneladas a la planta de desorción para la recuperación en bullión al 95 % de pureza.

Por lo tanto, se tiene que implementar áreas, componentes nuevos a esta línea para llegar a 340 TM por día a mediano plazo todo este año 2023, lo cual describo detalladamente línea abajo.

4.1.2.1. Complementación nueva línea de chancado

Ver Flowsheet N° 02, en el diagrama se muestra las ampliaciones como una balanza electrónica marca Toledo de 80 ton de capacidad, preparación de muestras, área comercial para la compra de minerales frescos de la zona.

El circuito de chancado independiente, consta de chancado primario y secundario, los minerales comprados por la planta están a diferentes tamaños, se tiene un grizzly con 8” de luz, el mineral es descargado en la tolva de gruesos de 30 TM de capacidad, son alimentados a la tolva a través de camiones de 10 a 30 TM.

Figura 10

Cálculos de volumen de tolva de gruesos con EXCEL

*TOLVA CON
FONDO PIRAMIDAL*

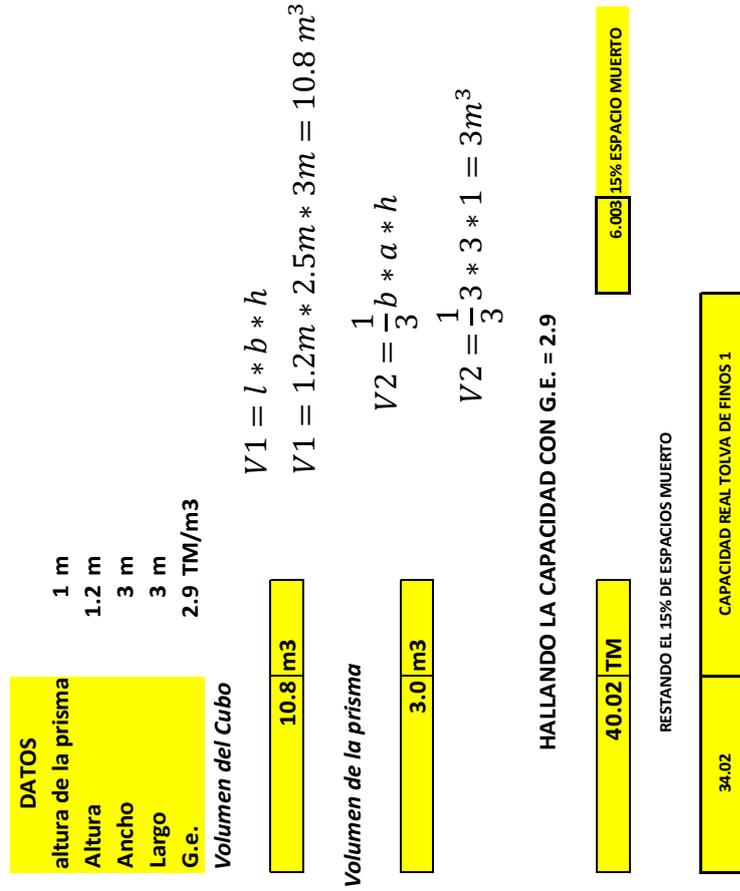
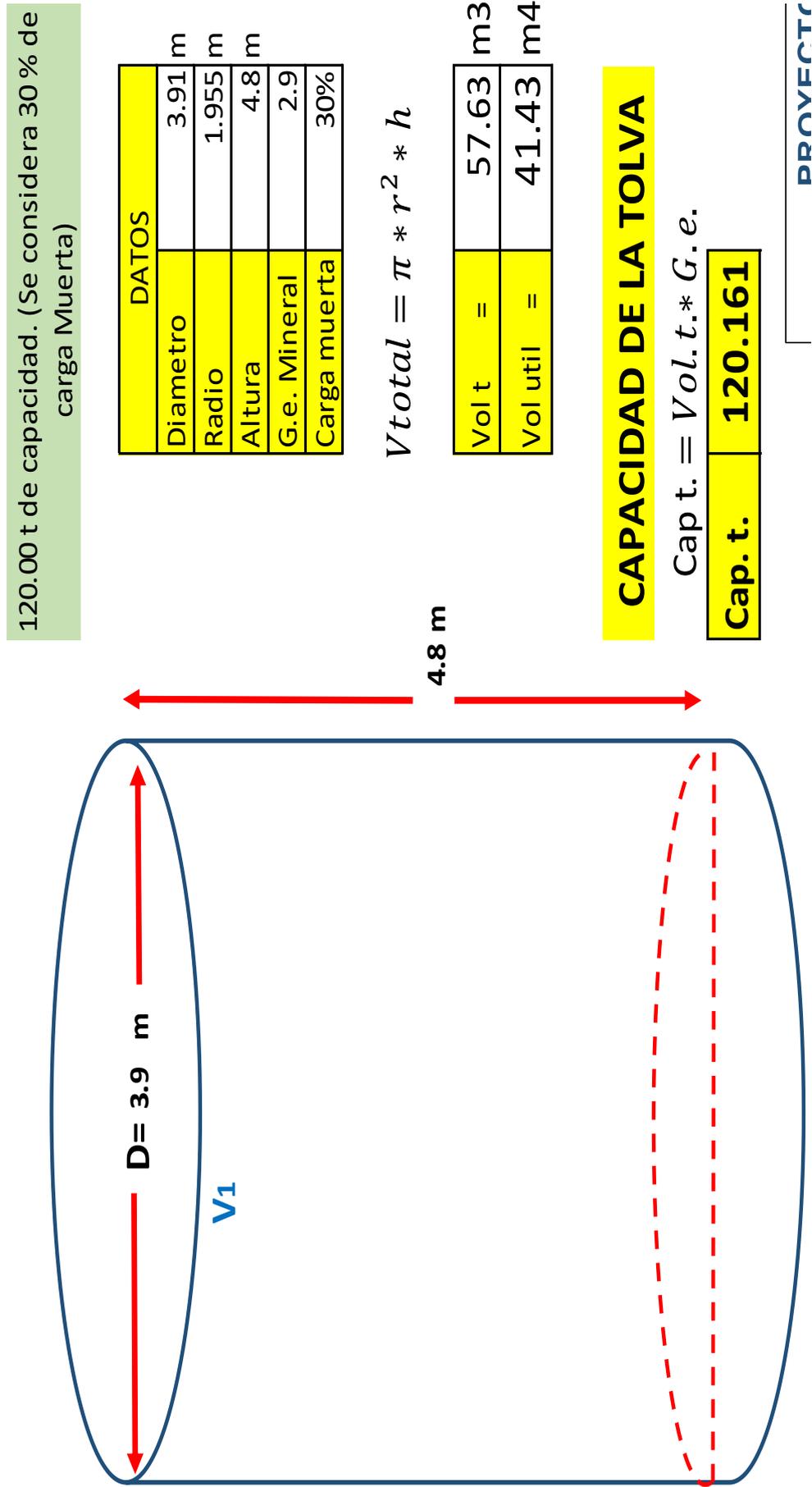


Figura 11

Cálculos de volumen de tolva de finos con EXCEL

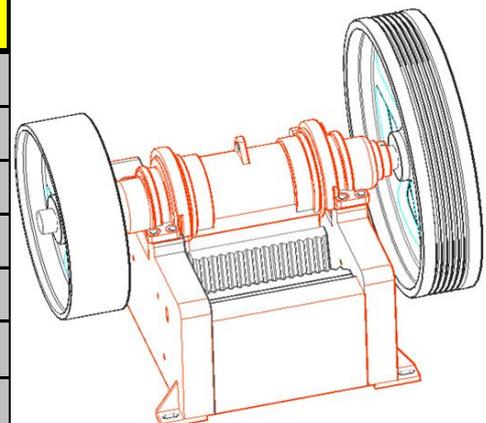


El mineral fresco descargado en la tolva de gruesos, cuenta con un alimentador vibratorio de 2' x 4' que es transportado por la faja N° 01 de 20" x 15m a la descarga de la tolva que alimenta a un grizzly estacionario de 1 ½" de luz el oversize alimenta a la chancadora de quijadas de 16"x 24" tipo COMESA que constituye el chancado primario, el producto de chancado al 80% es de - 1 1/2" Ø este producto descarga a una faja transportadora N° 02 de 20" x 15m y alimenta a una zaranda vibratoria de 4' x 12' cuyo producto undersize zaranda es el 100% malla de - ½" Ø y el oversize zaranda son derivados a través de la faja N° 03 de 20" x 12.5 m hacia la chancadora cónica de 3' Symons estándar, el producto del chancado cónico regresa nuevamente a la zaranda por medio de una faja transportadora N° 02: de 20" x 15m haciendo un circuito cerrado hasta obtener un producto de chancado de granulometría 100% malla -1/2", la capacidad de chancado es de 15 TM/h para mineral fresco de la zona.

Figura 12

Cálculos de volumen de chancadora con EXCEL

DATOS EN PULGADAS	
MODELO	PE400*600
ALIMENTACION	350mm
CAPACIDAD	16-55 tph
POTENCIA	30.0 Kw
APERTURA AJUSTAR	40-100 mm
PESO	6.5 t
DIMENCION	1565*1732*1586



En la descarga de la zaranda 4'x12' se tiene un chut donde se recepciona la carga para alimentar a una cuarta faja transportadora de 20"



x 15m y esta a su vez alimenta a un cargador y/o camión de mineral para trasladar a una cancha de mineral para su respectivo muestreo y comercialización.

El mineral triturado se coloca en una superficie de cemento de 25 x 25 m, donde se realizan muestreos utilizando diferentes métodos. La muestra se codifica y se muele en un molino de bolas estacionario de 2 pies de longitud y 3.5 pies de diámetro, realizando una molienda en seco que dura entre 45 minutos y 1 hora. Luego, se vacía en un manto de goma y se toma una nueva muestra, creando cuadrículas o un patrón de damero en un saco de rafia limpio y libre de Au, obteniendo aproximadamente 8.0 kg de muestra molida con un 80% de granulometría a malla - 200. Posteriormente, se traslada al área de preparación de muestras, donde se mezcla y se reduce mediante cuarteo sucesivo hasta que cada bolsa contiene entre 300 y 500 g, resultando en un total de 4 muestras.

- Primera muestra: Testigo del consumidor
- Segunda muestra: Dirimencia
- Tercera muestra: Testimonio de Laboratorio
- Cuarta muestra: Testigo de prueba (guardado debido a un error legal).

Para obtener estas muestras finales aplicamos diferentes muestreos en cancha por ser muy errático las leyes por el oro grueso, segregación, tamaño de granulometría, etc.

Para este análisis se han realizado tres tipos de muestreo con la finalidad de determinar la mejor muestra representativa:



4.1.2.2. Muestreo por Faja

El proceso se lleva a cabo mediante muestreo sistemático, que consiste en cortar completamente el material de la faja transportadora N° 04 cada 2 "minutos", lo que resulta en aproximadamente 2% (240 kg o 300 kg) del lote de 12 o 15 TM. Después de recolectar la muestra, se realiza el cuarteo-volteo correspondiente hasta obtener entre 2 a 2 1/2 latas (65 a 80 kg), que se refinan (muelen) en un molino de 2 x 3.5 pies durante aproximadamente 1 hora a hora y media, dependiendo del material si es óxido o sulfuroso.

Luego con una pluma se toma la muestra correspondiente entre 5.0 kg a 8.0 kg de peso aproximado de muestra final.

4.1.2.3. Muestreo por Hoyos

Después del chancado secundario, se procede a cuadricular el terreno, que tiene las siguientes dimensiones de 1 m x 1 m x 0.40 metros. Se extrae una muestra en el centro de cada cuadrado mediante un hoyo en el centro. Este porcentaje es del 10 % del lote total (600 a 750 kg). Luego se cuarteo y voltea la muestra hasta que se obtiene 70 kg, que se refina en el molino correspondiente, y finalmente se obtiene de 5 a 8 kg de muestra para preparar en la sala de cuarteo y muestreo.

4.1.2.4. Muestreo por Surcos

El procedimiento es idéntico al anterior, pero este método se hace zanjitas en las líneas trazadas del lote.



La recomendación para este tipo de muestreo es el de HOYOS (damero) que presenta menor % de variación de error.

4.1.2.5. Blending

Una vez que el cliente está conforme con su peso, ley, % H₂O y la valorización (hoja de liquidación, se procede a realizar la mezcla de minerales a procesar en rumas de ley baja, ley mediana y alta ley de los diferentes lotes comprados, que también serán evaluados su comportamiento de recuperación, consumos de reactivos de (cal, soda y cianuro) y contaminantes como los cianicidas (minerales de cobre, pirrotitas, arsenopiritas, etc).

4.1.2.6. Lixiviación de relaves y/o minerales frescos

El proceso de tratamiento se iniciará alimentando en el circuito de chancado actual: tolva de gruesos de cemento de 80 toneladas de capacidad como chancado terciario si fuera mineral fresco de compra, asimismo si fuera relave y desmonte (pasivo) será como chancado primario descrito a detalle anteriormente.

4.1.2.7. Molienda

El mineral y/o relave sale de la tolva de finos el cual es transportado por la faja N° 5: 20” x 9 metros hacia el molino de bolas de 6’ x 8’ donde se adiciona agua, cal para ajustar el pH a 11.0 y cianuro de sodio al 10%. La pulpa es descargada a un cajón de pulpa, conectado a una bomba de lodos de 4”x3” de sello seco, el cual es bombeado hacia un hidrociclón D10B y cedazo vibratorio con abertura #40. Los gruesos (U/F) del ciclón



alimentan a los molinos de bolas de 5'x 10' y 6'x 10' como remolienda con una densidad de pulpa de 1800 gramos por litro, la descarga de la remolienda se junta en el cajón de pulpa en circuito como una carga circulante de 2.5%. La descarga de la remolienda va a un segundo cajón de pulpa impulsado por una segunda bomba de lodos de 4"x3" de sello seco hacia un hidrociclón D6BB, el producto grueso del D6BB regresa por gravedad al molino de 6'x10' para conseguir un corte de malla del overflow 90% a malla -200 que van por gravedad directamente a los tanques de lixiviación.

