

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Mejora del proceso de beneficio y recuperación de oro aluvial
utilizado en la Concesión Minera Santa Rita Código 20000408
aplicando tecnologías limpias

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

**Magíster en Minas mención Mineralurgia y Metalurgia
Extractiva**

Presentado por:

Edgar Marcelo Rueda Tamayo

Byron Vinicio Samaniego Valle

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedicamos a la minería que se desarrolla en nuestro país que se ha visto limitada y olvidada por todos los estamentos públicos y privados. Esperamos que este aporte pueda impulsar de mejor manera con conocimientos y técnicas aplicables en la ejecución de estas actividades extractivas.

El agradecimiento a nuestras familias por el apoyo incondicional para cumplir con una meta más como profesionales dedicados a esta noble profesión como mineros y ambientales.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Politécnica del Litoral, a través de su Facultad de Ciencias de la Tierra, por darnos la oportunidad de continuar con nuestra formación académica y profesional.

Al Dr. Juan María Menéndez, por brindarnos todo el apoyo tanto académico como técnico para la culminación de este trabajo investigativo.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Edgar Marcelo Rueda Tamayo* y *Byron Vinicio Samaniego Valle*, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Edgar Marcelo Rueda
Tamayo

Byron Vinicio Samaniego
Valle

EVALUADORES

Dr. Juan María Menéndez

TUTOR

Dr. Oscar Restrepo Baena

EVALUADOR

RESUMEN

La concesión minera Santa Rita realiza de manera empírica las actividades mineras dentro de su área. Es por lo que, se propuso una mejora en el beneficio de este recurso metálico, a través del empleo de un mejor equipo gravimétrico para la recuperación y que a su vez use una menor cantidad del agua en el proceso.

La investigación se orientó a observar la forma de extracción y la propuesta técnica de mejora en el proceso de recuperación del mineral en las terrazas. En el proceso actual, la titular minera emplea 10 m^3 de agua de un solo uso por cada 100 m^3 semanales de grava; extrapolando este valor al volumen de reservas probables de grava en la concesión minera, supondría el empleo de 3000000 m^3 de este recurso.

En el estudio, se demostró que el empleo del equipo ICON modelo IGR 500, mejora la recuperación de oro, en relación con el proceso inicial (recupera 0.63 g/m^3 de oro). Utilizando el equipo propuesto, este incrementa a 1.34 g/m^3 de oro, considerando la recuperación de los granos medios y finos del mineral.

Con la recirculación del agua, se minimiza en un 75% el consumo de este recurso, empleando las piscinas de decantación y el circuito de bombeo para este propósito. De acuerdo con las reservas probables (300000 m^3 gravas), se emplearía 7500 m^3 de agua, que, al ser recirculada en el proceso por 6 veces representa un consumo total de 1250 m^3 de agua usada.

Palabras Clave: Recuperación, gravas auríferas, terraza aluvial, depósitos, equipos de recuperación, gravimetría.

ABSTRACT

The Santa Rita mining concession empirically conducts mining activities within its area. It is for this reason that an improvement in the exploitation of this metallic resource was proposed, through the use of better gravimetric equipment for recovery and that in turn uses less water in the beneficiation process.

The research was aimed at observing the form of extraction and the technical proposal for improvement in the mineral recovery process from the terraces. In the current process, the mining licensee, for every 100 m³ per week of gravel, uses 10 m³ of single-use water, which, when calculated by the volume of probable gravel reserves in the mining concession, would use 3000000 m³ of this in a single process.

In the study, it was shown that the use of ICON equipment, model IGR 500, improves the recovery of gold, in relation to the initial process (it recovers 0.63 g/m³ of gold). Using the proposed equipment, this increases to 1.34 g/m³ of gold, considering the recovery of the medium and fine grains of the mineral.

With the recirculation of water, the consumption of this resource is minimized by 75%, using the decantation pools and the pumping circuit for this purpose. According to the probable reserves (300000 m³ gravel), 7,500 m³ of water would be used, which when recirculated in the process 6 times, this would represent a total consumption of 1250 m³ of used water.

Keywords: *Recovery, gold gravel, alluvial terrace, deposits, recovery equipment, gravimetry.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco Teórico	3
1.4.1 Acceso y ubicación del proyecto.....	3
1.4.2 Aspectos Administrativos y Legales.....	5
1.4.3 Levantamiento de Información Línea Base.....	5
1.4.4 Recopilación de Información Primaria	5
1.4.5 Recopilación de Información Secundaria.....	7
1.4.6 Climatología	7
1.4.7 Geología y Sismicidad	13
1.4.8 Hidrología	13
1.4.9 Geomorfología	13
1.4.10 Trabajos de Exploración en la Concesión Minera.....	14

1.4.11	Reservas Mineras	14
1.4.12	Sobrecarga y cobertura de suelo vegetal	16
1.4.13	Método y Sistema de Explotación.....	16
1.4.14	Descripción detallada de operaciones mineras.....	17
1.4.15	Detalle de Equipos y Maquinaria	18
CAPÍTULO 2.....		22
2.	Metodología	22
2.1	Características del Estudio.....	22
2.1.1	Tipo de Metodología aplicada	22
2.2	Zonas Anómalas.....	23
2.2.1	Recopilación de Información.....	24
2.2.2	Trabajos de Campo	24
2.3	Características de la Grava Aurífera	25
2.3.1	Densidad de la Pulpa.....	27
2.4	Proceso de Beneficio en la Actualidad	30
CAPÍTULO 3.....		32
3.	Resultados y Análisis.....	32
3.1	Planta propuesta para mejorar el proceso de recuperación de oro	32
3.2	Elección de Equipos y Maquinaria para ser implementados	35
3.2.1	Alimentador Grizzly.....	35
3.2.2	Tamiz Vibratorio.....	36
3.2.3	Bomba de transferencia de lodo pesado	37
3.2.4	Concentradores	38
3.2.5	Hidrociclón	40
3.2.6	Estructura de la Planta.....	41
3.2.7	Mandos eléctricos, cableado y plomería	42
3.3	Procesos en Planta	43

3.4	Tratamiento de Concentrados	44
3.5	Fundición	44
3.6	Recuperación de oro en función de la nueva planta	45
3.7	Diseño del Sistema de Piscinas	45
3.8	Circuito de recirculación del agua y sus beneficios	49
3.9	Costos de inversión de la planta	51
3.10	Ventajas y Desventajas en el uso de la Planta iCON IGR 500.....	52
3.10.1	Ventajas.....	52
3.10.2	Desventajas	53
CAPÍTULO 4.....		55
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	55
4.1	Conclusiones.....	55
4.2	Recomendaciones.....	57

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ARCERNNR	Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
MAATE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
PDOT	Plan de Ordenamiento Territorial
MAPE	Minería Artesanal y Pequeña Escala o Pequeña Minería

SIMBOLOGÍA

mm	Milímetro
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
Hm	Hectárea minera
m ³	Metros cúbicos
T	Toneladas
Au	Oro
Ag	Plata
H ₂ O	Agua
psi	Libras por pulgada cuadrada
Q	caudal
HP	Caballos de fuerza
kW	Kilovatios
h	Hora

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de Ubicación.....	1
Figura 1.2 Vía de Acceso a la Concesión Minera.....	4
Figura 1.3 Mosaico 3D Concesión Minera.....	6
Figura 1.4 Frente de Explotación 1.....	6
Figura 1.5 Frente de Explotación 2.....	6
Figura 1.6 Gráfico de Tendencia de Temperatura.....	9
Figura 1.7 Gráfico de Tendencia de Precipitación.....	10
Figura 1.8 WRPLOT Frecuencia de Conteo.....	11
Figura 1.9 WRPLOT Frecuencia de Distribución.....	11
Figura 1.10 Rosa de Vientos (dirección de entrada).....	12
Figura 1.11 Rosa de Vientos (dirección de salida).....	12
Figura 1.12 Corte o Perfil de la Grava Aurífera.....	14
Figura 1.13 Corte y preparación de la Mina.....	16
Figura 1.14 Parámetros de Diseño de Bancos (Del Solar Vivanco, 2014).....	17
Figura 1.15 Trabajos de Corte y relleno en la Concesión.....	17
Figura 1.16 Vista Aérea – Frente de Explotación 1.....	18
Figura 1.17 Vista Aérea – Preparación vías, plataforma y frente de extracción.....	18
Figura 1.25 Granos de Oro recuperado.....	20
Figura 1.26 Piscinas de Sedimentación.....	21
Figura 2.1 Área de Explotación 1.....	23
Figura 2.2 Área de Explotación 2.....	24
Figura 2.3 Porcentaje de Volumen de Sólidos.....	28
Figura 3.1 IGR-500 Planta Aluvial (iCON, 2021).....	34
Figura 3.2 IGR-500 Planta Aluvial vista frontal (iCON, 2021).....	35
Figura 3.3 Alimentador Grizzly (iCON, 2021).....	36
Figura 3.4 Tamiz Vibratorio (iCON, 2021).....	37
Figura 3.5 Bomba de Transferencia de lodo (iCON, 2021).....	38
Figura 3.6 Concentrado iCON i350 (iCON, 2021).....	40
Figura 3.7 Hidrociclón (iCON, 2021).....	41
Figura 3.8 Planta iCON – IGR 500 (iCON, 2021).....	42
Figura 3.9 Tablero eléctrico de la Planta IGR 500 (iCON, 2021).....	43

Figura 3.10 Área de preparación de piscinas	46
Figura 3.11 Conformación de la piscina de drenaje	46
Figura 3.12 Esquema de proceso de utilización del agua y su circulación	47
Figura 3.13 Piscinas de sedimentación, decantación y clarificación del agua y su circulación.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Identificación de la Concesión Minera	4
Tabla 1.2 Identificación de Estaciones meteorológicas e Hidrológicas en la Zona.....	7
Tabla 1.3 Datos Temperatura (°C) (Meteorológico, 2013).....	8
Tabla 1.4 Datos Precipitación (mm) (Meteorológico, 2013).....	9
Tabla 1.5 Detalle de Equipos y Maquinaria utilizada en la Concesión	19
Tabla 2.1 Coordenadas de la Terraza de Explotación 1.....	23
Tabla 2.2 Coordenadas de la Terraza de Explotación 2.....	24
Tabla 3.1 Características de la Concesión Minera	33
Tabla 3.2 Especificaciones Técnicas del Concentrador iCON i350 (iCON, 2021).....	39
Tabla 3.3 Estimación de costos de inversión en la Concesión Minera	51

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Frentes de Explotación
- PLANO 2 Plano Topográfico
- PLANO 3 Plano de ubicación de la Concesión Minera
- PLANO 4 Plano de Cuencas Hídricas
- PLANO 5 Plano de Subcuenca Hídrica
- PLANO 6 Plano de Clima
- PLANO 7 Plano de Cobertura Vegetal
- PLANO 8 Plano Geológico
- PLANO 9 Plano de Elevación
- PLANO 10 Plano de intensidad símica
- PLANO 11 Plano de Isotermas
- PLANO 12 Plano de Isoyetas
- PLANO 13 Plano de Ríos

CAPÍTULO 1

1. Introducción

La actividad extractiva del oro y su valor económico en el mercado es lo que motiva a que personas naturales, grupos familiares y asociaciones comunitarias trabajen en la minería.

Estas labores en las terrazas aluviales antiguas y auríferas presentes en el sector de Sacramento, son atravesadas por la Quebrada denominada Soberana, que de acuerdo con lo descrito en la Figura 1.1, se encuentra el permiso de la Concesión Minera denominado “Santa Rita” con código minero 20000408.

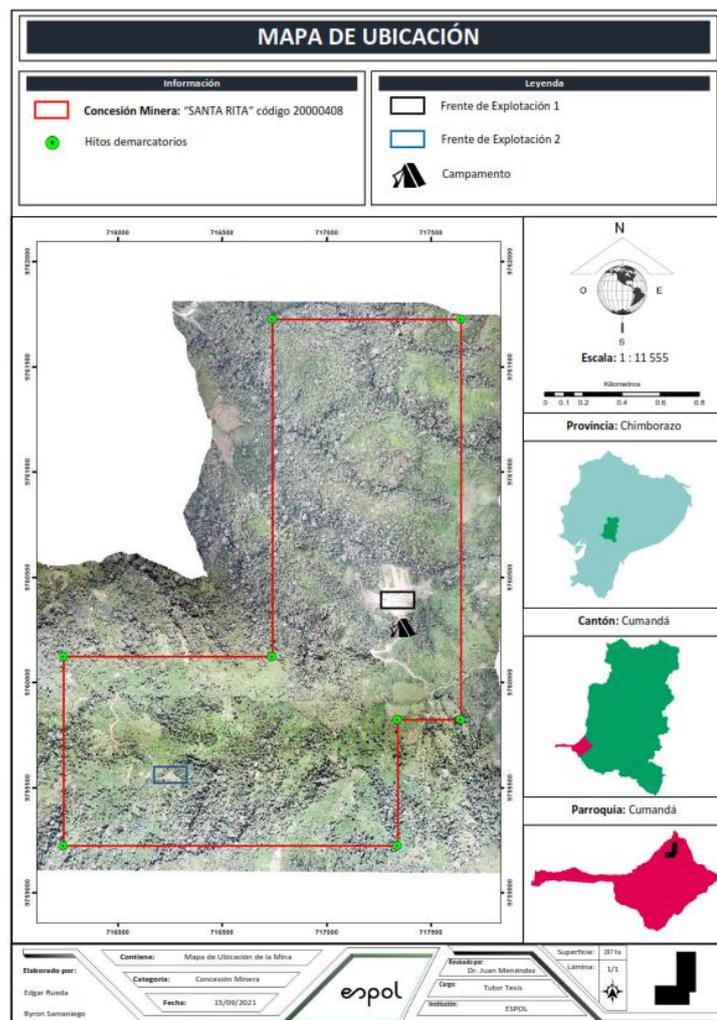


Figura 1.1 Mapa de Ubicación

1.1 Descripción del problema

Las tecnologías limpias en las diversas actividades industriales y más aún en las actividades mineras, es una premisa que viene creciendo en el mundo de hoy.

La recuperación del mineral y el empleo de agua son los principales lineamientos o nudos críticos en esta explotación, es por ello por lo que este trabajo investigativo se direcciona bajo esas premisas.

1.2 Justificación del problema

La caracterización granulométrica y mineralógica se realizó en función de la información dada por la titular minera.

Así mismo, se pretende mejorar el uso del agua para el proceso captada de la vertiente empleando la recirculación, de forma que se utilice mucha menos cantidad y tras dicha recirculación se proceda al vertido a su fuente natural con propiedades físico – químicas adecuadas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proponer un proceso de beneficio gravimétrico alternativo en la recuperación de oro aluvial, mediante el uso de equipos con tecnologías limpias para una mayor recuperación de oro y minimizar el consumo de agua.

1.3.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de este proyecto son:

1. Determinar el porcentaje de extracción de oro aluvial actual en la Concesión Minera Santa Rita, mediante un análisis de la información provista por la titular del área minera

2. Determinar qué equipo puede usarse en este proceso de acuerdo con sus condiciones mineralógicas, gravimétricas y su disponibilidad en el mercado local o en países vecinos.
3. Minimizar el consumo de agua mediante la recirculación de este recurso en el proceso de lavado, con el uso de tecnologías limpias, comprobando su eficiencia y consumo en el proceso.

1.4 Marco Teórico

Las Naciones Unidas definen a la producción más limpia – PML como “La continua aplicación de una estrategia ambiental preventiva e integrada, aplicada a procesos, productos y servicios para mejorar la eficiencia y reducir los riesgos a los humanos y al ambiente” (ONUDI, 2006).

La Concesión Minera denominada “Santa Rita” código 20000408, está calificada bajo el Régimen de Pequeña Minería, según resolución otorgada por el Ministerio de Minería N° MM-SZM-C-2017-0236-RES de fecha 15 de diciembre de 2017, documento Registrado en ARCOM-R el 18 de enero del 2018. Esta área pertenece a la Región 3 de acuerdo con la distribución administrativa dispuesta por la SENPLADES.

1.4.1 Acceso y ubicación del proyecto

De acuerdo con lo detallado en la Tabla 1.1, en concordancia con lo indicado en el APÉNDICE E, PLANO 3, la Concesión se encuentra ubicada bajo los siguientes datos geográficos y administrativos para su control. Para acceder a la concesión existe una vía lastrada de tercer orden, la cual puede apreciar en la Figura 1.2, y es utilizada por volquetas y camiones.



Figura 1.2 Vía de Acceso a la Concesión Minera

Tabla 1.1 Identificación de la Concesión Minera

Ubicación Geográfica de la Concesión						
Ubicación:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Descripción del Área:	Zona:	Clima:
		Chimborazo	Cumandá		Cumandá	
Demografía (población más cercana):		Habitantes:	Suelo:	Tipo:	Arenoso, Arcilloso	
		12992		Pendiente:	Ondulado (pendiente mayor al 30%)	
Cuerpos Hídricos cercanos:		Río Chimbo Quebrada La Soberana				
Coordenadas de Ubicación						
DATUM: PSAD56 Zona 18S			DATUM: WGS84 Zona 18S			
Coordenadas X		Coordenadas Y		Coordenadas X		Coordenadas Y
716000		9760500		715741		9760125
717000		9760500		716741		9760125
717000		9762100		716741		9761725
717900		9762100		717641		9761725
717900		9760200		717641		9759825
717600		9760200		717341		9759825
717600		9759600		717341		9759225
716000		9759600		715741		9759225

1.4.2 Aspectos Administrativos y Legales

Referente al proceso de regularización ambiental, la titular supo manifestar que este se encuentra en trámite.

En cambio, para la obtención del Informe Favorable de SENAGUA, la titular manifestó que se cuenta con el Certificado de No afectación otorgado por SENAGUA, mismo que fue dado el 29 de marzo de 2019, mediante documento signado por la autoridad correspondiente, dentro del proceso 007-2018-APP de SENAGUA.

1.4.3 Levantamiento de Información Línea Base

Para el levantamiento de la línea base se determinó la situación actual mediante apreciación in situ, así como la comparación con información existente.

1.4.4 Recopilación de Información Primaria

Se utilizó un equipo dron (DJI Mavic Pro), mediante el cual se obtuvo el relieve topográfico de la concesión, y el resultado de dicho proceso se lo puede apreciar en la Figura 1.3.

Producto del levantamiento se generó el plano topográfico, como se indica en el APÉNDICE D, PLANO 2, en el que se pudo identificar los dos frentes de explotación Figura 1.4 y Figura 1.5, donde se realiza la actividad minera.