Figura 13

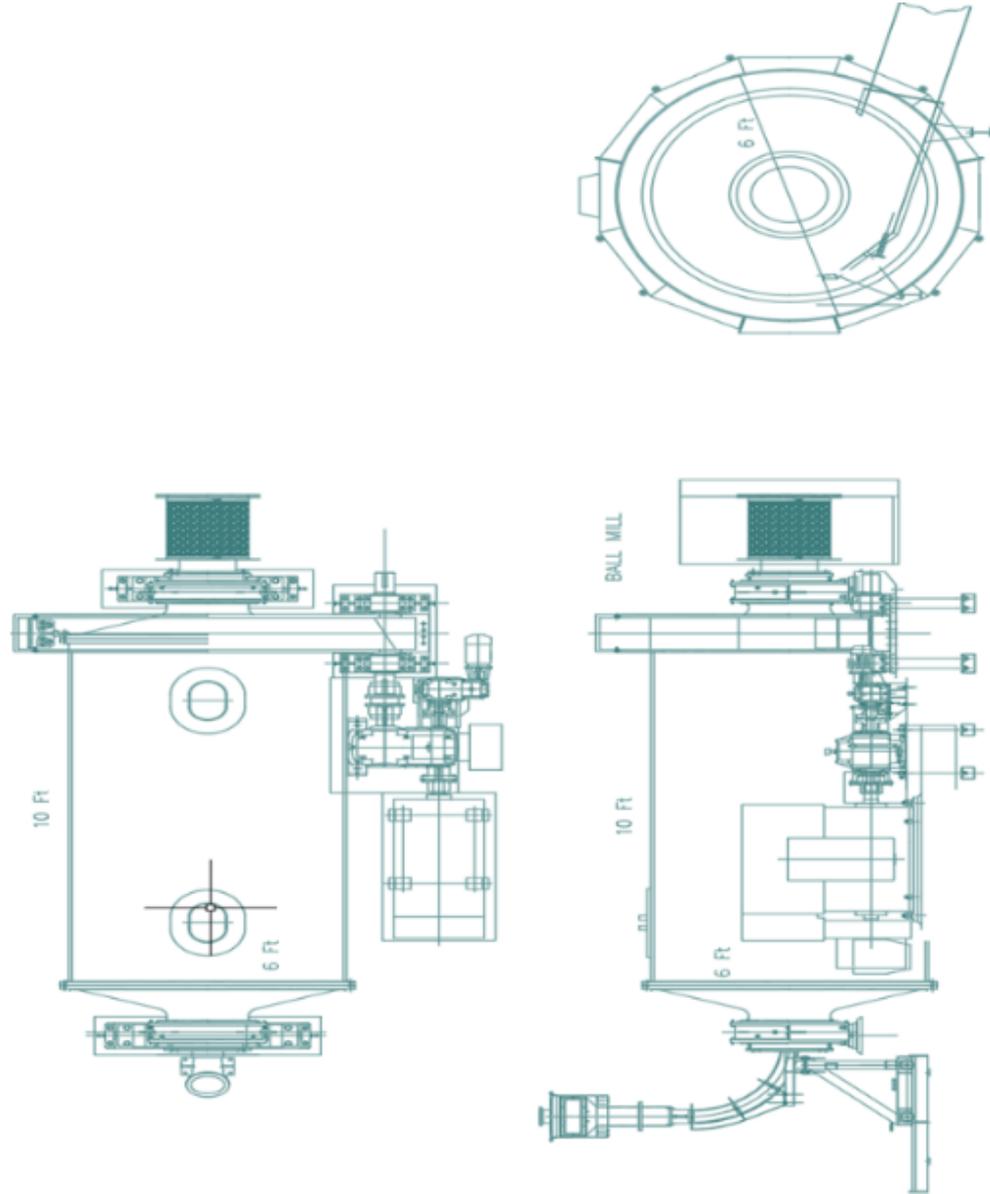
Cálculos de volumen del molino con EXCEL

DATOS EN (ft)	
Diametro	6 ft
Radio	3 ft
Largo	10 ft
G.e. Mineral	2.9
1 (ft)	0.30 m

DATOS EN (m)	
Diametro	1.83 m
Radio	0.91 m
Altura	3.05 m
G.e. Mineral	2.90

$$V_{total} = \pi * r^2 * h$$

Vol t	=	8.01	m ³
-------	---	------	----------------





4.1.2.8. Cianuración

La pulpa overflow alimenta por gravedad a los 02 (dos) tanques agitadores de 25'x 25', los cuales trabajan en serie, y donde se producirá la disolución de las partículas de oro las cuales pasarán a formar parte de la solución. En cada uno de los agitadores se insufla aire por medio de un soplador de 50 HP marca Gardner Denver para acelerar el proceso de disolución.

El oro es disuelto gradualmente mientras la pulpa atraviesa desde los molinos hasta los otros 02 tanques agitadores de 25'x 25', haciendo uso de los 04 tanques agitadores.

4.1.2.9. Carbón in Pulpa (CIP)

Los tanques carboneros empiezan con los 04 (cuatro) tanques de agitación carbonero del 05 al 08 de 20'x 20' de capacidad, donde es captado gradualmente por el carbón activado calgon granular contenido en cada uno de ellos. Al pasar al último tanque la pulpa ya no tiene valores económicamente recuperables ni en la parte sólida ni en la líquida y por lo tanto es enviada por gravedad a un espesador 60'x10'y cancha de relaves.

Cuando el carbón activado del primer tanque alcanza una carga de valores de oro de 4 g/kgC* en promedio es retirado del mismo por medio de un sistema de air-lift con ayuda del soplador de aire. Este carbón activado luego es lavado con agua fresca para, con la ayuda de una malla # 30 de alambre acerado, eliminar las partículas sólidas de mineral, siendo el agua residual producto del lavado bombeada mediante una bomba vertical de pulpas de 1 1/2" al último tanque agitador.



El tiempo de retención de la cianuración de los 08 tanques se estima en 50.95 horas, la oxigenación de la pulpa en los tanques se lleva a cabo mediante la insuflación de aire y la concentración de carbón en la pulpa es de 10 g/l de pulpa. Cada tanque de agitación CIP cuenta con tamices # 25 al tubo de descarga para evitar la transferencia de carbón entre tanques.

Tabla 9

Diámetro y altura del tanque de lixiviación

Tiempo de retención 50.95 horas

Tiempo de Lixiviación del Au para obtener una recuperación del 90.0 %

F 10.0% Factor de Borde Libre y Volumen ocupado por el Mecanismo de agitación.

V nominal	: 347.50 m ³ Volumen del Tanque de Lixiviación.
V neto	: 312.75 m ³ Volumen neto ocupado por la pulpa.
D/L	: 1.0 Relación Diámetro/Altura.
D	: 25 pies.
D	: 25 pies Diámetro Final.
H	: 25 pies Altura Final

4.1.2.10. Espesamiento

La pulpa proveniente del último tanque de agitación carbonero es alimentada al espesador de 60'x10' para obtener dos fases, fase líquida (solución barren), fase sólida producto al 65% de sólidos que serán evacuado a la nueva relavera por medio de una tubería HDPE de 4" con sistema de bombeo de lodos pasa al circuito de destrucción de cianuro con ácido Caro.

4.1.2.11. Balance metalúrgico diario a 340 TMD

Solo se hizo el balance de materia de la sección de molienda, puesto que el flujo de material entrante a esta sección es el mismo flujo que sale

a la sección de lixiviación. el balance de materia en esta sección es importante puesto que la molienda es la sección más trascendental, ya que libera a la partícula para que pueda ser lixiviada, determina las adiciones de agua, las cargas circulantes de los molinos y el overflow de los hidrociclones que van directamente a la sección de lixiviación. Todos los molinos, y también los sistemas de clasificación, a emplearse son nuevos.

Tabla 10

Balance metalúrgico diario a 340 TMSD

FECHA	SUPERVISOR	GUARDIA	
5/03/2023	JOSE LUIS GUTIERREZ QQUENTA	DIA/NOCHE	
FACTOR DE FAJA	G.E		
3.58	2.9		
HORAS TRABAJADAS	24.00	TM HUMEDAS/día	400.39
CORTE / Kg.	4.66	TM SECAS/día	340.33
HUMEDAD	15.00	VOL PULPA m ³ /día	891.90
DENSIDAD O/F g/L	1250.00	VOL LIQUIDO m ³ /día	774.54
DILUCION	2.62	% Au RECUPERADO	88%
LEY CABEZA (g/TM)	3.60	ORO FINO RECUPERADO g/día	1082.89
CONT. METALICO Au (g)	1225.18	g/TM-LIQUIDO	1.05
LEY SOL. BARREN (g/m ³)	0.12	Au FINO LIQUIDO (g/día)	356.76
CONT. METALICO Au (g)	92.95	% SOLIDOS	30.53
LEY RELAVE SOLIDO (g/t)	0.15	RECUPERACION DE MOLINOS	36.11
CONT. METALICO A RELAVERA Au (g/día)	49.35		
LEY O/F g/t solido	2.30		
LEY O/F g/m ³ liquido	0.40	OBSERVACIONES: REPORTE DIARIO SIN NOVEDADES EN OPERACIÓN.	



Este balance metalúrgico se elaboró teniendo en consideración el diagrama de flujo propuesto para la ampliación de la planta de beneficio de minerales a 340 TMSPD, el cual implica el seguimiento riguroso de todos los materiales que entran y salen de los procesos de tratamiento de minerales, que permitió la mejora del control de calidad al proporcionar datos precisos sobre su composición cuando se extraen minerales con contenido variable de metales valiosos. Finalmente, contribuyó a la toma de decisiones estratégicas informadas para optimizar la producción y la rentabilidad a 340 TMSD.

Tabla 11

Resumen de balance metalúrgico diario a 340 TMSD

Balance metalúrgico diario proyectado a 340 TMSD				
Material	Peso (TMS)	Ley Au (g/TM)	Finos Au (g)	Recuperación Au (%)
Cabeza	340.00	3.60	1224.00	100.00
Carbón activado kg/k C*	6000.00	0.18	1077.12	88.00
Relave	340.00	0.43	146.88	12.00

De la tabla 11 se observa que el producto final diario de esta planta es un carbón rico, cargado con 1077.12 g de Au/ kg C*.

La cosecha del carbón rico se realizará a razón de 30 días. Dicho carbón será enviado en lotes de aproximadamente de 6.0 toneladas a la planta de desorción para la recuperación en bullión al 95 % de pureza.



4.1.2.12. Destrucción de Cianuro

La pulpa ingresa al cajón de pulpa de la bomba de lodos del espesador de destrucción de cianuro, donde se agrega el ácido "caro", producido in situ por la reacción del ácido sulfúrico con peróxido de hidrógeno. Estimando niveles de cianuro WAD inferiores a 20 ppm, este reactivo destruye el cianuro rápidamente. El relave se bombea a la relavera desde el sistema de destrucción de cianuro.

4.1.2.13. Desorción y electrodeposición

Después de efectuar la cosecha de carbón activado cargado de oro de 4– 6 g Au/kg C*, aproximadamente de 3000 - 6000 kg de carbón es enviado a la planta de desorción hacia los dos reactores de 3 toneladas de capacidad cada uno para su procesamiento y la obtención de metales refinados.

La etapa de desorción comienza con la introducción del carbón en el reactor. Además, se agregan 150 kilogramos de soda cáustica, 150 kilogramos de cianuro de sodio y 800 litros de alcohol industrial de pureza al 98 % al volumen total utilizado en el circuito. Todo esto se prepara en el tanque de solución gastada.

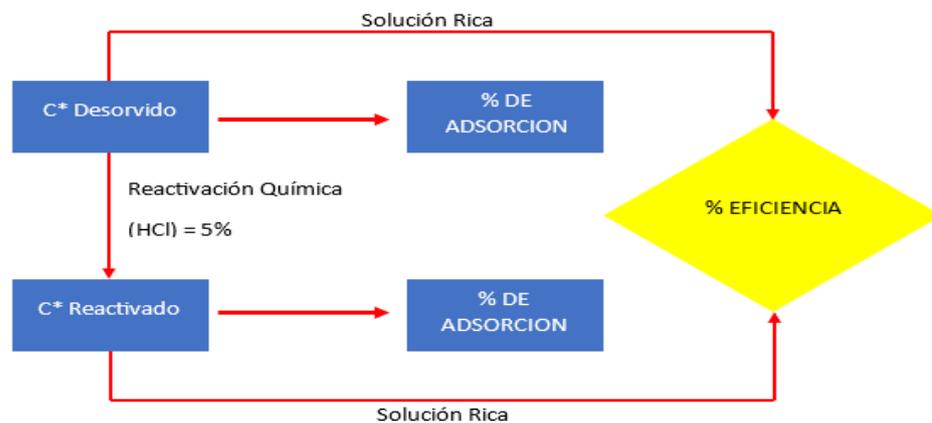
Esta solución se bombea hasta que el caldero alcance la temperatura de trabajo de 80 °C a 90 °C. Después de que el caldero se haya bombeado, la solución ingresa al reactor de manera uniforme por la parte inferior y fluye hacia arriba atravesando todas las partículas de carbón. Habrá una salida enmallada en la parte superior que permitirá la salida de una solución rica de oro en lugar de carbón.

Habrá un serpentín de enfriamiento (al ambiente) entre la salida superior del reactor y la entrada a la celda electrolítica. Este serpentín permitirá que la solución baje de 90 C a 70 C, la temperatura a la que fluirá dentro de la celda electrolítica con un flujo de 1.44 m³/h.

La solución de la celda electrolítica será bombeada hacia el tanque inclinado de 1.20 m de diámetro x 2.40 metros de largo para la preparación de solución. De esta manera, se completar  un circuito cerrado con una electrobomba de solución de 5.0 HP cuya marca será Hydrostal de 2" x 1 1/2". Hasta que la solución de salida de la celda alcance una ley de 0.100 g/m³ (solución pobre) y el carbón pobre del reactor alcance 0.025 g Au/kgC*, finalizando así el proceso de desorcici n.

Figura 14

Proceso de desorcici n de una solución rica



4.1.2.14. Electrodeposición

El proceso consiste en transformar el oro y la plata de su estado iónico en su forma metálica. Al finalizar cada ciclo, se extrae una solución rica y se envía a una celda de electrodeposición a una tasa de 1,44 m³/h. Posteriormente, se aplica una diferencia de potencial de 5 voltios y 2000



amperios utilizando un rectificador de corriente continua de la marca SPECTRUM. Bajo estas condiciones, el oro, la plata y otros metales se depositan en los cátodos (-), mientras que la solución empobrecida se redirige al tanque de solución de preparación

La celda electrolítica está compuesta por dos recipientes rectangulares de 2.00 metros por 0.70 metros por 1.0 metro de altura. Cada uno contiene ocho placas de cátodo de cobre metálico y nueve placas de ánodo de acero inoxidable de 3/16 pulgadas de espesor, que están conectadas paralelamente al rectificador de corriente.

Al encender el rectificador, comienza el proceso al fluir un electrón (-) hacia el cátodo, cuya superficie tiene una carga negativa. Los iones de oro y plata, que tienen cargas positivas, fluyen hacia el cátodo, lo que resulta en la neutralización de sus cargas positivas con una cantidad igual de cargas negativas. Por lo tanto, cada ion metálico regresa a su estado natural de metal y forma lodos catódicos en la superficie del cátodo (virutas # 02 de hierro).

Lavado de cátodos (cosecha): cuando un cátodo está saturado de lodos catódicos en su superficie, se saca de la celda y se extrae de la lana de acero. Luego, el cátodo se envuelve en lana nueva de acero # 02 y se devuelve a la celda para continuar operando. Después de 48 horas de operación, la celda, los cátodos, los ánodos, las barras de cobre y otros componentes son completamente lavados.

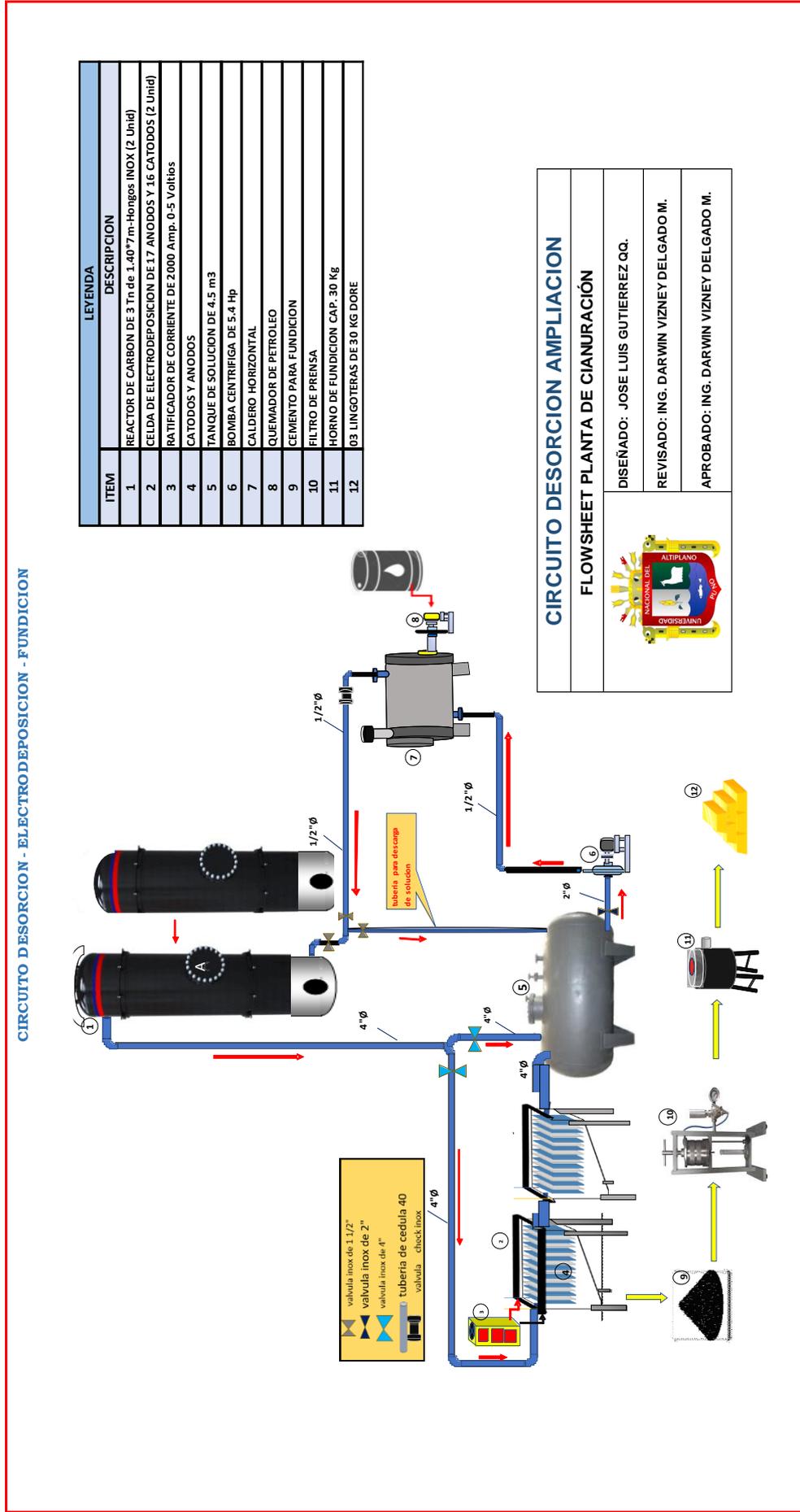


4.1.2.15. Fundición

Los lodos catódicos son filtrados y atacados con HNO_3 técnico, las lanas de acero que se adhieren a la carga son atacadas con ácido clorhídrico técnico y agua caliente para disolver el zinc, luego se lavan y filtran en un filtro prensa, y la torta se hornea en un horno a gas con bórax y sílice en un crisol de grafito tipo A-20. El dore producido se limpia, lava, seca, muestrea, pesa y etiqueta.

Figura 15

Circuito de desorción, electrodeposición y fundición a 340 TMD





4.1.2.16. Reactivación del carbón activado

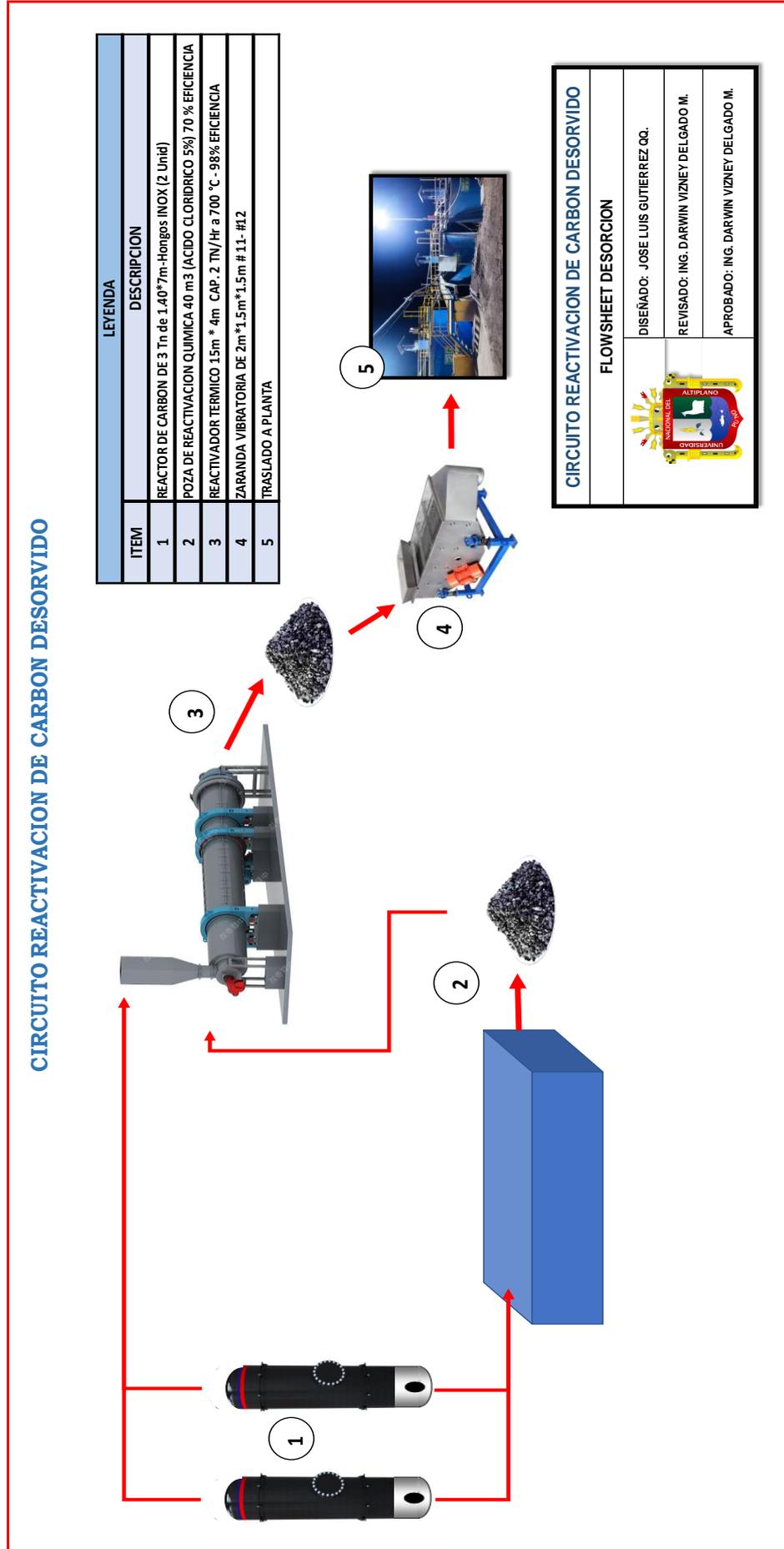
Esta etapa tiene como objetivo recuperar la capacidad de adsorción del carbón mediante lavado con ácido (regeneración química) y/o regeneración térmica. Después de cada proceso de desorción (carbón desorbido), el ácido clorhídrico al 3% se lavará en una poza de 2.40 m³, quedando reactivado y listo para el nuevo proceso de adsorción.

La regeneración térmica se llevará a cabo en un horno eléctrico a 750 °C, donde el carbón se calcina a una velocidad lenta sin oxígeno. La regeneración térmica se llevará a cabo de forma regular, después de cada tres reactivaciones químicas. Por lo tanto, se realizará un control exhaustivo del carbón y se evaluará su capacidad de adsorción, conocida como eficiencia del carbón.

Los equipos requeridos en la sección desorción y electrodeposición se presentan en la siguiente figura, en esta misma figurase muestran las dimensiones y los requerimientos de potencia de esta sección.

Figura 16

Diagrama de flujo de planta de desorción de 2.5. Toneladas





4.1.2.17. Construcción de Nueva Relavera 03

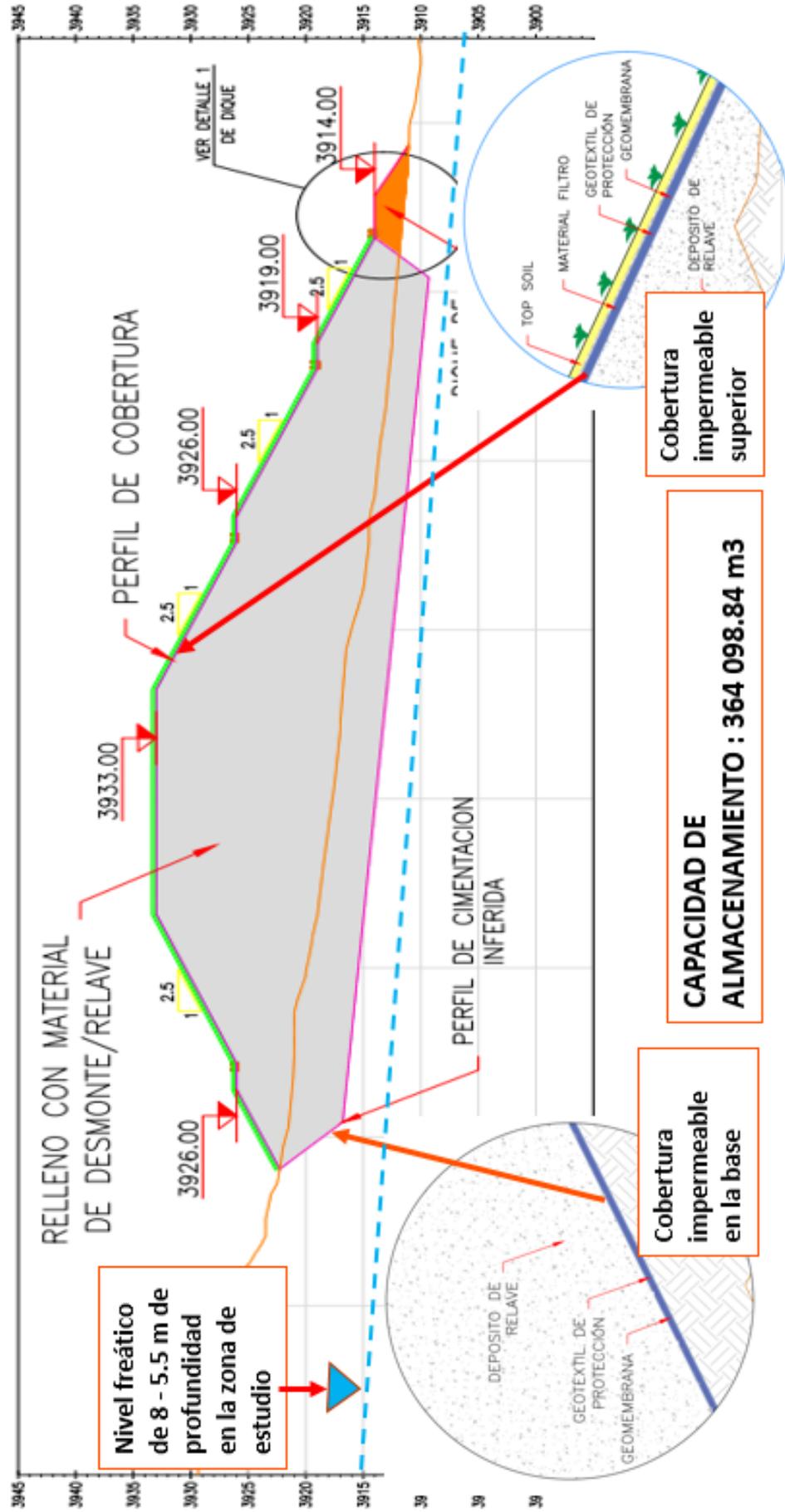
Se ha considerado una relavera denominada “Relavera 03”, con una capacidad de almacenamiento de 57 000.00 m³., recubierta con geomembrana, la primera de arcilla y seguida por una geomembrana sintética de 1.5 mm., de acuerdo a las normas vigentes, asimismo, considerando la presencia del nivel freático, debajo del área impermeabilizada se diseña un colector de aguas llamado espina de pescado que a través de una tubería corrugada de HDPE de 4” ira a una poza de subdrenaje con una capacidad de 31.20 m³.

Para la ubicación del depósito de relaves, se ha tenido en consideración, la extensión del área, la cercanía a las operaciones, y el tipo de suelo en el que se va edificar el depósito de relaves, para la construcción de dicha relavera se realizaron muestreo y mecánica de los suelos, para determinar las características físicas y geomecánicas del suelo, y posteriormente con estos resultados de laboratorio, se hicieron las pruebas y ensayos para determinar las características físicas del depósito de relaves.

Este nuevo plan de mayor capacidad que forma parte del Plan de Cierre a Nivel Factibilidad de Pasivos Ambientales Mineros – denominada “Nueva Relavera”, se está construyendo por etapas por el alto costo de inversión y que está cubierta con geomembrana, geotextil de protección.