Figura 1.3 Mosaico 3D Concesión Minera



Figura 1.4 Frente de Explotación 1



Figura 1.5 Frente de Explotación 2

1.4.5 Recopilación de Información Secundaria

Dicha información se obtuvo de las diferentes fuentes existentes, tales como legislación ambiental vigente, indicadores referenciales del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), estaciones meteorológicas, bibliografía, memorias de proyecto, planos, entre otros.

1.4.6 Climatología

En la Tabla 1.2, para la determinación de datos meteorológicos se identificó la estación meteorológica que tiene las condiciones orográficas, bioclimáticas y de cercanía más parecidas al área de estudio.

Tabla 1.2 Identificación de Estaciones meteorológicas e Hidrológicas en la Zona

Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas cercanas a la Concesión Minera						
Tipo de Estación	Código Estación	Nombre Estación	Ubicación		Altitud (m)	Distancia (KI)
			Coordenadas DATUM WGS 84			
			X	Y		
Meteorológica	M0392	Huigra	724582.3	9746911	1255	14.28
Meteorológica	M0136	Chunchi	730919.9	9748345.9	2177	17.39
Meteorológica	M0391	Pallatanga	725458.8	9778738.3	1523	18.72
Hidrológica	H0340	Gualleturo	707072.2	9756334.9	297	9.13

Para efectos del presente estudio se analizaron los datos de la Estación Meteorológica Chunchi código M0136, la cual se localiza sobre el mismo piso bioclimático de la Concesión Minera, de acuerdo con el análisis cartográfico indicado en el APÉNDICE H, PLANO 6, y cuenta con los datos necesarios para la tabulación de estos.

1.4.6.1 Temperatura

El análisis geomático de superposición sobre isotermas descrito en el APÉNDICE M, PLANO 11, devela que el proyecto se localiza bajo un rango de temperatura que oscila entre 20 a 22 °C, sin embargo, el análisis realizado con la base de datos de los Anuarios Meteorológicos de los años 2011 a 2013, estipulados en la Tabla 1.3, se determinó que en el año 2012 fue el año más caluroso, donde se registró

una temperatura máxima promedio de 16.5 °C correspondiente al mes de agosto, de acuerdo con la gráfica elaborada en la Figura 1.6.

Tabla 1.3 Datos Temperatura (°C) (Meteorológico, 2013)

Datos Temperatura				
Meses	Años			
	2011	2012	2013	
Enero	14.6	14.2	14.5	
Febrero	14.2	14.3	14.3	
Marzo	15.1	14.1	14.5	
Abril	14.9	14.7	14.8	
Mayo	15.8	15.3	14.9	
Junio	15.9	15.4	15.7	
Julio	15.9	16.2	16.3	
Agosto	16.2	16.5	16	
Septiembre	16	16.5	15.9	
Octubre	15.7	16.1	15.6	
Noviembre	15.3	16.1	15.9	
Diciembre	14.8	15.5	15.1	
Resumen de Análisis de Datos Temperatura °C				
Máximo	Promedio	Mínimo	Período de Registro / Año	Fuente
16.2	15.3666667	14.2	2011	A.M.
16.5	15.4083333	14.1	2012	A.M.
16.3	15.2916667	14.3	2013	A.M.
TOTAL, PROMEDIO ANUAL (°C)			15.35 °C	

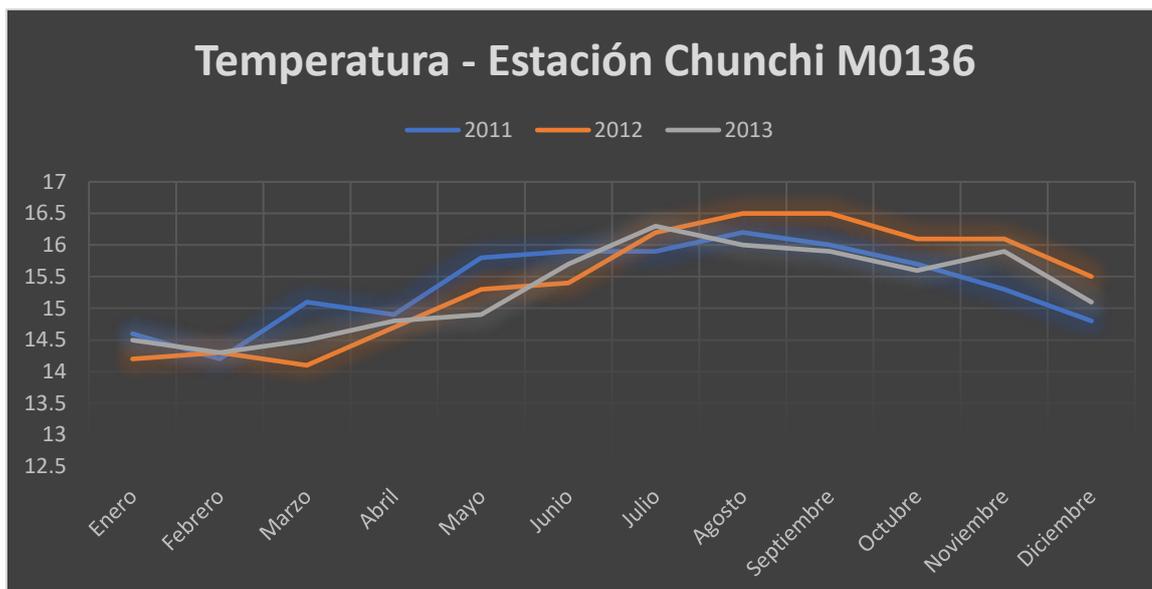


Figura 1.6 Gráfico de Tendencia de Temperatura

1.4.6.2 Precipitación

El análisis geomático de superposición sobre isoyetas descrito en el APÉNDICE N, PLANO 12, devela que la concesión se localiza en una zona con un rango de pluviosidad que oscila entre los 1500 – 1750 mm anuales, sin embargo, en el análisis de los datos obtenidos en la estación meteorológica y tabulados estadísticamente en la Tabla 1.4, develan que en la zona en la que se ubica la concesión minera existe una precipitación anual de 32.39 mm, siendo el mes de abril donde se registra mayor precipitación en la zona, de acuerdo con la gráfica elaborada en la Figura 1.7.

Tabla 1.4 Datos Precipitación (mm) (Meteorológico, 2013)

Datos Precipitación (mm)			
Meses	Años		
	2011	2012	2013
Enero	28.1	74.6	49
Febrero	128.8	80.9	21.8
Marzo	74.7	87.8	43.2
Abril	130.3	140.3	22.2
Mayo	6.8	23.2	43.6
Junio	8.4	5.5	0.9
Julio	1.1	0	1.9

Datos Precipitación (mm)				
Meses	Años			Fuente
	2011	2012	2013	
Agosto	1.3	2.2	1.3	A.M.
Septiembre	18.3	2.8	0.5	A.M.
Octubre	4.8	25.3	3.6	A.M.
Noviembre	13.5	41.4	4.5	A.M.
Diciembre	37.7	11.4	24.4	A.M.
Resumen de Análisis de Datos Precipitación (mm)				
Máximo	Promedio	Mínimo	Período de Registro / Año	Fuente
130.3	37.8166667	1.1	2011	A.M.
140.3	41.2833333	0	2012	A.M.
49	18.075	0.5	2013	A.M.
TOTAL, PROMEDIO ANUAL (°C)		32.39 mm		

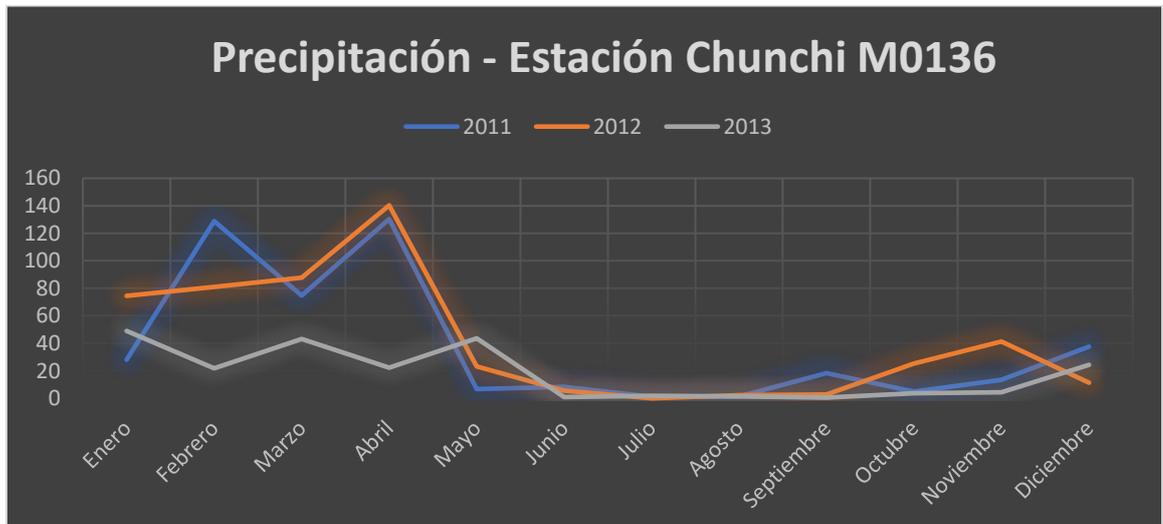


Figura 1.7 Gráfico de Tendencia de Precipitación

1.4.6.3 Dirección y velocidad del viento

Con la ayuda del Software WRPlot View, se analizó la información de velocidad de viento de los anuarios meteorológicos correspondientes al período 2011-2013, de la Estación Meteorológica M0136, los cuales se tabularon en la plantilla de trabajo, tal y como se aprecian en las Figura 1.8 y Figura 1.9.

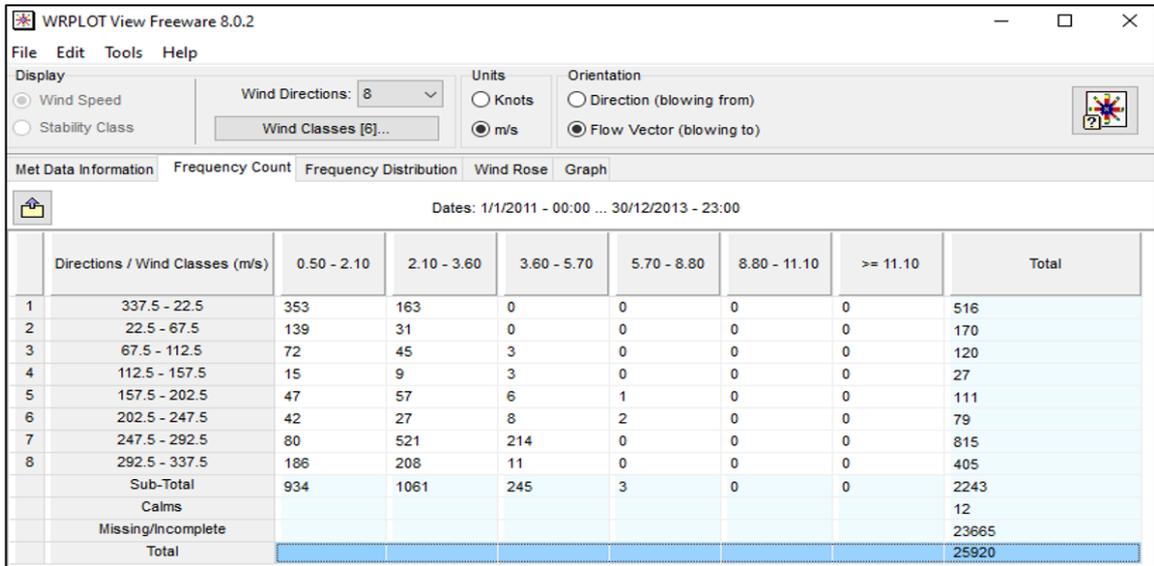


Figura 1.8 WRPLOT Frecuencia de Conteo

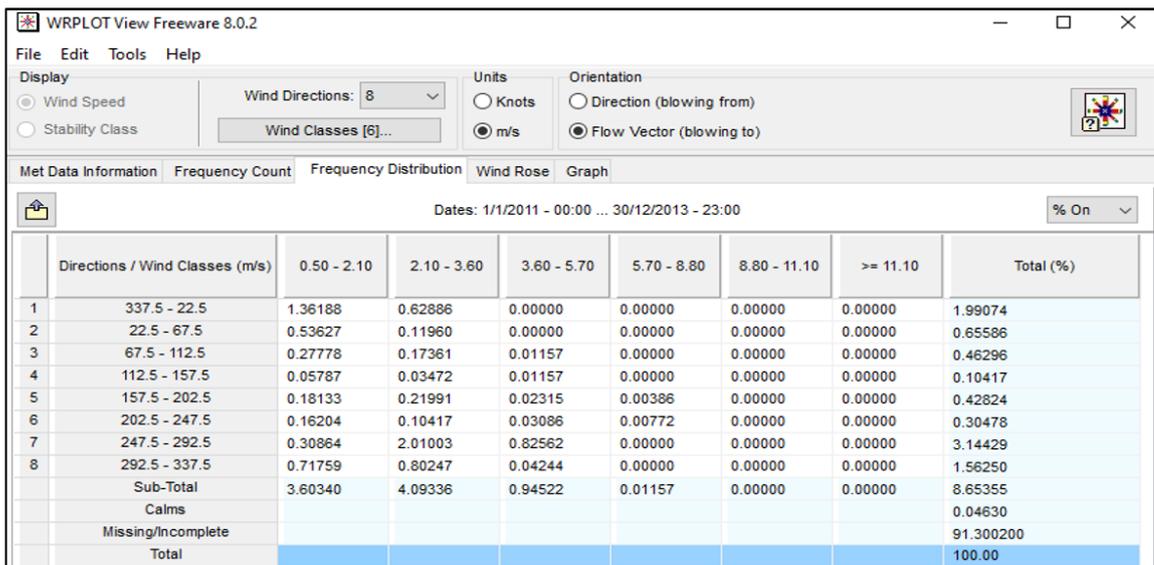


Figura 1.9 WRPLOT Frecuencia de Distribución

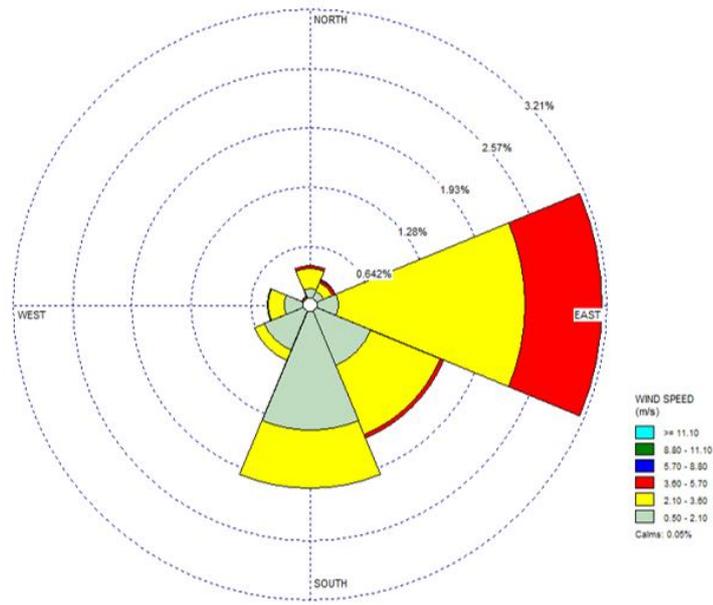


Figura 1.10 Rosa de Vientos (dirección de entrada)

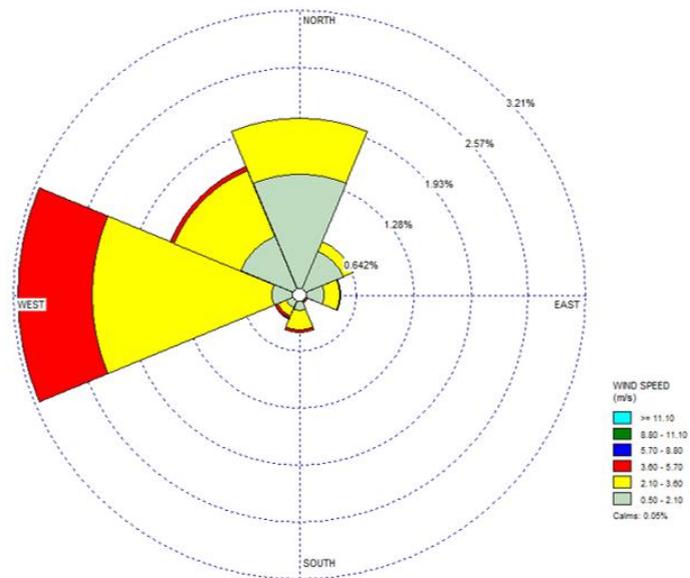


Figura 1.11 Rosa de Vientos (dirección de salida)

De acuerdo con la simulación, se determinó la frecuencia de distribución soplando desde el este hacia el oeste tal y como se aprecia en las Figura 1.10 y Figura 1.11, con velocidades que varían entre 0.50 – 5.70 m/s.

1.4.7 Geología y Sismicidad

La descripción geológica del área de estudio se determinó en función a Mapa Geológico de la República del Ecuador emitido por el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEM).

Como se observa en el APÉNDICE J, PLANO 8, este indica que la mayor parte del área de implantación se localiza bajo la Unidad Geológica Macuchi, correspondiente a la era Cenozoica, ubicado en, periodo Paleógeno; el mismo se caracteriza por estar compuesto de terrazas: de lavas andesíticas, tobas y volcanoclastos.

1.4.8 Hidrología

El proyecto se encuentra localizado sobre la Cuenca hidrográfica del Río Guayas, como se indica en el APÉNDICE F, PLANO 4, y sobre la Subcuenca Hidrográfica del Río Yaguachi conforme a lo analizado en el APÉNDICE G, PLANO 5, subcuenca que se caracteriza por ser de drenajes menores.

El frente actual de explotación se ubica a las cercanías de la Quebrada La Soberana, del cual se toma parte de su afluente natural para el proceso de lavado de la grava aurífera.

1.4.8.1 Formación Macuchi

Esta formación se caracteriza a través de una serie continua de conos coalescentes de esparcimiento y deyección. Estos conos de esparcimiento y otros depósitos que conforman este piedemonte presentan gran variedad textural en sus materiales (gravas, arenas y limos más o menos arcillosos). La disección en ellos es de nula a moderada, con pendientes medias a bajas que se suavizan aguas abajo (Tangoy, 2020).

1.4.9 Geomorfología

Geomorfológicamente el Área Minera se encuentra influenciada por tres sectores bien diferenciados, por un lado, las Vertientes externas de la Cordillera Occidental

que pasan transicionalmente a las geoformas asociadas a los Piedemontes andinos occidentales y al Medio aluvial costero (representado principalmente por los ríos Chimbo y Chanchán y por sus sistemas de terrazas asociados) (Tangoy, 2020).

1.4.10 Trabajos de Exploración en la Concesión Minera

En el área minera no existe información sobre trabajos de exploración que valide una zona mineralógica de estudio que pueda determinar reservas probadas para un desarrollo sostenible en las operaciones mineras.

Con lo expuesto, al ya existir en el área minera cortes expuestos como se aprecia en la Figura 1.12.



Figura 1.12 Corte o Perfil de la Grava Aurífera

1.4.11 Reservas Mineras

Para esta estimación de reservas se realizó una evaluación de las mismas con el objetivo final de que los datos que se obtengan aseguren fundamentalmente los siguientes lineamientos:

- a) Determinación preliminar de la cantidad de oro existente en el depósito aluvial que se expone en los cortes actuales en presente estudio.
- b) Clasificación cualitativa del oro expuesto en el contenido de las gravas.
- c) Conocimiento de la distribución espacial del oro en toda la extensión del depósito o en las zonas de anomalías con mineral.

- d) Determinación del volumen de grava aurífera en las terrazas conforme su relieve geomorfológico del área de estudio.
- e) La determinación aproximada de la importancia económica de las reservas evaluadas conforme a los datos obtenidos en campo.

Es decir, se estiman dos áreas de interés actual, donde existen dos clases de reservas, las probables y las posibles.

1.4.11.1 Reservas Probadas

Al no poseer un estudio definido técnicamente con información sólida, con muestreos de campo extensos, se determina que no se dispone de reservas probadas por no contar con este tipo de trabajos de exploración a detalle, falencia que limita a esta investigación y coloca en una posición al proyecto en dilema.

1.4.11.2 Reservas Probables

Para el cálculo de Reservas Probables, estima una extensión preliminar de 20 hectáreas mineras de toda la extensión útil, en la cual se observa una potencia promedio del coluvial o grava aurífera de 1.5 m; determinándose en el área minera concesionada posee el siguiente potencial actual:

- Superficie analizada: 200000 m²
- Potencia promedio de la grava mineralizada: 1.5 m
- Volumen Total del aluvial (20 hectáreas) = 300000 m³
- Ley Media del Mineral o tenor medio: 0.67 g/m³ (tomado empíricamente por la titular minera de acuerdo con el historial de su explotación)
- Cantidad de oro aluvial probable: 201000 g o 201 kg

1.4.11.3 Reservas Posibles

Las reservas posibles se pueden calcular en función de la apreciación en la determinación de otros indicios en campo a partir de perfiles existentes a simple vista y de una continuidad geológica supuesta pero no verificada de la terraza existente, donde la información disponible (afloramientos y/o calicatas que pudieren hacerse) es aún limitada y de reducida calidad o confiabilidad.

- Superficie analizada: 700000 m²
- Potencia promedio del mineral: 0.75 m
- Volumen Total del aluvial (70 hectáreas) = 525000 m³
- Ley Media del Mineral o tenor medio: 0.67 g/m³ (proyección media del depósito)
- Cantidad de oro aluvial posible: 351750 g o 351.75 kg

1.4.12 Sobrecarga y cobertura de suelo vegetal

Para este caso en particular hasta el momento se ha realizado remoción del suelo, trabajos que se aprecian en la Figura 1.13, y que se realizaron para preparar para el siguiente periodo de ejecución de la actividad minera. Cabe mencionar que de acuerdo con el análisis de cobertura vegetal el cual se puede apreciar en el APÉNDICE I, PLANO 7, la intervención realizada fue mínima, teniendo en cuenta la extensión del área minera.



Figura 1.13 Corte y preparación de la Mina

1.4.13 Método y Sistema de Explotación

La extracción del mineral se tiene proyectado realizar a cielo abierto, mediante la conformación bancos descendentes con taludes de 9 m, ángulo de inclinación de 70° y bermas de 4 m de ancho de acuerdo con lo descrito en la Figura 1.14, que garanticen la estabilidad de la zona y seguridad de la vida de las personas que vayan a trabajar en la cantera y de las personas que circunden por la zona

en las vías y plataforma de trabajo para la explotación de la terraza aluvial antigua en el área “Santa Rita”.

Como se podrá observar en las figuras Figura 1.16 y Figura 1.17, el área minera se ha intervenido por parte de la titular minera.



Figura 1.16 Vista Aérea – Frente de Explotación 1



Figura 1.17 Vista Aérea – Preparación vías, plataforma y frente de extracción

1.4.15 Detalle de Equipos y Maquinaria

Para ejecutar estos trabajos para la recuperación del oro aluvial en la concesión minera Santa Rita, se está empleando actualmente maquinaria y equipos los cuales se detallan en la Tabla 1.5 a continuación:

Tabla 1.5 Detalle de Equipos y Maquinaria utilizada en la Concesión

DESCRIPCIÓN	FIGURA
Excavadora CAT 324D (medio uso)	
Bulldócer Internacional (medio uso)	
Volquete HINO (medio uso)	
Criba Tipo Z (artesanal, medio uso)	
Canalón Metálico (artesanal, medio uso)	
Bomba de Combustión Interna, manguera, otros (medio uso)	

Como datos adicionales, se puede indicar que, al ser un proceso no óptimo con escaso criterio técnico, esto se debe a varias razones que podemos enumerar a continuación:

1. El proceso empleado para el beneficio va desde el simple lavado de la clasificadora tipo Z.
2. Los caudales de agua no son regulados de manera eficiente.
3. Los recorridos en los canalones con el agua mezclado con la grava lavada, es corto.
4. Al ser un circuito básico existe desperdicio del mineral el mismo que es llevado hacia las piscinas rudimentarias de sedimentación existentes, las cuales se pueden identificar en la Figura 1.19.
5. Son todos estos componentes que generan una pérdida de aproximadamente entre un 50% del oro contenido en estas gravas.

Es así, que existen granos grandes y medios de oro aluvial recuperado (Figura 1.18) y no se evidencia recuperación de oro de granos menores a los medios y los finos en el proceso.



Figura 1.18 Granos de Oro recuperado



Figura 1.19 Piscinas de Sedimentación

Desde el punto de vista económico, se estima una pérdida de aproximadamente entre un 50% del oro contenido en estas gravas.

CAPÍTULO 2

2. Metodología

2.1 Características del Estudio

Se realizó un diagnóstico de la explotación realizada en las terrazas aluviales auríferas del área minera Santa Rita. La investigación está orientada a desarrollar un análisis de la explotación y una propuesta para el mejoramiento en proceso extractivo de recuperación y beneficio del mineral que en este caso está en las terrazas aluviales auríferas de esta concesión minera.

Para ello se aplicará el método deductivo evidenciando la pérdida de mineral en el proceso actual de recuperación, el daño ocasionado a la naturaleza al contaminar con materiales en suspensión luego del proceso de lavado en general, y cuantitativo las causas que generan esta pérdida de mineral en la recuperación y beneficio, los daños observados en campo y en lo particular, destacando la magnitud producto del volumen de explotación o extracción que se ejecuta en el área minera.

2.1.1 Tipo de Metodología aplicada

La metodología utilizada para desarrollar esta investigación radica en el trabajo técnico-minero que es descriptivo-prospectivo, ya que se analizó las características geológico – mineras de la grava aurífera que existe del proyecto Santa Rita.

La investigación es de carácter transversal, porque se lo desarrollará en un tiempo determinado proyectado (7 meses). Este trabajo en su gran mayoría se fundamentará en los resultados de las labores experimentales en campo, de las que al ser recolectados se obtendrá información geológico – minera y los datos proporcionados por la titular minera, que analizados nos ayudaran a determinar las medidas minero - productivas y con fundamento técnico, económico y rentable que se desea obtener en la explotación del proyecto minero con un manejo sustentable y amigable con el medio ambiente.

2.2 Zonas Anómalas

Para desarrollar este proyecto se ha seleccionado los depósitos aluviales existentes en cortes visibles dentro de la concesión minera Santa Rita, la que nos permitió realizar la observación en campo de la grava aurífera en dos sectores expuestos dentro de la concesión minera, identificados en las figuras Figura 2.1 y Figura 2.2, mismas que se detallan en las tablas Tabla 2.1 y Tabla 2.2 respectivamente.

Tabla 2.1 Coordenadas de la Terraza de Explotación 1

Coordenadas de Ubicación del Frente de Explotación 1			
DATUM: PSAD 56 Zona 18S		DATUM: WGS 84 Zona 18S	
Coordenadas X	Coordenadas Y	Coordenadas X	Coordenadas Y
717532	9760810	717532	9760810
717641	9760810	717641	9760810
717641	9760780	717641	9760780
717532	9760780	717532	9760780
Superficie (Has)		0.327 HM	



Figura 2.1 Área de Explotación 1

Tabla 2.2 Coordenadas de la Terraza de Explotación 2

Coordenadas de Ubicación del Frente de Explotación 2			
DATUM: PSAD 56 Zona 18S		DATUM: WGS 84 Zona 18S	
Coordenadas X	Coordenadas Y	Coordenadas X	Coordenadas Y
716482	9759980	716223.42	9759605.46
716542	9759980	716283.42	9759605.46
716542	9759910	716283.42	9759535.46
716482	9759910	716223.42	9759535.46
Superficie (Has)		0.042 HM	



Figura 2.2 Área de Explotación 2

2.2.1 Recopilación de Información

La información utilizada para el desarrollo del presente trabajo investigativo proviene de recopilación bibliográfica en su gran mayoría de carácter digital, tesis de grado existentes sobre la temática tratada, artículos relacionados al tema así también como la utilización de la recolección de datos en las labores experimentales de campo y sus respectivos análisis.

2.2.2 Trabajos de Campo

Los datos experimentales en base a los principios técnicos adecuados fueron de gran apoyo para sustentar el presente trabajo de análisis técnico – minero, mismas

que resultaron parte de la observación en campo, dirigidas a determinar los distintos parámetros minero-geométricos que se requiere para el beneficio y aprovechamiento de las gravas en explotación del depósito aluvial existente.

Bajo esos argumentos, la actividad desarrollada fue la observación in situ, la descripción y levantamiento de información primaria, trabajos que proporcionaron datos específicos (puntuales) respecto de las características geomecánicas y mineralógicas de la grava aurífera en el depósito aluvial que es motivo de estudio para un diseño adecuado y elección de los equipos a emplearse para la recuperación del oro.

2.3 Características de la Grava Aurífera

Esta área minera cuenta con depósitos aluviales que podrían definirse así: *“...suelen ubicarse en quebradas y superficies topográficas amplias. A diferencia de los coluviales, tienen un espesor más apreciable y conforman terrazas más desarrolladas especialmente en los márgenes de valles fluviales. En determinadas ocasiones, las terrazas aluviales están representadas por niveles bien estratificados. Compuestos por detritos mal clasificados cuya granulometría varía desde gravas de cantos y gránulos hasta arenas de grano grueso...”* (Ayala, 2020)

Sin embargo, se debe considerar lo señalado por Gutiérrez en relación con los tipos de proceso de lavado que indica *“... La gran diferencia de densidad existente entre el oro y el estéril que lo acompaña, hacen que los métodos de lavado en los que la gravedad juega un papel fundamental sean los más utilizados...”* (Ayala, 2020).

Todos estos métodos utilizan los efectos combinados que la masa, volumen y forma de las partículas de oro tienen, sobre su comportamiento físico en el interior un fluido, este fluido, a su vez, puede encontrarse en situación estática o dinámica (Bilbao Sarmiento, 2017).

Según estudios realizados por investigadores como Valdivieso señalan que *“...La concentración gravimétrica es esencialmente un método para separar partículas*

minerales de diferente peso específico, por las diferencias en movimiento en respuesta a las acciones que ejercen sobre ellas simultáneamente la gravedad y/u otras fuerzas, como la hidráulica y de fricción...” (Valdivieso et al., 1999)

En relación con estos criterios dados, la grava aurífera existente en la zona de interés tiene su composición de rocas medias a pequeñas, en una matriz areno arcillosa en la cual contienen granos macro y micrométricos de mineral. Estos granos son visibles a la vista, juntamente con material particulado de menores diámetros, que son mínimamente perceptibles al ojo humano.

Con lo señalado, podemos observar que el proceso de por sí ya conlleva a una pérdida del mineral metálico de interés, debido a una aplicación de métodos antiguos, sin contar con un análisis granulométrico ni densidades de sus componentes en su matriz de la grava.

Al emplear equipos sin una especificación técnica adecuada, ni un análisis mineralógico de la grava, tomando en cuenta las densidades y/o pesos específicos del oro y sus componentes en la matriz de esta, existiría una pérdida del mineral por estas consideraciones técnicas.

Es por ello por lo que, debe considerarse los ángulos de la criba, el caudal de agua y de manera especial los canalones dispuestos en el proceso de lavado. Según los investigadores Veiga y Correa, “... *La capacidad de producción de un canalón viene dada por el ancho de este y no por su longitud...*” (Veiga & Correa Velez, 2019).

Los canalones anchos pueden procesar más material que los estrechos, la mayoría del oro se recupera en el primer metro del canalón, por lo tanto, no tiene sentido hacer canalones más largos de 2 m. Una forma de incrementar la recuperación de oro mediante canalones es usando la forma de zig zag “Z” y el uso de diferentes alfombras en cada cubierta (Veiga & Correa Velez, 2019).

En Surinam, por ejemplo, los mineros utilizan canalones con 3 cubiertas en “Z” cada uno con inclinación de 15°, lo cual aumenta significativamente la recuperación de oro (Veiga & Correa Velez, 2019).

Al emplear una criba tipo Z, caudales de agua sin un control adecuado y ángulos de inclinación ya predeterminados de forma empírica, no permiten una recuperación óptima del mineral.

2.3.1 Densidad de la Pulpa

Hay que considerar una vez que se mezcla la grava con el agua, genera una pulpa en el proceso de recuperación del oro libre. La densidad de la pulpa en el proceso de recuperación (% de masa de sólidos en la pulpa) ideal en el empleo de los canalones debe ser baja, debe estar entre el 10% y 20% de sólidos y el grosor del flujo no puede ser mayor a 3 cm.

Esto permite a las partículas de oro hundirse en el flujo para luego ser atrapado en las alfombras sintéticas o bayetas colocadas en los canalones. Para esto, se empleó una técnica simple para evaluar la densidad de la pulpa de un canalón.

Esta técnica consiste en usar una botella de gaseosa de dos litros para recolectar la pulpa al final de canalón mediante los siguientes pasos:

- Se divide la botella en 10 partes iguales.
- Llenar hasta la última marca (100% de su capacidad).
- Dejar reposar el líquido para que los sólidos se asienten.
- Escribir el porcentaje de volumen de sólidos asentado en la botella.
- Transformar el valor observado en un % de masa.

Para lograr lo señalado vamos a transformar el % de volumen de sólidos en % de masa de sólidos, para lo cual se empleará la ecuación (2.1).

$$\%S = \frac{\textit{masa de sólidos}}{\textit{masa de sólidos} + \textit{masa de agua}} \quad (2.1)$$

Al no contar con la masa de sólidos, se asume de acuerdo con lo observado en campo, este es igual al Volumen de sólidos (V_s) y este es multiplicado por la densidad de los sólidos (d_s), aquí asumiremos que es igual a 2.7 (silicatos). La masa del agua es igual al Volumen de agua (V_L) multiplicado por la densidad de agua ($d_a=1$); por lo que la ecuación (2.2) se expresa de la siguiente manera:

$$\%S = \frac{d_s * V_s}{d_s * V_s + d_a * V_L} \quad (2.2)$$

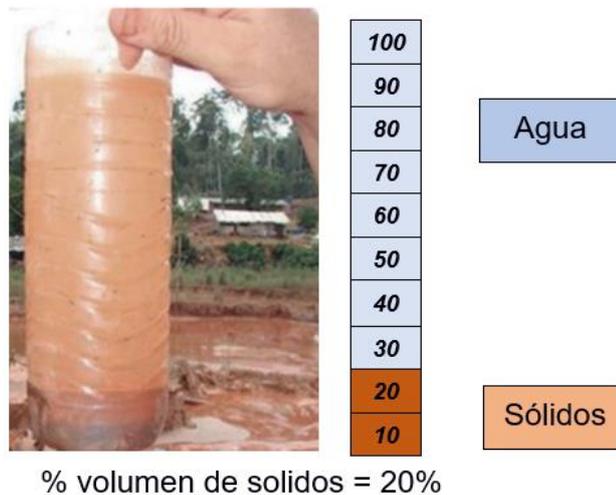


Figura 2.3 Porcentaje de Volumen de Sólidos

En relación con la medición se tendría que el volumen de sólidos (V_s) es 20 divisiones en una botella, tal y como se aprecia en la Figura 2.3, y el $V_L = 80$, en base a la ecuación planteada (2.2), el porcentaje de sólidos sería es igual a 40.29 % de mineral (2.3).

$$\%S = \frac{2.7 * 20}{2.7 * 20 + 1 * 80} * 100 = \frac{54}{134} * 100 = 40.29\% \quad (2.3)$$

El resultado nos indica que la pulpa usada en el canalón tiene 60% de agua y 40% de mineral. Este es un porcentaje muy alto de sólidos para un canalón, el porcentaje debería estar entre 10% y 20%.

Con lo experimentado y de acuerdo con la información proporcionada por la titular minera, se tiene una ley de recuperación promedio de 0.29 g/m³ de oro en su proceso. Para obtener esto, emplea equipos como una criba tipo Z de fabricación nacional con ángulos rígidos, canalones metálicos de diversas longitudes y alfombras sintéticas para atrapar el oro libre. Esto correspondería al 40% de mineral recuperado por el método actual empleado en este yacimiento.