Figura 17

Relavera 03





4.1.2.18. Diagrama de flujo de 340 TMSPD

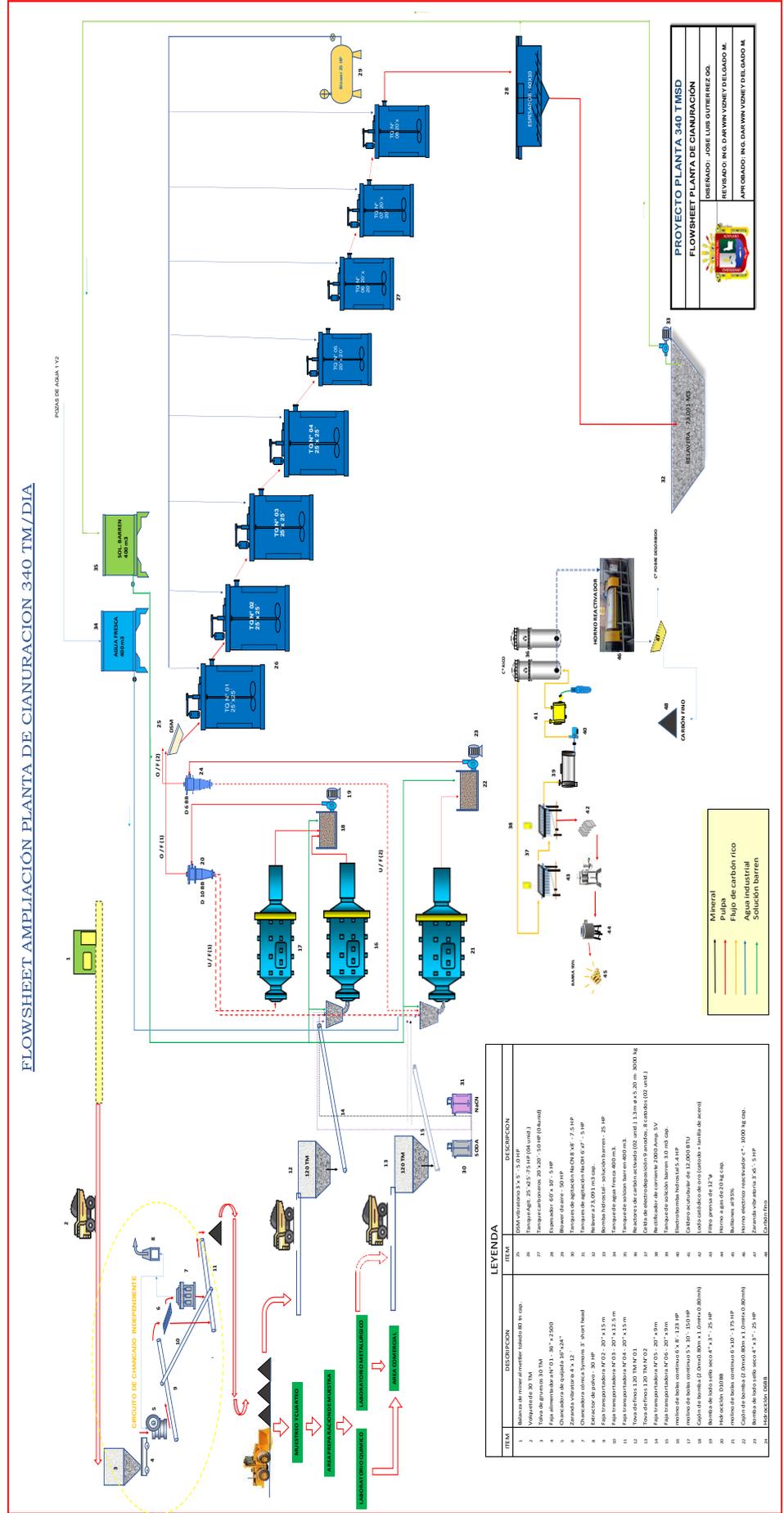
El objetivo del proyecto es mejorar la recuperación de oro a través de la ampliación de capacidad de producción de la planta de beneficio Acumulación Los Rosales, donde se implementará un sistema de chancado independiente y se incrementará tanques para la lixiviación de minerales auríferos y amalgamas mediante la desorción y uso de carbón activado.

Este diagrama de ampliación de capacidad de planta de beneficio Los Rosales está elaborado teniendo en consideración la actual planta de beneficio ya que se modificará y/o aumentará equipos en el circuito de chancado-molienda, lixiviación, desorción y fundición.

Como se puede apreciar en este flowsheet, se aprecian las diversas secciones de la planta de tratamiento: recepción de mineral, chancado y clasificación, molienda, lixiviación, absorción, desorción, electrodeposición y regeneración del carbón activado. en el mismo diagrama se presenta la descripción del equipo de los equipos principales a emplear en las diversas secciones de la planta.

Figura 18

Flowsheet ampliación planta de cianuración 340 TM/DIA





4.1.3. Propuesta de componentes para modificar y ampliar la capacidad de procesamiento a 340 TMD

El estudio de ingeniería del proceso metalúrgico se centra en el desarrollo de las operaciones y procesos unitarios que se implementarán en la planta de beneficio, la cual tendrá una capacidad de 340 TMD y estará diseñada para la recuperación del metal valioso, el oro. Esto se logrará a través del proceso de carbón en lixiviación (CIP), utilizando tanques agitadores. Además, el material no valioso resultante del proceso se ubicará en áreas adecuadamente acondicionadas para evitar la contaminación del medio ambiente, conocidas como relavera.

Para controlar el cianuro disuelto, se ha decidido construir depósitos de relaves en una zona contigua a la planta, los cuales serán completamente impermeabilizados utilizando una geomembrana de HDPE. En la relavera que se construye, la geomembrana en la poza de almacenamiento temporal estará operando durante toda la vida útil del proyecto. Una vez que se retire la relavera y la poza temporal, la geomembrana HDPE será entregada a una EPS-RS para su disposición final.

Esta estructura, cuando se opera de manera adecuada, asegura el control del cianuro y permite recircular una parte significativa del agua en el proceso.

El método elegido y el diseño de la planta se basan en la mejor tecnología disponible para la pequeña minería, la cual puede ser implementada con los recursos económicos limitados que tienen las empresas de este sector.

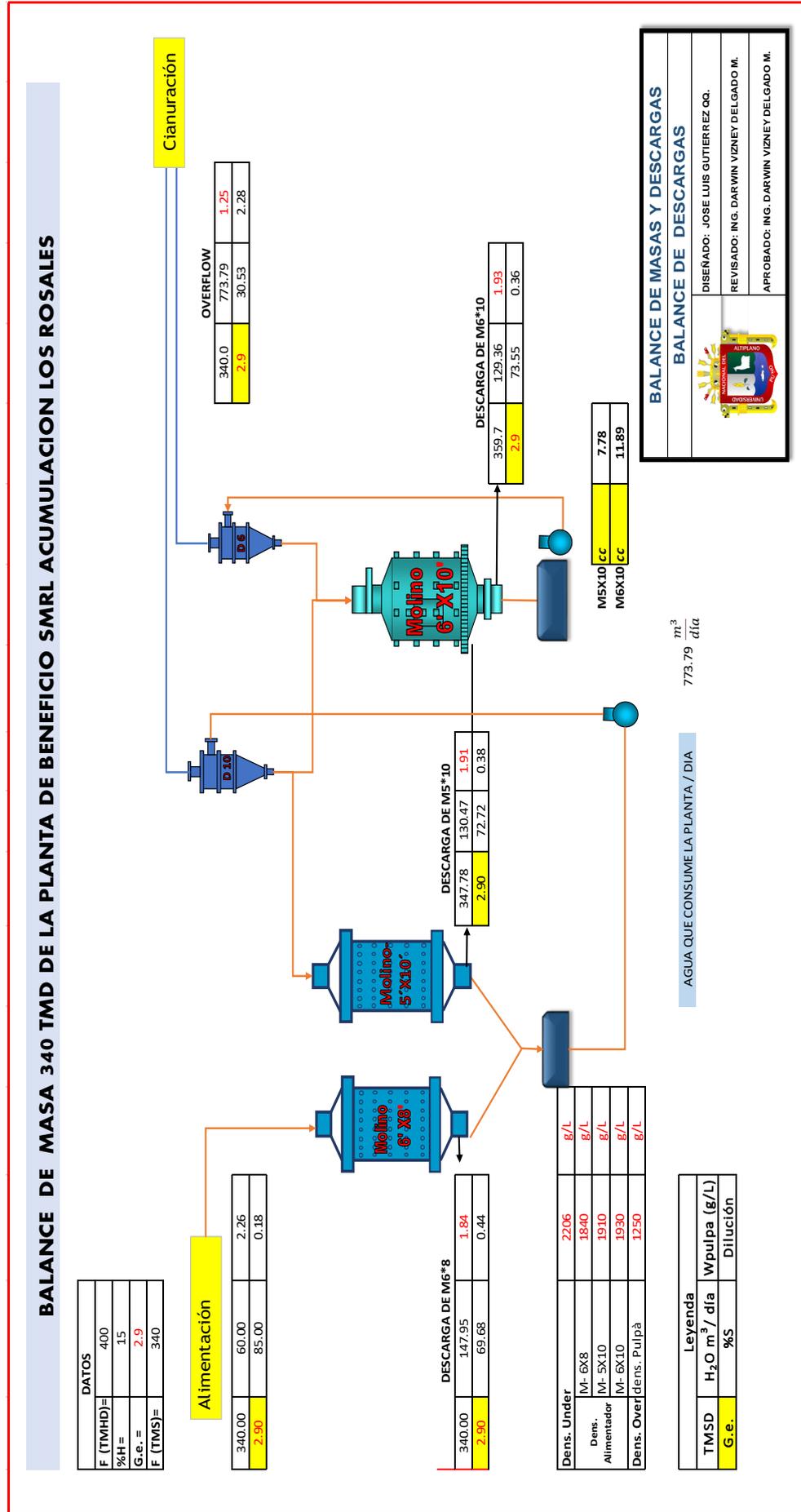


4.1.4. Balance de materia

El balance de masa calculado corresponde a la expansión de la planta de beneficios a 340 TMSPD, y se fundamenta en las pruebas metalúrgicas previamente mencionadas. Teniendo en consideración estos cálculos, se detallarán los equipos que se agregarán a cada uno de los circuitos, secciones o sistemas teniendo en cuenta los objetivos específicos de la modificación a realizar, fundamentalmente en la línea de circuito de chancado independiente, molienda y lixiviación consistente en lo que se manifiesta líneas abajo.

Tabla 12

Balance de masa a 340 TMD de la planta Acumulación Los Rosales





Los resultados de las pruebas experimentales realizadas en el laboratorio, la caracterización físico-química y mineralógica de los minerales, los datos metalúrgicos obtenidos durante el tratamiento en la planta, las condiciones operativas óptimas a nivel de planta, así como la experiencia en el tratamiento de minerales y otros criterios; todos estos parámetros obtenidos a través de la evaluación técnica permiten llevar a cabo la ampliación de la planta de beneficio de 120 TMSD a 340 TMSD

Por lo tanto, existe una conexión directa entre los parámetros obtenidos y la ampliación de la planta de beneficio, lo que respalda la ejecución de este proyecto de investigación.

4.1.5. Derecho de uso de recursos hídricos

Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada Acumulación Los Rosales, cuenta con autorizaciones y derechos de uso de agua obtenidos al largo de la ejecución del proyecto los cuales se mencionan a continuación:

Mediante Resolución Administrativa N° 0080-2004-ANA-ALA-ILAVE de fecha de 13 de febrero del 2014, se otorga derecho de a de Uso de Agua con Fines de uso mineros. (Se adjunta en anexos las resoluciones de autorización ANA).

Los puntos autorizados para la captación de aguas:

Candelaria : E: 362549; N: 8251481

Ojo de Agua : E: 362708; N: 8251260

Tuntani : E: 362757; N: 8251208

4.1.6. Balance hídrico a 340 TMD

El proceso en la planta concentradora utilizará en su consumo un promedio de 2.5 litros por segundo de agua, la cual se tomará del punto de captación Candelaria. Esta será transportada mediante una bomba hidrostal de 2" x 2" y tuberías de polietileno de 2" de diámetro, hasta un depósito o reservorio existente en la parte superior de la planta, cuya capacidad de almacenamiento es de 300 m³.

Así mismo para el depósito de la solución Barren se cuenta con un reservorio de 300 m³ de capacidad.

Figura 19

Balance de agua a 340 TMD



Teniendo en consideración el balance de materia a 340 TMD, de la figura se observa que para el tratamiento del relave ingresa 773.80 m³ de agua por día, de los cuales en la relavera ingresa 488.67 m³ de agua por día, recuperándose de esto 285.12 m³ por día.



4.1.7. Implementación nueva línea de chancado independiente

A continuación, se ofrece una descripción de las especificaciones técnicas de los equipos que se instalarán en los diferentes circuitos, sistemas o secciones para incrementar la capacidad de producción de la Planta de Beneficio Los Rosales. Estas especificaciones se detallan en las subsiguientes tablas.

Este circuito será implementado para procesar mineral de desmonte reutilización de la labor Candelaria, Oficinas y Natividad existentes y la compra de minerales fresco de nuestras propias concesiones de mineros en etapa de formalización.

Para procesar los 340 TMD se implementará el circuito de chancado independiente, que consta de chancado primario y secundario, los minerales comprados por la planta están a diferentes tamaños, se tiene un grizzly con 8" de luz, el mineral es descargado en la tolva de gruesos de 30 TM de capacidad, son alimentados a la tolva a través de camiones de 10 a 30 TM.

El mineral fresco descargado en la tolva de gruesos, cuenta con un alimentador vibratorio de 2' x 4' que es transportado por la faja N° 01 de 20" x 15m a la descarga de la tolva que alimenta a un grizzli estacionario de 1 ½" de luz el oversize alimenta a la chancadora de quijadas de 16"x 24" tipo COMESA que constituye el chancado primario, el producto de chancado al 80% es de - 1 1/2" Ø este producto descarga a una faja transportadora N° 02 de 20" x 15m y alimenta a una zaranda vibratoria de 4' x 12' cuyo producto undersize zaranda es el 100% malla de - ½" Ø y el oversize zaranda son derivados a través de la faja N° 03 de 20" x 12.5 m hacia la chancadora cónica de 3' Symons estándar, el producto del chancado cónico regresa nuevamente a la zaranda por medio de una faja



transportadora N° 02: de 20" x 15 m. haciendo un circuito cerrado hasta obtener un producto de chancado de granulometría 100% malla -1/2", la capacidad de chancado es de 15 TM/h para mineral fresco de la zona.

Tabla 13

Especificación técnica de tolva de gruesos (paso)

Información general	
Equipo.	Tolva de grueso metálico 30 ton
Plano de referencia.	Código:
Ubicación	Planta de Beneficio - chancado independiente
Datos de operación	
Material de ingreso	Mineral
Densidad aparente.	1.6 t/m ³
Tamaño máximo de alimentación	Hasta 8".
Capacidad de carga.	30 TM de capacidad. (Considerando 15 % de carga muerta).
Método de alimentación	Volquete y/o cargador frontal
Descarga de productos	Alimentador vibratorio 2x4 pies
Datos técnicos	
Dimensiones	3.61 x 2.5 x 1.50 m.
Estructura metálica	Soporte de parrilla: 04 vigas de acero estructural de 8" x 6" x 4.10 m.
Tolva de metal.	Tolva de metal estructural con un ancho de muro de 0.20 m. PL 3/8", soportes y refuerzos en material ASTM A-36
Parrilla	Unidades de rieles de 5.10m. (Rieles de 12 lb/ft)

Tabla 14

Especificaciones técnicas de tolva de finos

Información general	
Equipo.	Tolva de finos
Plano de referencia.	Código:
Ubicación	Planta de Beneficio - Zona de molienda
Datos de operación	
Material de ingreso	Mineral
Densidad	1.95 t/m ³
Tamaño máximo de alimentación	Hasta ½”.
Capacidad de carga circulante	120.00 t de capacidad. (Se considera 30 % de carga Muerta)
Método de alimentación	Faja Transportadora N° 3.
Descarga de productos	Faja Transportadora N° 4.
Datos técnicos	
Dimensiones	Tolva Cilíndrica de Ø 3.8 m. x 4.8 m. de altura.
Material de construcción	Planchas roladas de ¼” de espesor. Base concreto armado de 0.20 m., soportado en machones de concreto armado con una sección de 0.35 x 0.35 m. x 1.5 m. de altura.