Realizando una parametrización a través de una regla de tres simple (2.4), contemplando que únicamente con los procesos gravimétricos se puede tener un 85% de efectividad en la recuperación, lo que se estima que la ley de cabeza (Lc) al ingreso al proceso estaría en un promedio de 0.63 g/m³.

$$Lc = \frac{0.29 \text{ gr/m}^3 * 85\%}{40\%} = 0.63 \text{ g/m}^3 \quad (2.4)$$

De acuerdo a lo señalado, se puede suponer que, en función de estudios anteriores de otros procesos analizados por diversos autores en relación a la concentración gravimétrica, estos métodos ejecutados con un equipo actual, que cuente con un alimentador adecuado para el proceso, con un tamiz vibratorio, acoplado a un concentrador gravimétrico y finalizando el proceso con un hidrociclón, puede alcanzar una recuperación de hasta el 85% de su ley, lo que llevaría a considerarse una recuperación de hasta 1.34 g/m³, tal y como se expresa en la ecuación (2.5).

$$\text{Recuperación} = \frac{0.63 \text{ gr/m}^3 * 85\%}{40\%} = 1.34 \text{ g/m}^3 \quad (2.5)$$

Se puede señalar entonces que hay una pérdida adicional de un 45% (0.71 g/m³) de mineral de menores diámetros (medianos a finos) a los obtenidos en el proceso de recuperación actual.

Cabe señalar que, no existen estudios de muestreos ni análisis de laboratorio tanto de la grava como de los efluentes que salen luego del proceso de lavado. Es por ello por lo que no se cuenta con datos fidedignos para corroborar lo señalado por la titular minera de acuerdo con la ley promedio del mineral.

2.4 Proceso de Beneficio en la Actualidad

Esta área minera ha venido laborando con los equipos básicos para la extracción de la grava aurífera, conforme lo señalamos en la Tabla 1.5. Estos equipos son empleados actualmente en el proceso utilizando volúmenes de agua de acuerdo con las capacidades de estos, lo que les permite recuperar el oro libre en esta grava.

En resumen, se puede señalar que los problemas encontrados en este proceso son los siguientes:

- a) No existen datos de laboratorio o de análisis de la cantidad de oro existente en la grava, que permita apoyar o corroborar lo mencionado por la titular minera.
- b) No se puede determinar reservas probadas ya que no existe un estudio detallado de prospecciones hechas dentro del área de estudio, por lo que solo se consideran probables o posibles en áreas donde se encuentran realizando labores de aprovechamiento del mineral.
- c) Se estima de acuerdo con la información provista por la titular minera, que por cada metro cúbico de grava se obtiene 0.29 g de oro actualmente.
- d) Con ese dato, se presume que la ley de cabeza de acuerdo con el porcentaje de recuperación sería en un 85% es decir 0.63 g/m^3 de oro.
- e) No se consideran la cantidad de material fino de oro que puede ser contenido en las colas o lamas, mismas que conducen las colas hacia las piscinas improvisadas por la titular minera.
- f) El proceso actual es muy básico para una recuperación no adecuada del oro libre, ya que no se consideran las partículas de oro medio y fino libres que se encuentran en el caudal mezclados en los lodos o lamas, debido a las sustancias arcillosas existentes en la matriz de la grava.

- g) Los lodos decantados en las piscinas existentes en el área minera tienen capacidades limitadas y no son tratados o analizados. Estos son liberados una vez usados.
- h) El agua utilizada en el proceso, este luego del recorrido en el transcurso del lavado de la grava, se deposita en las piscinas sin ningún tratamiento y luego son liberados hacia la quebrada Soberana sin un control previo.
- i) Los volúmenes de consumo de agua son altos, aunque no se tiene registro alguno de la cantidad de agua, se presume un uso y consumo desmesurado del recurso al ser solo una vez utilizado.

CAPÍTULO 3

3. Resultados y Análisis

En este capítulo de la investigación, se compara y contrasta los resultados obtenidos, de acuerdo con lo observado en campo y los criterios de otros autores en relación al tema propuesto. Para ello se consideró pertinente, como la propuesta planteada puede mejorar el proceso de recuperación de mineral en relación a lo que actualmente realiza la titular de esta área minera.

3.1 Planta propuesta para mejorar el proceso de recuperación de oro

Antes de realizar el análisis de la propuesta, se considera que la recuperación se basa en un proceso limpio de clasificación de la grava, aprovechando las propiedades de densidades y peso específico de los minerales, que para este estudio el mineral de interés es el oro.

La clasificación se realiza por vía húmeda, misma que se basa en la separación de partículas de una mezcla de sólidos (grava aurífera) y líquido (agua). Este proceso tiene como principio la velocidad con la cual bajan las partículas a través del medio (agua), lo que significa que no solo se toma en cuenta el tamaño de las partículas sino también su gravedad específica en este caso del metal precioso como lo es el oro. En resumen, se puede indicar que los productos resultantes son: una fracción que contiene material grueso, y una fracción restante la cual contiene material fino junto con la parte restante de líquido o colas.

Para poder escoger una planta que se acople a las necesidades de la génesis del depósito y la grava aurífera, dependerá del volumen de material a ser lavado y con qué frecuencia lo realizaran la titular minera conforme su avance. Por lo que para esto en la Tabla 3.1 podremos definir los siguientes datos:

Tabla 3.1 Características de la Concesión Minera

Descripción	Valor/cantidad/Ley	Unidad	Frecuencia u observación
Volumen de grava promedio a lavarse	100	m ³	Semanal (6 días)
Ley de oro a la entrada al proceso	1.8	g/m ³	Información proporcionada por titular minero
Ley de recuperación estimada con la planta a emplearse (85%)	1.53	g/m ³	Información con relación a investigaciones realizadas por otros autores en análisis gravimétricos
Reservas probables	300000	m ³	Se consideraron únicamente 20 hectáreas del total del área minera (dos frentes)
Ley media promedio	0,63	g/m ³	
Potencia promedio de la grava aurífera	1.5	M	
% de pérdida adicional estimado en el proceso actual	50	%	Tomando en consideración experiencias en procesos analizados por otros autores se estima este porcentaje

En función de los parámetros expuestos, se considera emplear una planta o equipo móvil, mismo que permite realizar los trabajos de recuperación del oro de la grava, con mejores resultados que los que actualmente tiene con el equipo empleado.

Con lo señalado y de acuerdo con las características del depósito, se considera emplear para este proceso una planta para lavado IGR 500, la cual se puede apreciar en la Figura 3.1. Planta de Lavado de Oro Aluvial 10 a 30 T/h, equipo diseñado por el fabricante Icon. Este equipo brinda todos los beneficios que puede ofrecer para una mejor recuperación del oro aluvial y su fácil uso como disposición a otros puntos extractivos dentro de la concesión minera (iCON, 2021).

Esta planta es ideal para mejorar la recuperación del oro aluvial con contenidos de Arcilla, mismos que se encuentran en ciertas partes del depósito en medio de las gravas a ser explotadas.

Con este equipo se puede obtener de forma eficaz la disolución con el agua al romper y transportar arcilla contenida en las gravas. Este con el uso y la acción en el impulsor y la turbulencia dentro de la manguera, es uno de los medios más económicos de dispersión actualmente en el mercado para el tratamiento de esta clase de depósitos con contenidos de arcilla (iCON, 2021).

El IGR 500 es una Planta Modular en el cual se emplea un ciclón para la extracción de agua para maximizar la eficiencia para la recuperación máxima de oro medio y fino existente en la grava aurífera que requiere aprovechar en esta área minera (iCON, 2021).

La planta está en una posición ideal al final de la descarga existente permitiendo con ello que, su descarga actúe como una trampa de pepita eficiente para el oro a gran tamaño y el resto de los componentes se distribuyen la captación del oro medio y fino, aumentando o llevando el porcentaje en la recuperación de oro que el que mantiene actualmente en su proceso.



Figura 3.1 IGR-500 Planta Aluvial (iCON, 2021)

3.2 Elección de Equipos y Maquinaria para ser implementados

El IGR 500, apreciación en campo Figura 3.2, es ideal para usarse en esta clase de gravas. Los ciclones pueden procesar 800 gpm de suspensión. Los 2 concentradores i350 pueden procesar 20 toneladas por hora de -2mm sólidos con aumentos de 30 toneladas por hora. Este equipo tiende a una descarga muy fina. Los ciclones se utilizan para eliminar el exceso de agua y proporcionar una densidad de la descarga eficiente de los concentradores.

Este equipo está compuesto por 2 módulos que interaccionan entre sí, el cual está compuesto por varios componentes que los detallaremos a continuación.

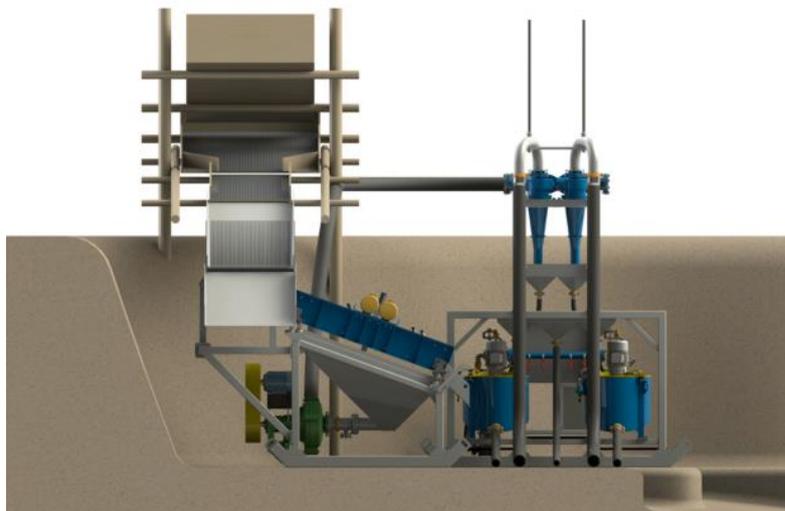


Figura 3.2 IGR-500 Planta Aluvial vista frontal (iCON, 2021)

3.2.1 Alimentador Grizzly

El alimentador Grizzly el cual se puede observar en la Figura 3.3, es un equipo estático con una inclinación adecuada, misma que es aprovechada por la gravedad y el lavado a través de los inyectores de agua que generan un movimiento lineal fuerte para hacer avanzar la grava aurífera. Este equipo cuenta con aberturas de 12 mm, mismo que servirá para la captación inicial de los materiales gruesos y finos (iCON, 2021).

Las secciones de preclasificación (precibado) son elementos claves para maximizar el rendimiento y para disminuir los costos operacionales. El Grizzly del

IGR 500, ofrece una buena opción de preclasificación que puede adaptarse a las aplicaciones difíciles y condiciones de la grava aurífera que se tiene en esta área minera (iCON, 2021).

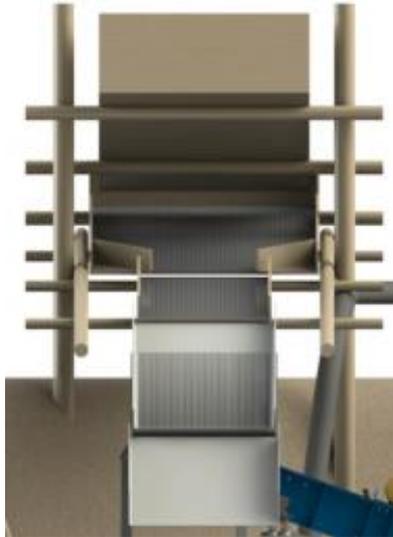


Figura 3.3 Alimentador Grizzly (iCON, 2021)

3.2.2 Tamiz Vibratorio

Este Sepro de 1.0 m de ancho x 2 m de largo inclinado con mallas de 2 mm, hechas de poliuretano, apreciable en la Figura 3.4, cuenta con 2 motores de accionamiento eléctrico vibratorio de 2 x 2 HP (4 CV), mismo que es irrigado por un conjunto de barras de pulverización con boquillas colocadas en la misma (iCON, 2021).



Figura 3.4 Tamiz Vibratorio (iCON, 2021)

3.2.3 Bomba de transferencia de lodo pesado

Las bombas de lodo están diseñadas para un funcionamiento eficiente y una vida útil adecuada en los circuitos de captación de las arenas o lodos donde a menudo se encuentran lodos altamente abrasivos por su composición de la grava aurífera.

Estas bombas están equipadas con partes resistentes a la humedad, que cuentan con secciones de caucho o metal pesado en puntos de desgaste extremo para aumentar el rendimiento y reducir el costo de mantenimiento.

La bomba de 30 HP, indicada en la Figura 3.5, es una bomba de transferencia de lodos pesados producto del lavado de la grava, misma que es transferida de acuerdo con el diseño del equipo y su proceso de recuperación del oro (iCON, 2021).

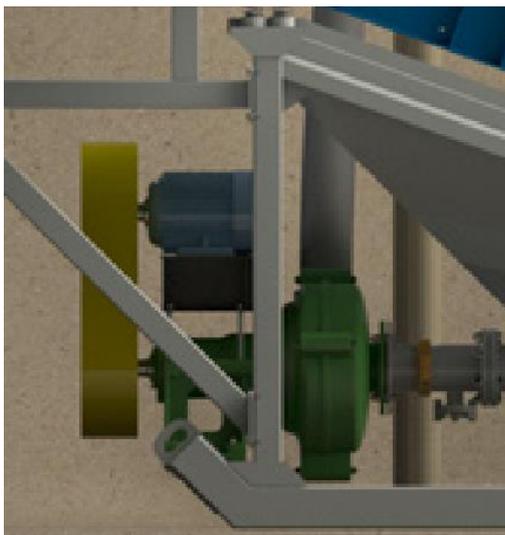


Figura 3.5 Bomba de Transferencia de lodo (iCON, 2021)

3.2.4 Concentradores

El equipo sugerido contiene un concentrador gravimétrico iCON i350. Este equipo ha venido revolucionando el mundo de minería aluvial y el dragado impactando el mundo de la minería en esta clase de depósitos mineros.

Este es un concentrador gravimétrico que utiliza la gravedad mayor para concentrar los minerales pesados “libres” que se encuentran en este caso en la grava aurífera. También se conoce o se usa como un concentrador centrífugo por la acción centrífuga del tazón giratorio que este posee y que permite una mayor recuperación de los minerales finos (iCON, 2021).

El proceso utiliza solo agua y un motor eléctrico para concentrar los minerales preciosos pesados de una pulpa. Este cuenta con una capacidad de 10 a 15 toneladas por hora de sólidos. Debido a la capacidad para capturar el oro fino y las proporciones de concentración altas, el i350 puede ser usado para reducir la longitud de su canaleta y reducir el volumen de concentrado en su operación en dependencia de las necesidades del titular minero o de la capacidad de producción de acuerdo con su maquinaria existente (iCON, 2021).

Con la implementación del equipo de concentración gravimétrica iCON i350 a través de la centrifugación, se logra recuperar por gravimetría hasta el 10% de la

producción total de todo el proceso del volumen proyectado o usado en la actualidad en el área minera. Por lo que, se logra aumentar la recuperación total de 93% a 94%; mismas que están consideradas por el fabricante de este equipo.

A continuación, en la Tabla 3.2, se detalla una ficha técnica resumen de este equipo que viene incorporado en la planta iCON IGR – 500, y está en concordancia a lo descrito en el APÉNDICE A.

Tabla 3.2 Especificaciones Técnicas del Concentrador iCON i350 (iCON, 2021)

Especificaciones del Concentrador i350	
Capacidad de Sólidos:	10 toneladas/hora
Capacidad eficiente	15 toneladas/hora
Capacidad máxima	
Capacidad de Pulpa (Max)	30 m ³ /hora, 132 USGPM
Densidad de Pulpa	5% a 65% Sólidos
Tamaño de Partículas Máximo	2.5 mm
Gama de Fuerzas G	100 a 150 Gs (37 a 45 Hz)
Peso de la máquina	415 kilogramos
Dimensiones	0.98 m x 0.89 m x 1.43 m Alto
Potencia del Motor	5 HP, 3.7 KW
Especificaciones Eléctricas	208-230/3 Phase, 50 o 60 Hz
	380-460/3Phase 50 o 60 Hz
Consumo de Agua de Proceso	3 a 5 m ³ /hr, 13 a 22 USGPM
Presión de Agua de Proceso	10 a 20 psi
Tiempo de Lavado	60 a 90 Segundos
Capacidad de Concentrado por Lote	3 a 6 Kilos
Variador, Arranque Suave Incluido	Si

El concentrador iCON i350 completo con VFD (variador de velocidad), el cual se puede apreciar a mejor detalle en el APÉNDICE B, cuenta con un botón de operación de enjuague de 5 caballos de fuerza en su motor eléctrico, detallado en la Figura 3.6. Todos los componentes son del fabricante iCON son montados en una estructura a la medida de todos los equipos empleados en el proceso (iCON, 2021).

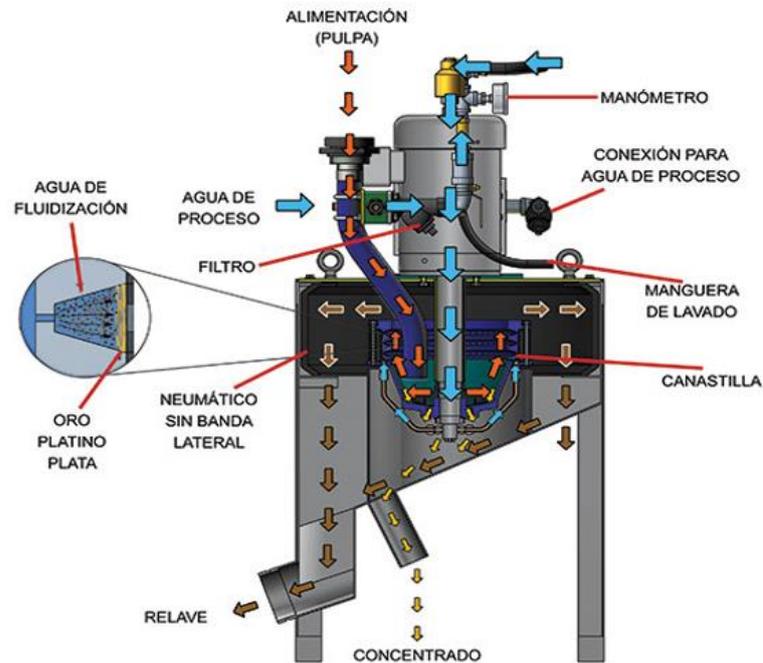


Figura 3.6 Concentrado iCON i350 (iCON, 2021)

3.2.5 Hidrociclón

El Hidrociclón es un filtro diseñado para de separar la arena y otras partículas compactas más pesadas que el agua, por lo que es ideal como filtro para esta clase de depósitos aluviales y en la recuperación de oro por su densidad.

El hidrociclón desempeña un papel importante en la recuperación del oro, parece un equipo simple dentro de la parte de recuperación, este tiene un sistema de funcionamiento algo complejo que se emplea para la recuperación y selección de minerales de alto valor especialmente los metálicos. Además, posee ciertas ventajas frente en relación otros equipos de clasificación, siendo una de las principales los volúmenes de pulpa que puede procesar al momento de la recuperación y sus bajos costos de mantenimiento y la alta eficiencia de separación de los minerales de interés en el proceso de beneficio gravimétrico.

En esta planta se consideran dos hidrociclones de 5 pulgadas, como se puede apreciar en la Figura 3.7, permitirá recuperar el material particulado y la separación del medio acuoso para el beneficio del mineral.



Figura 3.7 Hidrociclón (iCON, 2021)

3.2.6 Estructura de la Planta

La planta cuenta con un conjunto de su estructura que se convierte en deslizante para el montaje del tamiz vibratorio, colocación de los hidrociclones en la parte superior de la estructura, los concentradores son colocados en la parte inferior debajo de los hidrociclones. Además, en la parte baja debajo de la criba vibratoria se encuentra la bomba de agua la misma que cuenta con una suspensión múltiple y en una parte lateral se ubica el panel de control eléctrico, las partes y componentes de este se identifican en la Figura 3.8, a continuación.



Figura 3.8 Planta iCON – IGR 500 (iCON, 2021)

3.2.7 Mandos eléctricos, cableado y plomería

Esta planta cuenta con mandos eléctricos para todos los equipos, se incluyen las unidades de frecuencia variable de la bomba de transferencia de suspensión, concentrador(es) i350 todos montados en una misma caja protectora. Todos los VFDs son NEMA 4, a prueba de lluvia, lo que garantiza un trabajo en cualquier época del año.

Todo el cableado eléctrico para equipos de la planta (apto para 220/50-60hz/3 fase, 166 FLA) o (380/50-60/3 Phase/96 FLA), lo que permite una fácil operatividad de esta clase de equipos, lo cual es apreciable en la Figura 3.9.

Plomería y tubería de suspensión interna se acopla fácilmente al proceso de lavado gravimétrico empleado en la planta propuesta.



Figura 3.9 Tablero eléctrico de la Planta IGR 500 (iCON, 2021)

3.3 Procesos en Planta

Para podernos dar una idea de lo que realiza esta planta podemos resumir su proceso:

1. Con la cargadora frontal se carga la grava aurífera hacia la planta depositando esta sobre el Grizzly.
2. El Grizzly estático se utiliza como limpieza previa de la roca de gran tamaño y permite que sólo 12 mm de material pase a la criba vibratoria que se encuentra a continuación de este proceso previo.
3. Sus colas pueden ser cernidas a 90 mm y 10% a 15% de sólidos
4. El desbordamiento o exceso del Grizzly de 12+ mm pasa por gravedad a las colas. La descarga se distribuye en la malla de poliuretano de un solo piso inclinado vibratorio.
5. El material que excede 2 mm pasa a las colas las mismas que son recirculadas en el proceso.
6. El material de menos 2 mm se bombea a 3% o 8% de sólidos al hidrociclón para eliminar el exceso de agua que contiene este proceso húmedo.
7. El desbordamiento del ciclón es esencialmente el 99% de agua y ultrafinas limo / arcilla. Esto se puede hacer recircular o se pasa a las colas.

8. El underflow del ciclón pasa por gravedad al Concentrador i350. Lo ideal es alimentar 10 toneladas por hora de sólidos y 30 m³ de la descarga total. Esto es equivalente a 28% de sólidos en peso.
9. Al recuperar las fracciones finas de oro (tamaños de malla – 300 = 50 µm), producto que seguirá las fases de fundición, refinación y comercialización.

3.4 Tratamiento de Concentrados

La titular minera dispondrá o escogerá un laboratorio de su confianza en el cual se realizará el proceso químico – mineralúrgico al que serán llevados los concentrados primarios, obtenidos de la clasificación gravimétrica en todo su proceso, para su debida recuperación. Este laboratorio contará con equipos para realizar análisis granulométricos, ensayos al fuego (fundición) y producción de barras de oro.

El laboratorio escogido por la titular minera contará con secciones para análisis en seco, donde se realizan las tareas propias de laboratorio y caracterización del mineral; y, la otra para los ensayos en húmedo, en la que se cumplen pruebas de reconcentración (procesamiento final) utilizando el concentrador iCON, así como también se realizaran los análisis granulométricos para determinar el tamaño del oro recuperado, pruebas de fundición y producción de lingotes (barras) de oro.

3.5 Fundición

Los concentrados auríferos secundarios obtenidos de los procesos de beneficio, que han sido recuperados en el concentrador Icon i350, antes de ser fundidos, serán sometidos a un proceso de separación magnética para obtener oro libre dentro del laboratorio anteriormente mencionado.

El oro libre será fundido en un horno eléctrico a una temperatura de 1200°C, en un crisol con Flux, que es una mezcla homogénea de hidróxido de sodio (Sosa Cáustica = NaOH y Sílice) considerado agente de fluidez y Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), disolvente de óxidos metálicos y limpiador de impurezas, durante 60 minutos (1 hora), luego de lo cual se lo verterá en una lingotera para la conformación de la barra de oro, en la que permanecerá durante 5 minutos hasta su fraguado en el mismo.

Los lingotes serán lavados con agua, durante unos segundos y serán limpiados para retirar los restos de escoria que pudiesen haber quedado en este proceso, para finalmente ser pesados y registrados para su comercialización en el mercado.

3.6 Recuperación de oro en función de la nueva planta

Al mejorar el proceso de recuperación actual del oro de la grava que se encuentra en esta área minera, misma que se estimó de acuerdo con los datos proporcionados por la titular minera, esta se mantenía en un 35% lo que representaría 0.63 g/m^3 .

Es decir, al haber proyectado una pérdida del 50% de la cantidad de mineral estimado en las gravas se estaría perdiendo 0.9 g/m^3 del total a recuperarse.

Es por ello por lo que al realizar la suma de estos dos valores se proyecta una recuperación 1.53 g/m^3 . Con esto nos permitiría obtener lo siguiente:

- Superficie analizada: 200000 m^2
- Potencia promedio de la grava mineralizada: 1.5 m
- Volumen Total del aluvial (20 hectáreas) = 300000 m^3
- Ley Media del Mineral o tenor medio: 1.53 g/m^3 (tomado el 85% de recuperación de acuerdo con el historial de su explotación)
- Cantidad de oro aluvial proyectado a recuperar: 459000 g o 459 kg

3.7 Diseño del Sistema de Piscinas

El lavado de la grava aurífera supone un consumo grande de agua conforme se lo venía haciendo en el proyecto minero, por lo que para proteger el medio ambiente hemos creído conveniente que este recurso se la tratará y reciclará (recirculará el agua usada) a la planta para ser nuevamente utilizada en el proceso de lavado por gravimetría.

El proceso de lavado que proviene de la planta en la concentración gravimétrica (lavado), se tiene que realizar secuencialmente, para lo cual pasarán por un circuito de tres piscinas. Para ello en la Figura 3.10 se han ubicado o considerado y adecuado un área para la instalación de la planta y piscinas.



Figura 3.10 Área de preparación de piscinas

Por lo que, en esta zona se construyeron las piscinas con la impermeabilización debida y respectivas tuberías para el proceso de decantación de los sólidos en suspensión del proceso, conforme a lo visualizado en la Figura 3.11.



Figura 3.11 Conformación de la piscina de drenaje

Luego de esto el área ya contaba con dos piscinas cercanas a su zona de extracción en donde ya se realizaban previamente estos procesos y sobre las cuales se mejorarán los procesos de recirculación.

Para esto se regirá bajo el presente esquema de uso descrito en la Figura 3.12, el cual es el siguiente:



Figura 3.12 Esquema de proceso de utilización del agua y su circulación

A la primera piscina llega el agua de la planta de lavado, en la que se produce la sedimentación, que disminuye el contenido (cantidad) de los sedimentos gruesos que se encuentran en suspensión. En esta se aprovecha el diferencial de altura para poder utilizar esta y que se decante de mejor forma las colas producto el lavado.

La segunda piscina es la de decantación, en la que se retiene los sedimentos más finos y sobre la cual se proyectaron las tuberías para la decantación de los lodos disueltos.



Figura 3.13 Piscinas de sedimentación, decantación y clarificación del agua y su circulación

La tercera piscina es la de clarificación misma que no se estaba contemplando en el proyecto original por la titular minera, en esta se realizara neutralización de los sólidos en solución y las sales que contiene la grava, dejando al agua limpia y apta para reutilizarla en el proceso de lavado, la ubicación y estructura de estas son apreciables en la Figura 3.13.

De la piscina 3, se estima que el 75% del agua tratada con floculantes o decantadores esta agua se clarificara y servirá en el proceso, esta será llevada por medio de una bomba de succión hasta las mangueras de abastecimiento de agua en los inyectores para ser usado en el lavado en el Grizzly y el resto pasaría a los hidrociclones y concentradores que son parte de la planta de concentración.

3.8 Circuito de recirculación del agua y sus beneficios

El consumo de agua en los procesos mineros, sin embargo, existen muchos factores que pueden generar el aumento de agua “utilizada” entre los cuales consideraremos los siguientes:

El uso de agua en donde se localiza la actividad minera puede constituir una porción importante de las fuentes de agua localizadas en su entorno, resultando en una escasez de agua o turbidez de esta que puede repercutir en otros usos como agricultura, ganadería y posiblemente para consumo humano.

La captación, producción y el transporte del agua fresca y renovada es costosa, afectando el precio de operación en la actividad minera

Las descargas de agua en malas condiciones producto de las actividades mineras son potencialmente nocivas al ambiente ya que contienen sólidos suspendidos contenidos en la misma, así como muchos compuestos químicos tóxicos en solución al haberse realizados procesos que pueden ser agentes de flotación y sus productos de degradación contenidos en liquido utilizado.

Bajo estos aspectos, en los que se tienen diversos enfoques ambientales y económicos, manifiestan la necesidad del tratamiento del agua producto de las actividades mineras y por ende la conservación de este recurso natural. Es por ello por lo que, se deben considerar dos lineamientos para el reciclaje del agua empleada para las faenas mineras y son:

- Reducir la demanda de agua limpia en los procesos
- Reducir el volumen del efluente usado y recuperarlo para recircularlo en el proceso minero.

En función de lo señalado, el titular minero contaba con una bomba superior a 8 pulgadas, la misma que tiene un caudal (Q) promedio de 5,6 litros/min y con un procesamiento por hora de 15 Tn/h. Bajo esta consideración se estima lo siguiente:
 $Q_{bomba} = 5.6 \text{ litros/min} \approx 340 \text{ m}^3/\text{h}$

Volumen de grava promedio para producción = 15 T/h

Equivalencias= 1 m³ ≈ 1.6 T de grava (promedio)

1 m³ de agua ≈ 1000 litros

Con esos valores se determina que inicialmente el volumen empleado de agua requerida será expresado de acuerdo con la ecuación (3.1), la cual determina lo siguiente:

$$\text{Volumen de grava} = \frac{15 \text{ t}}{1.6 \text{ t}} = 9.38 \text{ m}^3 \text{ para procesar en una hora} \quad (3.1)$$

Para este caso se determina que para el volumen de 9.38 m³ de grava se requerirán 9380 litros de agua. Para un volumen promedio de 100 m³ semanales de grava se emplearán 100000 litros de agua. Esto equivaldría que, para lavar el volumen mencionado de grava, se necesitaría por cada metro cubico de material unos 10 m³ de agua; conforme a la ecuación (3.2).

$$\text{Consumo}_{H_2O} = \frac{100 \text{ m}^3 * 1000 \text{ l}_{H_2O}}{1 \text{ m}^3} = 100000 \text{ l} \quad (3.2)$$

Al realizar en trabajo de recuperación del agua y su recirculación de esta, este consumo se verá reducido en un 75%, es decir, solo se ocuparán en este proceso 25000 litros de agua de acuerdo con la nueva planta, el mismo que será recirculado en el proceso con una tendencia promedio de uso de hasta 6 veces en el transcurso de esta para el beneficio.

Al realizar el acopio del agua en las piscinas de sedimentación, decantación y clarificación, la recirculación de este elemento una vez hecho este proceso, puede rehusarse hasta 6 veces en la recuperación del mineral. Con esto por cada 100 m³ de grava aurífera se utilizarán 25000 litros o 2.5 m³ de agua en el proceso.

Si ese valor lo proyectamos por el volumen total de las reservas probables de 300000 m³ de gravas tendríamos que emplear 7500 m³ de agua, que al ser

recirculado por unas 6 veces representaría un consumo total de 1250 m³ de agua recolectada para este proceso.

3.9 Costos de inversión de la planta

La titular minera se ha planteado realizar una inversión en esta planta, pero cuenta con un capital que no sobrepasaría los \$120000 USD. Este capital lo obtendrá de préstamos con instituciones financieras locales a bajo interés comercial. Al consultar con varios fabricantes y suministradores el costo únicamente de la planta en mención tiene un valor en su mercado de origen en países como Canadá, EE. UU. y algunos países de Europa, que estaría en un margen promedio de \$135000 USD, valor que sobrepasa los montos de inversión que tiene proyectada la titular minera.

Haciendo consultas a proveedores en países cercanos como Colombia y Perú se encontró esta planta de segunda mano, en condiciones aceptables (medio uso), con los implementos adicionales que se requieren para su correcto funcionamiento en un monto inferior conforme se detalla en la Tabla 3.3.

Adicionalmente se requerirán otras inversiones como la construcción de la tercera piscina ya que únicamente se cuenta con dos, lo que permitirá cerrar los ciclos del circuito de agua proyectado.

Tabla 3.3 Estimación de costos de inversión en la Concesión Minera

Costo de Inversión			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Planta para lavado iCON IGR 500 (medio uso)	1	\$ 100000,00	\$ 100000,00
Bomba de agua limpia: 22 USGPM per i350 (medio uso)	1	\$ 3500,00	\$ 3500,00
Generador: 220 o 380/50-60/3 fase (medio uso)	1	\$ 7500,00	\$ 7500,00

Costo de Inversión			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Construcción tercera piscina con aditamentos y geomembrana	1	\$ 2500,00	\$ 2500,00
Total			\$ 113500,00
<i>Nota: Los precios hacen referencia al mercado nacional de Sudamérica a la fecha del presente trabajo investigativo.</i>			

Como se observa en el cuadro los costos no ascenderían a más de \$113500 USD, con la cual se enmarcaría en el valor considerado por la titular minera en hacer la adquisición de esta planta. Además, los costos señalados en el cuadro representan los valores de la planta y equipos instalados ya en el lugar que designe la titular minera, con lo que se evitaría realizar más gastos por pagos de importación y tasas fiscales desde el país de origen y el país de destino consideradas para el ingreso de la planta, lo que se convierte en una ventaja para la compra de este equipo.

3.10 Ventajas y Desventajas en el uso de la Planta iCON IGR 500

3.10.1 Ventajas

- a) La Planta iCON IGR 500 es de fácil ensamblaje e instalación, con componentes modulares movibles del equipo, que permite su traslado a cualquier parte donde se desee hacer uso de la maquinaria.
- b) Esta planta le permite a la titular minera recuperar en un 85% de la ley estimada en 1.8 g/m³; dando resultado una recuperación de 1.53 g/m³, teniendo una pérdida mínima entre un 10% de mineral producto de contaminantes u aspectos mineralógicos que requieren otros procesos metalúrgicos.
- c) El consumo de agua se minimiza drásticamente a un 25% del volumen consumido en el proceso que viene aplicando hasta el momento. Es decir, por cada 100 m³ de grava aurífera se utilizarán 25000 litros o 2.5 m³ de agua en el proceso.
- d) El circuito de lavado y la recirculación en el proceso se verá reducido en un 75%, es decir, solo se ocuparán en este proceso 25000 litros de agua de acuerdo con la nueva planta, el mismo que será recirculado en el proceso con una tendencia

promedio de uso de hasta 6 veces en el circuito de esta para el beneficio. Luego de ese proceso de decantado y clarificación de este se procederá a retornar a su cauce una vez tratada el agua.

- e) Una planta de estas características, aunque resulte una inversión elevada para estos procesos de recuperación gravimétrica, garantiza que la misma retorne en un plazo determinado, sin que esta refleje una pérdida o represente un gasto oneroso para la titular minera, mejorando su porcentaje de recuperación y por consecuencia mejores ingresos a la operación minera.
- f) Todos el equipo y los componentes son de buena calidad lo que le garantiza una durabilidad durante un tiempo promedio de unos 10 años en estos equipos. Debe propender a un programa de mantenimiento que sea recomendado por el vendedor o fabricante, además los repuestos o componentes pueden encontrarse en los mercados de los países vecinos como Colombia y Perú.

3.10.2 Desventajas

- a) Al ser un equipo limitado en producción entre 10 a 30 Tn/h, si se requiriera aumentar la producción, tendría que tomarse en cuenta otro tipo de plantas si fuere el caso.
- b) Con este tipo de planta vienen limitados a los equipos según es el diseño del fabricante, por lo que, para minimizar las pérdidas de mineral que en este caso sería del 10%, se debe complementar con otros procesos de tratamiento y beneficio sean estos mecánicos y/o químicos.
- c) Al no contar con representación directa del fabricante en el país, se debe recurrir a importadores cercanos en los países vecinos o a nivel de Latinoamérica, para tener acceso a este tipo de tecnología.
- d) En caso de requerirse equipos de mayores capacidades, se deberá buscar proveedores directos, mayor capital de inversión que si puede generar este proyecto y relacionarlo ya con un estudio detallado de reservas para así poder cuantificar los volúmenes y la necesidad de explotar mayores cantidades de gravas aumentando con ello una pronta tasa de retorno de la inversión efectuada.