Tabla 15

Especificación técnica de faja transportadora N° 01, 02 y 03

Información general	
Equipo.	Faja Transportadora N° 01, 02 Y 03 - 20" x 15 m.
Plano de referencia.	Código:
Ubicación	Planta de Beneficio – CHANCADO
Datos de operación	
Material de ingreso	Mineral
Densidad	1.6 t/m ³
Tamaño máximo de alimentación	De 0 a 1" y ½"
Capacidad de carga circulante	2.9 tph. A una velocidad de 0.762 m/s
Método de alimentación	Chuts
Descarga de productos	Zaranda vibratoria y Cónica
Datos técnicos	
Dimensiones	20" x 15 m / Angulo de inclinación 15°.
Ancho / Tipo de lona	20" / Marca: Roatsa – Perú, tipo: EP B500/3, N° de pliegues: 3, espesor total: 10 mm, Carga de trabajo: 330 Lb / Pulg de Ancho, Anti abrasiva, Anti cortante.
Material de estructura	Chasis de faja de canal U 6" x 2". Arriostres de ángulos de 2" x ¼" de espesor. De 0.9 m. de ancho. Moto reductora de eje coaxial, de discos cicloidales, carcasa de fierro fundido, rodamientos cónicos, lubricación con aceite accionado por motor eléctrico trifásico, marca SEW tipo jaula de ardilla, de 220/380/440V, 60Hz, aislamiento clase F, totalmente cerrado.
Motoreductor	Potencia 5.5 KW, Velocidad (entrada/ salida) 1750/60 rpm Piñón -Cadenas Marca RENOL.
Transmisión	Catalina: 32 dientes, paso 1" ASA 80-1 simple, c/trat. Piñón: 18 dientes, paso 1" ASA 80-1 simple, c/trat. Cadena: 16 B-1R, paso 1".
Detalles de polea de cola	Tambor Ø 16" x 686 mm, tipo auto limpiante, Eje Ø 57 mm x 940 mm. En acero H1045, con manguitos de sujeción
Detalle de polea motriz	Tambor de Ø 16" x 686 mm. Eje Ø 57 mm x 1016 mm, eje para Catalina Ø 57 mm x 130mm, acero H1045.
Velocidad de faja	0.762 m/s
Chumacera de polea de cola	Chumacera bipartida Ø 57" P 212 FK.
Chumacera de polea motriz	Chumacera bipartida Ø 57" P 212 FK.
Tipo de bastidor	Bastidor de carga triple con ángulo de abarquillamiento de 35°.
Polines de impacto	
Polines de carga	Ø 4" x 9" CEMA B/ 54 unid.
Polines de retorno	Ø 4" x 27" CEMA B/ 7 unid.

Tabla 16

Especificaciones alimentador vibratorio

Alimentador Vibratorio GZD3090			
Modelo		GZD 300x90	
Max alimentación tamaños	(mm)	425	
Capacidad	(t/h)	40-100	
Potencia	(kw)	7.5	
Tamaño del embudo	(mm)	3000x900	
peso	(t)	2.55	
Dimensión	(LxWxH) (mm)	3307x1430x1450	

Tabla 17

Especificaciones chancadora de quijada 16"x24"

Triturador de mandíbula PE400x600		
Modelo	PE400x600	
Max alimentación tamaños	350 mm	
Capacidad	16-55 tph	
Potencia	30.0 Kw	
La apertura de ajuste	40- 100 mm	
peso	6.5 t	
Dimensión (LxWxH)	1565 x 1732 x 1586 mm.	
Notas: 1. Material de unidad principal: Q235 2. Material de eje excentrico:40CrMo 3. Material de placa de mandíbula: Aleación de manganeso 4. Placa de codo: solo 5. Protección: por placa de codo 6.Lubricación: grasa		

Tabla 18

Especificaciones técnicas de chancadora cónica

Trituradora de Cono CS-B75	
Diámetro del cono triturador(mm)	900
Tamaño máximo de alimentación(mm)	175
Rango de tamaño de descarga(mm)	13-38
Capacidad (tph)	59-163
Potencia (KW)	75
Dimensión (mm)	2820 X 1880X 2164
Peso (t)	16
<p>Notas:</p> <p>Material de unidad principal: Q235 de acero</p> <p>Tipo de estructura principal: soldadura</p> <p>El material del eje principal: 40CrMo</p> <p>Material de mangas: aleación de cobre</p> <p>Transmisión: Eje</p> <p>Tipo de protección: resorte</p> <p>Sello: la grasa</p> <p>Lubricación: sistema de lubricación por bombeo, refrigeración, calefacción, automático.</p> <p>Superficie: arenado y pintura</p>	



Tabla 19

Especificaciones técnicas zaranda vibratoria 4 x 12 pies

Zaranda Vibratoria 2YA1237	
Número de capas	2
Tamiz de malla(mm)	5-50
Tamaño de pantalla (mm)	1200x3700 (4x12 1/3')
Tamaño máximo de la alimentación(mm)	200
Capacidad (t/h)	10-80
la frecuencia de vibración(r/min)	970
la amplitud doble (mm)	8
Potencia (KW)	15
Peso (sin motor eléctrico) (t)	5.1
Dimensiones (L×W×H)(mm)	4020x2250x3140
<p>Notas:</p> <p>1.Material de armazón principal: placa de la caldera, resistencia de cobre; 2. Tipo de armazón principal: soldadura 3.Material de eje:40CrMo 4.Material de tamiz: 65Mn 5. Transmisión: V Cinta 6. Lubricación: grasa 7.Tipo de instalación: declive</p>	



Tabla 20

Especificaciones técnicas del molino de bolas de 6'x10'

Molino de bolas	
Modelo	1830x3000
Diámetro (mm)	1830
Longitud (mm)	3000
Potencia (kw)	130
Velocidad de rotación del cilindro (rpm)	24
Tamaño máximo de alimentación (mm)	20
Tamaño de descarga (mm)	0.074-0.89
Capacidad (t/h)	4-13
Peso (t)	28



Tabla 21

Especificación técnica de molino de bolas 6' x 10'

INFORMACIÓN GENERAL	
Equipo.	Molino de Bolas 6' x 10'
Plano de referencia.	Código:
Ubicación	Planta de Beneficio - Molienda
DATOS DE OPERACIÓN	
Material de ingreso	Pulpa
Densidad	1.8 t/m ³
Tamaño máximo de alimentación	Hasta ½".
Capacidad de carga circulante	De 2 a 3 TPH.
Método de alimentación	Faja Transportadora N° 06
Descarga de productos	A cajón de bomba de 2.0 m. largo x 0.80m ancho x 1m x 0.80m altura cajón.
DATOS TÉCNICOS	
Dimensiones	Ø 1.83 x 3.0 m
Base	Metálica
Transmisión	Por reductor engranajes y acoples



Tabla 22

Especificación técnica de bomba de lodo 4"x3" ESPIASA

INFORMACIÓN GENERAL	
Equipo.	Bomba de lodos sello seco
Plano de referencia.	Código:
Ubicación	Planta de Beneficio - molienda y clasificación.
DATOS DE OPERACIÓN	
Material de ingreso	Pulpa
Densidad	1.60 t/m ³
Tamaño máximo de alimentación	Malla 70.
Capacidad de carga circulante	22.08 m ³ /h
Método de alimentación	Cajón de pulpa.
Descarga de productos	Ciclón D10BB – 15 psi
DATOS TÉCNICOS	
Dimensiones	4" x 3" – sello seco ESPIASA
Estructura	Plancha estructural A-36 Acero maquinado.
Transmisión	Polea motriz y polea conducida – eje de acero, separador, base pedestal.
Motor Eléctrico	Motor de 20 HP, 380/440V/ 60HZ,
Velocidad de rotación	1775 rpm
Impulsor	03 álabes de jebe



CIRCUITO DE MOLIENDA - CLASIFICACIÓN MOLINO 6' X 10'

DATOS (Balance de Masa)

TMSH 14.2 (Capacidad de la planta de 340.00 TMSPD)

DP: (g/l) 1840 Densidad de pulpa alimentación a la bomba m³/h.

Pulpa 36.6 m³/h Alimentación de pulpa

G.E. 2.90 Gravedad específica.

Tabla 23

Tamaño de la bomba horizontal de pulpa seleccionado según catalogo Denver

TAMAÑO Y TIPO DE BOMBA	RANGO DE CAPACIDAD (GPM)	RANGO DE CAPACIDAD (m ³ /h)
1 1/4" x 1" SRL	5 - 40	1.14 - 9.08
1 1/2" x 1 1/4" SRL	15 - 70	3.41 - 15.90
2 1/2" x 2" SRL	50 - 175	11.36 - 39.74
4" x 3" SRL	70 - 300	15.89 - 68.13
5" x 5" SRL	200 - 900	45.42 - 204.39

Del catálogo de la Denver seleccionamos el siguiente tamaño de Bomba Horizontal de Pulpa en sello seco: 4" x 3"; Para un rango de Capacidad de 15.89 a 68.13 m³/h.

Para esta capacidad es recomendable que la Bomba de Pulpa sea accionada por un motor de 20 Hp.

Finalmente, se requiere 02 Bombas de 4" x 3": UNO PARA CAJON 01 Y CAJON 02.

Tabla 24

Especificaciones de hidrociclón D10BB ESPIASA

INFORMACIÓN GENERAL

Equipo.	HIDROCICLON D10BB
Plano de referencia.	Código:
Ubicación	Planta de Beneficio - molienda y clasificación.

DATOS DE OPERACIÓN

Tamaño en pulgadas	10”
Capacidad GPM	65-250
Tamaño de separación	40-100

DATOS TÉCNICOS

Fabricados por Espiasa especialmente diseñados para trabajar con pulpas de mineral fabricados en acero estructural según norma ASTM A-36, todas estas piezas metálicas tienen interiormente sus respectivos forros en caucho natural antiabrasivo de 40 +/- 5 Shore "a" de dureza, los cuales son reemplazables.

- Cabezal metálico
 - Tapa metálica de Cabezal
 - Cuerpo cilíndrico Metálico
 - Cuerpo Cónico Metálico (Superior e Inferior dependiendo del modelo)
 - Soporte de ápex metálico grande
 - Placa de manga
 - Placa separadora reformada.
 - Brida de alimentación embridada según Norma ANSI B16.5 fabricadas en Fierro Fundido Gris.
 - Brida para descarga en el Overflow con conexión vitáulica fabricadas en Fierro Fundido Gris.
 - Vortex
 - Apex
-



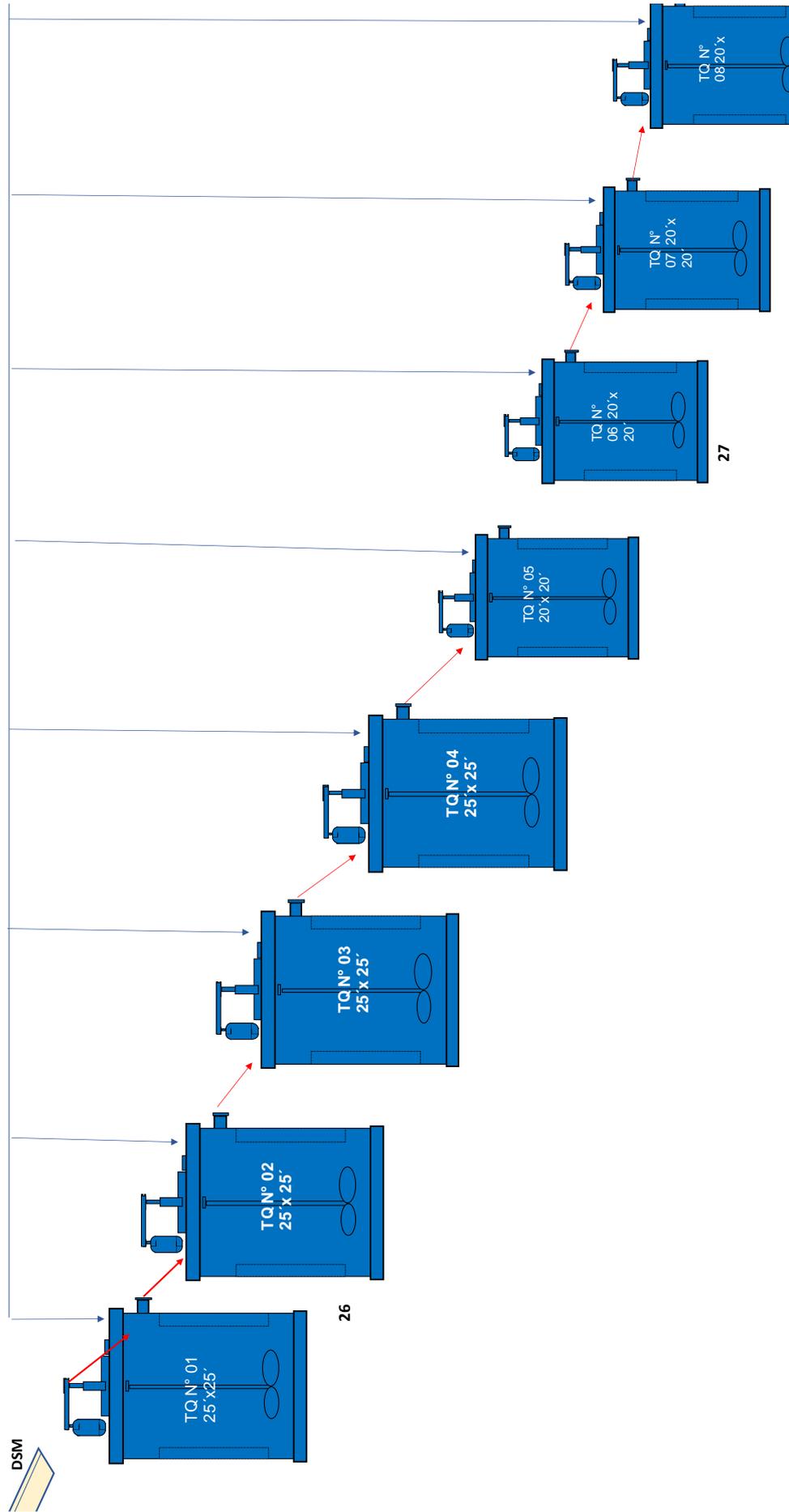
4.1.8. Implementación del circuito de CIP

Las actividades previas a la instalación de equipos en la sección de agitación incluyen tareas preliminares, excavaciones, nivelaciones, obras de concreto, instalaciones eléctricas y el montaje de equipos, así como la instalación de tanques y equipos.

El área designada para la colocación de los tanques es de aproximadamente 500 m² y no presenta grandes variaciones en su relieve. Según los cálculos, se instalarán 8 tanques de agitación, que serán transportados en planchas de acero para su ensamblaje.

Figura 20

Tanques a implementarse para el proceso CIP 340 TMD





DATOS “BALANCE DE MASA”

TMSPH	: 14.20 Toneladas métricas secas por hora
Dp (g/L)	: 1250.00 Densidad de pulpa (gramos/litro)
%S	: 36.65 Sólidos (%)
m3/h pulpa	: 29.09 alimentación de pulpa (m3/h)
m3/h Agua	: 30.46 alimentación de agua (m3/h)
G.e.	: 2.70 Gravedad específica del mineral

Tabla 25

Especificaciones de tanques de agitación a implementarse

Nº Tanque Adsorción	Diámetro (pies)	Altura (pies)	Volumen Total (pies ³)	Volumen Total (m ³)	Volumen Operación (m ³)
TQ-01	25	25	12271.85	347.50	312.750
TQ-02	25	25	12271.85	347.50	312.750
TQ-03	25	25	12271.85	347.50	312.750
TQ-04	25	25	12271.85	347.50	312.750
TQ-05	20	20	6283.19	177.92	160.128
TQ-06	20	20	6283.19	177.92	160.128
TQ-07	20	20	6283.19	177.92	160.128
TQ-08	20	20	6283.19	177.92	160.128

La tabla nos muestra las medidas que hay que tener en consideración para construirlas.