- e) El desconocimiento por parte de los mineros, la escasa capacitación sobre esta clase de equipos se dada esta por el Estado o de forma particular, vuelve al sector artesanal y de pequeña minería, deficiente en sus procesos de recuperación en esta clase de depósitos

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

1. El empleo de equipos con tecnologías limpias en los trabajos realizados en la concesión minera Santa Rita, permitirá un mejor aprovechamiento de las terrazas aluviales.
2. El volumen proyectado es de 100 m³ semanales, lo que representaría 400 m³/mes, de manera anual serán 4800 m³/anual. Dando con esto un tiempo de vida en el área proyectada de 62.5 años de acuerdo con el ritmo de explotación actual.
3. El potencial de las terrazas reservas probables tiene un volumen de grava aurífera de 300000 m³, con ley media de 1.53 g Au/m³ para recuperar de acuerdo con el equipo a emplearse. El potencial de las reservas probables es catalogado en función del bajo nivel de investigación realizado en este proceso minero que no cuenta con análisis de laboratorio ni muestreo que permita tener datos fidedignos que permitan describir la realidad del yacimiento.
4. Se pretende recuperar con esta planta en función de su ley 189000 g o 189 kg de oro, los que permitirán compensar la inversión de la planta recomendada para este proyecto.
5. La recuperación del oro aluvial se realizará empleando métodos gravimétricos en una planta iCON IGR 500, equipado con un Grizzly, tamiz vibratorio, dos concentradores, dos hidrociclones, una bomba de transferencia de lodos, tablero eléctrico, conexiones y cableado montado en una estructura modular diseñado específicamente para este equipo, conjunto que asegura una recuperación media del 85% entre oro grueso, medio y finos.

6. Para el lavado de la grava aurífera se empleará únicamente el agua de la Quebrada Soberana, misma que será dirigida luego del proceso gravimétrico a tres piscinas, destinadas a sedimentar, decantar y clarificar los efluentes de la planta propuesta.
7. El proyecto demanda contar con una inversión de US\$ 113500 usd. Una vez que se realizaron las consultas a diversos proveedores, esta es la mejor opción al momento de adquirir este equipo
8. Con el uso de la recirculación del agua utilizada se minimiza en un 75% el consumo de este elemento, siendo únicamente por el volumen total proyectado de las reservas probables de 300000 m³ de gravas tendríamos que emplear 7500 m³ de agua, que al ser recirculado por unas 6 veces representaría un consumo total de 1250 m³ de agua recolectada para este proceso de acuerdo con el volumen de la grava a ser lavada.
9. Se mejora notablemente la recuperación de oro con el proceso anterior ya que se recupera de 0.63 g/m³ a 1.53 g/m³ de oro contemplando la recuperación de los granos medios y finos.
10. Una planta de estas características, aunque resulte una inversión elevada para estos procesos de recuperación gravimétrica, garantiza que la misma retorne en un plazo determinado, sin que esta refleje una pérdida o represente un gasto oneroso para la titular minera, mejorando su porcentaje de recuperación y por consecuencia mejores ingresos a la operación minera.
11. Todos el equipo y los componentes son de buena calidad lo que le garantiza una durabilidad durante un tiempo promedio de unos 10 años en estos equipos. Debe propender a un programa de mantenimiento que sea recomendado por el vendedor o fabricante, además los repuestos o componentes pueden encontrarse en los mercados de los países vecinos como Colombia y Perú.

4.2 Recomendaciones

1. La titular minera deberá ejecutar un estudio geológico - técnico para determinar las reservas probadas y con ello dimensionar el verdadero valor de la concesión minera. Esto deberá ser acoplado con análisis de laboratorio pertinentes para esta clase de depósitos.
2. Aplicar e invertir en lo económico, según lo propuesto en el presente proyecto para la mayor recuperación del mineral extraído de la grava aurífera, tomando en cuenta que el mismo se basa solo en reservas probables (recursos inferidos).
3. Continuar con las labores de forma paralela a la extracción de este depósito, iniciar procesos de exploración minera avanzada en el área ya que ha sido poco investigada, para obtener la mayor información posible y aumentar el grado de confiabilidad volumen de las reservas disponibles en el depósito, transformándolas en probadas, información que podría aumentar la vida útil del proyecto como también su rentabilidad.
4. Una vez que retomen las actividades se debe llevar un registro de efluentes para controlar la cantidad o volúmenes que estos generan y de ser posible mejorar u optimizar más el proceso propuesto.
5. Cumplir todas las obligaciones legales y reglamentarias minero-ambientales y legales previstas y aplicables al desarrollo de la actividad minera.
6. Realizar los mantenimientos adecuados de la planta y equipos conforme lo señala los fabricantes para alargar la vida del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, L. (2020). *Clasificación de los depósitos sedimentarios*.
<https://www.explorock.com/clasificacion-de-los-depositos-sedimentarios/>
- Bilbao Sarmiento, J. L. (2017). Elaboración de la Línea Base para aguas, suelos y sedimentos mediante la detección de calcio, magnesio, sodio, potasio, cromo y mercurio con fines de conservación y preservación de la reserva biológica de limoncocha [Universidad Internacional SEK]. In *Solid State Ionics* (Vol. 2, Issue 1).
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167273817305726>
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-01772-1>
<http://www.ing.unitn.it/~luttero/laboratoriomateriali/RietveldRefinements.pdf>
<http://www.intechopen.com/books/spectroscopic-analyses-developme>
- CRAFT, (2020). https://www.craftmines.org/wp-content/uploads/2020/10/CRAFT-v2-Completo-ESP_low.pdf
- Del Solar Vivanco, T. A. (2014). *Estudio de Control de Talud en Fase 4 de División Andina*. Universidad de Chile.
- iCON. (2021). *IGR 500 Planta Aluvial*. <http://www.iconconcentrator.com/en/gold-recovery-products-icon/gold-recovery-plants-icon/gold-recovery-icon-igr-500-plant>
- Lisintuña Molina, J. X. (2015). Repositorio De La Universidad Central Del Ecuador. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 0(0), 12.
<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/issue/view/251/290>
- Meteorológico, A. (2013). Anuario Hidrológico Nº 51-2013. *Servicio Meteorologico*, 329.
www.serviciometeorologico.gob.ec
- ONUDI. (2006). Introducción a la Producción más Limpia. *ONUDI-Manual de Producción Más Limpia*, 29. <https://goo.gl/uUtLCH>
- Tangoy, H. M. (2020). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cumandá. In *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cumandá*.
http://gobiernodezapotillo.gob.ec/?page_id=265
- Valdivieso, A. L., Amaya Ibarra, A., Oliva Rangel, S., & Reyes Bahena, J. L. (1999). Concentración Gravimétrica Centrifuga. *XXIII Convención AIMMGM*, 1–12.
[http://www.metsoendress.com/miningandconstruction/mct_service.nsf/WebWID/WTB-120118-22576-3D956/\\$File/166.pdf](http://www.metsoendress.com/miningandconstruction/mct_service.nsf/WebWID/WTB-120118-22576-3D956/$File/166.pdf)

Veiga, M., & Correa Velez, M. (2019). *Tecnologías Alternativas para el beneficio del oro.*

APÉNDICES

APÉNDICE A

Ficha Técnica IGR 500



Recuperación de Oro
Recuperação de Ouro
Récupération de l'or
Добыча золота
www.iconcentrator.com
Patents Pending

***iCON Gold Recovery se enorgullece en presentar la
IGR 500 Planta Aluvial***



La recuperación de todos los metales preciosos

Sin Mercurio - Sin Cianuro

Específicamente diseñado para material pre-clasificado como:

- *Brasil Draga Terreno con o sin arcilla*
- *Dragado del Río*
- *Finos de Trommel*
- *Plataforma de la criba Underflow*
- *Colas de Canaletas (nuevas o viejas)*

www.iconcentrator.com

Qué está incluido

One (1)	Grizzly estático con aberturas de 12 mm
One (1)	Sepro 1,0 m X 2,0 m tamiz vibratorio inclinado con 2mm de mallas de poliuretano, dos motores de accionamiento eléctrico vibratorio 2 x 2 HP (4 CV), el conjunto de barra de pulverización con boquillas
One (1)	30 HP bomba de transferencia de lodo pesado
Two (2)	Conjuntos de estructura deslizantes para montaje del tamiz vibratorio, ciclón, concentrador, suspensión múltiple de la bomba de agua, el panel de control eléctrico
1 or 2	Concentrador(s) iCON i350 completo con VFD (variador de velocidad) y el botón de operación de enjuague, de 5 caballos de fuerza motor eléctrico, componentes iCON montados en una estructura de acero a medida
1 or 2	Hidrociclón de 5 pulgadas
One (1)	Mandos eléctricos para todos los equipos vegetal, incluidas las unidades de frecuencia variable de la bomba de transferencia de suspensión, concentrador (s) i350 todos montados en una misma caja protectora. Todos los VFDs son NEMA 4, a prueba de lluvia
Plomería y tubería de suspensión interna	
Cableado para equipos de la planta (apto para 220/50-60hz/3 fase, 166 FLA) o (380/50-60/3 Phase/96 FLA)	



El IGR 500-2 es ideal para usar en combinación con 6 pulgadas una draga de terrenos. Los 2 ciclones pueden procesar 800 gpm de suspensión. Los 2 concentradores i350 pueden procesar 20 toneladas por hora de -2mm sólidos con aumentos de 30 toneladas por hora. La draga de terrenos normalmente tiene una descarga muy fina. Los ciclones se utilizan para eliminar el exceso de agua y proporcionar una densidad de la descarga eficiente de los concentradores.

¿Qué no está incluido?

Bomba de Agua Limpia: 22 USGPM per i350. Bomba sugerido es Goulds 3196

Generador: 220 o 380/50-60/3 fase

Visite nuestro sitio web para más detalles: www.iconcentrator.com

IGR se centra en la recuperación del oro fino y arcilla procesamiento

Esta planta es ideal para mejorar la recuperación de un Draga Tierra de Brasil con o sin Laterita / Saprolita Arcilla.

Una draga de la tierra es una forma eficaz de romper y transportar arcilla. A través de la acción en el impulsor y la turbulencia dentro de la manguera, la draga de la tierra es uno de los medios más económicos de dispersión y transportar arcilla.



El IGR 500 es una Planta Modular Usando un ciclón para la extracción de agua para maximizar la eficiencia para la recuperación máxima de oro fino

- La planta está en una posición ideal al final de la descarga existente
- Su descarga actuará como una trampa de pepita eficiente para el oro a gran
- El IGR 500 estará dedicado a la recuperación de oro fino

El Proceso

- Sus colas pueden ser cernidos a 90 mm y 10% a 15% de sólidos
- A grizzly estático se utiliza como limpieza previa de la roca de gran tamaño y permite que sólo 12 mm de material pase a la criba vibratoria
- El desbordamiento d'exceso del grizzly 12mm+ pasa por gravedad a las colas
- La descarga se distribuye en la malla de poliuretano de un solo piso inclinado vibratorio
 - o El material que excede 2 mm pasa a las colas
 - o El material de -2mm se bombea a 3% a 8% de sólidos al hidrociclón para eliminar el exceso de agua
- El desbordamiento del ciclón es esencialmente el 99% de agua y ultrafinas limo / arcilla. Esto se puede hacer recircular o se pasa a las colas
- El underflow del ciclón pasa por gravedad al Concentrador i350. Lo ideal es alimentar 10 toneladas por hora de sólidos y 30 m³ de la descarga total. Esto es equivalente a 28% de sólidos en peso.

Visite nuestro sitio web para más detalles: www.iconcentrator.com



Recuperación de Oro
Recuperação de Ouro
Récupération de l'or
Добыча золота
www.iconcentrator.com
Patents Pending

IGR 500 Capacidad de la Planta

El IGR 500 está disponible en 2 configuraciones

IGR 500-1

- Capacidad de la suspensión de 400 GPM
- Sólidos eficiente capacidad de 10 TPH de -2mm

IGR 500-2

- Capacidad de la suspensión a 800 GPM
- Sólidos eficiente capacidad de 10 TPH de -2mm
- 30 TPH máxima



Visite nuestro sitio web para más detalles: www.iconcentrator.com

APÉNDICE B

Ficha Técnica iCON 350



Recuperación de Oro
Recuperación de Plata
Recuperación de Zinco
www.iconcentrator.com
Patents Pending

Concentrador iCON i350

El iCON i350 ha sido llamado el 'Súper iCON'. El i350 está revolucionando el mundo de la minería aluvial y el dragado, de la misma manera que el i150 ha impactado el mundo de la minería de piedra dura.

Este es un concentrador gravimétrico que utiliza la gravedad mayor para concentrar los minerales pesados 'libres'. También es conocido como un concentrador Centrifugo, por la acción centrifuga del tazón giratorio.

Con una capacidad de 10-15 toneladas por hora de sólidos, el i350 es usado para:

- Aluvial
- Dragado



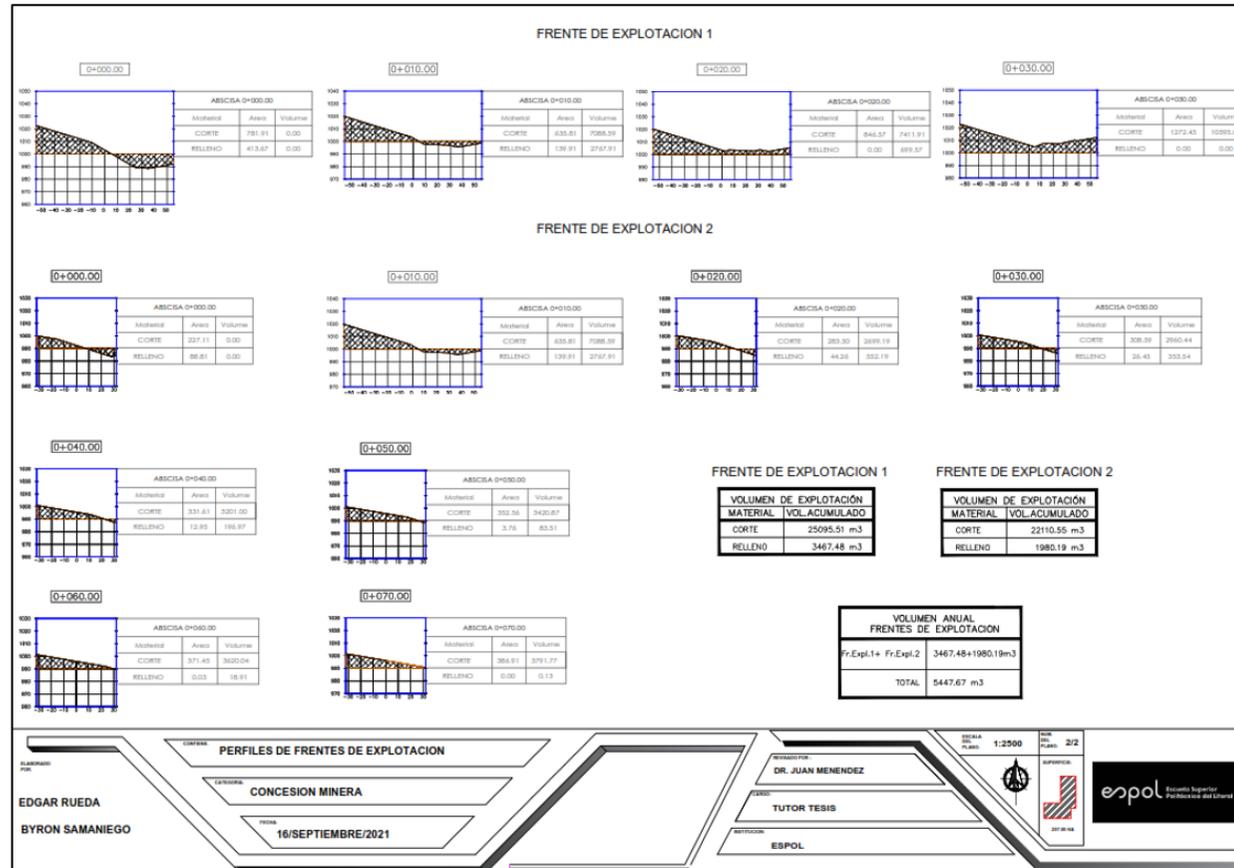
Especificaciones del Concentrador i350

Capacidad de Sólidos	
Capacidad eficiente	10 toneladas/hora
Capacidad máxima	15 toneladas/hora
Capacidad de Pulpa (Max)	30 m ³ /hora, 132 USGPM
Densidad de Pulpa	5% to 65% Sólidos
Tamaño de Partículas Máximo	2.5 mm
Gama de Fuerzas G	100 to 150 Gs (37 to 45 hz)
Peso	415 Kilos
Dimensiones	0.98 m x 0.89 m x 1.43 m Alto
Potencia del Motor	5 HP, 3.7 KW
Especificaciones Eléctricas	208-230-/3 Phase, or 380-460/3Phase 50 or 60 hz
Consumo de Agua de Proceso	3 to 5 m ³ /hr, 13 to 22 USGPM
Presión de Agua de Proceso	10 to 20 psi
Tiempo de Lavado	60 to 90 Segundos
Capacidad de Concentrado por Lote	3 to 6 Kilos
Variador, Arranque Suave Incluido	SI

El iCON evita la contaminación ambiental y tiene el apoyo de instituciones por todo el mundo como un alternativa limpia a la amalgamación con Mercurio.

APÉNDICE C

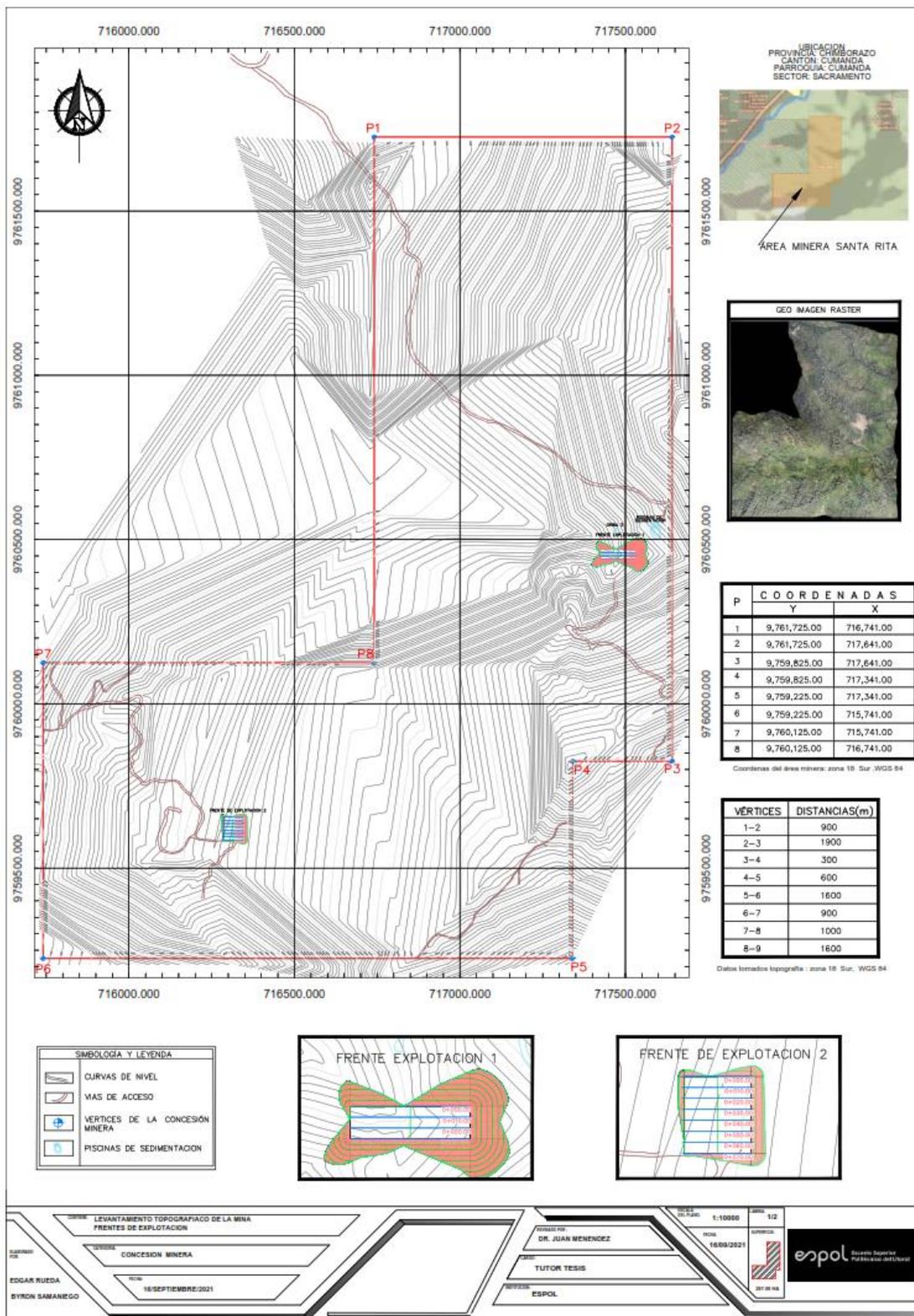
Plano Frentes de Explotación



PLANO 1 Frentes de Explotación

APÉNDICE D

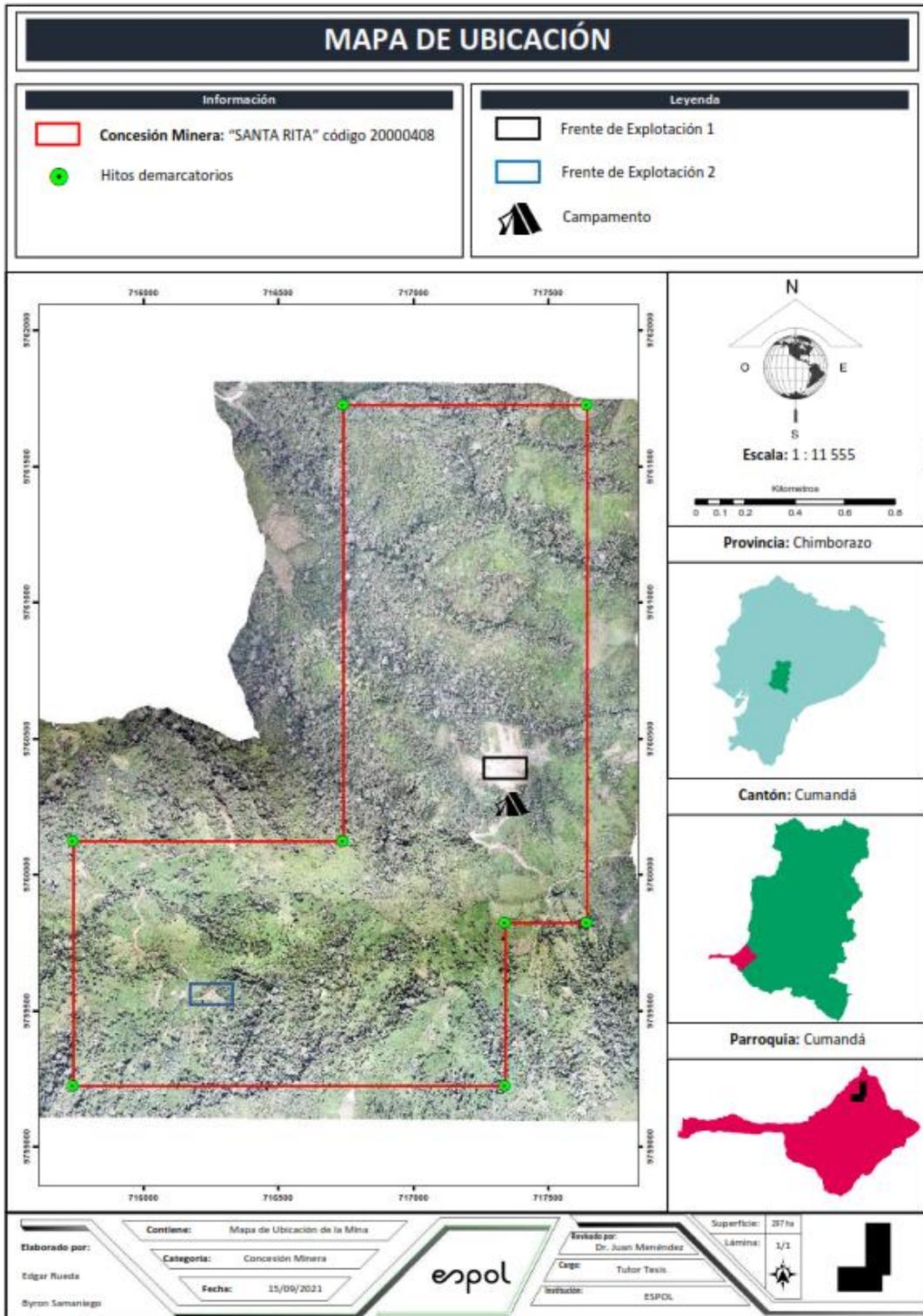
Topografía de la Concesión Minera



PLANO 2 Plano Topográfico

APÉNDICE E

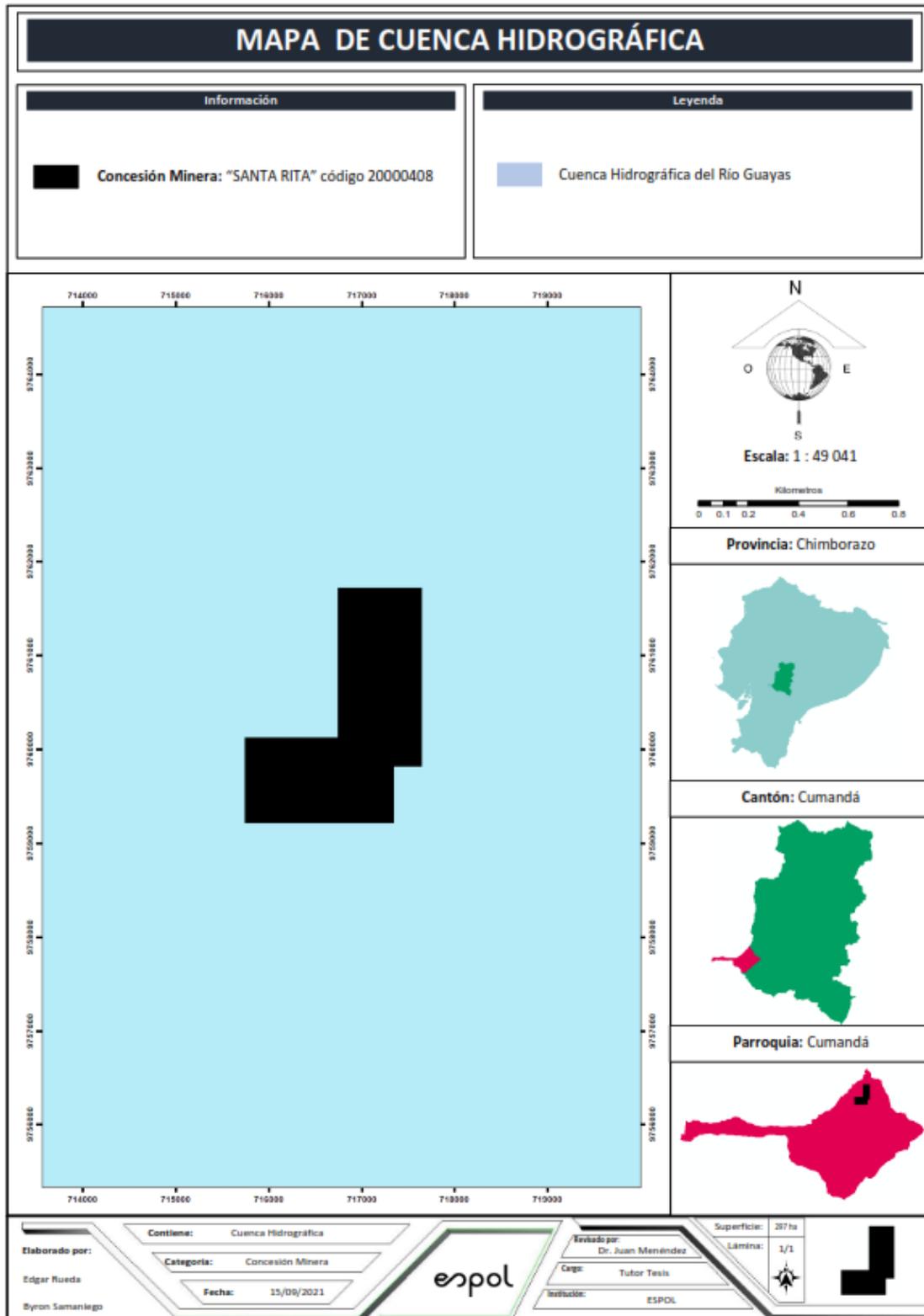
Plano de Ubicación de la Concesión Minera