La construcción de los tanques agitadores ya sea de 25' x 25' o 20' x 20' de altura será fabricado con planchas de acero estructural, el fondo con plancha de 3/8", el primer y segundo anillo con plancha de 3/8", tercer y cuarto anillo con planchas de 5/16' con refuerzo en el borde superior de canal "U" de 6" de fondo interior, tipo cónico de planchas de 5/16" con DRAF TUB interior de planchas de 5/16". Suspendido con tubo cedula 40 de diámetro 2 1/2" y dividido en 8 partes reforzado con ángulos de 3/8" x 2 1/2" y espárragos roscados; 4 BLAFES instalados a 90°. El tanque estará dividido en 8 partes reforzado con ángulos de 3/8" x 2 1/2" embridado con pernos 5/8" x 2 1/2" y con silicona para sellar las juntas. Puente soporte del árbol de agitación con vigas WF-14" X 38 lbs/pie con refuerzo de canal de 6" x 10.5 lbs/pie, y con plancha de 5/8", para el apoyo del REDUCTOR, con barandas de protección, pintado con base anticorrosivo.

Los datos precisos permiten ajustar los procesos para minimizar pérdidas y optimizar el uso de recursos, reduciendo así los costos operativos. También, son esenciales para garantizar la calidad del producto final. Además de la eficiencia, la precisión en los datos es esencial para la seguridad en el lugar de trabajo, al prevenir situaciones peligrosas como sobrecargas en equipos.

Tabla 26

Tiempos de lixiviación en los agitadores y tanques adsorción

TIEMPO DE LIXIVIACION EN LOS AGITADORES Y TANQUES ADSORCION																
Datos:		Gravedad específica del mineral = 2.9														
		Toneladas métricas secas por día = 340														
N° Tanque Adsorción	Díámetro (pies)	Altura (pies)	Volumen Total (pies³)	Volumen Total (m³)	Volumen Operación (m³)	Densidad Agitador (Kg/m³)	Const. Sólidos (K)	Peso Sólido (TM)	Porcentaje Sólidos (%)	Relación liqui-sol. (R)	Peso Líquido (TM)	Caudal de Pulpa (GPM)	Volumen de agua (m³/día)	Volumen de sólido (m³/día)	Volumen de pulpa (m³/día)	Tiempo de Lixiviación (Horas)
TQ-01	25	25	12271.85	347.50	312.750	1250.00	0.66	119.34	30.53	2.3	271.60	163.48	773.79	117.24	891.03	8.42
TQ-02	25	25	12271.85	347.50	312.750	1250.00	0.66	119.34	30.53	2.3	271.60	163.48	773.79	117.24	891.03	8.42
TQ-03	25	25	12271.85	347.50	312.750	1250.00	0.66	119.34	30.53	2.3	271.60	163.48	773.79	117.24	891.03	8.42
TQ-04	25	25	12271.85	347.50	312.750	1250.00	0.66	119.34	30.53	2.3	271.60	163.48	773.79	117.24	891.03	8.42
TQ-05	20	20	6283.19	177.92	160.128	1250.00	0.66	61.10	30.53	2.3	139.06	163.48	773.79	117.24	891.03	4.31
TQ-06	20	20	6283.19	177.92	160.128	1250.00	0.66	61.10	30.53	2.3	139.06	163.48	773.79	117.24	891.03	4.31
TQ-07	20	20	6283.19	177.92	160.128	1250.00	0.66	61.10	30.53	2.3	139.06	163.48	773.79	117.24	891.03	4.31
TQ-08	20	20	6283.19	177.92	160.128	1250.00	0.66	61.10	30.53	2.3	139.06	163.48	773.79	117.24	891.03	4.31
Total =						1250.00	0.66	721.76	30.53	2.3	163.48	773.79	117.24	891.03	50.95	



El tiempo de retención de la cianuración de los 08 tanques se estima en 50.95 horas, la oxigenación de la pulpa en los tanques se lleva a cabo mediante la insuflación de aire y la concentración de carbón en la pulpa es de 10 g/l de pulpa. Cada tanque de agitación CIP cuenta con tamices # 25 al tubo de descarga para evitar la transferencia de carbón entre tanques.

4.1.9. Implementación de equipos del circuito de desorción, electrodeposición y fundición

El estudio se enfoca en realizar cálculos que garanticen el diseño de una planta de desorción que incluya la electro obtención de oro. Esto crea la necesidad de establecer esta área con dichas características como una alternativa más eficiente y económica para abordar un problema industrial que impacta no solo a las empresas mineras, sino también a todo el sector industrial del país, relacionado con el transporte de carbón cargado de oro para llevar a cabo la desorción del oro en otras empresas.

La fabricación de los equipos de esta sección sea de acuerdo al diseño presentado en la figura 18 estos tanques serán fabricadas de acuerdo a los parámetros AISC–LRFD.

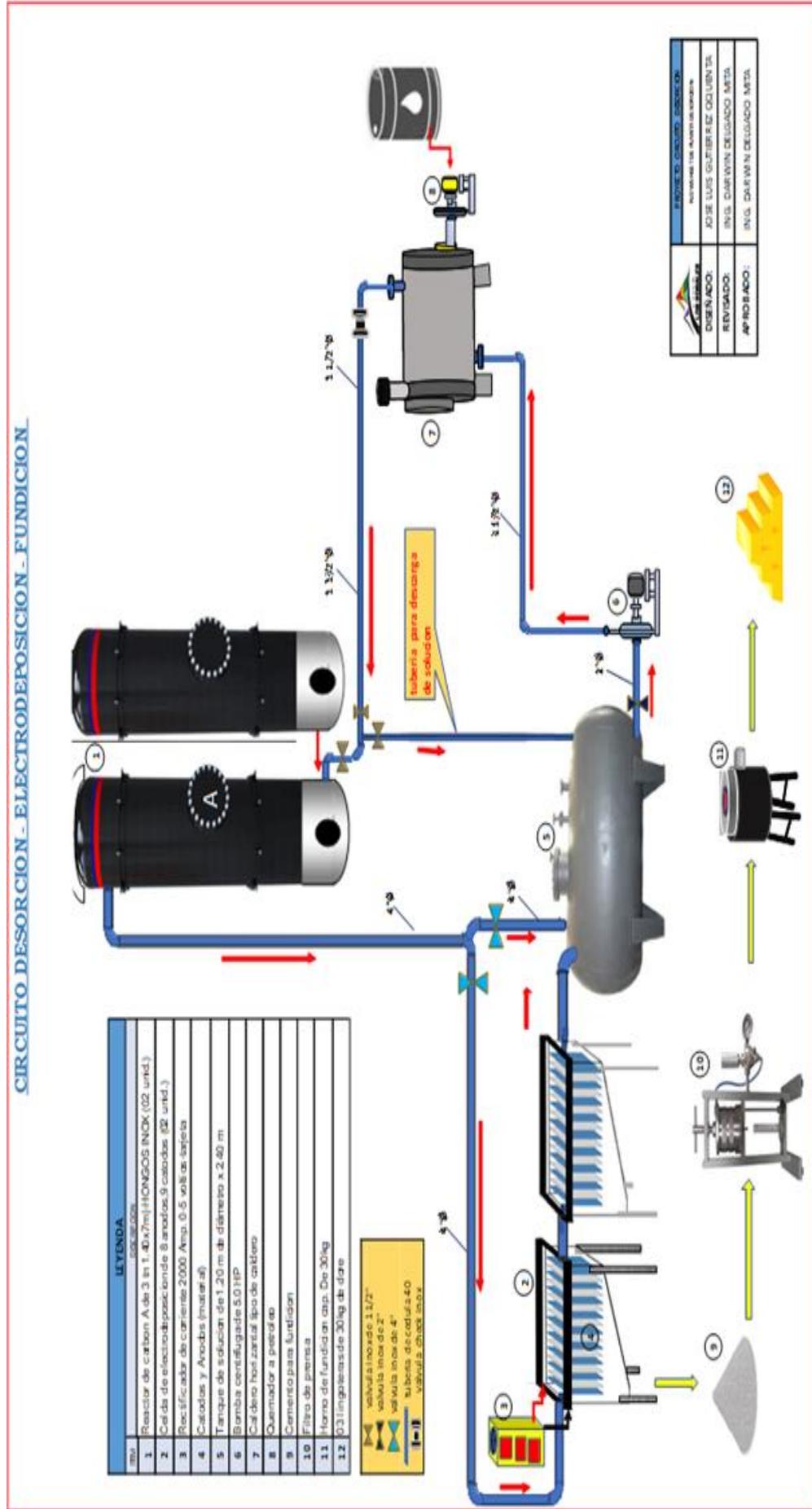
Para la construcción de cada uno de los componentes de la celda de electro obtención, es fundamental seleccionar adecuadamente los materiales para asegurar la durabilidad de los equipos en el ámbito minero. Se utilizará polipropileno para la construcción de la celda electrolítica, garantizando su resistencia a los ataques químicos de ácidos y bases, así como su capacidad para soportar altas temperaturas. El equipo de desorción de oro se fabricará en acero inoxidable con un grosor de 0.3 mm, mientras que el tanque de solución pobre y



el tanque dosificador de reactivos estarán contruidos en acero cuyo espesor deberá ser de 0.4 mm. También se utilizará acero inoxidable 304L para los electrodos del ánodo y alambre de acero para el cátodo.

Figura 21

Circuito de desorción, electrodeposición y fundición a implementarse





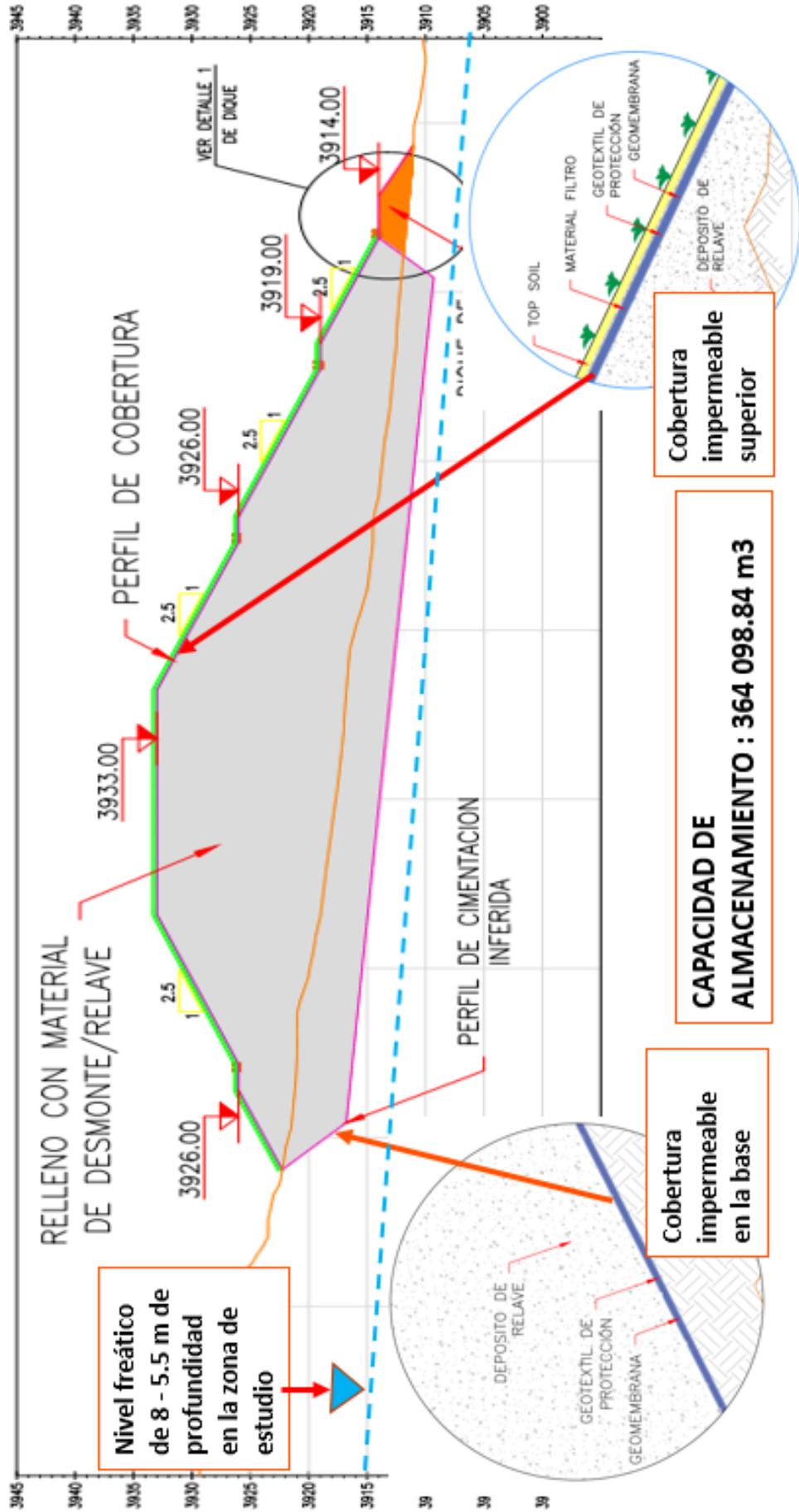
4.1.10. Implementación de la relavera la candelaria

Se ha considerado una relavera con capacidad máxima de 73 091.00 m³ construida con geo membrana, la primera de arcilla y seguida por una geo membrana sintética de acuerdo a las normas vigentes.

Para la ubicación del depósito de relaves, se ha tenido en consideración, la extensión del área, la cercanía a las operaciones, y el tipo de suelo en el que se va edificar el depósito de relaves, para la construcción de dicha relavera se realizaron muestreo de los suelos, para determinar las características físicas y geo mecánicas del material suelo, y posteriormente con estos resultados de laboratorio, se hicieron las pruebas y ensayos para determinar las características físicas del depósito de relaves, las cuales empezaron por una toma de muestras de suelo, con las que se va a construir la relavera, a partir de esos datos se complementó con el estudio geotécnico para determinar el comportamiento geo mecánico de dicho componente, a continuación se hace una breve descripción de la toma de muestras y los resultados arrojados, los cuales se muestran en anexos, y también se muestra el análisis geo mecánico realizado.

Figura 22

Proyecto “Nuevo Depósito de Relaves”





4.1.11. Evaluación económica a 340 TMD

La finalidad de una evaluación económica mediante indicadores es integrar los elementos clave de un proyecto para crear indicadores que faciliten y orienten el proceso de toma de decisiones. Estos indicadores abarcan tanto las dimensiones económicas como las financieras. Son esenciales para la toma de decisiones, y las autoridades y responsables deben tener en cuenta estos indicadores junto con otros factores estratégicos que podría ser incluso político, siempre considerando también los riesgos.

Tabla 27

Costo operativo de la planta Acumulación Los Rosales 340 TMD

A) PRONÓSTICO COSTO OPERATIVO DE LA PLANTA

Capacidad y días de operación mensual - planta de beneficios 340 TMSPD

T/M DIA US\$		66.10
Capacidad Instalada	340.00	TMD
Días de operación	30.00	DIAS
Disponibilidad	75.00%	
Producción mensual	10,200.00	TM/MES
Oro fino obtenido por mes	32314.00	g/mes
Precio de oro (USD)	66.10	g
INGRESOS TOTALES DE VENTA	2135955.40	mes

Costo total de operaciones en planta de 340 TMSPD.