PLANO 3 Plano de ubicación de la Concesión Minera

APÉNDICE F

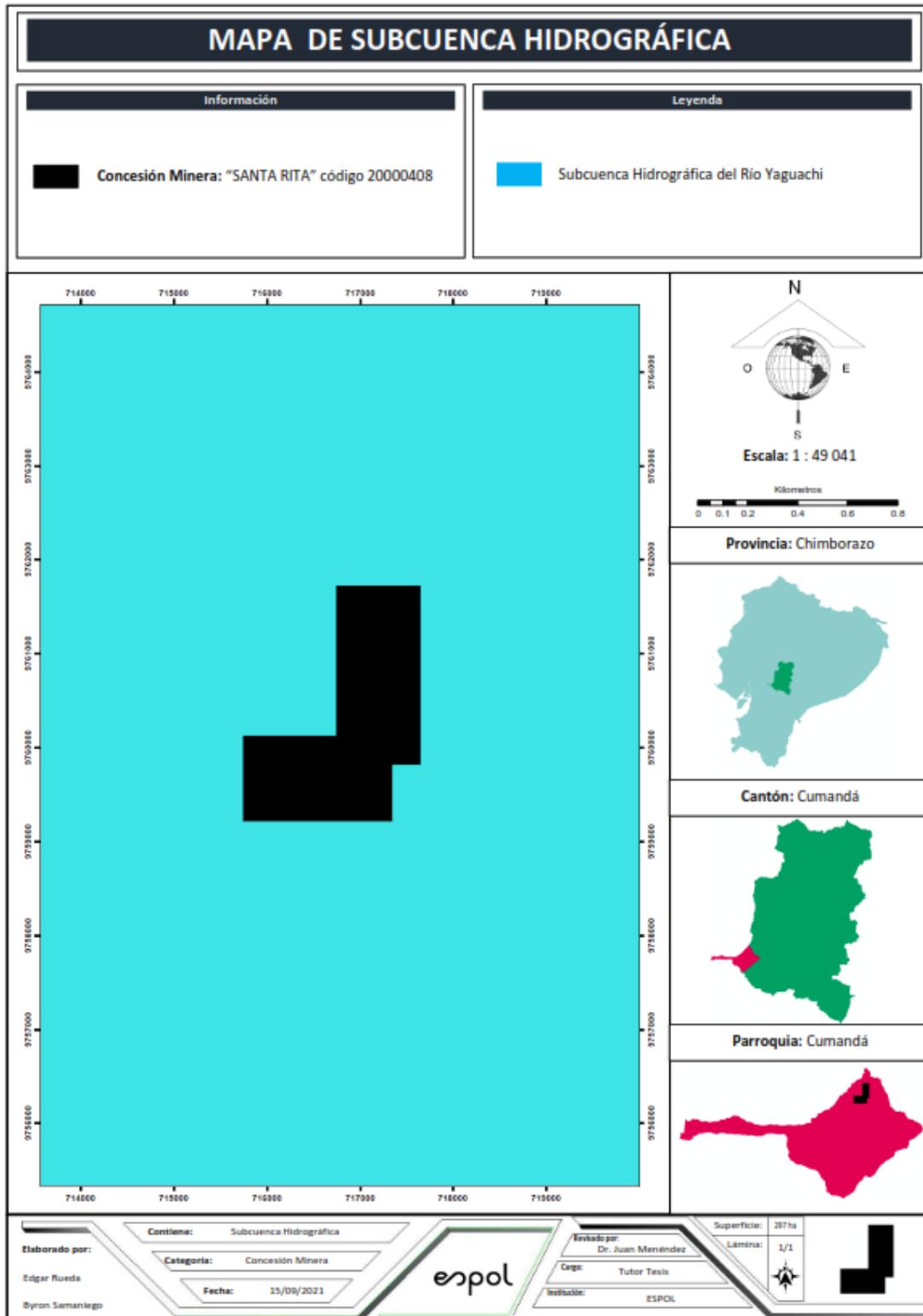
Plano de Cuencas Hidrográficas



PLANO 4 Plano de Cuencas Hídricas

APÉNDICE G

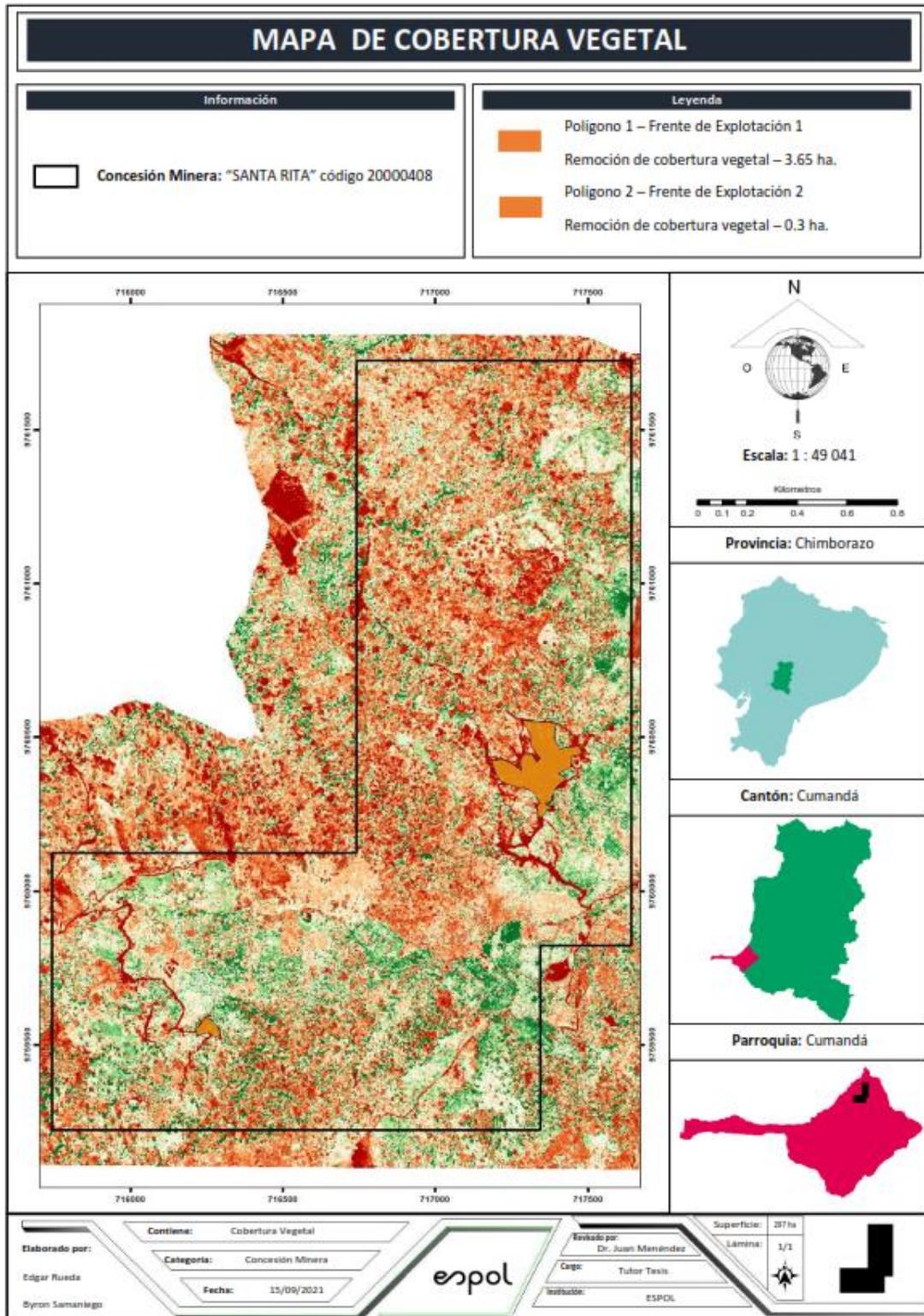
Plano de Subcuenca Hidrográfica



PLANO 5 Plano de Subcuenca Hídrica

APÉNDICE I

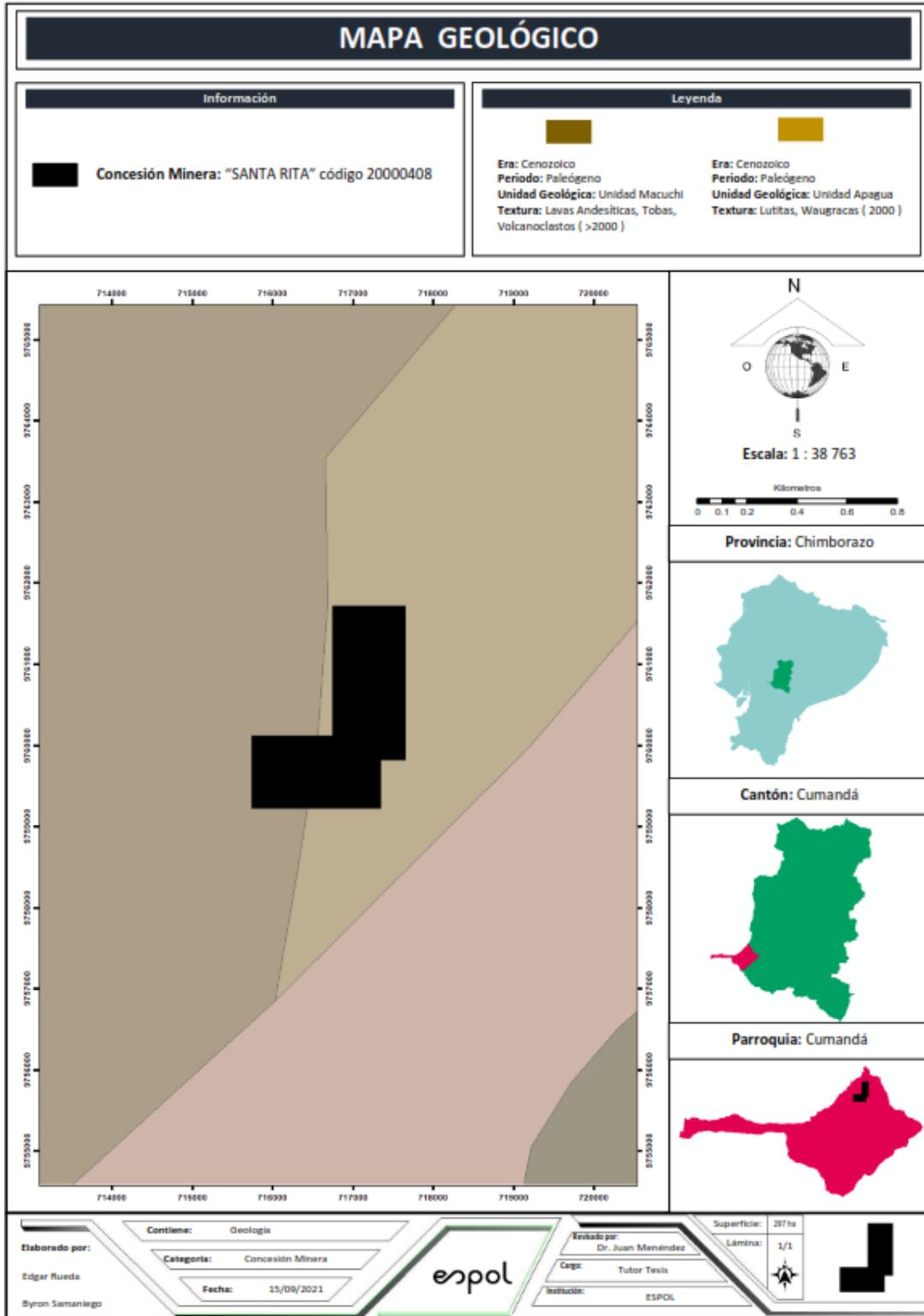
Plano de Cobertura Vegetal



PLANO 7 Plano de Cobertura Vegetal

APÉNDICE J

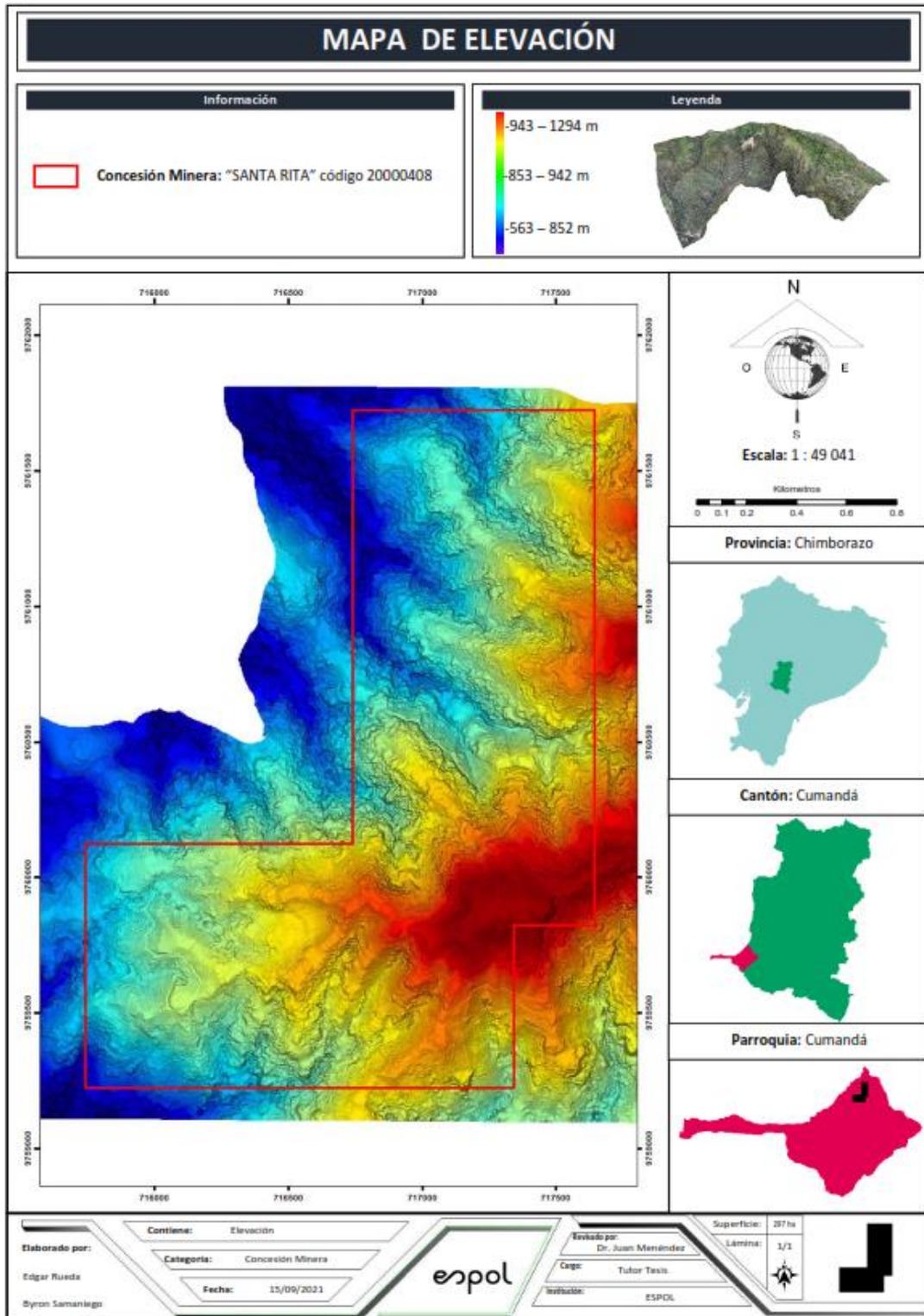
Plano Geológico



PLANO 8 Plano Geológico

APÉNDICE K

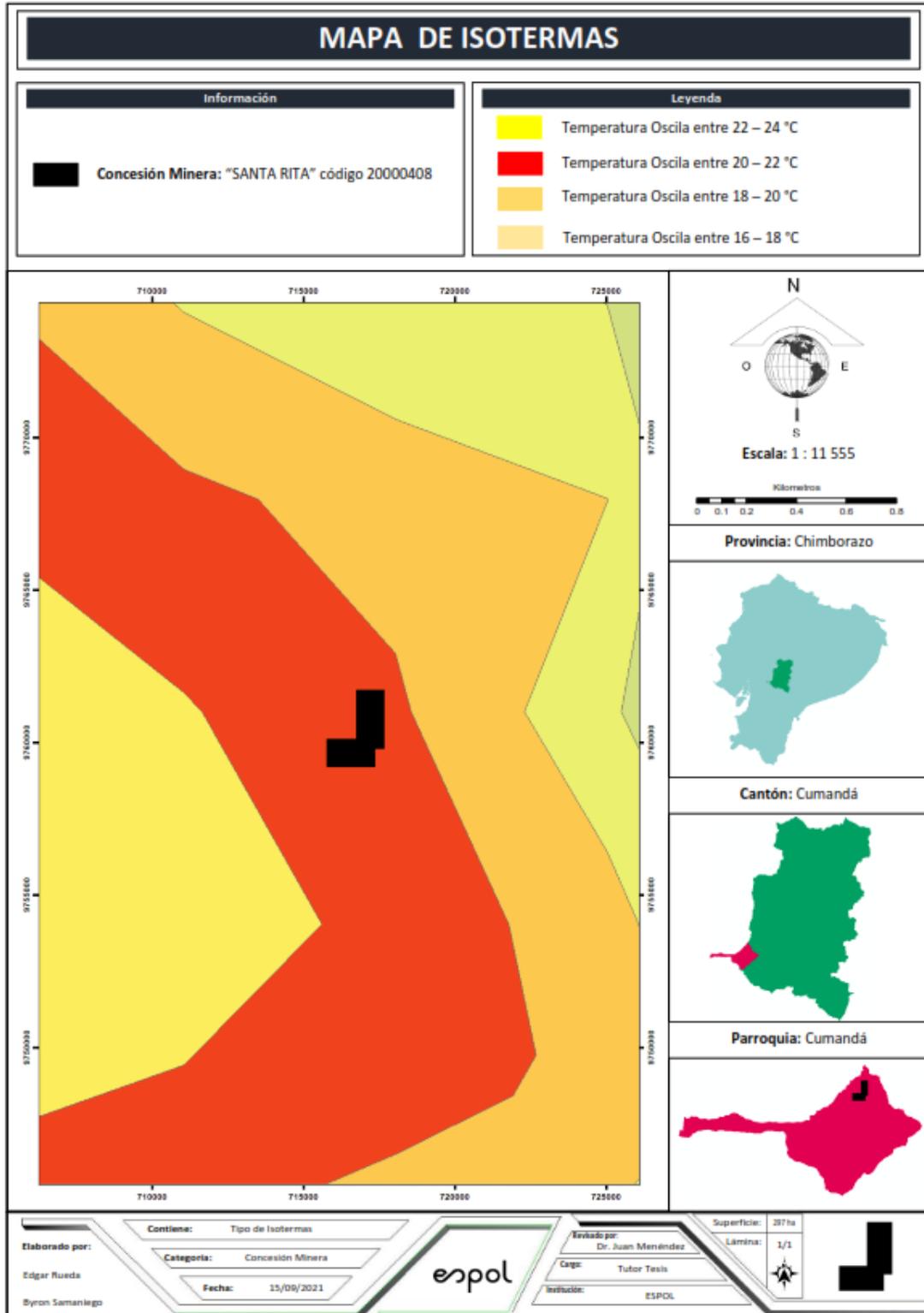
Plano de Elevación



PLANO 9 Plano de Elevación

APÉNDICE M

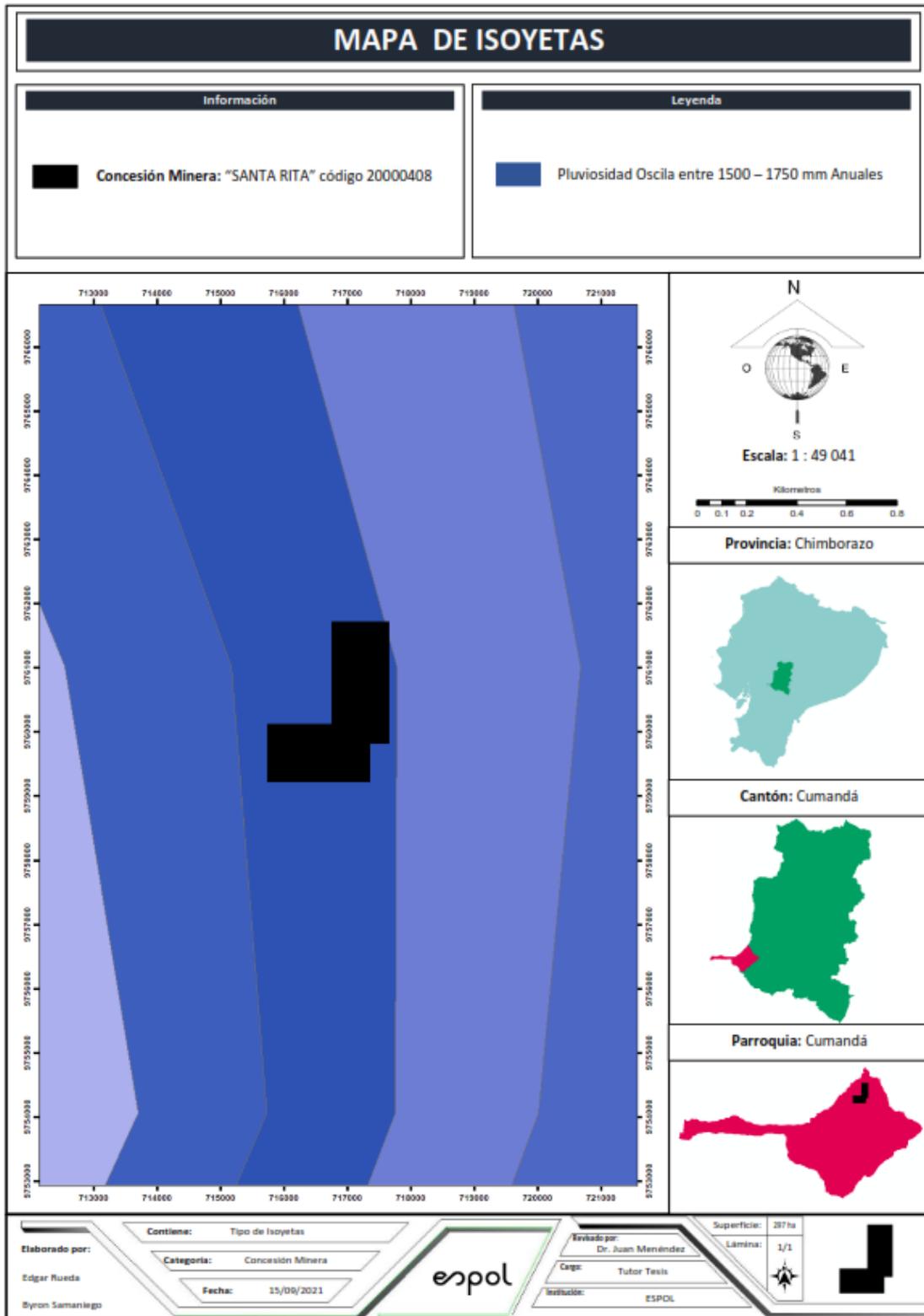
Plano de Isothermas



PLANO 11 Plano de Isothermas

APÉNDICE N

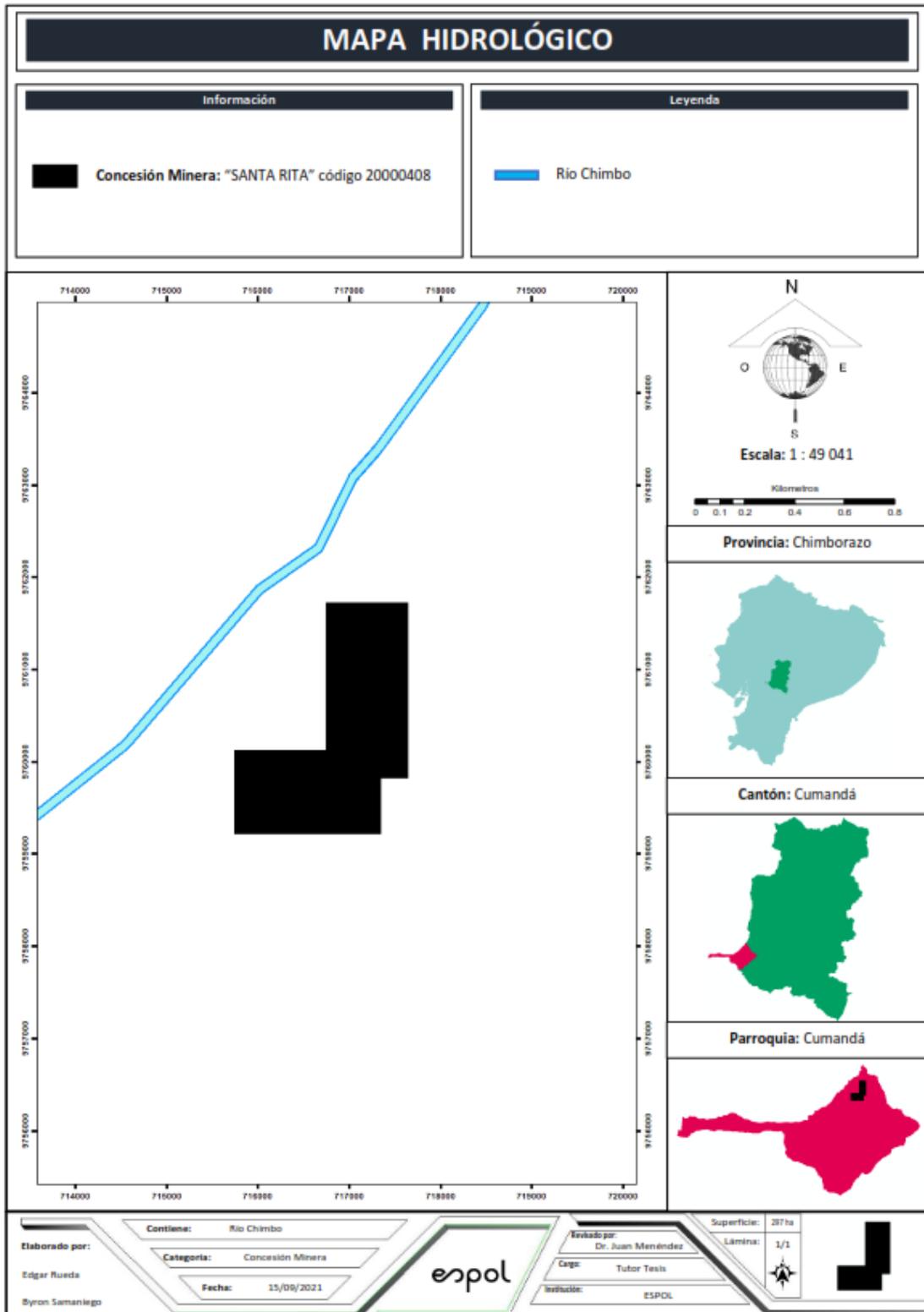
Plano de Isoyetas



PLANO 12 Plano de Isoyetas

APÉNDICE O

Plano de Ríos



PLANO 13 Plano de Ríos