RESUMEN- COSTO TOTAL TEÓRICO DE OPERACIÓN DE PLANTA US\$/TMD

PRODUCCIÓN EN TM/MES	COSTO POR MES (USD)
Alimentación	47100.00
Depreciación Planta y Equipos	6481.50
Reactivos	39321.00
Laboratorio	5000.00
Mano de obra	146959.46
Gastos Administrativos y Comunidades	4500.00
Mantenimiento y reparación equipos	10000.00
Aceros	6000.00
Fuerza motriz y petróleo	2000.00
Energía	1378.80
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN	222950.40
	491691.16

COSTO POR IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS (USD)

Implementación de equipos total	1853817.58
Implementación de equipos mensual*	154484.80

*CONSIDERAMOS QUE EL COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS SE VA A DISTRIBUIR ENTRE 12 MESES

COSTO DE PRODUCCION (USD)

MINA Y COMPRA DE MINERAL	800000.00
PROCESO	646175.96
BENEFICIO LIQUIDO PARA LA EMPRESA	689779.44
COSTO UNITARIOS	63.35
COSTO TOTAL EN PRODUCCION	1446175.96



4.2. DISCUSIÓN

En este trabajo de investigación, la discusión de los resultados se ha llevado a cabo en concordancia con los objetivos planteados, considerando los diagramas de flujo actuales (Flow Sheet N° 1) y lo propuesto para el incremento Flow Sheet N° 2) en la evaluación de los parámetros para ampliar la capacidad de la planta de beneficio Acumulación Los Rosales de 120 TMSPD a 340 TMSP. Con la información obtenida, se realizó una preselección de los equipos principales y auxiliares necesarios, los cuales se presentan en la tabla siguiente, destacando en rojo los elementos que se deben implementar para su ampliación a 340 TMD.

Tabla 28*Equipos a implementarse para 340 TMD*

LEYENDA			
ITEM	DESCRIPCION	ITEM	DESCRIPCION
1	Balanza de mineral mettler toledo 80 tn cap.	25	DSM vibratorio 3'x 5' - 5.0 HP
2	Volquete de 30 TM	26	Tanque Agit. 25'x25'-75 HP (04 unid.)
3	Tolva de gruesos 30 TM	27	Tanque carboneros 20'x20' - 50 HP (04 unid.)
4	Faja alimentadora N° 01 - 36" x 2500	28	Espesador 60'x 10' - 5 HP
5	Chancadora de quijada 16"x24"	29	Blower de aire - 50 HP
6	Zaranda vibratoria 4'x 12'	30	Tanques de agitación NaCN 8'x8' - 7.5 HP
7	Chancadora cónica Symons 3' short head	31	Tanques de agitación NaOH 6'x7' - 5 HP
8	Extractor de polvo - 30 HP	32	Relavera 73.091 m ³ cap.
9	Faja transportadora N° 02 - 20" x 15 m	33	Bomba hidrostral - solución barren - 25 HP
10	Faja transportadora N° 03 - 20" x 12.5 m	34	Tanque de agua fresca 200 m ³ .
11	Faja transportadora N° 04 - 20" x 15 m	35	Tanque de solcion barren 300 m ³ .
12	Tova de finos 120 TM N° 01	36	Reactores de carbón activado (02 unid.) 1.3m ø x 5.20 m-3000 kg
13	Tova de finos 120 TM N° 02	37	Celda de electrodeposición 9 ánodos, 8 cátodos (02 unid.)
14	Faja transportadora N° 05 - 20" x 9m	38	Rectificador de corriente 2000 Amp. 5V
15	Faja transportadora N° 06 - 20" x 9m	39	Tanque de solución barren 3.0 m ³ cap.
16	Molino de bolas continuo 6'x 8' - 123 HP	40	Electrobomba hidrostral 5.4 HP
17	Molino de bolas continuo 5'x 10' - 150 HP	41	Caldero acutubular de 12 000 BTU
18	Cajón de bomba (2.0mx0.80m x 1.0mHx 0.80mh)	42	Lodo catódico de oro (catodo + lanilla de acero)
19	Bomba de lodo sello seco 4" x 3" - 25 HP	43	Filtro prensa de 12"ø
20	Hidrociclón D10BB	44	Horno a gas de 20 kg cap.
21	Molino de bolas continuo 6'x10' - 175 HP	45	Bulliones al 95%
22	Cajón de bomba (2.0mx0.80m x 1.0mHx 0.80mh)	46	Horno electrico reactivador c* - 1000 kg cap.
23	Bomba de lodo sello seco 4" x 3" - 25 HP	47	Zaranda vibratoria 3'x5' - 5 HP
24	Hidrociclón D6BB	48	Carbón fino

Para la evaluación técnica de este estudio, se comenzó por determinar el proceso a utilizar, en este caso la cianuración. Luego, se definieron y analizaron los resultados del Balance Metalúrgico, el cual se realizó a partir de los datos de laboratorio y se escaló a nivel industrial para un mes de producción, considerando 30 días de trabajo. Estos resultados se presentan en las siguientes tablas.



Tabla 29

Balance metalúrgico mensual proyectado a 120 TMSD

Balance metalúrgico mensual proyectado a 120 TMSD

Material	Peso (TMS)	Ley Au (g/TM)	Finos Au (g)	Recuperación Au (%)
Cabeza	3600.00	2.23	8028.00	100.00
Carbón activado g/Kg C*	2000.00	3.01	6021.00	75.00
Relave	3600.00	0.56	2007.00	25.00

La tabla 29 muestra la producción mensual desarrollado en la planta de beneficio SMRL acumulación los Rosales-Puno, en donde se observa que operando con una capacidad de 120 TMSD, se obtiene la producción mensual de 6021. 00 gramos de oro fino.

Tabla 30

Balance metalúrgico mensual proyectado a 340 TMSD

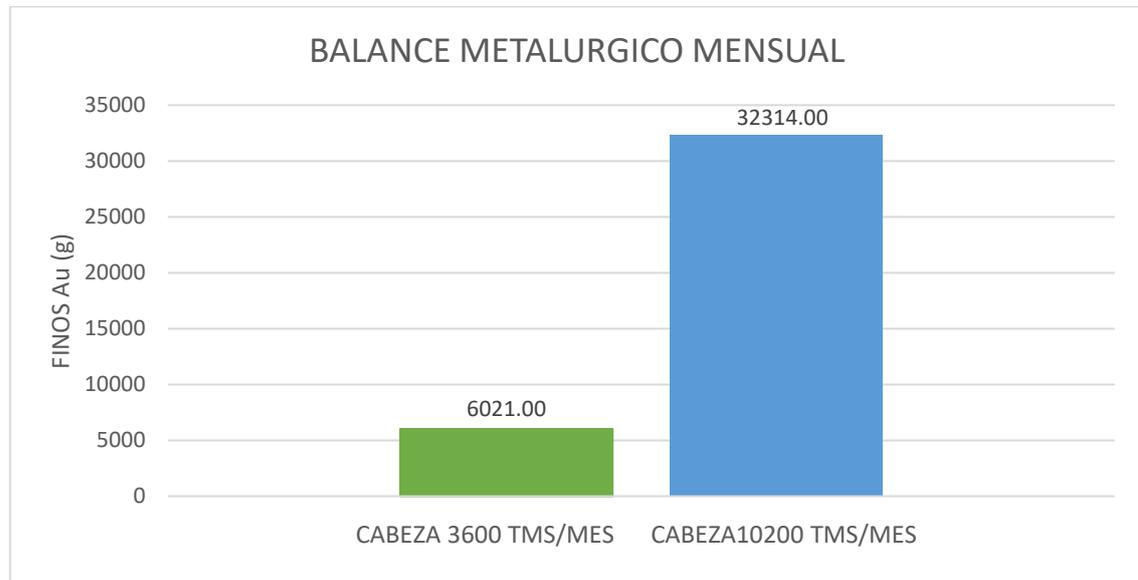
Balance metalúrgico mensual proyectado a 340 TMSD

Material	Peso (TMS)	Ley Au (g/TM)	Finos Au (g)	Recuperación Au (%)
Cabeza	10200.00	3.60	36720.00	100.00
Carbón Activado g/kg C*	6000.00	5.39	32314.00	88.00
Relave	10200.00	0.43	4406.00	12.00

La tabla 30 muestra la producción mensual desarrollado en la planta de beneficio SMRL acumulación los Rosales-Puno, en donde se observa que operando con una capacidad de 340 TMSD, se obtiene la producción mensual de 32 314. 00 gramos de oro fino.

Figura 23

Balance metalúrgico mensual de producción de oro fino



La figura 23 ilustra la cantidad de oro fino obtenida según nuestro balance metalúrgico: con un procesamiento de 3 600.00 TMS/mes se lograron 6021.00 gramos, mientras que con la ampliación a 10 200.00 TMS/mes se alcanzaron 32 314.00 gramos, lo que representa un incremento de 26 293.00 gramos de oro fino al mes. Esto demuestra que las consideraciones técnicas aplicadas en la planta de beneficio de minerales Acumulación Los Rosales, para lograr un aumento gradual de 120 TMSD a 340 TMSD, fueron esenciales. La elaboración detallada del diagrama de proceso fue fundamental y requirió un conocimiento profundo de los equipos, los parámetros de operación y los principios básicos de su funcionamiento conjunto.

La evaluación económica se llevó a cabo tomando en cuenta las dimensiones obtenidas en la evaluación técnica y seleccionando según los catálogos de los fabricantes. No se incluyó el costo de producción del mineral, sino que se analizó únicamente el costo de instalación de la planta y el costo de producción unitario de la misma.

Tabla 31*Ingresos totales de operación mensual a 120 TMSD*

Capacidad y días de operación mensual – planta de beneficio 120 TMSPD		
T/M DÍA US\$		66.10
Capacidad instalada	120.00	TMD
Días de operación	30.00	Días
Disponibilidad	75.00%	
Producción mensual	3600.00	TM/mes
Oro fino obtenido por mes	6021.00	g/mes
Precio de oro (USD)	66.10	g
Ingresos totales de venta	397988.10	Mes

La tabla 31 muestra que operando a 120 TMSD durante 30 días, la producción mensual de mineral o relave procesado se tendría 3 600 TM/mes, de donde se obtiene 6021.00 gramos de oro fino por mes, haciendo un ingreso total de ventas por ese oro fino igual a 397 988.10 dólares americanos.

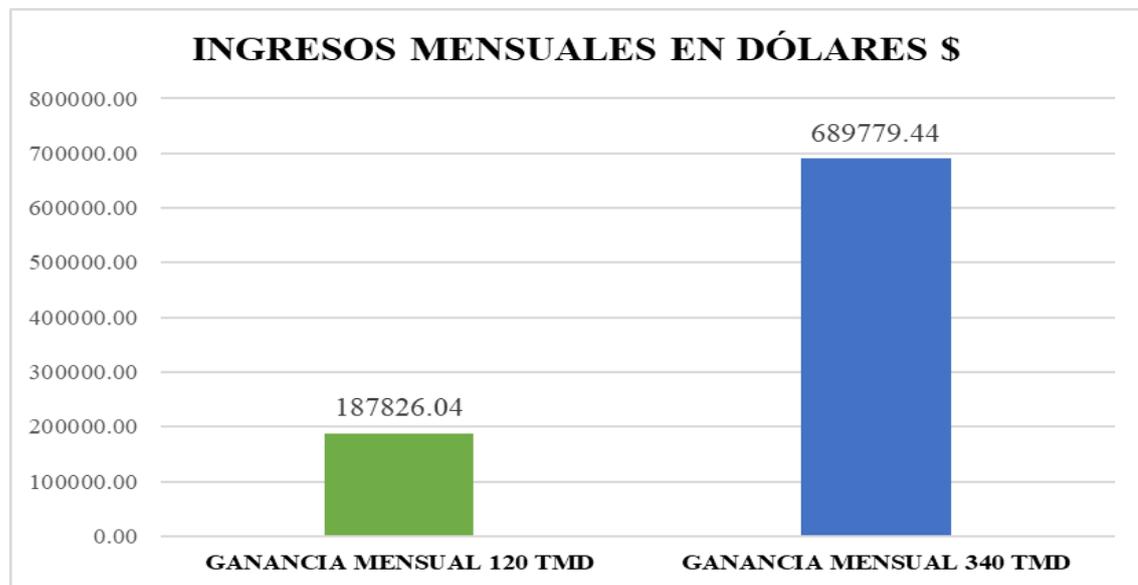
Tabla 32*Ingresos totales de operación mensual a 340 TMSD*

Capacidad y días de operación mensual – planta de beneficios 340 TMSPD		
T/M DÍA US\$		66.10
Capacidad instalada	340.00	TMD
Días de operación	30.00	DÍAS
Disponibilidad	75.00%	
Producción mensual	10200.00	TM/mes
Oro fino obtenido por mes	32314.00	g/mes
Precio de oro (USD)	66.10	g
Ingresos totales de venta	2135955.10	mes

La tabla 32 muestra que operando a 340 TMSD durante 30 días, la producción mensual de mineral o relave procesado se tendría 10 200.00 TM/mes, de donde se obtiene 32 314.00 gramos de oro fino por mes, haciendo un ingreso total de ventas por ese oro fino igual a 2 135 955.40 dólares americanos.

Figura 24

Diferencia de Ingreso mensual



La figura 24 ilustra que, como resultado de la ejecución de este estudio técnico-económico, se incluye una evaluación detallada de la producción. Se determina que el beneficio económico neto para la empresa Acumulación Los Rosales es de \$689 779.14 con una producción diaria de 340 TMSD, en comparación con los \$187 826.04 generados al producir 120 TMSD. Esto revela que existe un beneficio económico neto de 501 953.40 US por mes.

El aspecto económico es el factor más relevante para cualquier empresa, especialmente para las empresas mineras de baja producción, como la planta de beneficio de minerales Acumulación Los Rosales, que se clasifica como pequeña empresa. Si la política de inversión se dirige correctamente, será clave para el éxito de la empresa. Sin



embargo, incluso con una inversión realizada, una mala distribución de la misma puede conducir al fracaso. Para evitar estas situaciones, se llevó a cabo un estudio económico detallado, como se muestra en las tablas 31 y 32.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: La actual planta de beneficio SMRL Acumulación los Rosales cuenta con las siguientes áreas de tratamiento: recepción de mineral, chancado y clasificación, molienda, lixiviación, absorción, desorción, electrodeposición y regeneración del carbón activado que viene operando con un tonelaje de 120 TMSPD en donde se obtiene una producción mensual de 6 021. 00 gramos de oro fino y debido a que no será necesario hacer una modificación y/o reemplazo completo de la planta actual existe una necesidad urgente de incrementar el tonelaje de tratamiento de los minerales ya que el beneficio técnico y económico se incrementa en 267 % y solo se estará aumentando el circuito de chancado independiente e incrementar más tanques de cianuración a bajo costo económico para su ampliación de 120 a 340 TMD. Por lo tanto, se establece una relación directa entre el factor de los equipos y maquinarias que deben ser reemplazados y la ampliación de la planta de beneficio de 120 TMSPD a 340 TMSPD.

SEGUNDA: Para la evaluación técnica de ingeniería y el análisis económico del presente estudio, se consideró inicialmente el proceso a utilizar, que en este caso es la cianuración. Todos los aspectos obtenidos a través de la evaluación técnico-económica permiten realizar la ampliación de la planta de beneficio de 120 TMD a 340 TMD. Según nuestro balance metalúrgico, al procesar 3 600.00 TMS/mes se obtuvo 6 021.00 gramos de oro fino, mientras que con la ampliación a 10 200.00 TMS/mes se alcanzaron 32 314.00 gramos, lo que representa un incremento de 26 293.00 gramos de



oro fino al mes. Además, el beneficio económico es de \$ 501 953.40 al mes. Por lo tanto, hay una relación directa entre el estudio técnico-económico realizado y la ampliación de la planta de beneficio.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda siempre consultar con los fabricantes y/o proveedores de equipos sobre la selección realizada, ya que ellos poseen un conocimiento profundo del funcionamiento óptimo de los equipos y sus recomendaciones son valiosas para asegurar el óptimo funcionamiento de los mismos.

SEGUNDA: Debido a que el presente estudio es una propuesta técnica y económica para el diseño de una planta de beneficio de minerales, se recomienda no considerar un análisis definitivo para el proyecto. A través de la ejecución y análisis, se verificará la variabilidad o estabilidad de los datos obtenidos y se llevarán a cabo los ajustes necesarios

TERCERA: El dimensionamiento de los equipos se ha efectuado con los equipos principales, tales como los de transporte, chancado, clasificación, molienda y lixiviación. En el caso de los equipos de desorción, electrodeposición, fusión y regeneración de carbón se han colocado los datos proporcionados por los proveedores de equipos.



VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, E. (2017). *Estudio de la investigación metalúrgica para la recuperación de oro y plata a partir de minerales acopiados en la compañía minera Jerusalén S.A.C.* Tesis de Pre Grado. Universidad Nacional de San Agustín. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica-Arequipa, Perú.
- Álvarez, W. (2022). *Ampliación de planta de beneficio de 40 TMD a 100 TMD para mejorar la producción en la compañía procesadora Mollehuaca S.A.C., Caraveli – Región Arequipa.* Tesis de Pre Grado Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica- Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.
- Antonio, L. (2000). *Fundamentos de Metalurgia Extractiva.* Editorial Síntesis, VOL I. Madrid.
- Aquise, L. (2014). *Ampliación de la capacidad y optimización de la planta de beneficio Laytaruma.* Tesis de Pre Grado. Universidad Nacional de San Agustín. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica-Arequipa, Perú.
- Baca, G. (2010). *Evaluación de Proyectos* (6. a ed.). Mc Graw Hill. México.
- Ballester, A., Verdeja, L. y Sancho, J. (2000). *Metalurgia Extractiva. Fundamentos.* Vol. I Ed. Síntesis, España.
- Chacnama, E. (2016). *Recuperación de mercurio físico proveniente de relaves auríferos de amalgamación, concentrados y gravimetría en cianuración por agitación.* Tesis de Pre Grado. Universidad Nacional de San Agustín. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica-Arequipa, Perú.
- Dammert, A. (1998). *Economía Minera.* Lima: Edit. Universidad del Pacífico.
- Delgado, V. (2020). *Proyecto de ampliación técnica - económica de 80 TMD a 120 TMD de la planta de beneficio de minerales Jerusalén S.A.C. – Arequipa.* Tesis de Pre Grado. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica- Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.



- Dominic, E.; Sánchez, M. y Correa, H. (2006). *Manual General de Minería y Metalurgia*. Santiago, Chile: Portal Minero Ediciones. 403 p
- Gomis, R. y Noguera, G. (2012). *Análisis del mercado del oro: Variables relevantes y modelo de estimación del precio*. Barcelona, España: Universidad Pompeu Fabra. 86 p.
- Lava, E. (2018). *Ampliación de planta de beneficio minera Paraiso S.A.C. de 50 TMD A 250 TMD*. Tesis de Pre Grado. Universidad Nacional de San Agustín Arequipa. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.
- Lima, J. (2018). *Proyecto de ampliación de 30 a 60 TM/día en la planta de beneficio GEZA minerales ASIS E.I.R.L. Rinconada Puno* (tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica- Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.
- Mamani, G. (2022). *Estudio de factibilidad para la ampliación de la planta minera Confianza S.A.C. de 140 tm/día a 200 tm/día para la lixiviación de minerales auríferos*. Tesis de pre grado Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica- Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.
- Marsden, J. y House, L. (1960). *The Chemistry of Gold Extraction*. 2nd ed. Colorado, EE.UU: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. 350 p.
- Mantari, R. (2023). *Evaluación para la ampliación de la planta de beneficios San Martín de 120 TMSD a 240 TMSD – Empresa Minera Perú Sol S.A.C.* Tesis de pre Grado Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ingeniería Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica.
- Misari, F. y Franco, J. (1993) *Metalurgia del Oro*. Lima, Perú: Centros de estudios y promoción en ciencias de la tierra. Vol. 2.
- Rosales, R. (2005). *La Formulación y la Evaluación de Proyectos*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica
- Sapag, N. (2008). *Proyectos de Inversión, Formulación y Evaluación* (2.a ed.). Pearson Prentice Hall. México.



- Sapan, N. y Sapan, R. (2000). *Preparación y evaluación de proyectos*. Santiago de Chile: Edit. Mc Graw-Hill. 4ta. Edición.
- Yana, A. (2021). *Ampliación y modificación del circuito de la planta de beneficio Veta Dorada de 360 TMD de producción de mineral aurífero, hasta 430 TMD*. Tesis de Pre Grado. Universidad Nacional de San Agustín Arequipa. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.
- Wills, B. (1994). *Tecnología de Procesamiento de Minerales*. Editorial LIMUSA. México.
- Vesga, (2010). *Evaluación de la disolución de oro del mineral de la Mina San Pablo, ubicada en el Municipio de remedios Antioquia, Mediante cianuración con agitación mecánica*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.



ANEXOS

ANEXO 1: Instrumentos Administrativos y de Gestión Ambiental de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación Los Rosales

N°	TIPO DE IGA	DESCRIPCIÓN DEL PERMISO	RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN	FECHA DE APROBACIÓN
1	Título de concesión de beneficio	Se aprueba el Título de la Concesión de Beneficio con Resolución Directoral 19/87-EM-DGA de fecha 15 de enero de 1987.	RD N° 19/87-EM-DGA	15/01/87
	Resolución de funcionamiento de la planta.	Autorización de planta de beneficio	RD N° 192-79-EM/DCFM/	12/10/1979
3	Plan de Cierre de Mina	Autorizan plan de cierre UEA los rosales - CIA minera Casapalca.	RD.N°284-2001-EM/DGAA	12/03/2001
4	Constancia de PPM - SMRL Acumulación los Rosales	Constancia y calificación de PPM,	N° 1352-2019	07/11/2019
5	Aprobación de EIA sd.	Aprobación de EIAs. Planta concentradora los rosales	RD.N° 235-2011-GRP/DREM-PUNO/d	09/11/2011
6	Autorización de uso de aguas,	Aprobación del uso, para fines mineros, tres puntos de toma de agua que son Candelaria, Ojo de agua y Tuntani.	RA N° 0080-2014-ANA-ILAVE	13/02/2014
7	Resolución de pasivos ambientales	Reaprovechamiento de pasivos ambientales mineros	Resolución N° 0240-2012-MEM-DGM/V	19/07/2012
8	Resolución de pasivos ambientales	Reaprovechamiento de pasivos ambientales mineros	Resolución N° 0147-2014-MEM-DGM/V	24/04/2014
9	Resolución de pasivos ambientales	Reaprovechamiento de pasivos ambientales mineros	Resolución Directoral N° 011-2016-GRP-DREM-PUNO/D	02/02/2016

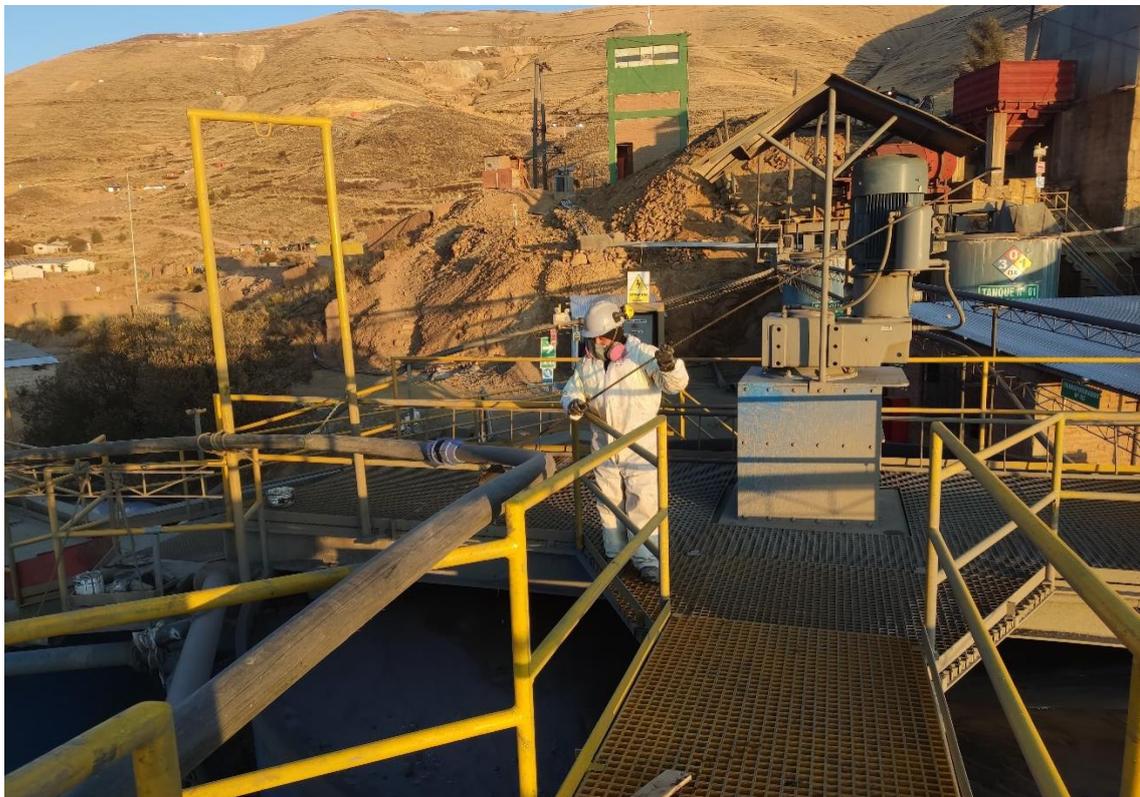


ANEXO 2: Pasivos ambientales mineros de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación

Los Rosales

PASIVOS AMBIENTALES MINEROS SMRL ACUMULACION LOS ROSALES						
ID	UTM WGS-84		Tipo de componente	Subtipo de componente	N° Resolución	Característica
	Este(X)	Norte(Y)				
8878	362819	8251336	Residuo minero	Relaves	Resolución N°0240-2012-MEM-DGM/V	Relaves de flotacion
9170	362237	8251671	Residuo minero	Desmonte mina		Desmonte Nv. Oficinas
8858	362105	8251138	Residuo minero	Desmonte mina		Desmonte Nv. Natividad
8859	361743	8250957	Residuo minero	Desmonte mina	Resolución N°0147-2014-MEM-DGM/V	Desmonte Nv. Carpahuayco
8860	361865	8250952	Residuo minero	Desmonte mina		Desmonte Nv. Carpahuayco
8871	361953	8251054	Residuo minero	Desmonte mina		Desmonte labor antigua
8876	362709	8251485	Residuo minero	Desmonte mina		Dentro terreno Planta
8867	361948	8251070	Residuo minero	Desmonte mina		Desmonte labor antigua
9172	361928	8251742	Residuo minero	Desmonte mina		Desmonte San Simon
8879	362912	8251121	Residuo minero	Material desbroce		Dentro terreno Planta
8857	362584	8251469	Labor Minera	Bocamina	Resolución Directoral N°011-2016-GRP-DREM-PUNO/D	Bocamina Candelaria
8861	361948	8251070	Labor Minera	Bocamina		Posesion mineros informales
8869	361960	8251085	Infraestructura	No determinado		Posesion mineros informales
8870	361952	8251057	Labor Minera	Bocamina		Posesion mineros informales
8872	361961	8251021	Labor Minera	Trinchera		Posesion mineros informales
8873	362738	8251498	Infraestructura	Campamentos, oficinas, talleres		Dentro terreno Planta
8874	362738	8251498	Infraestructura	Campamentos, oficinas, talleres		Dentro terreno Planta
8877	362723	8251426	Infraestructura	No determinado		Dentro terreno Planta
9172	361928	8251742	Residuo minero	Desmonte mina		Desmonte San Simon

ANEXO 3: Panel fotográfico de la Planta de Beneficio SMRL Acumulación Los Rosales





ANEXO 4: Valoración de impactos ambientales en la etapa de operación de la Planta de Beneficio acumulación Los Rosales

COMPONENTE AMBIENTAL	ACCIÓN CAUSANTE	IMPACTO AMBIENTAL	PARÁMETROS DE VALORACIÓN										VALOR INTEGRAL	SIGNIFICANCIA
			A	B	C	D	E	F	G	H	I			
AMBIENTE FÍSICO	SUELO	Proceso de lixiviación, desorción y refinación generación de solución Barren y relaves lixiviados, Manejo de combustible	-	3	2	1	3	2	2	2	3	1	17	Media
	AGUAS	Proceso de cianuración, desorción y refinación, generación de solución barren y relaves lixiviados manejo de combustible, captación de agua	-	3	2	1	1	1	2	3	2	15	Media	
	AIRE	Carguo y transporte de relaves preparación mecánica de relaves, movilización de materiales y equipos, limpieza de áreas de preparación mecánica de relaves	-	3	1	1	3	2	2	2	3	2	17	Media
AMBIENTE BIOTICO	FLORA	Carguo y transporte de relaves preparación mecánica de relaves, movilización de materiales y equipos	-	3	1	2	3	2	2	2	2	18	Media	
	FAUNA	movimiento de relaves, transporte movilización de materiales y equipos generación de relaves lixiviantes	-	3	2	1	3	2	2	2	2	17	Media	
AMBIENTE SOCIAL	SOCIAL	Mayor presencia de personas en el área del proyecto producto de las actividades,	-	1	1	2	3	2	2	3	2	16	Media	
	ECONOMICO	Generación de fuentes de trabajo para el desbroce del área, excavaciones y otros.	+	3	1	2	3	2	2	3	2	18	Baja	



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Jose Luis Gutierrez Qqenta.
identificado con DNI 75928648 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Metalúrgica

,informo que he elaborado el/la Tesis Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Evaluación técnica de Ampliación para incrementar
la capacidad de producción de 120 a 340 TMD en la planta de
Es un tema original. Beneficio SML Acumulación los Rosales - Puno"

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 02 de Diciembre del 2024

Jose Luis Gutierrez Qqenta

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Jose Luis Gutierrez A. Aventa
, identificado con DNI 75928518 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Enseñanza Metalúrgica

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Evaluación técnica de Ampliación para incrementar la capacidad de producción de 120 a 340 TMD en la Planta de Beneficio SIMR Acumulación Los Rosales"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

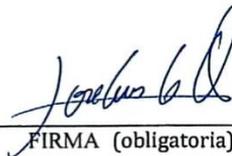
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 02 de diciembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella