



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BALANCE AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES MINERAS A PEQUEÑA  
ESCALA EN LA PROVINCIA EL ORO.

ALVAREZ RAMIREZ ARIEL ANDERSON  
INGENIERO QUÍMICO

MORA MOROCHO MARIA DEL CARMEN  
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BALANCE AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES MINERAS A  
PEQUEÑA ESCALA EN LA PROVINCIA EL ORO.

ALVAREZ RAMIREZ ARIEL ANDERSON  
INGENIERO QUÍMICO

MORA MOROCHO MARIA DEL CARMEN  
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

BALANCE AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES MINERAS A PEQUEÑA ESCALA EN  
LA PROVINCIA EL ORO.

ALVAREZ RAMIREZ ARIEL ANDERSON  
INGENIERO QUÍMICO

MORA MOROCHO MARIA DEL CARMEN  
INGENIERA QUÍMICA

FERRER GUTIERREZ JUAN PEDRO

MACHALA, 24 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA  
2021

# BALANCE AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES MINERAS A PEQUEÑA ESCALA EN LA PROVINCIA EL ORO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[pt.scribd.com](https://pt.scribd.com)

Fuente de Internet

1%

2

[doc.rero.ch](https://doc.rero.ch)

Fuente de Internet

1%

3

[bibliotecadigital.univalle.edu.co](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co)

Fuente de Internet

1%

4

[documentop.com](https://documentop.com)

Fuente de Internet

1%

5

[repository.udistrital.edu.co](https://repository.udistrital.edu.co)

Fuente de Internet

1%

6

[opac.pucv.cl](https://opac.pucv.cl)

Fuente de Internet

<1%

7

[core.ac.uk](https://core.ac.uk)

Fuente de Internet

<1%

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, ALVAREZ RAMIREZ ARIEL ANDERSON y MORA MOROCHO MARIA DEL CARMEN, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado BALANCE AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES MINERAS A PEQUEÑA ESCALA EN LA PROVINCIA EL ORO., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 24 de septiembre de 2021



ALVAREZ RAMIREZ ARIEL ANDERSON  
0705687846



MORA MOROCHO MARIA DEL CARMEN  
1105919532

## **DEDICATORIA**

Sin duda dedicar el trabajo y nuestro logro a nuestras progenitoras, quienes nos han apoyado desde el primer día que empezamos a vivir, a nuestros hermanos, primos y amigas que nos han dado el aliento para nunca abandonar nuestro objetivo, quienes estuvieron en nuestro diario vivir, en las buenas y en las malas, a muchos docentes que fueron de gran aporte para la adquisición de nuestros conocimientos, a la coordinadora de la carrera que siempre fue un gran apoyo para nuestra carrera universitaria, a nuestro tutor, que a más de ser el guía de nuestro trabajo, también fue un excelente docente dejándonos grandes conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradecer a Dios por darnos salud y habernos permitido llegar a estas instancias, sin duda a nuestras madres por ser el apoyo incondicional a lo largo de esta travesía, de la misma manera a demás familiares y docentes que nos impulsaban a ser mejores y no decaer cada día ya sea desde nuestros hogares o desde las aulas, a nuestro tutor de tesis quien tuvo la paciencia de leer y corregir nuestro trabajo, hasta lograr terminarlo.

## RESUMEN

En el presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un balance ambiental de las actividades de pequeña minería de oro existentes en la provincia de El Oro y el cantón Ponce Enríquez. Específicamente se abordó la planta de beneficio Virgen de la Nieve y la minera El Porvenir. Estos procesos demandan alta extracción y uso de recursos (agua, suelo y energía), contribuyendo al cambio climático y a la alteración de ecosistemas, por ello se determinaron la huella de carbono, huella hídrica e indicadores de circularidad. Se aplicaron las normas ISO 14040, 14064 y 14046, además el Protocolo GHC, los criterios de Consejo Empresarial Mundial para los indicadores de transición hacia un modelo de economía circular y de la misma manera se consideró el Código Orgánico del Ambiente exactamente del Libro IV. Se encontró para la huella de carbono de la mina Asociación Comunitaria minera “El Porvenir” se produjo un total de 0,030 Ton  $CO_2$ /Ton material extraído y en la Planta de Beneficio “Virgen de la Nube” se produjo un total de 0,6 Ton  $CO_2$ /Ton material procesado, en la huella hídrica azul de la mina Asociación Comunitaria minera “El Porvenir” un total de 0,060 m<sup>3</sup> de agua/Ton material extraído y en la Planta de Beneficio “Virgen de la Nube” la huella hídrica azul se produjo un total de 0,063 m<sup>3</sup> de agua/Ton material procesado y la huella hídrica gris con un total de 0,036 m<sup>3</sup> de agua/Ton material procesado. Con respecto a los indicadores de circularidad, no se evidenció ninguna acción hacia la transición de modelo dentro de las plantas. Una vez analizados los distintos parámetros se procedió a considerar los puntos más críticos para proponer mejores en las plantas de tal manera que generen una mejor calidad en los distintos procesos, y mas que nada sean amigable con el medio ambiente. De esta manera se logro evidenciar que dentro del Ciclo de vida con respecto a la producción de energía en ambas generan un 100%, que la planta de beneficio Virgen de la Nube tiene un poco más elevado los índices de Huella de Carbono debido a que contamina un 19% más que la asociación minera, con respecto al alcance 3, al igual sucede con los alcances 1 y 3 dentro del ciclo de vida, y en la huella hídrica ocurre la misma situación. Entonces en la planta de beneficio ubicada en el distrito Portovelo-Zaruma debe tomar y considerar acciones correctivas para aplicar en sus procesos ya que contamina mucho más que una mina donde se extrae directamente el material, el desarrollo sustentable juega un papel vital en este tipo de industrias, en el aspecto económico puede mejorar ya que no se

realizarían inversiones innecesarias y aplicando de la misma manera economía circular se puede reaprovechar material que ya no se usa o volver a recircular la materia que sale de un proceso a otro, es por eso que las medidas o ideas de mitigar juegan un papel muy importante para mejorar la calidad de producción de las plantas.

**Palabras Claves:** Huella de carbono, huella hídrica, indicadores de transición, minería, análisis de ciclo de vida.

## ABSTRACT

The objective of the present work is to develop an environmental balance of the existing small gold mining activities in the province of El Oro and the Ponce Enríquez canton. Specifically, the Virgen de la Nieve beneficiation plant and the El Porvenir mining company were addressed. These processes demand high extraction and use of resources (water, soil and energy), contributing to climate change and the alteration of ecosystems, for this reason the carbon footprint, water footprint and circularity indicators were determined. The ISO 14040, 14064 and 14046 standards were applied, in addition to the GHC Protocol, the criteria of the World Business Council for the indicators of transition towards a circular economy model and in the same way the Organic Code of the Environment was considered exactly from Book IV. A total of 0.030 Ton  $CO_2$  / Ton extracted material was produced for the carbon footprint of the “El Porvenir” Community Mining Association mine and a total of 0.6 Ton was produced at the “Virgen de la Nube” Processing Plant.  $CO_2$  / Ton of processed material, in the blue water footprint of the “El Porvenir” Community Mining Association mine a total of 0.060 m<sup>3</sup> of water / Ton of material extracted and in the “Virgen de la Nube” Processing Plant the blue water footprint was produced a total of 0.063 m<sup>3</sup> of water / Ton of processed material and the gray water footprint with a total of 0.036 m<sup>3</sup> of water / Ton of processed material. Regarding the circularity indicators, no action was evidenced towards the model transition within the plants. Once the different parameters had been analyzed, the most critical points were considered to propose better ones in the plants in such a way that they generate better quality in the different processes, and more than anything they are friendly to the environment. In this way, it was possible to show that within the Life Cycle with respect to energy production in both they generate 100%, that the Virgen de la Nube beneficiation plant has a slightly higher Carbon Footprint index because it pollutes 19% more than the mining association, with respect to scope 3, as is the case with scopes 1 and 3 within the life cycle, and the same situation occurs in the water footprint. So in the beneficiation plant located in the Portovelo-Zaruma district, it must take and consider corrective actions to apply in its processes since it pollutes much more than a mine where the material is directly extracted, sustainable development plays a vital role in this type of industries, in the economic aspect can improve since unnecessary investments would not be made and

applying in the same way circular economy it is possible to reuse material that is no longer used or to recirculate the material that leaves one process to another, that is why mitigation measures or ideas play a very important role in improving the production quality of plants.

**Key Words:** Carbon footprint, water footprint, transition indicators, mining, life cycle analysis.

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN .....	III
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN .....	1
PROBLEMÁTICA.....	2
JUSTIFICACIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	4
Objetivo General .....	4
Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO I .....	5
1    MARCO TEÓRICO.....	5
1.1    Minería en el Ecuador .....	5
1.2    Actividades mineras en la provincia de el Oro .....	7
1.3    Proceso metalúrgico para obtención de oro .....	8
1.3.1    Unidades de extracción.....	10
1.3.2    Equipo de minería.....	11
1.4    Cambio climático .....	13
1.5    Norma ISO 14040 y Cálculo del ciclo de vida (Análisis del ciclo de vida) .....	16
1.5.1    Cálculo del ciclo de vida.....	17
1.5.2    Metodología del Análisis del Ciclo de Vida .....	17
1.6    Huella de carbono (Norma ISO 14064-1) y Metodología para cálculo de huella de carbono.....	20
1.7    Norma ISO 14046 y Demanda hídrica en actividades mineras .....	22
1.7.1    Demanda hídrica en actividades mineras .....	23
1.7.2    Huella hídrica (Huella hídrica azul HHA, Huella hídrica gris HHG).....	24
1.8    Cálculo de indicadores de circularidad .....	26
CAPÍTULO II .....	32
2    METODOLOGÍA .....	32
2.1    Localización de la investigación.....	32
2.1.1    Empresa minera Asociación comunitaria minera “El Porvenir” .....	32
2.1.2    Planta de beneficio de “Virgen de la Nube” .....	33

2.2	Establecimiento del año base de estudio.....	34
2.2.1	Metodología usada para el balance ambiental.....	34
2.2.2	Recopilación de datos de la mina Asociación Comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube” .....	35
2.3	Unidad funcional y límite del sistema del Ciclo de vida de la actividad de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”, bajo las directrices de ISO 14040:2006. ....	36
2.4	Metodología para realizar el cálculo de la Huella de Carbono de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”, bajo las directrices de ISO 14064-1.....	39
2.5	Metodología para realizar el cálculo de la demanda hídrica de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”, bajo las directrices de ISO 14046. ....	44
2.6	Determinar indicadores de transición .....	44
2.7	Diagramas de Metodología.....	44
CAPÍTULO III.....		46
3	RESULTADOS.....	46
3.1	Análisis de los resultados .....	46
3.1.1	Ciclo de vida de las actividades mineras de pequeña escala. ....	46
3.2	Huella de carbono para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma. ....	50
3.3	Huella hídrica para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma.....	70
3.4	Indicadores de transición hacia economía circular para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma .....	73
3.5	Medidas para mejoramiento del desempeño ambiental de las actividades de pequeña minería en el distrito Portovelo-Zaruma.....	74
CAPÍTULO IV.....		77
CONCLUSIONES .....		77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		79
CAPÍTULO V .....		83
Anexos .....		83

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Parámetros de cálculo.....	29
<b>Tabla 2.</b> Potencial de Calentamiento Global de los principales gases de efecto invernadero. .....	30
<b>Tabla 3.</b> Hoja de inventario definida por la SPOLD <sup>36</sup> .....	38
<b>Tabla 4.</b> Inventario de ciclo de vida (ICV) de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” .....	38
<b>Tabla 5.</b> Inventario de ciclo de vida (ICV) de la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”	38
<b>Tabla 6.</b> Factores de emisión y conversión de cada combustible .....	40
<b>Tabla 7.</b> Inventario de ciclo de vida (ICV) valores se presentaron por unidad funcional de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” .....	46
<b>Tabla 8.</b> Inventario de ciclo de vida (ICV) valores se presentaron por unidad funcional de la Planta de beneficio “Virgen de la Nube” .....	47
<b>Tabla 9.</b> Huella de Carbono de las emisiones directas de combustible .....	51
<b>Tabla 10.</b> Consumo de energía eléctrica de mina / Huella de Carbono del Alcance 2.....	53
<b>Tabla 11.</b> Huella de Carbono generada a partir del consumo de papel .....	55
<b>Tabla 12.</b> Huella de Carbono generada por consumo de insumos en voladura dentro de la mina .....	56
<b>Tabla 13.</b> Huella de Carbono a partir de la colección y disposición final de residuos solidos .....	58
<b>Tabla 14.</b> Huella de Carbono de las emisiones directas de combustible según las diferentes etapas. ....	60
<b>Tabla 15.</b> Consumo de energía eléctrica de planta de beneficio / Huella de Carbono del Alcance 2 .....	63
<b>Tabla 16.</b> Huella de Carbono generada a partir del consumo de papel .....	65
<b>Tabla 17.</b> Huella de Carbono generada por consumo de insumos en las etapas de proceso dentro de la planta de beneficio.....	66
<b>Tabla 18.</b> Huella de Carbono a partir de la colección y disposición final de residuos .....	69
<b>Tabla 19.</b> Huella Hídrica Mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” .....	70
<b>Tabla 20.</b> Huella Hídrica Planta de beneficio de “Virgen de la Nube” .....	71

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figure 1.</b> Sitios Mineros de la Zona 7 del MAPE – El Oro, Loja y Zamora Chinchipe.....	7
<b>Figure 2.</b> Diagrama de flujo de los procesos para obtención de oro en la planta .....	10
<b>Figure 3.</b> Indicadores de transición.....	27
<b>Figure 4.</b> Ubicación geográfica de empresa minera Asociación comunitaria minera “El Porvenir” .....	33
<b>Figure 5.</b> Mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” .....	33
<b>Figure 6.</b> Ubicación geográfica Planta de beneficio de “Virgen de la Nube” .....	34
<b>Figure 7.</b> Límite del Sistema.....	37
<b>Figure 8.</b> Diagrama de metodología propuesta.....	45
<b>Figure 9.</b> Límite del sistema basado en ICV de la unidad minera .....	49

## CONTENIDO DE GRÁFICA

<b>Gráfica 1.</b> Huella de Carbono de las emisiones directas por tipo de .....	52
<b>Gráfica 2.</b> Huella de Carbono del Alcance 1 en función al consumo mensual de la mina..	52
<b>Gráfica 3.</b> Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en relación al consumo de .....	54
<b>Gráfica 4.</b> Huella de Carbono por consumo de papel en mina por área .....	56
<b>Gráfica 5.</b> Porcentaje de Huella de Carbono generada por consumo de insumos en voladura dentro de la mina. ....	57
<b>Gráfica 6.</b> Huella de Carbono a partir de la colección y disposición final de residuos Sólidos. ....	59
<b>Gráfica 7.</b> Huella de Carbono de las emisiones directas por tipo de .....	61
<b>Gráfica 8.</b> Huella de Carbono del Alcance 1 en función al consumo mensual en Planta de beneficio .....	62
<b>Gráfica 9.</b> Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en relación al consumo de energía eléctrica de la planta de beneficio.....	64
<b>Gráfica 10.</b> Huella de Carbono generada a partir del consumo de papel .....	66
<b>Gráfica 11.</b> Porcentaje de Huella de Carbono generada por consumo de insumos en las etapas de proceso dentro de la planta de beneficio.....	68

## CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Entrada a la mina .....	83
<b>Ilustración 2.</b> Parte interna de la mina. Demostracion de barrenos ue utilizan para perforar para la voladura. ....	84
<b>Ilustración 3.</b> Dinamitas usadas para la explosión utilizar en voladuras. ....	85
<b>Ilustración 4.</b> Material obtenido luego de la voladura de las rocas .....	86
<b>Ilustración 5.</b> Relaveras y residuos de material para exportar .....	87
<b>Ilustración 6.</b> Agitador (existen 4 en toda la planta).....	88
<b>Ilustración 7.</b> Criba .....	89
<b>Ilustración 8.</b> Canalones con sus respectivas balletas.....	90
<b>Ilustración 9.</b> Molinos chilenos (constan de 10 molinos en la planta) .....	91
<b>Ilustración 10.</b> Piscinas de sedimentación. Recirculación de agua .....	92
<b>Ilustración 11.</b> Área de Elución, electrolisis y fundición.....	93
<b>Ilustración 12.</b> Área de flotación.....	94
<b>Ilustración 13.</b> Celdas de cianuración .....	95
<b>Ilustración 14.</b> Aplicación de cianuro a concentrado .....	95
<b>Ilustración 15.</b> Celdas de elución con su respectivo tanque de almacenamiento de agua para la recirculación.....	96
<b>Ilustración 16.</b> Área de fundición.....	97

## CONTENIDO DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Factores de emisión .....	98
<b>Anexo 2.</b> Formulario diseñado para Etapa I: Excavación de mina la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”. .....	99
<b>Anexo 3.</b> Formulario diseñado para Etapa II: Extracción en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube” .....	100
<b>Anexo 4.</b> Formulario diseñado para Etapa III: Concentración en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube” .....	101
<b>Anexo 5.</b> Formulario diseñado para Etapa IV: Transformación en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube” .....	102
<b>Anexo 6.</b> Límite del sistema basado en ICV de la unidad minera .....	103
<b>Anexo 7 .</b> Calculo de Alcance 1 de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”. .....	104
<b>Anexo 8.</b> Calculo de Alcance 2 de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”. .....	105
<b>Anexo 9.</b> Calculo de Alcance 3_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero .....	106
<b>Anexo 10.</b> Calculo de Alcance 3_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero .....	107
<b>Anexo 11.</b> Calculo de Alcance 3_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero .....	108
<b>Anexo 12.</b> Emisiones tCO <sub>2</sub> eq de HC con su respectivo porcentaje de la mina .....	108
<b>Anexo 13.</b> Calculo de Alcance 1 de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube.....	109
<b>Anexo 14.</b> Calculo de Alcance 2 de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube.....	110
<b>Anexo 15.</b> Calculo de Alcance 3_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero .....	111
<b>Anexo 16.</b> Calculo de Alcance 3_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero .....	112
<b>Anexo 17.</b> Calculo de Alcance 3_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero .....	113
<b>Anexo 18.</b> Emisiones tCO <sub>2</sub> eq de HC con su respectivo porcentaje de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube.....	113

## LISTA DE ACRÓNIMOS

ACV	: Análisis de ciclo de vida
Au	: Oro
Ag	: Plata
C	: Carbono
CC	: Cantidad de Combustible consumido
CaO	: Cal u Oxido de Calcio
CFC	: Clorofluorocarbonos
CH <sub>4</sub>	: Metano
CO <sub>2</sub>	: Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> eq	: Dióxido de carbono equivalente
Cu	: Cu
CTI	: Indicadores de Transición Circular
Kg	: Kilogramos
KWh	: Kilovatio Hora
FE	: Factor de Emisión
FECO <sub>2</sub>	: Factores de Emisión de Dióxido de carbono
FECH <sub>4</sub>	: Factores de Emisión de Metano
FEN <sub>2</sub> O	: Factores de Emisión de Óxido Nitroso
g	: gramos
Gg	: Gigagramos
GCCICC	: Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental del Cambio Climático
GIE	: Emisiones de gases de efecto invernadero
GHG Protocol	: Guide to Designing GHG Accounting Reporting Programs
GLP	: Gas Licuado de Petróleo
HC	: Huella de Carbono
HFC	: Hidrofluorocarbonos
IPCC	: International Panel on Climate Change
IDEAM	: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
ICV	: Inventario de ciclo de vida

L	: Litros
m <sup>3</sup>	: Metros cúbicos
MWh	: Megavatio Hora
MAPE:	: Manual a pequeña escala
NO <sub>2</sub>	: Óxido Nitroso
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	: Nitrato de amonio
PCG	: Potencial de Calentamiento Global
PCG CH <sub>4</sub>	: Potencial de Calentamiento Global de Dióxido de carbono
PCGN <sub>2</sub> O	: Potencial de Calentamiento Global de Metano
PFC	: Perfluorocarbonos
PTRRSS	: Peso total de los RRSS
RRSS	: Residuos Sólidos
SF <sub>6</sub>	: Hexafluoruro de Azufre
SPOLD	: Society for the Promotion of Life Cycle Assessment Development
SETAC	: Asociación de Toxicología Ambiental y Química
tCO <sub>2</sub> eq	: Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente
TJ	: Terajoules
TNT	: Trinitrotolueno es un compuesto orgánico
Ton	: Tonelada
VCN	: Valor Calórico Neto
ρ	: Densidad

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el aumento del consumo de combustibles fósiles y el aumento del desarrollo de los recursos naturales debido a la industria han provocado una serie de cambios en todo el mundo, que han llevado a la transformación de los recursos naturales. El clima está aumentando. En los diez últimos años, las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénico son reconocidos como una de las principales causas del cambio climático. El cambio climático se refiere a las relaciones complejas entre distintos procesos (económico, clima, ambiental, tecnológico, político, institucional, social). La respuesta al cambio climático es reconocida por procesos de toma de decisiones en condiciones en cierta parte de riesgo e incertidumbre, tales como cambios irreversibles no lineal y gas de efecto invernadero (GEI) o inventarios de emisiones de HC son cálculos detallados de emisiones directas e indirectas.

La HC es un parámetro que mide el impacto de la actividad humana en el medio ambiente. La medición de este parámetro está relacionada tanto con el cumplimiento de estándares internacionales cada vez más exigentes como con la mejora de los procesos productivos <sup>1</sup>. Cabe señalar que la norma internacional que define las mediciones de HC es la ISO 14064: 2012. Hay tres niveles de alcance, que pueden separar el HC de una entidad en función del grado de control que ejerce sobre ella. El Alcance 1 se ocupa principalmente de las emisiones controlables o por defecto directas. El Alcance 2 y el Alcance 3, por otro lado, se ocupan de las emisiones indirectas o no controladas.

Es cierto que en la industria minera se prioriza el costo y la producción de minerales, sin embargo, es bien sabido que calcular HC y realizar mejoras basadas en los resultados no significa simplemente mejorar el medio ambiente. De lo contrario, puede mejorar los costos de producción de minerales y dar a los mineros competidores una ventaja comparativa. Asimismo, el cálculo de la huella hídrica se realiza según ISO 14046 y el cálculo del ciclo de vida según ISO 14040 <sup>2</sup>.

## PROBLEMÁTICA

La Agencia de Regulación y Control Minero (2015) apunta que “es considerado uno de los distritos mineros más importantes del país, se encuentra ubicado en la provincia de El Oro, comprende los cantones de Zaruma, Portovelo y Atahualpa”. La contaminación ambiental provocada por la industria minera en El Oro ha tenido consecuencias graves e irreparables para el medio ambiente. La industria minera existe desde hace algún tiempo, lo que provoca una falta de control sobre las actividades mineras en los cantones Portovelo - Zaruma. El problema surge desde la instalación de plantas mineras dentro del país y la región sin obedecer a controles ambientales efectivos y a un ordenamiento territorial sustentable.

La extracción de recursos naturales no renovables, incluyendo productos del suelo y sedimentos, es altamente contaminante y se concentra en lugares como la parte alta del estado donde abunda la minería de metales, sin considerar la población negativa y el medio ambiente circundante. Afecta a ambos entornos, dentro de los contaminantes más fuertes se puede nombrar gases de efecto invernadero, tales como el Dióxido de Carbono,  $NO_x$  y  $SO_x$ , de la misma manera la generación de residuos que tienen presentes agentes químicos como metales pesados de los cuales suelen ser vertidos en los cuerpos de agua cercanos a las plantas generando una gran contaminación hídrica, de igual manera el uso desmesurado de agua dentro de los procesos y por último la utilización excesiva de materia prima o materiales que no son reusados.

Debido al desconocimiento de la cantidades de contaminantes producidos dentro de las plantas mineras, es que se ha visto la necesidad de calcular la huella de carbono, a su vez con las cantidades de agua usadas se toma en cuenta la huella hídrica, por ultimo debido a la falta de información acerca de la recirculación o aprovechamiento de materiales ya usados en las plantas con indicadores de transición que a través de economía circular pueden generar un aporte significativo a las mismas, contribuyendo de esta manera a su mejora y a la del medio ambiente, ninguna de las dos plantas ha tomado acciones para mitigar todo lo mencionado, por esta razón se plantean posibles acciones a tomar.

## JUSTIFICACIÓN

La Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) tiene registrado aproximadamente 92 concesiones mineras entre Zaruma y Portovelo, de lo cual se decidió elegir la planta de beneficio Virgen de la Nieve, y de la misma manera la empresa minera “El Porvenir” MINPORSA, es operadora de la concesión Bella Rica que se sitúa al sur del Ecuador ubicándose geográficamente la Provincia del Azuay, Cantón Camilo Ponce Enríquez <sup>3</sup>.

El diseño de investigación cualitativo que se ha escogido en el presente trabajo ha logrado establecer una diferencia entre los datos recopilados por las fuentes bibliográficas y los resultados obtenidos por los indagadores a través de la observación y recopilación de datos <sup>4</sup>, a su vez se tiene la finalidad de investigar sobre las emisiones de gas y la contaminación de agua producidas en una planta minera de pequeña escala en la zona minera Portovelo Zaruma y en la Ponce Enríquez, lugares en las que se enfoca la investigación, mediante la aplicación normas ambientales establecidas y manuales se logra conseguir los objetivos planteados. Entre las normas a aplicar se tiene ISO 14040, 14064 Y 14046, además se usará el GHC protocol, los criterios de consejo empresarial para calcular los indicadores de transición y considerando de la misma manera las normas legislativas ambientales establecidas en el libro IV del Código Orgánico del Ambiente del Ecuador.

La metodología aplicada es investigativa deductiva con un enfoque cuantitativo, dejando conocer las cantidades de huella de carbono producidas en la mina y planta, la demanda de huella hídrica y los indicadores de transición para de esta manera poder plantear propuestas de mitigación para reducir la contaminación por los diferentes elementos y procesos que están presentes en la actividad, con los indicadores de transición se involucra la economía circular la cual juega un papel importante en la actualidad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Desarrollar un balance ambiental para actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma de la provincia de El Oro.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la huella de carbono para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma, aplicando la norma ISO 14064 y GHG Protocol.
- Determinar la huella hídrica para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma, aplicando la norma ISO 14046.
- Determinar indicadores de transición hacia economía circular para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma, aplicando los criterios del consejo empresarial mundial para el desarrollo sostenible.
- Proponer medidas para mejorar el desempeño ambiental de las actividades de pequeña minería en el distrito Portovelo-Zaruma.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO TEÓRICO

### 1.1 Minería en el Ecuador

Ecuador disfruta de una posición estratégica y un clima particularmente favorable para el desarrollo de la actividad económica en particular la minería. Asimismo, muestra la riqueza geológica de los yacimientos en su territorio que contienen elementos económicos como plata, oro, hierro, molibdeno, cobre y titanio, los cuales se encuentran principalmente en los estados de Esmeraldas, Pichincha, Bolívar, Zamora Chinchipe, Napo, Imbabura y Sucumbíos. Ecuador es conocido por sus depósitos de alta calidad, pero también es cierto que una pequeña parte (alrededor del 8%) de su territorio está en exploración y se estima que el tamaño de los recursos minerales es mayor entre los datos actualmente conocidos <sup>5</sup>.

Existen varios minerales en el Ecuador, cuyos principales extractos son: el oro está clasificado como un metal precioso y pesado y es el metal precioso más popular en el mercado, el metal precioso amarillo suave. Aproximadamente el 75% de la producción mundial de oro se consume para joyería y el 10-15% se usa en aplicaciones industriales, particularmente electrónica, la diferencia se usa en reservas médicas y dentales, divisas y reservas gubernamentales. La plata un metal brillante que es blanco grisáceo, blanco de transición, brillante, liso, dúctil, maleable. En la mayoría de las aplicaciones, la plata se alea con uno o más metales y tiene la conductividad térmica y eléctrica más alta de todos los metales, ampliamente utilizada en contactos eléctricos, piedras preciosas y otros metales. Otros incluyen arcilla, piedra caliza, caolín, feldespato, sílice, piedra pómez, zeolita y bentonita.

De acuerdo con la Ley de Minera ecuatoriana, existen cuatro tipos de explotación: artesanal, pequeña, mediana y grande, y los artículos 134 y 138 estipulan la clasificación de salvamento y minería a gran escala. Pequeña escala. A nivel nacional, el surgimiento de la minería de rescate ocurrió a fines de la década de 1970. Los trabajadores en este negocio utilizan herramientas y equipos simples, la mayor parte de ellos sin capacitación. Para obtener

información oficial sobre la producción de oro, este mineral solo se extrae a pequeña escala en Ecuador. La producción anual promedio de oro de 2005 a 2012 fue de aproximadamente 4900 kg, y la producción promedio de oro de 2013 a 2016 fue de aproximadamente 7,700 kg. Sin embargo, hay evidencia de caídas en la producción en 2016 y 2017. Esto puede explicarse principalmente por la ilegalidad e informalidad de las extracciones manuales y en pequeña escala, y los altos niveles de contrabando que llevaron a un mayor control. Resumen de ARCOM para la pequeña minería <sup>6</sup>.

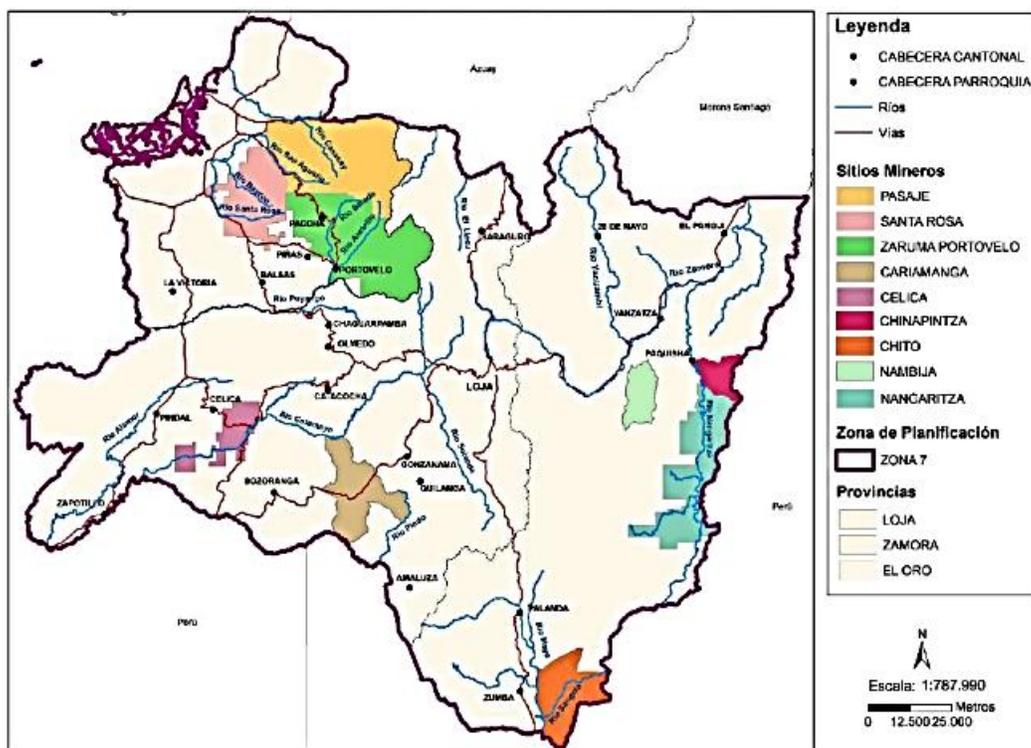
En 2000, aproximadamente 92.000 personas participaron directamente en operaciones de minería en pequeña escala, de las cuales 60.000 se dedicaron a la extracción de oro. Según información oficial, se estima que el 80% de los ingresos de las pequeñas minas de oro se invierte directamente en el país (incluido el impuesto a los recursos naturales, el impuesto a la renta y el IVA). El 20% restante se destinará a la adquisición de maquinaria, repuestos y consumibles en el mercado internacional. Las exportaciones mineras totalizaron \$ 998 millones en 2014 lo que representó el 4,15% de las exportaciones totales de Ecuador ese año. Estos están hechos básicamente de puerta de oro. Es decir, el porcentaje de pureza alcanza el 95%-97%. Los principales mercados de exportación son Estados Unidos, Suiza e India, designados por el Banco Central del Ecuador en 2015. Según el Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero de 2016, la 78% producción total de oro y metales de Ecuador en 2014 fue de la minería a pequeña escala, el 22% restante fue de la minería manual. Este escenario es diferente a la realidad de la minería de oro en el mundo, cuando está claro que el 82% de la producción de oro proviene de grandes minas y solo el 8% pertenece a la minería manual a pequeña escala. <sup>6</sup>

La actividad minera artesanal se realiza a nivel nacional. Los metales preciosos se transportan desde los lechos de los ríos (inundaciones), desde el cielo o desde los túneles. En Ecuador, la minería es relativamente generosa, ya que los trabajadores del río consumen al menos 3 gramos por día. Este tipo de extracción suele estar contaminado por el uso de cianuro, especialmente mercurio. Las operaciones mineras en pequeña escala a menudo se organizan en torno a familiares y amigos, un grupo de accionistas de al menos cinco personas, y pueden contribuir de diversas formas, como efectivo, maquinaria e incluso mano de obra. Para la minería a pequeña escala, operan una excavadora, un asistente de excavadora, cuatro

conductores, un guardia de minas, un capataz y un capataz. La tirada media de impresión tarda más de un día laborable. La minería subterránea puede durar hasta 3 turnos. Simulacros, operadores, asistentes si se utilizan simulacros de aire y se implementa buena tecnología. Los camiones volquete y las excavadoras se utilizan para manipular y transportar materiales. Además, el operador debe cargar el explosivo y su asistente <sup>7</sup>.

## 1.2 Actividades mineras en la provincia de el Oro

El Oro es una pequeña zona de extracción de oro artesanal con aproximadamente 6.000 mineros que manipulan mercurio y cianuro. La extracción manual de oro se ha realizado en El Oro durante siglos, pero a principios de la década de 1990 se construyó una pequeña planta de procesamiento de oro altamente mecanizada para aumentar la producción. Y efectos adversos sobre los mineros y la comunidad circundante. La extracción de oro manual y en pequeña escala como mecanismo de reducción de la pobreza al reducir las externalidades innecesarias requiere una comprensión de las consecuencias acumulativas



**Figure 1.** Sitios Mineros de la Zona 7 del MAPE – El Oro, Loja y Zamora Chinchipe  
**Fuente:** Ministerio del Ambiente, Línea de base nacional para la Minería Artesanal y en Pequeña Escala de Oro en Ecuador

Portovelo obtiene sus materiales principalmente de su territorio y de las minas de Zaruma. Sin embargo, debido a los riesgos para la ciudad de Zaruma, el suministro local ha disminuido significativamente después del cierre de muchas minas. Esto ha llevado a los sitios mineros soliciten materiales adicionales de otros sitios mineros de MAPE como Cariamanga, Pasaje, Célica, Santa Rosa y Chinapintza. Además de estos sitios mineros cercanos, recibiendo documentos de Ponce Enríquez, Pacto, Cumanda y Buenos Aires. Esto ha convertido a Portovelo en el centro del sector de minería de oro MAPE del país, y su asociación, APROPLASMIN, ha crecido hasta convertirse en una de las empresas más importantes de este sector<sup>8</sup>.

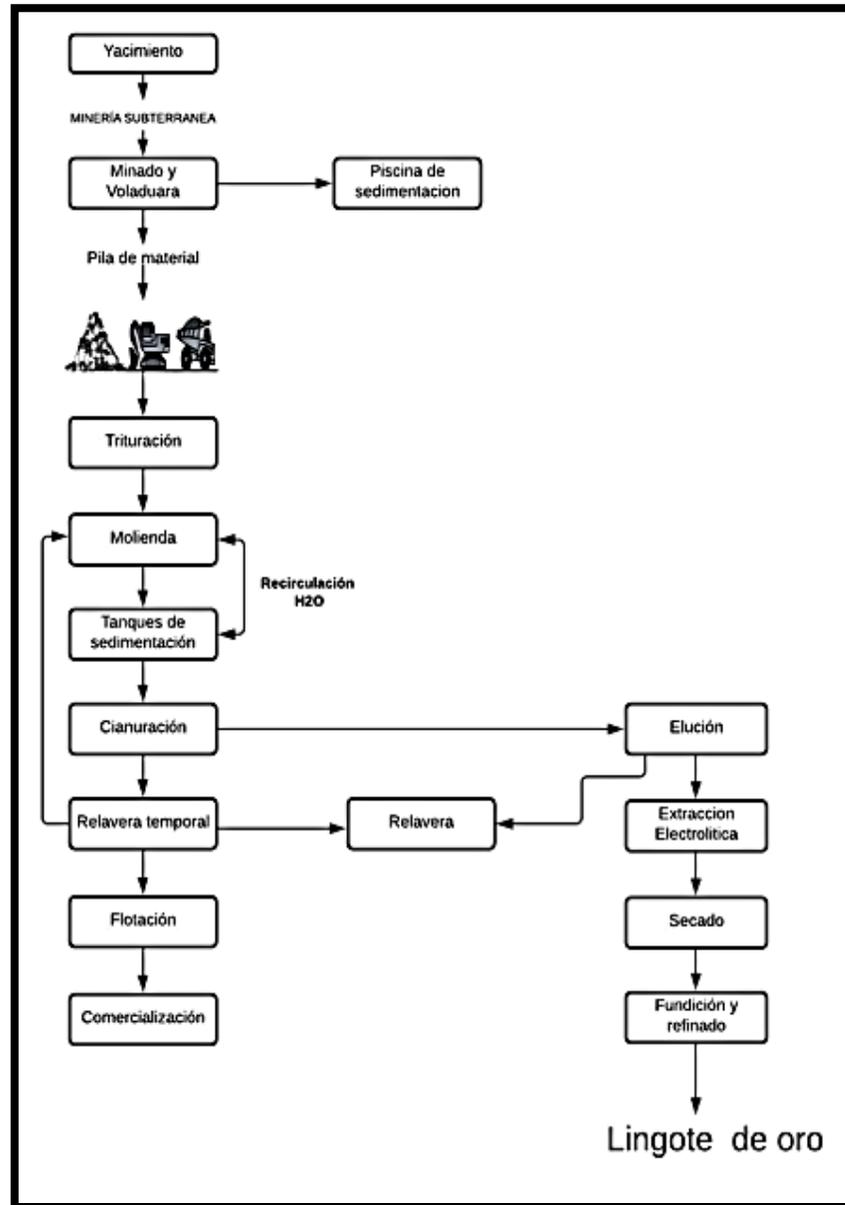
### **1.3 Proceso metalúrgico para obtención de oro**

La minería de oro manual a pequeña escala (MAPE) es una empresa minera independiente o una pequeña empresa minera de oro con una inversión y producción limitadas. Suele ser un sistema de producción descentralizado. Los diferentes gobiernos pueden tener diferentes definiciones de MAPE en diferentes jurisdicciones. Algunos están determinados por el tamaño del mineral que se procesa (por ejemplo, menos de 300 toneladas por día), mientras que otros están determinados por los métodos de extracción y procesamiento utilizados. Por ejemplo, tecnología manual o semi-mecanizada). Es importante saber qué definición se utiliza. Normalmente, para producir oro, el mineral de oro se extrae del suelo, se elabora utilizando una de las muchas técnicas manuales o semi-mecanizadas y se convierte en mercancías valiosas mediante transacciones.

#### **Descripción del proceso**

Trituración y molienda se usan para la reducción de las rocas, se emplean trituradoras de mandíbulas de las que tienen una capacidad de 5 Ton/día impulsadas por motores de 5 Hp. En este caso, la trituración se realiza en un trapish o molinillo de chile. En este proceso, el material que sale del molino de 80 mallas de diámetro se concentra en dos canaletas de concreto en todos los molinos, donde el concentrado de peso y el material muy fino son enviados directamente al sumidero, donde son transportados por los sólidos mediante una bomba, en la piscina de cianuro. Este cianuro ocurre en presencia de agua cuando se agrega la cantidad apropiada de cianuro de sodio al tanque, formando una suspensión. Además, se agrega cal P-24 para ajustar el pH ideal del proceso de tratamiento y se recupera mediante

carbón activado. En el proceso de flotación, tratamiento de la pulpa formada por arena para crear las condiciones necesarias para la adhesión de partículas minerales en las burbujas formadas en este proceso, el producto de esta adhesión se denomina concentrado mineral y se comercializa. A continuación, se configura el proceso de elución que se vuelve amarillo con la solución de banda caliente. Es bombeado por una bomba en el fondo del reactor que contiene carbón activado lleno de oro para transportar oro a través de toda la columna de carbón bajo presión. Tiempo asociado a la recuperación del oro atrapado por cálculo de carbón activado, disuelto en celdas de electrólisis fundidas en circuito cerrado entre caldero, bomba, reactor y celda, hasta 48 horas e incluso 72 horas. Luego, el concentrado obtenido en la celda electrolítica se metaliza en un crisol de grafito con soldadura y se funde a alta temperatura para obtener una varilla de DORE que se calcina en un fajo en trozos, y se agrega nitrato para obtener un precipitado coloreado. La solución marrón es oro y la solución verde azulado es nitrato de plata. Al precipitado de oro se lo juaga con agua, posterior a eso se lo seca y se lo funde en un crisol para la obtención de la barra de oro con una ley de aproximadamente 99,99. A la solución de nitrato de plata se le añade cloruro de sodio, para luego precipitar como cloruro de plata y finalmente con lana de acero se obtiene el cemento de plata.



**Figure 2.** Diagrama de flujo de los procesos para obtención de oro en la planta

**Fuente:** Elaboración propia

### 1.3.1 Unidades de extracción

La unidad minera es donde se extrae el mineral. Al extraer roca dura, los minerales se pueden extraer de las paredes de los túneles, que son túneles subterráneos estrechos en la dirección de las vetas de oro, o de pozos abiertos grandes y pequeños que no se extienden bajo tierra. Los ejes de minería de MAPE pueden abarcar redes grandes y descoordinadas que tienen

varios kilómetros de largo y 100 metros de profundidad. Organizar el trabajo secreto con MAPE sigue siendo uno de los mayores desafíos <sup>9</sup>.

### 1.3.2 Equipo de minería

En minas de roca dura, puede extraer mineral con picos, palas, excavadoras, taladros o desintegradores. Puede ser necesario utilizar cuerdas y baldes para llevar el mineral a la superficie, por lo que el mineral se suele transportar en bolsas.

- **Trituración:** el mineral se reduce de rocas grandes a grava pequeña mediante trituración. El mineral se puede triturar manualmente con un martillo o mecanizar con trituradoras (como trituradoras de mandíbulas).
- **Triturado:** el mineral triturado se tritura hasta obtener un tamaño de grano más pequeño y uniforme <sup>10</sup>.
- **Control del tamaño de partícula:** el mineral triturado se puede tamizar o tamizar para un control del tamaño de partícula más fino. El control intencional del tamaño del grano de cristal mejora la recuperación de oro. El control adecuado del tamaño de las partículas contribuye a separar más el oro de los otros minerales y permite la recuperación. El control inadecuado del tamaño de las partículas puede reducir la eficiencia de la separación del oro y reducir la recuperación de oro, ya que parte del oro queda atrapado en otros minerales y agregados <sup>9</sup>.
- **Concentración:** La propiedad única del oro se puede explotar para separar el oro de otros minerales contenidos en los minerales del suelo. Los instrumentos utilizados para concentrar oro incluyen comederos, canalones, pulverizadores, mesas vibratorias, centrifugadoras y dispositivos de flotación. Muchas de estas herramientas utilizan la gravedad para separar el oro pesado de otros minerales ligeros. Algunos, como la flotación, aprovechan las propiedades superficiales de los minerales para permitir que se separen. En algunos casos, la concentración es muy eficiente y permite que el concentrado rico en oro se derrita directamente para producir un residuo sin la necesidad de pasos adicionales. En otros casos, los minerales están parcialmente concentrados y deben concentrarse más para evitar el uso de mercurio.

- **Fundición de mercurio:** El mercurio se mezcla con minerales para la separación el oro de otros minerales. El mercurio se combina con el oro y otros metales para formar una mezcla sólida mitad de mercurio y mitad de oro. Los minerales ricos en plata tienden a consumir más mercurio, ya que el mercurio forma una mezcla más magra con la plata.
- **Vaporización de mercurio:** Las bolas de amalgama se calientan para vaporizar el mercurio, que produce lo que se llama una "esponja dorada" debido a su porosidad. Esto se puede hacer al aire libre, donde el mercurio se difunde en forma de vapor, o dentro de un calentador, que recolecta y condensa parte del vapor de mercurio (generalmente 80%). Forma líquida para reutilización futura. Se dependerá de la temperatura del proceso de vaporización, el mercurio puede permanecer en la esponja de oro restante. Se evapora cuando el oro se derrite a altas temperaturas <sup>9</sup>.
- **Lixiviación química (cianuro)** Los mineros de la MAPE pueden recuperar oro de minerales o desechos mediante lixiviación química. El método de limpieza química más común es el cianuro. Durante este proceso, se agrega cianuro a los minerales del suelo y al agua. El oro en los minerales disueltos forma un complejo de oro azul soluble en agua. Uno de los métodos comúnmente utilizados por los mineros de la MAPE para recuperar este oro es absorber el complejo de cianuro de la antracita y quemar carbón para obtener el oro. Otro método común es precipitar el oro en zinc, luego disolver el zinc en el ácido para formar una mezcla dorada, que se disuelve y se vierte en la varilla. Los mineros industriales no queman carbón sino que desorben ("eluyen") el oro para su reutilización. La limpieza química es más barata, recupera más oro (generalmente el 90% o más) y, a diferencia del mercurio, no es un contaminante global, ni es biodegradable ni biodegradable. Este es un método muy común en la industria.<sup>11</sup>.
- **Fundición:** La esponja de oro se separa de las impurezas disolviéndola en una barra de oro duro que contiene una pequeña cantidad de escoria. La pureza del oro depende de la naturaleza del oro depositado. El oro se puede refinar aún más (generalmente en un laboratorio o en un molino de oro) para obtener oro puro de 2 quilates.
- **Recirculación de relaves** Si queda suficiente oro en los relaves para la recuperación económica (eliminación de desechos), los relaves se pueden reelaborar para

recuperar más oro. Este proceso a menudo lo llevan a cabo los propios mineros y puede aumentar el uso de mercurio. Los desechos también pueden reprocesarse con concentraciones de gravedad más altas o lavarse químicamente mediante operaciones industriales. En este caso, es importante que el mercurio presente en los desechos no se disperse al medio ambiente. En particular, el Convenio de Minamata enumera la aplicación de cianuro a los desechos contaminados con mercurio como la "peor práctica" <sup>9</sup>.

#### **1.4 Cambio climático**

El cambio climático es el cambio en el clima a lo largo del tiempo causado por cambios naturales y la actividad humana. El término cambio climático se refiere al impacto de la actividad humana en el sistema climático global, ya que los cambios globales afectan otros procesos fundamentales en el funcionamiento del sistema global. Esto incluye las complejas relaciones entre procesos (climáticos, ambientales, económicos, políticos, institucionales, sociales, tecnológicos), problemas ambientales y posibles problemas de desarrollo, importantes impactos sociales, económicos y ecológicos. El calentamiento global significa que la temperatura de la superficie terrestre aumenta gradualmente. Esto se observa o predice como una de las consecuencias de la emisión estimulada debido a la liberación humana. A nivel mundial, aumentos drásticos en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera podrían aumentar el efecto invernadero natural, calentando aún más la superficie y la atmósfera y afectando negativamente a las personas y los ecosistemas. Es importante señalar que las altas emisiones de GEI durante la producción tienen un impacto negativo en el medio ambiente y un impacto directo en el cambio climático.

Los impactos globales más notables causados por el calentamiento global en el siglo XXI se tiene reducción de la biodiversidad, la migración de los límites territoriales de los ecosistemas, los cambios en la composición de los bosques y el aumento de las temperaturas del desierto. Áreas de semiglaciares, desaparición de 3050 capas de hielo, cambios en la circulación oceánica, ecosistemas, cambios en la productividad biológica con impactos en los ecosistemas marinos, aumento de la erosión e inundaciones costeras, malaria, dengue, etc. Aumento de enfermedades, congelación y presencia de más olas de calor. (Canaza-Choque, 2019)

El cambio climático es un fenómeno global que está ganando cada vez más atención en la ciencia, la política, la sociedad y los medios de comunicación, ya que sus efectos afectan y corrigen prácticamente toda la actividad humana. De manera similar, generalmente destruye el funcionamiento de la biosfera y la integridad de los ecosistemas, y tiene varias implicaciones para el soporte vital del ciclo biogeoquímico. También es un espacio de discordia política y polarización, y las ganancias económicas a menudo imponen sus condiciones, independientemente de las vulnerabilidades evolutivas que crea este fenómeno, especialmente en los trópicos y los más pobres <sup>12</sup>.

Se informa que las partes interesadas han seguido diversas estrategias para retrasar la adopción de las políticas de respuesta requeridas, dada la escala y complejidad del tema, contrarrestando así la evidencia científica disponible y provocando dudas y escepticismo en la sociedad que socavan la credibilidad de la denuncia. emergencia. Actuar con resolución y urgencia <sup>13</sup>. Ahora es difícil dudar en la comunidad de que la causa del cambio climático está claramente arraigada en la actividad humana, pero los beneficios perjudiciales de la negación del cambio climático y el poder de los factores económicos y políticos detrás de él. Continúa impulsando escenarios que estimen el comportamiento de las variables climáticas en el futuro cercano, limitando el alcance de las políticas de adaptación y mitigación necesarias para reducir las amenazas y minimizar sus consecuencias. Además de lo anterior, fue tergiversado por un medio altamente ignorante (mediador, comunicador, emisora, etc.). Con importante sesgo explicativo y diversos puntos oscuros en la representación social del cambio climático, lo que alimenta la indiferencia social. Esta pregunta, por tanto, tiene poco peso en las prioridades políticas y sociales. Al anochecer del sistema, basado en el crecimiento económico y el alto consumo, hacen todo lo que la comunidad no puede hacer para enfrentar las situaciones actuales y futuras que se agravan a medida que continúan dependiendo de la toma de decisiones y las aspiraciones debido a la demanda de recursos económicos. Crecimiento de los hidrocarburos, que nos llevan al colapso frente a este aporte muerte <sup>12</sup>.

Por lo tanto, enfrentamos la urgencia de un cambio completo en los modelos energéticos basados en el uso a gran escala de los hidrocarburos, pero la mayoría de las personas no tienen que lograr lo que no han logrado. Pocas personas son conscientes de los impactos

actuales y futuros del cambio climático en su vida diaria. Muchos de ellos prefieren "evacuar" con la comodidad que proporciona el sistema.

Por todo lo anterior, el cambio climático resulta ser un fenómeno muy complicado debido a sus volátiles visiones y prioridades políticas y sociales. Hasta que este fenómeno sea reconocido como un factor real e importante en la vida humana, se trata de presión pública, apoyo y adaptación disminuidos, o informar con este. Sabemos que no tiene ningún peso. La jerarquía de prioridades de las agendas políticas y sociales se concilia mutuamente. Sin embargo, al cuestionar los fundamentos económicos, políticos, sociales y culturales de los sistemas que lo crean, no es fácil abordar políticamente las relaciones causales sistemáticas de estos sistemas. El problema no se ve como una crisis estructural <sup>14</sup>.

Por lo tanto, el gobierno debería centrarse en medidas eficaces de alivio del dolor y alivio, como la gestión de desastres, en lugar de la gestión de riesgos. Los eventos extremos están cubiertos por los medios (intensidad, duración, frecuencia.) en lugar de sobrestimar la adaptación y mitigación o eventos más peligrosos y, a menudo, episódicos (nivel del mar, precipitación, cambios biomorfológicos.) Prestar más atención a (órbita); o centrarse en el desarrollo de capacidades para apoyar un enfoque superficialmente adaptativo en términos de construcción de infraestructura que (nuevamente) responda a las oportunidades comerciales en el flujo de la civilización. Ignorar las medidas de adaptación social.

El cambio climático también es epistemológicamente complejo debido a su naturaleza integral, acumulativa, desigual, no lineal, generalizada, persistente, radical y contraintuitiva. No hay conocimiento científico disponible para este fenómeno debido a la falta de modelos de escenarios regionales y regionales para cuestionar los límites disciplinarios y aclarar y estimar los resultados futuros con total confianza <sup>15</sup>.

### **Cambio climático en Ecuador**

En los últimos años, Ecuador ha sido visto como un pionero inesperado en el desarrollo bajo en carbono. En apoyo de esta confirmación, el Estado propuso al Foro Internacional una serie de nuevas propuestas: el Proyecto Yasuní ITT8, el Establecimiento de la Corte Internacional de Justicia del Medio Ambiente, la Declaración Universal de Derechos Humanos con Bolivia y el Mundo. Declaración de Derechos Humanos sobre el Cambio Climático Humanos y

Derechos de la Madre Tierra. Pero la raíz de la propuesta ecuatoriana es una crítica fundamental al capitalismo financiero. La lucha contra el cambio climático es una condición previa para el posible surgimiento de una nueva estructura financiera internacional bajo acuerdos internacionales vinculantes que empoderen a más personas. Asumiendo la deuda ecológica del Sur, las naciones industrializadas del calentamiento global “percibir la deuda ecológica ante la responsabilidad histórica de los países ricos es un concepto común pero distinto en términos de responsabilidad. Esto hará que funcione”. Ecuador, junto con Bolivia, introdujo al mundo el concepto indígena andino Smack Kawsay (Vivir Bien) y ha mantenido esta posición al participar en diversas alianzas como el G77 China y la LMDC en las conversaciones sobre cambio climático. Asimismo, como parte activa del ALBA, realizamos propuestas a la Unión de Naciones de América del Sur (UNASUR) y la Comunidad de Estados de América Latina y el Caribe (CELAC).<sup>16</sup>.

El análisis de series de tiempo climáticas de la temperatura media y la precipitación en Santa Elena (1982-2011) puede clasificar esta zona como un clima semidesértico seco según el índice de aridez de De Martonne, pero con un cambio climático severo durante todo el año. Ocurre en la región y provoca una variabilidad climática extrema de desierto árido a húmedo. La temperatura media y la precipitación de 1982 a 2011 muestran tasas evolutivas positivas de 0,038 °C / año y 0,196 mm / año, con movimientos mensuales irregulares. Las temperaturas tienden a ser positivas de 0.017 ° C / mes a 0.065 ° C / mes, mientras que las precipitaciones tienden a ser positivas de 0.22 mm / mes a 0.82 mm / mes en enero, febrero y abril, 12 y 3 muestran tendencias negativas de 0.02 mm / mes y 0,75 mm / mes y tendencia cero para el resto de meses <sup>17</sup>.

### **1.5 Norma ISO 14040 y Cálculo del ciclo de vida (Análisis del ciclo de vida)**

En la ISO 14040 (Gestión medioambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y estructuras), define el análisis del ciclo de vida se define como un método para abordar los aspectos medioambientales y los posibles impactos medioambientales a lo largo del ciclo de vida de un producto. Una lista de entradas y salidas relevantes para el sistema de producto (el producto / proceso bajo investigación) <sup>18</sup>.

- Evaluar el impacto ambiental potencial asociado con las entradas y salidas del inventario.

- Interpretar resultados en fases de evaluación de impacto a los efectos del estudio y análisis de inventario.

### 1.5.1 Cálculo del ciclo de vida

La Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) es una herramienta de gestión ambiental cuyo objetivo es un análisis sistemático, científico y objetivo del impacto ambiental de los procesos / productos en todo el mundo. Conjunto de ciclos de vida (es decir, desde la infancia hasta el cementerio). Utilizado originalmente, también se conoce como análisis de equilibrio ecológico o análisis de perfil ambiental. Considerando las etapas que componen el ciclo de vida, es común ver diferentes áreas en el desarrollo de ACV <sup>19</sup>, las más comunes de las cuales son:

- **Ventas puerta a puerta (ventas puerta a puerta):** considere solo las actividades comerciales aplicables (procesos de fabricación).
- **Cradle to door (cradle to gate):** analiza todo, desde la extracción y preparación de las materias primas hasta el proceso de producción de la empresa.
- **Puerta a la Tumba:** tiene en cuenta el proceso de fabricación de la empresa e incluye la etapa de gestión de residuos en la que se elabora el producto.
- **De la cuna al cementerio (de la cuna al cementerio):** Investigación desde el envasado de materias primas hasta la gestión final de residuos.
- **Cradle to cradle:** se considera todo el ciclo de vida del producto, desde el envasado de materias primas hasta la remanufactura de productos obsoletos en el mismo proceso.

La evaluación del ciclo de vida (LCA) incluye "cuna", consumo y disposición final ("tumba") durante la vida del producto o de los recursos primarios (desde "cuna"). Esto le permite identificar impactos en varios sectores ambientales que exceden los límites de su planta de producción. Estos efectos inducidos suelen ser más importantes que los directamente atribuibles al proceso de fabricación del producto <sup>20</sup>.

### 1.5.2 Metodología del Análisis del Ciclo de Vida

En los términos más comunes, el análisis del ciclo de vida consta de:

**a) Definición de propósito y alcance:** es necesario especificar el propósito que guía la investigación y los límites del sistema para el análisis e identificación de sus componentes. Ciclo de vida (por ejemplo, extracción, transporte, almacenamiento, producción, consumo, reciclaje, eliminación final de residuos). En este sentido, a la hora de determinar el alcance de una LCA, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Características del sistema:** es necesario describir las características que definen el sistema en consideración. Esto es muy importante si el producto puede realizar múltiples funciones. Por ejemplo, se puede utilizar un ordenador multimedia como procesador de información y también para comunicaciones por teléfono / fax. Si ejecuta LCA para comparar varios sistemas desde una perspectiva ambiental, debe asegurarse de que realicen la misma función <sup>21</sup>.
- **Unidad funcional:** La unidad funcional define la base de cálculos en los que se realiza el equilibrio entre materia y energía. Para un LCA comparativo, debe elegir una unidad funcional que refleje las características que desea comparar. Por ejemplo, un LCA que compara dos detergentes podría pensarse como una unidad funcional, "lavar ropa con 1000 kg de algodón".
- **Limitaciones del sistema:** Deben definirse todos los procesos individuales o los subsistemas que ejecutan productos involucrados. Esto incluye la adquisición de activos clave, todos los procesos de fabricación y envío de componentes del producto y materias primas asociadas, y todas las etapas del ciclo de vida del producto terminado. Debe determinar los procesos y pasos en su sistema para incluir en su encuesta y los criterios utilizados para tomar esas decisiones, de acuerdo con el propósito de la LCA. Por ejemplo, los componentes por debajo del límite de % (por ejemplo, el producto pesa menos de 0,5 a 1, pueden excluirse del análisis. Es importante establecer restricciones geográficas sobre las actividades involucradas en LCA, ya que pueden verse afectadas por las condiciones locales <sup>22</sup>.

**b) Análisis de inventarios:** balance de materia y energía desarrollado aquí a través de diferentes componentes del ciclo de vida. Implica recopilar datos y realizar los cálculos adecuados para cuantificar las entradas y salidas del sistema en consideración. Voz: Materiales y fuentes de energía. Resultado: Emisiones al aire, agua, suelo y productos. El

análisis de inventario es un proceso iterativo. En efecto, la presencia de nuevos datos y más conocimientos adquiridos durante el desarrollo del trabajo nos permite redefinir con mayor precisión las fases del ciclo o los flujos de materia y energía. Los pasos recomendados para realizar un escaneo de inventario son los siguientes:

- Crear un organigrama
- Establecer la calidad de los datos (nivel de precisión requerido)
- Determinar las limitaciones del sistema
- Recopilación de datos y cálculo del presupuesto (balance ecológico)
- Reorientación y alcance

**c) Creación a Diagrama de flujo:** Una vez completado, el sistema se desglosa en subsistemas, que se desglosan en procesos unitarios, lo que facilita el cálculo del saldo. El balance material y energético debe estar organizado de forma sistemática, definiendo claramente las entradas y salidas, sus puntos de llegada / salida.

**d) Evaluación de impactos ambientales potenciales:** Se deben tener en cuenta la salud y seguridad humana y el impacto ambiental. La relación entre los compartimentos ambientales incluidos en el análisis y las etapas del ciclo de vida del producto debe definirse y caracterizarse aguas arriba. SETAC (Asociación de Toxicología Ambiental y Química, 1993) considera tres etapas en la evaluación de impacto.

**Etapa 1. Clasificación.** Este es un paso cualitativo en la atribución de entradas y salidas a diferentes tipos de impactos según el tipo de impacto esperado en el medio ambiente. La misión debe basarse en un análisis científico de los procesos ambientales involucrados y debe poder responder a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los impactos ambientales esperados de cada entrada y salida del sistema? El objetivo principal de esta actividad es interpretar los impactos ambientales potenciales de las entradas y salidas e identificar los impactos ambientales tomados en cuenta en la evaluación. Hay tres tipos principales de impactos.

- Recursos naturales
- Salud humana
- Salud de los ecosistemas

**Etapa 2. Característica.** Esta es una fase cuantitativa que evalúa las contribuciones relativas de cada entrada y salida en cada categoría de impacto especificada y resume las contribuciones en cada categoría. La caracterización debe basarse en un análisis científico de los procesos ambientales relevantes.

**Etapa 3. Evaluación:** Este es un paso potencialmente cualitativo o cuantitativo en la evaluación de la importancia relativa de varios impactos ambientales. Las evaluaciones no se basan necesariamente en análisis científicos y pueden incluir valores éticos o socioeconómicos.

**d) Interpretación:** Con base en análisis previos, se deben identificar y evaluar las medidas correctivas para reducir los impactos más relevantes. La última etapa y la menos desarrollada del ACV es la evaluación de la mejora. Esta fase identifica y evalúa opciones para reducir el impacto en el medio ambiente o en el sistema bajo investigación <sup>23</sup>.

## **1.6 Huella de carbono (Norma ISO 14064-1) y Metodología para cálculo de huella de carbono**

En los últimos años, la dependencia de la naturaleza ha generado preocupaciones sobre el cambio climático, que está aumentando exponencialmente debido a las actividades de liberación de GEI durante la producción, el transporte, el almacenamiento, el uso y la disposición final. Ante este problema, los estados miembros de Naciones Unidas decidieron reducir las emisiones a la atmósfera utilizando una herramienta llamada huella de carbono como método. El Departamento de Medio Ambiente determina su huella de carbono calculando las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por una variedad de actividades humanas y económicas. La cantidad total de gases de efecto invernadero se llama conversión de CO<sub>2</sub>. El efecto de 1 kg de metano sobre el calentamiento global equivale a 25 kg de CO<sub>2</sub>, y el efecto de 1 kg de N<sub>2</sub>O equivale a 298 kg de CO<sub>2</sub>. Cuando los efectos de todos los gases de efecto invernadero se expresan en conversión de CO<sub>2</sub>, pueden expresarse colectivamente en conversión de CO<sub>2</sub> (conversión de CO<sub>2</sub>). La huella de carbono identifica los gases de efecto invernadero emitidos por las organizaciones de traducción en forma de equivalentes de CO<sub>2</sub>, gestionando eficazmente las emisiones al reducir el coste de la energía y los productos y servicios para nuevos mercados <sup>24</sup>. Además, necesitamos información sobre la huella de carbono de un producto en particular, que es una herramienta muy utilizada que

incluye estrategias avanzadas para diferenciar el acceso. En nuestro país, las principales fuentes de generación de gases de efecto invernadero son los medios de transporte, los sistemas energéticos, la agricultura, los procesos industriales y la producción de residuos, entre otras fuentes de producción <sup>19</sup>. Dentro de las principales ventajas se tiene:

- Es un indicador ambiental y reconocido por el mercado porque las organizaciones de manera voluntaria comienzan a comunicar su huella de carbono e informar sobre la reducción de emisiones.
- Etiquetas para comunicar métodos de medición, procedimientos de verificación y mediciones, verificaciones y reclamos.
- Las organizaciones cuentan con herramientas que demuestran a terceros su compromiso con la responsabilidad social y ambiental, lo que constituye una poderosa herramienta de marketing ya que mejora su reputación en el mercado.
- Se trata de un importante recurso diferenciador que otorga a la organización, producto o servicio los atributos que la distinguen de sus competidores.

Las diferencias entre los dos son mínimas, el documento ISO 14064 es conciso, menos explicativo, el protocolo de GEI es más extenso, más explicativo y la justificación para informar sobre los gases de efecto invernadero (GEI) refleja la naturaleza ambiciosa que contiene. Las empresas que han expresado sus objeciones a los requisitos de ISO pueden estar plenamente informadas por las directrices y los antecedentes de GHG <sup>25</sup>. En la mayoría de los casos, los informes de GEI de las empresas que cumplen con la necesidad de ISO cumplirán con la necesidad de GEI y viceversa. Las diferencias restantes se refieren al tratamiento de las emisiones indirectas. También puede mejorar la coherencia entre dos documentos al revisar los requisitos de informes. Determine los límites de actividad del GHG Protocol de la siguiente manera:

**Alcance 1. Emisiones directas de GEI** Las emisiones directas se originan a partir de fuentes de control o propiedad de la empresa. Por ejemplo, las emisiones de la combustión de calderas, hornos, vehículos, etc. propiedad o bajo el control de la empresa. Emisiones de equipos de fabricación o procesamiento de productos químicos controlados en la empresa.

**Alcance 2. Emisiones Indirectas de GEI asociadas a la electricidad** Las emisiones de GEI relacionadas con la electricidad incluyen las emisiones derivadas de la producción de electricidad que la empresa compra y consume. El poder adquisitivo se define como el poder adquirido o ejercido dentro de los límites organizativos de una empresa. Las emisiones de Alcance 2 se generan físicamente en plantas de generación de energía.

**Alcance 3.** La cobertura de otras emisiones indirectas 3 es una categoría de notificación opcional que puede incluir emisiones indirectas residuales. Las emisiones de Alcance 3 son el resultado de las actividades de la empresa, pero provienen de fuentes que la empresa no posee ni controla. Un ejemplo de una actividad de Alcance 3 es la extracción y producción de materiales comprados. Combustible comprado para transporte. Utilice los productos y servicios vendidos.

### **1.7 Norma ISO 14046 y Demanda hídrica en actividades mineras**

Para calcular la huella de agua, de acuerdo con la norma internacional ISO 14046:2014 “Gestión Ambiental- Huella de agua- Principios, requisitos y directrices”, sus bases son de acuerdo a las normas internacionales ISO 14040 e ISO 14044 sobre el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Algunas metodologías y conceptos desarrollados para evaluar la demanda de recursos y la presión sobre el ambiente que generan las actividades humanas incluyen la “huella ecológica”, el “agua virtual” y la “huella hídrica”<sup>26</sup>.

ISO 14064 define la huella hídrica como una o más métricas para cuantificar los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua, desde el suministro de materias primas hasta el final del ciclo de vida. Producto, servicio u organización según<sup>26</sup>. La prueba del agua de acuerdo con ISO 14064 implica cuatro pasos iterativos e involucrados. Definición de objetivo y alcance, análisis de inventario de trazas de agua, evaluación y caracterización del impacto de la huella hídrica, huella hídrica como parte de un LCA completo y uno de los indicadores de impacto potencial evaluados en la huella ambiental. Algunas otras huellas ambientales pueden ser huellas de carbono y huellas de uso de la tierra<sup>27</sup>La huella hídrica está en línea con las estrategias de implementación y cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas (ONU, 2015), especialmente el Objetivo 6 sobre agua potable e higiene a nivel nacional. Además de las restantes metas: 3 (salud y bienestar) y 12 (producción y consumo sostenibles). También es consistente con el último

Informe de Riesgos Globales del Foro Económico Mundial. El informe clasifica la crisis del agua como uno de los tres riesgos principales que más probablemente afectarán a los sistemas y países durante la próxima década. El análisis del inventario de los recursos hídricos es el paso metodológico que requiere más tiempo en términos de tiempo y recursos. Además, la calidad de los datos recopilados es un factor importante en la cuantificación de la huella hídrica, ya que la calidad de la información reduce la incertidumbre de los resultados. <sup>26</sup>.

- a) Una evaluación de la huella hídrica puede ayudarlo a:
- b) Evaluar el alcance de los posibles impactos ambientales relacionados con el agua.
- c) Identificar las diferentes fases del ciclo de vida del producto y las oportunidades para reducir los potenciales impactos ambientales relacionados con el agua asociados a los procesos y la organización.
- d) Gestión de riesgos estratégicos relacionados con el agua.
- e) Promover el uso eficiente del agua y optimizar la gestión del agua a nivel de producto, proceso y organización.
- f) Informar a los tomadores de decisiones de la industria, el gobierno y la sociedad civil sobre los posibles impactos ambientales del agua.
- g) Con base en la evidencia científica de los resultados de la huella hídrica, brindamos información consistente y confiable para los siguientes propósitos:
  - Evaluar y preparar el consumo de agua considerando riesgos futuros.
  - Identificar formas de reducir el impacto ambiental del consumo de agua.
  - Mejore la eficiencia de sus productos, procesos y organizaciones.
  - Compartir conocimientos y mejores prácticas con la industria y la dirección.
  - Satisfacer las expectativas de una mayor responsabilidad ambiental <sup>28</sup>.

### **1.7.1 Demanda hídrica en actividades mineras**

Los tipos de agua utilizados en la industria minera se pueden clasificar según su origen. La mayor parte del agua que consume la industria minera proviene del segmento continental, ya sea agua superficial, contratada por un tercero o subterránea. Luego se divide en agua de pozo y agua de mina, también conocida como agua de mina. Es agua que se acumula en cavidades debajo de la superficie y se encuentra de forma natural sin buscar conscientemente. Otra fuente de agua es el agua de mar, que ha crecido rápidamente en los últimos años tras la desalación o tratamiento natural requerido en el proceso, y ha sido incluida en muchos

proyectos de minería y desalación en el mundo en los últimos años en la fase de evaluación y planificación. La principal fuente de agua utilizada en los procesos de extracción es el agua en circulación, con casi las tres cuartas partes del agua del mundo alcanzando 50,6 [m<sup>3</sup>/s] en 2017, la mayor parte de ese total del continente. Luego hay agua dulce continental similar. Esto corresponde a un consumo total de 21,6% con la adición de 14,8 [m<sup>3</sup>/s] y este 8,0 [m<sup>3</sup>/s] corresponde al agua subterránea. Esta entrada en particular, 5,9 [m<sup>3</sup>/s] es agua superficial y 0,9 [m<sup>3</sup>/s] es agua contratada con un tercero. El siguiente es el agua de mar con una demanda de 3,3 [m<sup>3</sup>/s]. Esto corresponde a 4,8% de la demanda total de extracción en 2017. No se detalla qué parte del agua de este segmento corresponde a la tratada y cuál es el agua desalada. En este proceso se utilizó agua de mar cruda y agua salobre natural <sup>29</sup>.

### 1.7.2 Huella hídrica (Huella hídrica azul HHA, Huella hídrica gris HHG)

La huella hídrica verde se refiere al consumo de agua superficial (ríos, lagos.) y agua subterránea (agua verde). La contabilidad tiene en cuenta el hecho de que el agua azul se evapora, se traslada a otra cuenca o se une al producto. La extracción de agua verde, considerada tradicionalmente como la principal causa del uso del agua, se puede dividir en dos tipos: uso consuntivo y uso no consumible. La parte no consumida del agua azul extraída, es decir, la parte correspondiente al uso no consumible, vuelve a la cuenca extraída y puede ser utilizada por otros. La huella de agua se concentra en el lado del consumo. Es decir, el agua no se puede utilizar para otros fines. Además, la huella hídrica separa el uso que hacen los consumidores de las aguas superficiales del agua subterránea. La huella hídrica verde de un paso del proceso se calcula de la siguiente manera <sup>30</sup> :

$$HH_{proc,azul} = Agua_{in} - Agua_{out} \quad (1)$$

La huella hídrica gris se refiere al agua (aguas grises) requerida para absorber una cantidad específica de un contaminante, según la concentración ambiental natural del compuesto y los estándares de calidad ambiental. En otras palabras, reducir la concentración de una carga contaminante hasta que el agua alcance una calidad que cumpla con los estándares de calidad

ambiental es una "cantidad" hipotética, que se supone que asegura que la calidad del agua esté disponible <sup>31</sup>.

Para calcular la huella hídrica gris, se puede usar la siguiente fórmula<sup>30</sup>:

$$HH_{proc,gris} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \left[ \text{volumen} / \text{tiempo} \right] \quad (2)$$

Donde:

L= Carga de contaminante (masa/tiempo)

$C_{max}$ = Concentración máxima permitida (masa/volumen)

$C_{nat}$ = Concentración natural en la masa de agua receptora (masa/volumen)

A su vez también se puede realizar el cálculo con la siguiente fórmula mas desglosada:

$$HH_{proc,gris} = \frac{Caud_{out} * Conc_{out} - Caud_{in} * Conc_{in}}{Conc_{max} - Conc_{nat}} \quad (3)$$

$Caud_{out}$  = La cantidad de salida o descarga de la mina en metros cúbicos por año.

$Conc_{out}$  = La concentración del parámetro a la salida de la mina en g/m<sup>3</sup>.

$Caud_{in}$  = El caudal de entrada de la mina en m<sup>3</sup>/año.

$Conc_{in}$  = Concentración de los parámetros de entrada a la mina en g/m<sup>3</sup>.

$Conc_{max}$  =Mantener la concentración máxima permisible de contaminantes en buenas condiciones de la calidad del efluente recibido y vertido, en g/m<sup>3</sup>.

$Conc_{nat}$  =Concentración natural de contaminantes (sin intervención) g/m<sup>3</sup>

Si hay contaminantes como el cianuro o el mercurio, no entrarán al agua. A la entrada de la mina, todos los vertidos se deben a actividades internas. A partir de la mina, la HHG se puede calcular haciendo la siguiente modificación a la ecuación

$$HH_{proc,gris} = \frac{Vertimiento}{Concentración_{max}} \quad (4)$$

En donde:

Vertimiento= La cantidad de contaminantes vertidos en las aguas residuales de la mina g / año.

Una impresión verde azulado que corresponde al verde azulado por unidad de producto. Y finalmente, la huella hídrica gris, que se refiere a la contaminación, se define como la cantidad de agua dulce necesaria para absorber la carga contaminante, con base en los estándares de calidad del agua existentes en el medio ambiente <sup>32</sup>.

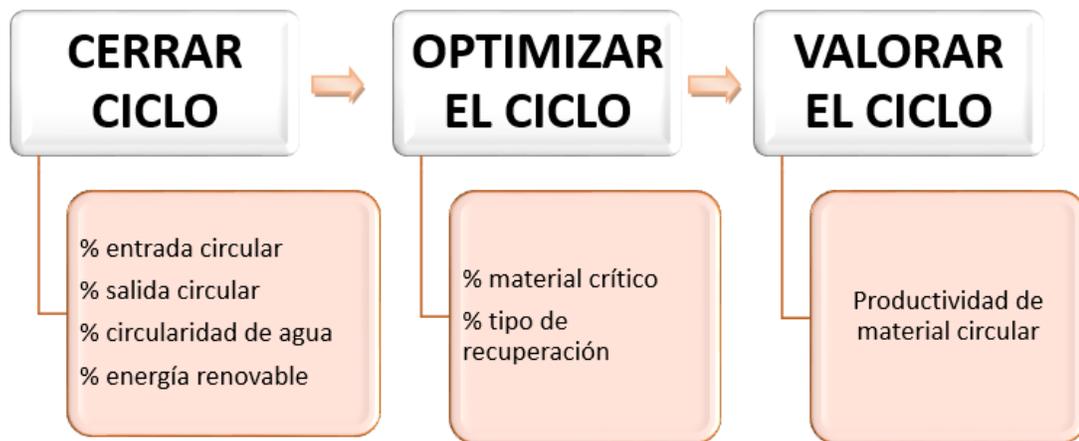
### **1.8 Cálculo de indicadores de circularidad**

Los principios de la economía circular tienen como objetivo garantizar que el valor de los productos, materiales y recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, minimizando al mismo tiempo la generación de residuos. Es tomar medidas para pasar de la economía lineal tradicional a la economía circular <sup>33</sup>.

El objetivo de la CTI es permitir que las empresas se transformen en una economía circular maximizando su comprensión de su potencial en la economía circular. De esta forma, intentamos que la normativa sea lo más flexible posible. WBCSD se desarrolla como una herramienta que permite a una empresa obtener información privilegiada sobre la distribución, para que no participe en la evaluación del ITC de una empresa. Por lo tanto, no determine el desempeño de sustentabilidad general de CTI:

- CTI le permite medir los flujos de volumen lineales y periódicos de su empresa y evaluar la utilización de recursos. Este conocimiento combinado con los marcos de sostenibilidad existentes se usa comúnmente para incluir impactos en la sostenibilidad (emisiones de gases de efecto invernadero, biodiversidad, capital humano) bueno, el tráfico no es el único objetivo. Este marco no evalúa el impacto social y ambiental de las actividades cíclicas de una empresa. Sin embargo, comprender el flujo másico es un paso importante para comprender el impacto.

- No compare sectores, empresas o productos. trayectoria cíclica de cada empresa es única, por lo que la comparación sólo puede hacerse en el contexto de los puntos de referencia después de una investigación a fondo.
- No tiene la intención de promover la sostenibilidad o llevarlo al mercado. La economía circular es un camino importante y necesario para la producción y el consumo sostenibles. Sin embargo, el impacto en la sostenibilidad corporativa depende del contexto más amplio de otras métricas de sostenibilidad. Las empresas no deben publicar los resultados del marco a menos que se presenten en el contexto apropiado. Considere lo siguiente como una buena base:
- La empresa también comparte todos los índices marco para proporcionar a los lectores una visión completa del desempeño periódico de la empresa.



**Figure 3.** Indicadores de transición  
**Fuente:** WBCSD

- **Cerrar el ciclo**

Se calcula la eficiencia de la empresa y el final del ciclo de flujo de material. Las evaluaciones se pueden realizar a nivel de empresa, unidad de negocio o sitio (producción).

**Circularidad del agua**

Además del flujo de material, creemos que la circulación de agua dulce es un elemento importante de la economía circular. La circulación del agua se caracteriza por la cantidad de flujo, así como por la calidad y el estrés del agua en el área.

### **Energía renovable**

La economía circular requiere una transición a las energías renovables. La mayoría de las empresas ya tienen métricas para medir el consumo de energía renovable en sus negocios, pero el CTI solo considerará las empresas de energía para las que pueden usar los datos existentes.

$$\% \text{ energía renovable} = \frac{\text{energía renovable (consumo anual)}}{\text{energía total (consumo anual)}} \times 100\% \quad (5)$$

- **Optimizar el ciclo**

Se proporciona información sobre el uso de recursos. Los indicadores incluidos son opcionales.

### **Materiales críticos**

El primer índice es el porcentaje de entrada crítica, destacando la porción de entrada lineal que se considera importante o baja. Esto permite a las empresas evaluar y priorizar los niveles de riesgo de un flujo de material en particular. El cálculo es el siguiente:

$$\% \text{ entrada crítica} = \frac{\text{masa de entrada definida como crítica}}{\text{masa total de entrada línea}} \times 100\% \quad (6)$$

La herramienta en línea CTI también puede proporcionar retroalimentación sobre los valores de masa absoluta a fin de contar con información adicional.

### **Tipo de recuperación**

El tipo de recuperación, la segunda medida del factor de optimización del ciclo se centra en cómo se recuperan y reciclan los materiales a lo largo de la cadena de valor. Los resultados proporcionan un análisis de qué partes del material reciclado se reutilizan o reparan, reutilizan, reciclan, reciclan o son biodegradables o compostables.

- **Valorar el ciclo**

Este módulo muestra el valor comercial agregado a la línea de material circular de la empresa. Las banderas son opcionales. Los indicadores del módulo de escala del ciclo de producción de material circular representan los ingresos generados por unidad lineal de masa de entrada y son el rendimiento del material circular. Los resultados se vuelven números más significativos y conceptuales a medida que continúan realizándose un seguimiento a lo largo del tiempo. El cálculo es el siguiente <sup>34</sup>:

$$\textit{productividad de material circular} = \frac{\text{ingresos}}{\text{masa total de entrada lineal}} \quad (7)$$

### Factores de emisión

**Factor de emisión de CO<sub>2</sub>:** Es la masa estimada de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera, por cada unidad de MWh de energía eléctrica generada en base a la combustión de combustible fósil.

**Unidad de Generación:** es el equipamiento mínimo que se requiere para la generación de electricidad.

**Sistema Nacional Interconectado SNI:** “Es el sistema integrado por los elementos del Sistema Eléctrico, conectado entre sí, que permite la producción y transferencia de energía eléctrica entre centros de generación y consumo”

**Generación Neta:** es la diferencia entre la generación total y el consumo de los servicios auxiliares de la unidad de generación, es decir, es lo que se entrega a la red eléctrica para el usuario final.

**Tabla 1.** Parámetros de cálculo

Parámetros	Unidades	Descripción
EF <sub>grid,BM</sub>	t CO <sub>2</sub> /MWh	Margen de construcción de CO <sub>2</sub> para el año
EF <sub>grid,OM</sub>	t CO <sub>2</sub> /MWh	Margen de operación CO <sub>2</sub> para el año
EF <sub>grid,CM</sub>	t CO <sub>2</sub> /MWh	Margen combinado de CO <sub>2</sub> en el año

**Fuente:** Tool to calculate the emission factor for an electricity system

## Factores de Emisión de CO<sub>2</sub> por efecto del transporte terrestre

- Gas natural licuado
- Gas/Diésel Oil
- Gases licuados de petróleo
- Lubricantes
- Gasolina para motores
- Queroseno
- Gas natural comprimido

## Factores de Emisión por defecto de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> del transporte terrestre

- Gasolina para motores – sin controlar
- Gasolina para motores – catalizador de oxidación
- Gasolina para motores – vehículo para servicio ligero con poco kilometraje
- Gas / Diésel Oil
- Gas natural
- Gas licuado de petróleo
- Etanol, automóviles <sup>35</sup>

**Tabla 2.** Potencial de Calentamiento Global de los principales gases de efecto invernadero.

Nombre común o Designación Industrial	Formula Química	Tiempo de vida (años)
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	50-200
Metano	CH <sub>4</sub>	12
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	114
<b>Hidrofluorocarbonados</b>		
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	270
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	4.9
HFC-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	29
HFC-134 a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	14
HFC-143 a	CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	52
HFC-152 a	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	1.4
HFC-227ea	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	34.2
HFC-236fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	240
HFC-245fa	HF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	7.6
HFC-365mfc	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	8.6
HFC-43-10mee	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	15.9

<b>Compuestos totalmente fluoruros</b>		
Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	3200
Trifluoruro de nitrógeno	NF <sub>3</sub>	740
PFC-14	CF <sub>4</sub>	50000
PFC-14	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10000

Fuente: IPCC 2006 <sup>2</sup>

## CAPÍTULO II

### 2 METODOLOGÍA

#### 2.1 Localización de la investigación.

El presente trabajo de investigación, se realizará en la empresa minera Asociación comunitaria minera “El Porvenir” se encuentra ubicada en el Cantón Camilo Ponce Enríquez en el sector Rio Villa, la cual realiza la explotación de minerales. También en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube” que se encuentra ubicada en el Cantón Portovelo en el sector El Salado, la cual brinda el servicio de arrendamiento para procesar arenas las etapas de: extracción (trituración y molienda), concentración (cianuración, flotación y elución) y transformación de minerales de valor (fundición) a compañías mineras que necesitan recuperar oro.

##### 2.1.1 Empresa minera Asociación comunitaria minera “El Porvenir”

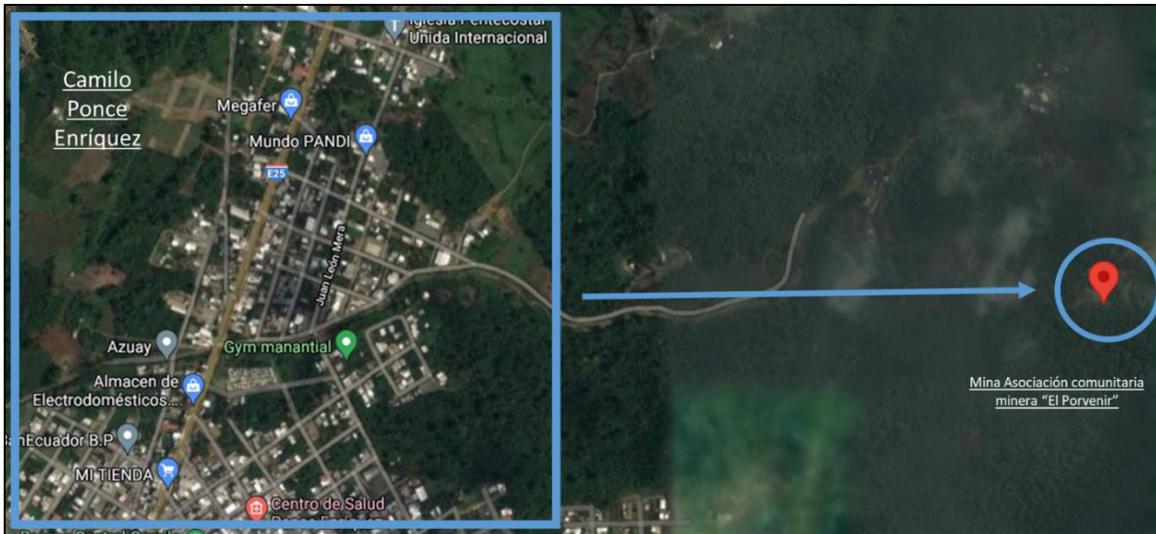
###### Datos generales.

- **Nombre de la compañía minera:** El Porvenir
- **Nombre o razón social de la planta de beneficio:** Asociación comunitaria minera El Porvenir
- **Código:** 0703522342
- **Nombre o razón social del titular:** Lizardo Filoteo Mora Romero
- **Registro único de contribuyentes (ruc):** 0791757886001

###### Coordenadas

Asociación comunitaria minera El Porvenir: 3°03'25.2"S 79°43'45.1"W

Sector Rio Villa: -3.056996, -79.729202



**Figure 4.** Ubicación geográfica de empresa minera Asociación comunitaria minera “El Porvenir”

**Fuente:** Google Maps



**Figure 5.** Mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”

**Fuente:** Google Maps

### 2.1.2 Planta de beneficio de “Virgen de la Nube”

#### Datos generales.

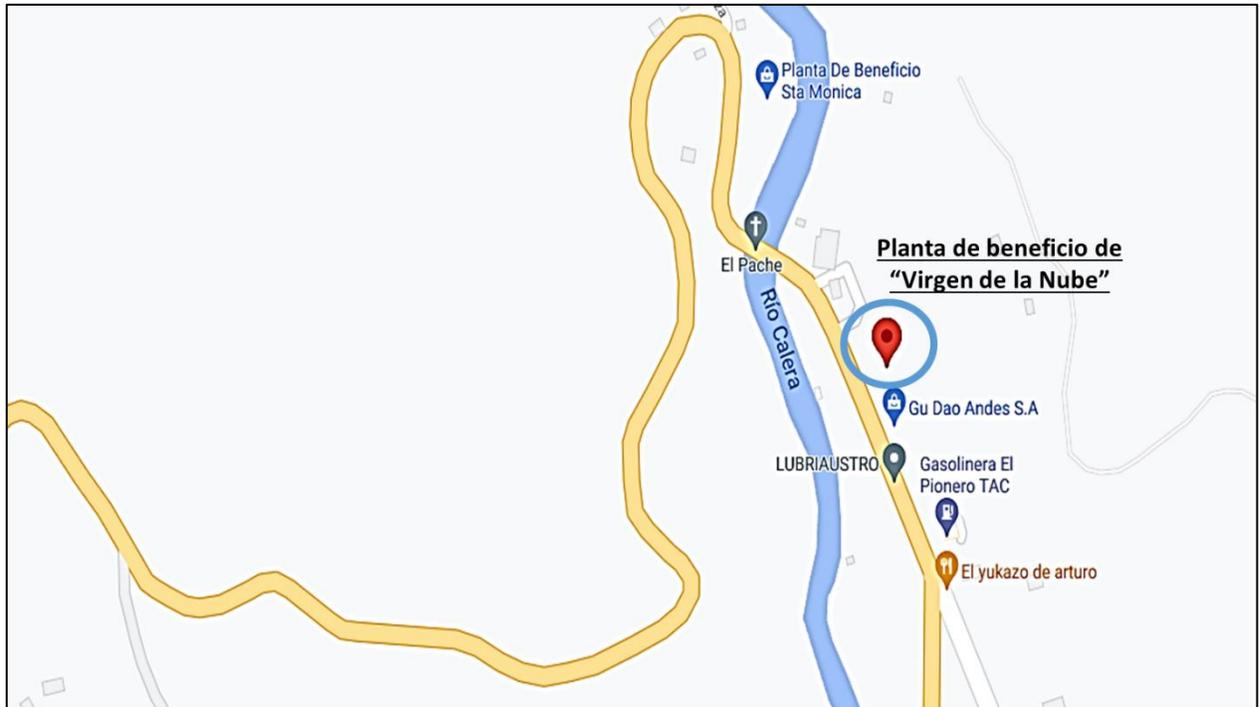
- **Nombre de la compañía minera:** Planta de beneficio de “Virgen de la Nube”
- **Nombre o razón social de la planta de beneficio:** Planta de Beneficio Virgen de la Nube Hnos Vásquez Minvasquez Cia.Ltda
- **Código:** 390388

- **Nombre o razón social del titular:** FRANROME Cía. Ltda.
- **Registro único de contribuyentes (ruc):** 0791749328001

### Coordenadas

Planta de beneficio de “Virgen de la Nube”: 3°42'13.7"S 79°38'03.0"W

El Salado: -3.703793, -79.634171



**Figure 6.** Ubicación geográfica Planta de beneficio de “Virgen de la Nube”  
**Fuente:** Google Maps

## 2.2 Establecimiento del año base de estudio

En el presente estudio se tomaron en cuenta todos los datos recopilados desde el mes de Julio del 2020 hasta el mes Julio del 2021 de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”.

### 2.2.1 Metodología usada para el balance ambiental

Para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GIE) realizadas por las diferentes actividades desarrolladas dentro de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube” se ha seguido bajo las directrices

del estándar de las Normas ISO 14064-1:2019; 14064-2:2019; 14040:2006; 14046.2014 y GHG Protocol (Guide to Designing GHG Accounting Reporting Programs) a la hora de calcular y reportar las estimaciones de emisiones.

Se ha utilizado las siguientes metodologías de forma específica para cada fuente de emisión, parámetros de cálculo relacionados con acuerdos internacionales actualizados suscritos por entidades, tal como: International Panel on Climate Change (IPCC). Otros documentos de consulta ha sido Indicadores de Transición Circular y la Guía Metodológica para Evaluación de la Huella Hídrica del sector minero colombiano.

## **2.2.2 Recopilación de datos de la mina Asociación Comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”**

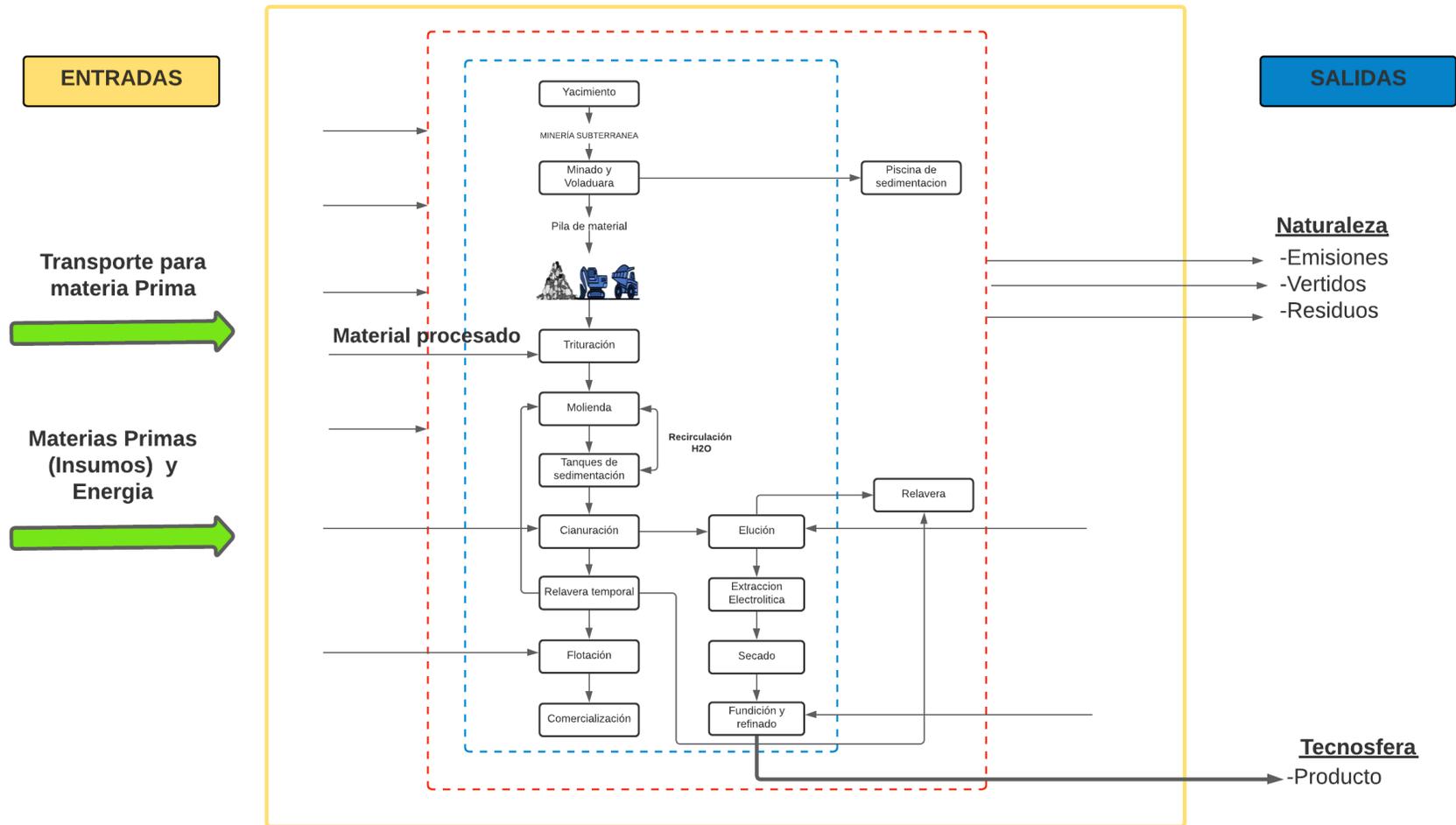
La información recopilada de la mina “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube” se realizó mediante la colección de datos obtenidos con la ayuda de entrevistas con los gerentes y trabajadores relacionados a las operaciones de las distintas áreas, también pusieron a nuestra disposición reportes de insumos utilizados dentro de los diferentes procesos y entre otros documentos correspondientes al año base de estudio para el cálculo de Huella de Carbono y huella hídrica en el trabajo actual.

La información recolectada fue tomada en el campo laboral con los encargados de la extracción y producción del mineral, por ejemplo: la cantidad de equipos en constante uso, el consumo de insumos mensual por cada área, que tipo de combustible utiliza, entre otras verificaciones necesarias para avanzar con el trabajo investigación.

Para la recolección de los datos de la mina “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube” se utilizó un formulario diseñado por alcances para las diferentes etapas dentro del proceso para la obtención de Au ver **Anexo 2,3,4,5**.

### **2.3 Unidad funcional y límite del sistema del Ciclo de vida de la actividad de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”, bajo las directrices de ISO 14040:2006.**

La unidad funcional puede proporcionar una referencia cuantitativa para la entrada y salida del sistema de producción de oro (Au), la cual es muy importante para la comparación de resultados de ACV bajo la directriz de la Norma ISO 14040:2006 <sup>18</sup>. En este estudio, se seleccionó como unidad funcional cantidad de material procesado. El límite del sistema se enfocó en las distintas etapas desde la materia prima hasta la producción de Au, asimismo el consumo de insumos, agua y energía para la producción, además de la eliminación de residuos, transporte y emisiones directas que se generan dentro proceso, estos parámetros fueron basados en la unidad funcional.



**Figure 7. Límite del Sistema**  
**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 3.** Hoja de inventario definida por la SPOLD<sup>36</sup>.

<b>ENTRADAS</b>	
<b>Desde la tecnosfera</b>	<b>Desde la naturaleza</b>
Insumos, combustible y Electricidad	Materias primas
<b>SALIDAS</b>	
<b>A la tecnosfera</b>	<b>A la naturaleza</b>
Producto	Emisiones

**Fuente:** Society for the Promotion of Life Cycle Assessment Development

Existen muchas sistematizaciones de expresión de datos, la más utilizada es la definida por la SPOLD (Society for the Promotion of Life Cycle Assessment Development)<sup>20</sup> la cual indica la información de referencia de entrada y salida del que proviene o viene de la naturaleza y como se puede observar **Tabla 3**.

**Tabla 4.** Inventario de ciclo de vida (ICV) de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”

<b>ICV de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”</b>			
<b>ALCANCE 1</b>	GLP	<b>Insumos</b>	<b>Emisiones directas</b>
	Diésel		
	Lubricante		
<b>ALCANCE 2</b>	Electricidad	<b>Consumo de electricidad</b>	<b>Emisiones indirectas</b>
<b>ALCANCE 3</b>	Cantidad de Papel	<b>Insumos</b>	<b>Emisiones indirectas</b>
	Cantidad de TNT		
	Nitrato de amonio		
	Vertedero de residuos solidos	<b>Tratamiento de desechos</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

El inventario del ciclo de vida basado en el material procesado para la producción de oro se muestra en la **Figure 5**. el consumo de energía y materiales, emisiones directas, la eliminación de desechos y el transporte se basaron en una unidad funcional dentro de los límites del sistema, en la misma se dividió por alcances para el cálculo respectivo de la HC tanto de la mina **Tabla 4**. y como de la planta de beneficio a continuación.

**Tabla 5.** Inventario de ciclo de vida (ICV) de la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”

<b>ICV de la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”</b>			
<b>ALCANCE 1</b>	GLP	<b>Insumos</b>	<b>Emisiones directas</b>
	Diésel		
	Lubricante		
<b>ALCANCE 2</b>	Electricidad	<b>Consumo de electricidad</b>	<b>Emisiones indirectas</b>
<b>ALCANCE 3</b>	Oxigeno industrial	<b>Insumos</b>	<b>Emisiones indirectas</b>
	Cianuro de sodio		
	Cal (CaO)		
	Espumante		
	Xantatos		
	Borax		
	Clouro de sodio		
	Ácido Nítrico		
	Hidróxido de Sodio		
	Cantidad de Alcohol		
	Cantidad de Alcohol		
	Carbón		
	Cantidad de Papel		
	SO <sub>2</sub>	<b>Emisiones de aire</b>	<b>Emisiones indirectas</b>
	CO <sub>2</sub>		
NO <sub>2</sub>			
Vertedero de residuos solidos	<b>Tratamiento de desechos</b>	<b>Emisiones indirectas</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

#### **2.4 Metodología para realizar el cálculo de la Huella de Carbono de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”, bajo las directrices de ISO 14064-1.**

- **La determinación de la Huella de Carbono (HC) de las emisiones directas Alcance 1 <sup>1</sup>:**

Para determinar la HC de las emisiones directas resultantes de las actividades que forman parte de la organización, se calculó la HC correspondiente al consumo de combustibles generado por el transporte del mineral extraído de la mina hacia la planta y un equipo del proceso de concentración, además el consumo de GLP por la delegada de la comida y en el proceso de fundición del Au.

Seguido de la recolección de datos de todo el año del 2020-2021 del consumo de diésel B5, gasolina 90 y lubricantes en litros (L) provenientes de los reportes diarios de consumo generados, la cual llevan a cargo de los administradores de las diferentes áreas, se procedió a realizar los cálculos correspondientes, los L se convirtieron en kg por los valores de la  $\rho$  (densidad) y VCN (valor calórico neto) para obtener los Gg (gigagramos) y finalmente se multiplicó por FE (factor de emisión) de cada tipo de combustible ver **Anexo 1**. y el PCG (Potencial de Calentamiento Global) de CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O ver **Tabla 6**, y se realizó una conversión de (10<sup>-9</sup>) para obtener para obtener así el resultado final en tCO<sub>2</sub>eq.

**Tabla 6.** Factores de emisión y conversión de cada combustible

<b>Tipos de combustible:</b>		<b>Diésel</b>	<b>Lubricante</b>	<b>GLP</b>
<b>Factor de Emisión y conversión</b>	Factor de Emisión kg CO <sub>2</sub> /TJ	70395	73300	63100
	Factor de Emisión kg CH <sub>4</sub> /TJ	3,7	3	1
	Factor de Emisión kg NO <sub>2</sub> /TJ	3,71	0,6	0,1
	Factor de conversión (l/gal)	3,78541		
	$\rho$ Densidad (kg/L)	0,87	0,89	0,56
	Valor Calórico Neto (TJ/Gg)	40,88	40,2	47,3
	PCG CH <sub>4</sub>	28		
	PCG CO <sub>2</sub>	1		
	PCG N <sub>2</sub> O	265		

**Fuente:** Elaboración propia

Para la obtención de las emisiones generadas de CO<sub>2</sub>eq se aplicó la siguiente ecuación:

$$Emisiones (tCO_2eq) = CC \times \rho \text{ combustible} \times (FE_{CO_2} + FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4} + FE_{N_2O} \times PCG_{N_2O}) \times 10^{-9} \quad (8)$$

**Dónde:**

Emisiones= Emisiones generadas de GEI, en tCO<sub>2</sub>eq

En la ecuación (8) demuestra que la cantidad de tCO<sub>2</sub>eq es directamente proporcional a la cantidad consumido de combustible en las diferentes áreas para realizar sus actividades.

- **La determinación de la Huella de Carbono (HC) de las emisiones indirectas Alcance 2 <sup>1</sup>:**

Para el cálculo de las emisiones de alcance 2 o emisiones indirectas generadas por el consumo de energía eléctrica de la unidad Minera de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”, se tomaron en cuenta los datos del consumo total de energía eléctrica en el periodo de Julio 2020 a Julio 2021, los cuales fueron recolectados de los recibos de luz que usualmente documenta y archiva el área de departamento contabilidad.

A continuación, para obtener las emisiones de GEI expresadas en tCO<sub>2</sub>eq se procedió a la obtención reportes mensuales de consumo energía eléctrica y multiplicar por el factor de emisión ver **Anexo 1.**, como se demuestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones (tCO}_2\text{eq)} = \text{CE (MWh)} \times \text{FE} \quad (9)$$

Dónde:

Emisiones (tCO<sub>2</sub>eq) = Emisiones proveniente del consumo de energía de la mina y planta de beneficio.

FE: Factor de emisión del papel en tCO<sub>2</sub>eq/kg

En la ecuación (9) demuestra que la cantidad de tCO<sub>2</sub>eq es directamente proporcional a la cantidad consumida de energía eléctrica para satisfacer las labores de la de la mina y planta de beneficio.

- **La determinación de la Huella de Carbono (HC) de las emisiones indirectas Alcance 3 <sup>1</sup>:**

En cuanto a la determinación de las Emisiones de alcance 3 u otras emisiones indirectas por las actividades de la organización, pero no las controla, estas pueden ser productos y servicios de la organización. Para este alcance se tomó en cuenta las emisiones generadas por: emisiones asociadas al consumo de agua, emisiones asociadas a la generación y tratamiento de residuos sólidos (consumo de papel, insumos), emisiones asociadas al tratamiento de aguas residuales. Esta clasificación tiene como objetivo evitar el doble recuento de emisiones de GEI en el mismo alcance dentro de la organización.

- Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de papel: Se utilizaron las siguientes ecuaciones para la obtención de los kg de peso de papel, ya que en los reportes generados por la parte administrativa de la contadora emitió en unidades.

$$\text{Peso por hoja (g)} = \text{Gramaje (g/m}^2\text{)} \times \text{Área (m}^2\text{)} \quad (10)$$

$$\text{Peso por hoja (kg)} = \text{Peso por hoja (g)} \times 10^{-3} \times \text{Cantidad de Hojas} \quad (11)$$

Finalmente, para la obtención de Emisiones en tCO<sub>2</sub>eq el resultado del peso por hoja (kg) se multiplicó por el FE correspondiente ver **Anexo 1**. como se demuestra en la siguiente ecuación:

$$\text{GEI (tCO}_2\text{eq)} = \text{Peso total (kg)} \times \text{FE} \quad (12)$$

Donde:

GEI en tCO<sub>2</sub>eq= Emisiones en tCO<sub>2</sub>eq

FE: Factor de emisión del papel en tCO<sub>2</sub>eq/kg

En la ecuación (12) demuestra que la cantidad de tCO<sub>2</sub>eq es directamente proporcional a la cantidad de papel utilizado para la parte administrativa que son cubiertas con impresiones y fotocopias para cumplir con las demandas respectivas a información dentro la de la mina y planta de beneficio, además también se utiliza dentro de la mina para realizar tubos de nitrato de amonio para las voladuras.

- Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de insumos: Dentro de las actividades mineras es indispensable el uso de insumos dentro de la excavación de la mina como en las voladuras el consumo de TNT que es un compuesto químico explosivo junto a  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y dentro de la concentración y obtención de Au, la demanda de insumos fue: Cal (CaO), Hidróxido de Sodio (NaOH), Oxígeno industrial, Acero, Arena sílice, Cloruro de Sodio (NaCl), Cianuro de Sodio (NaCN) y Carbón activado.

Finalmente, para encontrar el HC correspondiente al consumo de insumos, se multiplica la cantidad de insumo consumido (kg) por el FE correspondientes ver **Anexo 1**, como se demuestra en la siguiente ecuación:

$$Emisiones_{insumo} = (CI \times FE) / 1000 \quad (13)$$

Donde:

$Emisiones_{insumo}$  = Emisiones en tCO<sub>2</sub>eq

CI = Consumo de insumos en kg

FE = Factor de emisión del papel en kgCO<sub>2</sub>eq/kg<sub>insumo</sub>

Se pudo observar en la Ecuación (13) que la cantidad de tCO<sub>2</sub>eq es directamente proporcional a la cantidad de insumos consumidos en las diferentes áreas de actividades de la mina como de la planta de beneficio. Cabe recalcar que los niveles de GEI son significativos cuando hay una mayor escala de actividades y esta demanda de un mayor consumo insumos.

- Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por generación y disposición final de residuos sólidos: Para cuantificar las emisiones de GEI se ha tomado específicamente los FE a “Metales colectados separadamente para clasificación y reciclaje”, “Plásticos colectados separadamente para clasificación y reciclaje”, “Papel y Cartón colectados separadamente para clasificación y reciclaje”, “Vidrios colectados separadamente para clasificación y reciclaje”, “Residuos Orgánicos”, y “Residuos Generales para Relleno Sanitario” ver **Anexo 1**, para multiplicar con el

peso de RRSS generados en el año base en ton, como se demuestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones (tCO}_2\text{eq)} = \text{PTRRSS (Ton)} \times \text{FE por cada tipo de residuo} \quad (14)$$

Dónde:

Emisiones (tCO<sub>2</sub>eq)= Emisiones proveniente de la generación de RRSS de la mina y planta de beneficio.

En la ecuación (14) demuestra que la cantidad de tCO<sub>2</sub>eq es directamente proporcional a la cantidad RRSS generados por las diferentes actividades labores de la de la mina y planta de beneficio.

## **2.5 Metodología para realizar el cálculo de la demanda hídrica de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”, bajo las directrices de ISO 14046.**

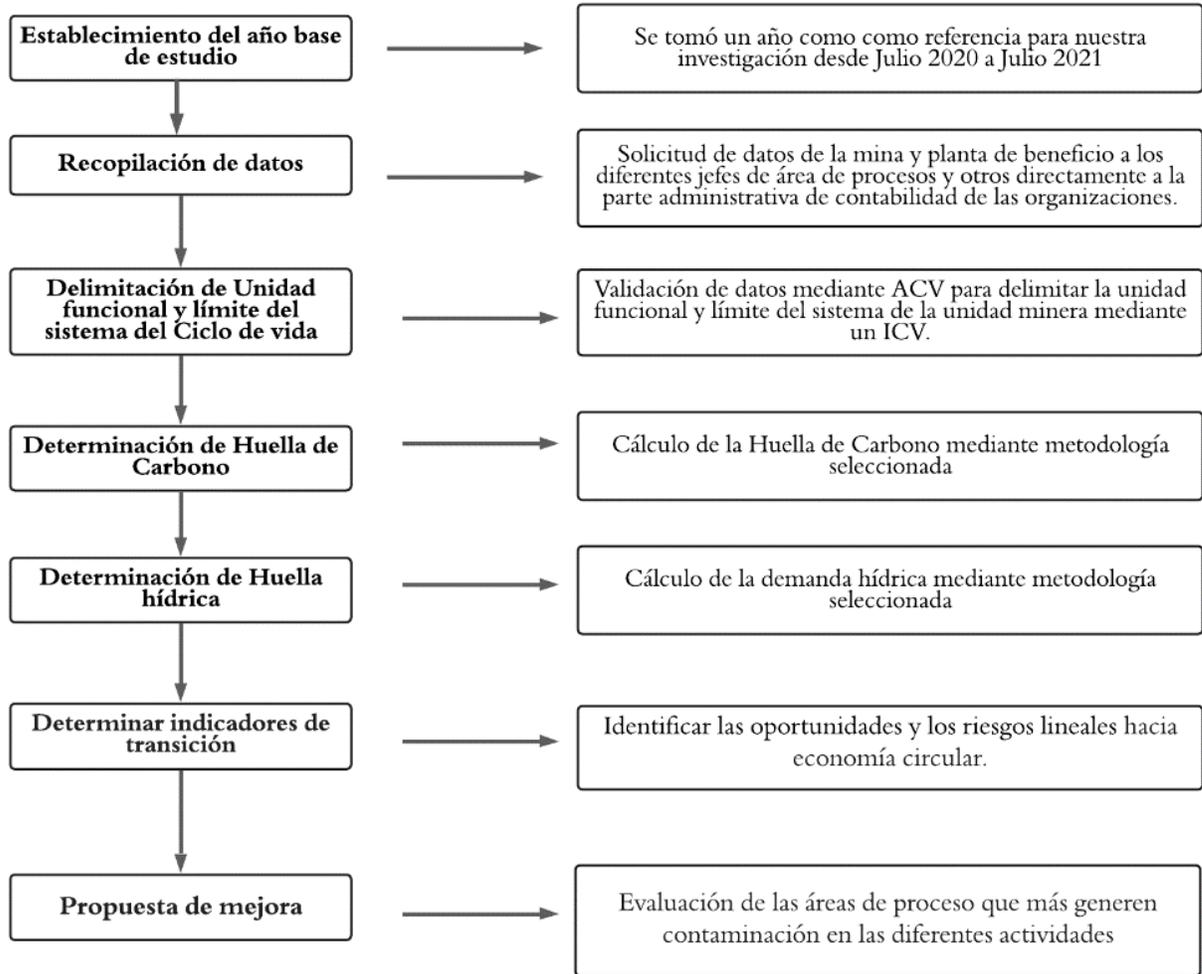
La metodología de este estudio está basada en las fases descritas en el manual para la determinación de la huella hídrica de acuerdo al IDEAM 2015 según <sup>37</sup>, la cual corresponde a un balance de flujos de entrada y salida de agua al proceso de extracción y beneficio.

## **2.6 Determinar indicadores de transición**

Identificar las oportunidades y los riesgos lineales hacia economía circular para las actividades mineras a pequeña escala aplicando los criterios del consejo empresarial mundial para el desarrollo sostenible de la organización según <sup>34</sup>.

## **2.7 Diagramas de Metodología**

La metodología propuesta se resume a continuación en un diagrama que muestra exactamente los pasos que se siguieron para obtener los resultados de nuestro estudio ver **Figure 6**.



**Figure 8.** Diagrama de metodología propuesta  
**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO III

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Análisis de los resultados

##### 3.1.1 Ciclo de vida de las actividades mineras de pequeña escala.

Para estimar el ciclo de vida de las actividades mineras a pequeña escala para la producción de Au (metales de valor: Au, Cu y Ag) se mostró en la **Tabla 3** las entradas y salidas de cada de la unidad minera, donde las entradas son las materias primas, insumos y fuentes de energía y las salidas son las emisiones que van directamente al aire, agua y suelo, adicionando el producto que se obtendrá después del proceso. Considerando la unidad funcional la cantidad de material que ingresa a ser procesado, ver **Anexo 6**. donde se muestra el límite del sistema basado en ICV de la unidad minera.

##### 3.1.1.1 Ciclo de vida en Asociación comunitaria minera “El Porvenir”

Mediante el formato de diseño de formulario distribuido por alcances para la etapa I de extracción dentro del proceso para la obtención de Au ver **Anexo 2**, para determinar el ACV a la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”, la cual se validó esta información para determinar la cantidad de consumo que genera la explotación de minería a pequeña escala ver **Tabla 7**. y posteriormente analizar la categoría de impacto ambiental que genera la misma mediante la determinación de huella de Carbono bajo los estándares de la Norma ISO 14064-1.

**Tabla 7.** Inventario de ciclo de vida (ICV) valores se presentaron por unidad funcional de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”

ICV de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”				
		Cantidad	Unidad	Porcentaje de consumo
ALCANCE 1	GLP	11553,36	L	61,9%
	Diésel	6065,00	L	32,5%
	Lubricante	1058	L	5,7%
ALCANCE 2	Electricidad	251,53	MWh	100%
ALCANCE 3	Cantidad de Papel	272957,6	kg	81,0%
	Cantidad de TNT	11351,06	kg	3,4%
	Nitrato de amonio	52500	kg	15,6%
	Vertedero de residuos solidos	19,47	Ton	100%

**Fuente:** Elaboración propia

Según los resultados representados en la **Tabla 7**, el ICV de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”, Alcance 1 correspondiente a los combustibles lo representa el GLP con un mayor de consumo del 62%, su uso es solo en la parte de la cocina. El alcance 2 representa 100%, actualmente la mina realiza todas sus actividades mediante el uso de energía eléctrica, finalmente el Alcance 3 el mayor consumo es de 81% de insumos lo representa la cantidad de papel en la sección de la voladura, el cual lo utilizan para embonar el nitrato de amonio para la detonación y la generación de residuos sólidos representa en su totalidad el 100% ya que la mina realiza reciclaje de cartón, llantas y residuo de acero y posteriormente venden para generar ingresos, los residuos sólidos orgánicos generados por la cocina son enviados para compost o desperdicios de animales y los residuos sólidos inorgánicos son almacenados para enviar al vertedero de basura.

Cabe hacer énfasis que la mina se encuentra constituida por 3 pozos sépticos para las aguas servidas provenientes del consumo de agua del uso alimenticio y aseo personal, estos pozos tienen una capacidad de 1400 m<sup>3</sup>, no cuenta con alcantarillado por la ubicación de la misma.

### 3.1.1.2 Ciclo de vida en planta de beneficio Virgen de la Nube

Teniendo en cuenta el mismo procedimiento que se realizó anteriormente en la mina se utilizó el mismo formato de diseño de formulario distribuido por alcances para las diferentes etapas dentro del proceso ver **Anexo 3,4 y 5**, para determinar el ACV a la planta de beneficio Virgen de la Nube, la cual se validó esta información para determinar la cantidad de consumo que genera para la obtención de Au en la misma ver **Tabla 8**. y posteriormente analizar la categoría de impacto ambiental que genera la misma mediante la determinación de huella de Carbono bajo los estándares de la Norma ISO 14064-1.

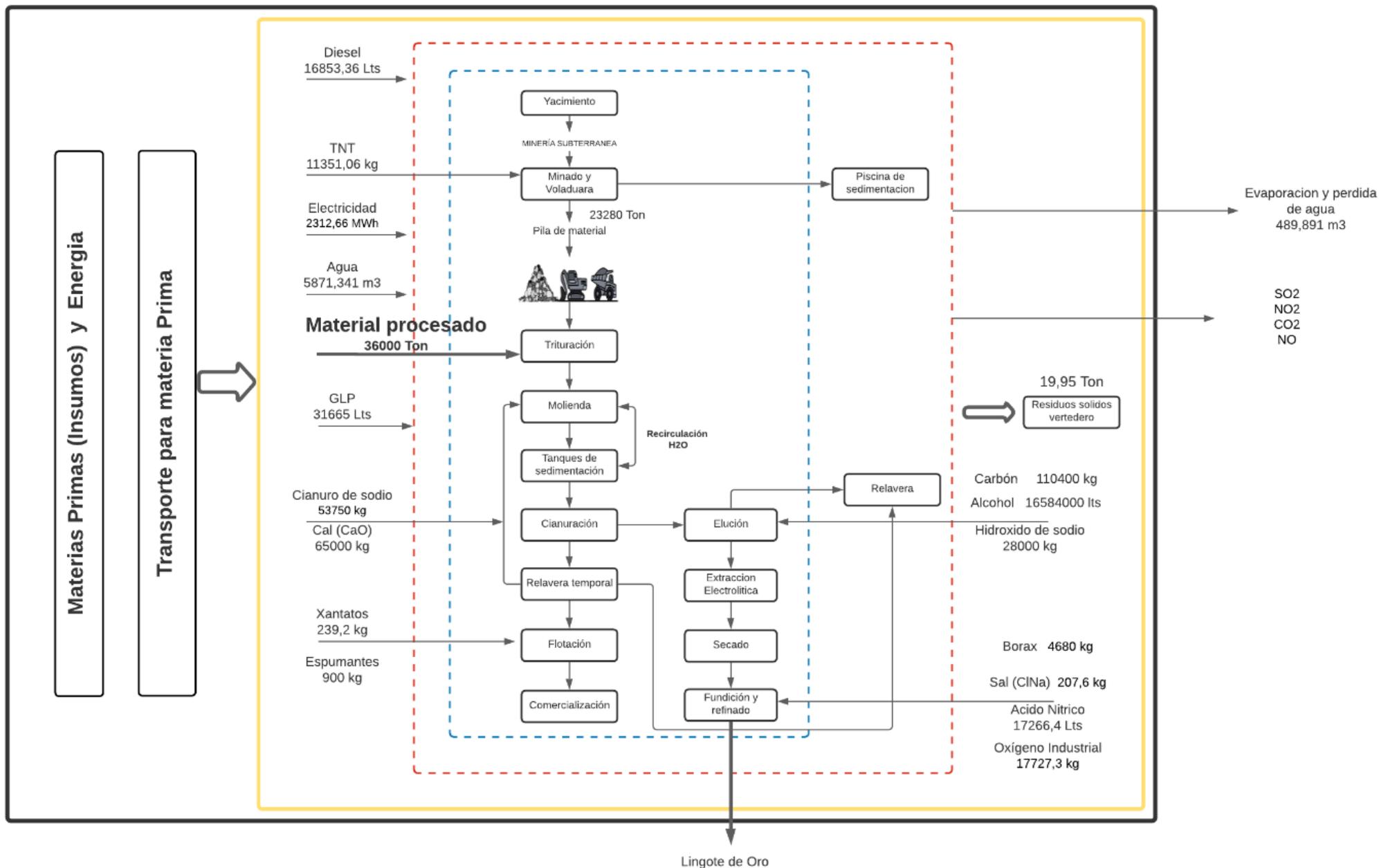
**Tabla 8.** Inventario de ciclo de vida (ICV) valores se presentaron por unidad funcional de la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”

ICV de la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”				
		Cantidad	Unidad	Porcentaje de consumo
ALCANCE 1	GLP	25600	L	82,7%
	Diésel	5300	L	17,1%
	Lubricante	40	L	0,1%
ALCANCE 2	Electricidad	2061,13	MWh	100
ALCANCE 3	Cantidad de papel	327,44	kg	0,001%

Oxígeno industrial	17727,27	kg	0,076%
Cianuro de sodio	207,60	kg	0,001%
Cal (CaO)	65000	kg	0,279%
Espumante	900	Lt	0,01%
Xantato Z-6 (colector)	44,20	kg	0,000%
Colectores Ditionofosfato -208 Ditionofosfato -404	195,00	L	0,00%
Borax	4680	kg	0,020%
Cloruro de sodio	207,60	kg	0,001%
Ácido Nítrico	17266,40	L	0,11%
Hidróxido de Sodio	28000	kg	0,120%
Cantidad de Alcohol	15234623	L	99,88%
Carbón	110400	kg	0,475%
Lana de acero (malla)	390	kg	0,002%
Cantidad de arena sílice	7800000	kg	33,53%
Vertedero de residuos solidos	14,72	Ton	100%

**Fuente:** Elaboración propia

Dados los resultados representados en la **Tabla 8**, el ICV de la planta de beneficio Virgen de la Nube, Alcance 1 correspondiente a los combustibles lo representa el GLP con un mayor de consumo del 82,7%, su uso es la etapa IV de transformación para la fundición de Au. El alcance 2 representa 100% ya que la planta de beneficio realiza todas sus actividades mediante el uso de energía eléctrica, y finalmente el Alcance 3 el mayor consumo de insumos sólidos en peso de kg representa 33,53% la cantidad de arena sílice que la encontramos en las 2 relaveras y de los insumos líquidos corresponde con un 99,88% de alcohol, el cual es utilizado en la etapa III de concentración en el proceso de elución y por último la generación de residuos sólidos representa en su totalidad el 100% ya que la mina realiza reciclaje de cartón, plásticos, llantas, residuo de acero y posteriormente venden para generar ingresos y los residuos sólidos inorgánicos son almacenados para enviar al vertedero de basura.



**Figure 9.** Límite del sistema basado en ICV de la unidad minera

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.2 Huella de carbono para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma.**

Para la determinación de HC para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma la mayoría de estas su explotación de mineral es subterránea la cual hacen perforaciones de acuerdo al tipo de veta que sigan para llevar a cabo la voladura o cuña, cuyo objetivo es romper la roca mediante la detonación, para luego sacra el material dinamitado de la mina hacia el exterior mediante el carguío en las burras. Seguidamente todo el material rocoso rico minerales de valor es transportado hacia una planta de beneficio para procesar arenas en las siguientes etapas de: extracción (trituración y molienda), concentración (cianuración, flotación y elución) y transformación de minerales de valor (fundición). Cabe destacar que se tienen otras actividades ligadas a todo el proceso de las etapas mencionadas mencionado, tales como: consumo de insumos, energía eléctrica y disposición final de RRSS, todas estas actividades realizadas para la obtención de producto final en este caso el Au metal de valor.

Para este estudio, se seleccionó como unidad funcional 1 tonelada de material procesado para determinar la HC en los tres Alcances como se presentará los resultados. seguidamente los resultados expresados en las tablas.

- **Huella de Carbono de Mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”**

#### **La determinación de la Huella de Carbono (HC) de las emisiones directas Alcance 1**

El resultado estimado de la HC de las emisiones directas referente al Alcance 1 fue de 37,53 tCO<sub>2</sub>eq el cual representa el 5 % de la HC en su totalidad de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” ver **Anexo 12** se observa detalladamente el porcentaje el cálculo de las emisiones generadas en para el Alcance 1, se calculó mediante el uso de la ecuación **(8)**.

En la siguiente tabla se elaboró un cuadro de resumen de tCO<sub>2</sub>eq correspondiente a los tres tipos de combustibles que se consumen mensualmente en las diferentes actividades como: cocina, transporte de material extraído y el consumo de lubricantes para los equipos de remoción, los cuales contribuyeron a las emisiones de HC de la mina.

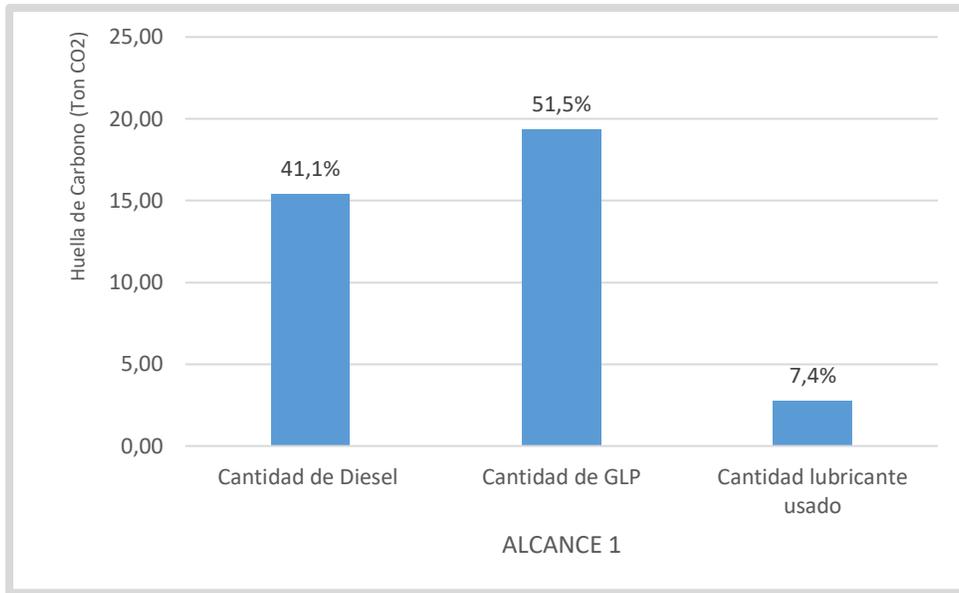
**Tabla 9.** Huella de Carbono de las emisiones directas de combustible

<b>Alcance 1_ Emisiones mensuales de consumo combustible (tCO<sub>2</sub>eq)</b>			
<b>Meses</b>	<b>Cantidad de Diésel (tCO<sub>2</sub>eq)</b>	<b>Cantidad de GLP (tCO<sub>2</sub>eq)</b>	<b>Cantidad lubricante usado (tCO<sub>2</sub>eq)</b>
<b>Jul</b>	1,675	1,858	0,282
<b>Ago</b>	0,773	1,115	0,158
<b>Sep</b>	0,806	1,115	0,118
<b>Oct</b>	1,378	1,115	0,197
<b>Nov</b>	1,218	1,487	0,237
<b>Dic</b>	1,675	1,858	0,282
<b>Ene</b>	0,778	1,115	0,118
<b>Feb</b>	1,218	1,487	0,237
<b>Mar</b>	0,773	1,115	0,158
<b>Abr</b>	0,882	1,858	0,282
<b>May</b>	1,350	1,487	0,197
<b>Jun</b>	1,675	1,858	0,282
<b>Jul</b>	1,218	1,858	0,237
<b>Total</b>	15,419	19,327	2,784
<b>Total de emisiones generadas</b>	37,53		(tCO <sub>2</sub> eq)

**Fuente:** Elaboración propia

A partir de los datos obtenidos ver **Anexo 7**, se puede ver los resultados de los cálculos en la **Gráfica 1** el uso de la cantidad de GLP contribuyo a la HC del alcance 1 con 19,327 tCO<sub>2</sub>eq siendo el 51,5%, seguido por el consumo de diésel con 15,419 tCO<sub>2</sub>eq con el 41,1%.

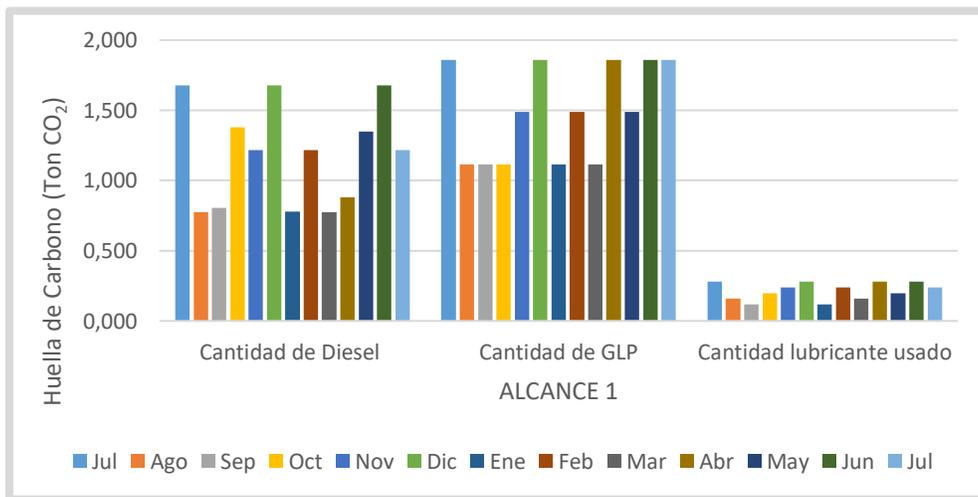
Cabe recalcar que el cálculo de HC las emisiones generados por el consumo de combustible el mayor porcentaje se encuentra en la cantidad de GLP ya que en nuestro país se utiliza frecuentemente para cocinar y en otros países utilizan otro tipo de combustibles, pero reportes similares de demuestran el diésel produce más generación de emisiones de HC han sido manifestados por <sup>38,21</sup> .



**Gráfica 1.** Huella de Carbono de las emisiones directas por tipo de combustible

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados demuestran que Alcance 1 el factor de emisión es la energía producida por el vehículo de transporte los cuales más usan diésel representando el 55% de emisión de HC que otros combustibles como gasolina, combustible y GLP.



**Gráfica 2.** Huella de Carbono del Alcance 1 en función al consumo mensual de la mina

**Fuente:** Elaboración propia

La **Grafica 2** demuestra las emisiones directas generadas mensualmente por tipo de combustible que producen el consumo de las actividades realizadas en la mina sobrepasa la tendencia el uso de GLP en el uso de la cocina del bar, seguido la del diésel que se usa en el transporte del mineral hacia la planta procesadora.

### La determinación de la Huella de Carbono (HC) de las emisiones indirectas Alcance 2

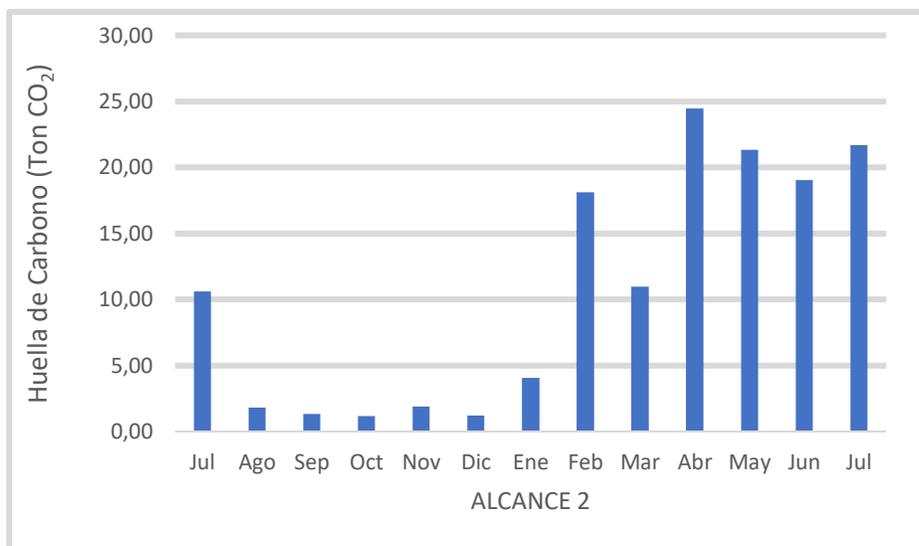
El Alcance 2 de la generación de emisiones indirectas de la HC corresponde a la cantidad de consumo de energía eléctrica fue de 137,71 tCO<sub>2</sub>eq que represento el 20% de la HC en la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” ve **Anexo 12** se observa detalladamente el porcentaje del cálculo de las emisiones generadas en para el Alcance 2, se calculó mediante el uso de la ecuación (9) durante el periodo de julio 2020 a julio 2021, así mismo también se observa las emisiones y aportaciones por mes respecto a los GEI generados.

**Tabla 10.** Consumo de energía eléctrica de mina / Huella de Carbono del Alcance 2

<b>Alcance 2_ Emisiones mensuales de consumo de energía eléctrica (tCO<sub>2</sub>eq)</b>				
<b>Meses</b>	<b>Cantidad energía eléctrica usada MWh</b>	<b>Factor de Emisión (tCO<sub>2</sub> / MWh)</b>	<b>Emisiones tCO<sub>2</sub>eq</b>	<b>Porcentaje de emisiones por mes</b>
<b>Jul</b>	19,35	0,5475	10,59	7,69%
<b>Ago</b>	3,28	0,5475	1,79	1,30%
<b>Sep</b>	2,41	0,5475	1,32	0,96%
<b>Oct</b>	2,16	0,5475	1,18	0,86%
<b>Nov</b>	3,46	0,5475	1,89	1,37%
<b>Dic</b>	2,22	0,5475	1,21	0,88%
<b>Ene</b>	7,43	0,5475	4,07	2,95%
<b>Feb</b>	33,11	0,5475	18,13	13,16%
<b>Mar</b>	20,05	0,5475	10,97	7,97%
<b>Abr</b>	44,69	0,5475	24,47	17,77%
<b>May</b>	38,96	0,5475	21,33	15,49%
<b>Jun</b>	34,77	0,5475	19,04	13,83%
<b>Jul</b>	39,65	0,5475	21,71	15,77%
<b>Total</b>	251,53	-	137,71	100%

**Fuente:** Elaboración propia

Los consumos de energía eléctrica en la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” se consumen en el alumbrado, uso personal y para el compresor de aire generando un consumo anual de energía eléctrica de 251,53 MWh como se demuestra en la **Tabla 10**.



**Gráfica 3.** Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en relación al consumo de energía eléctrica de la mina.

**Fuente:** Elaboración propia

A partir de los datos obtenidos se realizó los cálculos ver **Anexo 8**, se puede ver los resultados en la **Gráfica 3** que los aumentos de energía son en los meses de abril a julio, mientras que en los meses de agosto a diciembre se muestra una caída del consumo de energía eléctrica.

Los consumos de energía eléctrica en los meses mencionados anteriormente reportado por <sup>2</sup> son similares en la generación de emisiones de HC y se pronuncia que el consumo de energía aumentó de abril a noviembre debido a la falta de lluvias (estación seca). En caso contrario, de diciembre a marzo, debido a la presencia de lluvias (época de lluvias), la generación de energía disminuye y, por lo tanto, los HC disminuyen, lo que se refleja en cortes continuos de energía y en un menor consumo de energía.

### **La determinación de la Huella de Carbono (HC) de las emisiones indirectas Alcance 3**

La emisión indirecta de la HC del Alcance 3, la cual es causada de forma indirecta dentro del funcionamiento normal de la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” durante este período. Para efectos de este estudio, la evaluación anual se recopiló datos desde julio 2020 a julio 2021, corresponde al consumo de papel, insumos, materiales diversos, aguas residuales y generación de residuos sólidos.

Cabe recalcar que no se realizara cálculo de emisiones de HC al consumo de agua porque en la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”, realizan la captación de agua de

vertiente y esta no genera emisiones de HC. La captación de agua mediante tuberías con un diámetro de 6 in para el abastecimiento de la mina tanto para el consumo personal como para actividades de trabajo de la mina.

La estimación de emisiones indirectas correspondiente al Alcance 3, el cual fue de un total de 522,35 tCO<sub>2</sub>eq lo que representa el 75% en su mayoría de la HC en la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” ver **Anexo 12** se observa detalladamente el porcentaje del cálculo de las emisiones generadas en para el Alcance 3, se calculó mediante el uso de la ecuación (10), (11), (12), (13) y (14) dependiendo de la cuantificación de emisión indirecta que se desee calcular.

- **Cuantificación de la Huella de Carbono generada por consumo de papel**

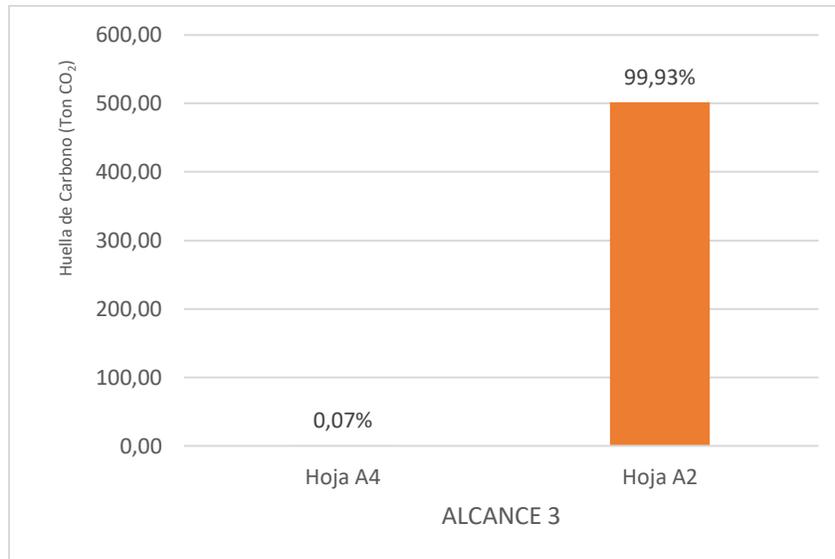
En la mina anualmente se usa hojas bond A4 con un gramaje de 75 g y un área de 0,0624 m<sup>2</sup> usualmente son usadas en oficinas en la parte administrativa y las hojas A2 gramaje de 52 g y un área de 0,4996 m<sup>2</sup> son utilizadas para envolver el nitrato de amonio para el uso de la detonación de la voladura. Dentro del cálculo de emisiones de HC el consumo de papel fue de 502,24 tCO<sub>2</sub>eq que representa el 96% del Alcance 3.

**Tabla 11.** Huella de Carbono generada a partir del consumo de papel

Meses	Alcance 3_ Cantidad de papel (tCO <sub>2</sub> eq)											TOTAL DE CONSUMO	% Emisión mensual
	Hoja A4						Hoja A2						
	Factor de Emisión (tCO <sub>2</sub> eq/kg)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Unidades	Peso en kg	Emisión (tCO <sub>2</sub> eq)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Unidades	Peso en kg	Emisión (tCO <sub>2</sub> eq)		
Jul	0.00184	75	0.06237	500	23.39	0.04	52	0.499554	105000	27275.6484	50.19	50.23	10.0%
Ago	0.00184	75	0.06237	200	9.36	0.02	52	0.499554	60000	15586.0848	28.68	28.70	5.7%
Sep	0.00184	75	0.06237	100	4.68	0.01	52	0.499554	45000	11689.5636	21.51	21.52	4.3%
Oct	0.00184	75	0.06237	500	23.39	0.04	52	0.499554	75000	19482.606	35.85	35.89	7.1%
Nov	0.00184	75	0.06237	300	14.03	0.03	52	0.499554	90000	23379.1272	43.02	43.04	8.6%
Dic	0.00184	75	0.06237	500	23.39	0.04	52	0.499554	105000	27275.6484	50.19	50.23	10.0%
Ene	0.00184	75	0.06237	100	4.68	0.01	52	0.499554	45000	11689.5636	21.51	21.52	4.3%
Feb	0.00184	75	0.06237	300	14.03	0.03	52	0.499554	90000	23379.1272	43.02	43.04	8.6%
Mar	0.00184	75	0.06237	250	11.69	0.02	52	0.499554	60000	15586.0848	28.68	28.70	5.7%
Abr	0.00184	75	0.06237	500	23.39	0.04	52	0.499554	105000	27275.6484	50.19	50.23	10.0%
May	0.00184	75	0.06237	200	9.36	0.02	52	0.499554	75000	19482.606	35.85	35.87	7.1%
Jun	0.00184	75	0.06237	500	23.39	0.04	52	0.499554	105000	27275.6484	50.19	50.23	10.0%
Jul	0.00184	75	0.06237	350	16.37	0.03	52	0.499554	90000	23379.1272	43.02	43.05	8.6%
Total	-	-	-	-	-	0.37	-	-	-	-	501.87	502.24	100.0%

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Tabla 11**, se detallaron los consumos de las hojas en unidades y finalmente en kilogramos y así mismo la HC correspondiente utilizando las **ecuaciones (10), (11) y (12)**. Se puede observar que la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” emite un total de 502,24 tCO<sub>2</sub>eq en relación al consumo anual de papel.



**Gráfica 4.** Huella de Carbono por consumo de papel en mina por área

**Fuente:** Elaboración propia

Según lo demostrado en la **Gráfica 4** el consumo mayor de papel de A2 es en la envoltura de nitrato de amonio para la detonación de la voladura con un 99,93% (501,87 tCO<sub>2</sub>eq) de generación de emisiones en la HC a diferencia de las A4 en el departamento administrativo con un 0,07% (0,37 tCO<sub>2</sub>eq)

- **Huella de Carbono generada a partir del consumo de insumos y materiales**

Para la explotación de la mina se realiza la operación de la detonación de la voladura para obtener mineral rocoso para luego ser llevado a su completa extracción del metal de valor Au, para la obtención del material dinamitados rocoso se utiliza varios insumos tales como: Emulnor 3000 1x7 (masilla), Explogel III 1x7 (dinamita), Mecha de seguridad negra Fulminante 8-47MM todos estos conocidos como TNT y también se utiliza el nitrato de amonio. Dentro del cálculo de emisiones de HC el consumo de insumos y materiales fue de 19,78 tCO<sub>2</sub>eq que representan el 4% del Alcance 3.

Para esta estimación de emisiones de HC se utilizó la ecuación (13) y continuación los resultados demostrados en la siguiente tabla.

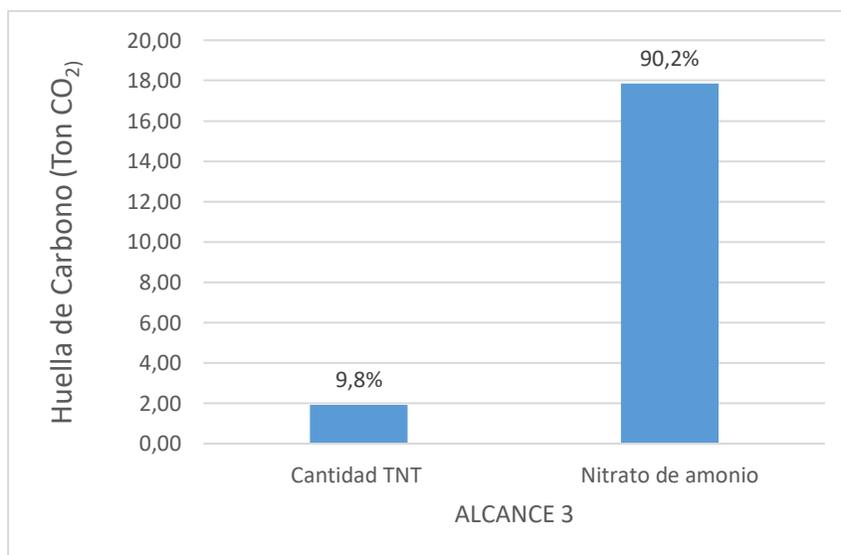
**Tabla 12.** Huella de Carbono generada por consumo de insumos en voladura dentro de la mina

Alcance 3_ Cantidad de Insumos (tCO <sub>2</sub> eq)
--

Meses	Cantidad TNT			Nitrato de amonio			Total	% Emisión tCO <sub>2</sub> eq/t
	kg	FE tCO <sub>2</sub> eq/t	Emisión tCO <sub>2</sub> eq	kg	FE tCO <sub>2</sub> eq/t	Emisión tCO <sub>2</sub> eq		
Jul	823,23	0,17	0,14	5250	0,34	1,79	1,92	0,097
Ago	1321,03	0,17	0,22	3000	0,34	1,02	1,24	0,063
Sep	1300,30	0,17	0,22	2250	0,34	0,77	0,99	0,050
Oct	810,88	0,17	0,14	3750	0,34	1,28	1,41	0,071
Nov	1149,04	0,17	0,20	4500	0,34	1,53	1,73	0,087
Dic	923,91	0,17	0,16	5250	0,34	1,79	1,94	0,098
Ene	887,91	0,17	0,15	2250	0,34	0,77	0,92	0,046
Feb	611,78	0,17	0,10	4500	0,34	1,53	1,63	0,083
Mar	1263,84	0,17	0,21	3000	0,34	1,02	1,23	0,062
Abr	433,59	0,17	0,07	5250	0,34	1,79	1,86	0,094
May	702,03	0,17	0,12	3750	0,34	1,28	1,39	0,070
Jun	369,31	0,17	0,06	5250	0,34	1,79	1,85	0,093
Jul	754,20	0,17	0,13	4500	0,34	1,53	1,66	0,084
<b>Total</b>	-	-	1,93	-	-	17,85	19,78	100%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados emitidos en la **Tabla 12** y reflejados en la **Gráfica 6** nos demuestra que el mayor consumo y generación de emisiones de HC es el consumo de insumo de nitrato de amonio el cual genera una emisión de 17,85 tCO<sub>2</sub>eq representando el 90,2% en la HC con respecto uso de los insumos utilizados para la detonación de la voladura mientras que la cantidad de TNT genera 1,93 tCO<sub>2</sub>eq representando el 9,8% en la HC.



**Gráfica 5.** Porcentaje de Huella de Carbono generada por consumo de insumos en voladura dentro de la mina.

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados demostrados en la **Grafica 5** tiene mayor consumo de nitrato de amonio el cual es el mayor insumo que genera emisión en el Alcance 3 como lo reportado por <sup>39,40,41</sup>.

Los resultados demuestran en una empresa minera de cobre de Chile que el nitrato de amonio es el principal compuesto en explosivo para las voladuras el cual generó 57,33 KgCO<sub>2e</sub>/TMF Cu representando 559,43% el mayor contaminante de los insumos en la generación de emisiones en la HC, también cabe mencionar que este compuesto es uno de los principales productos fertilizantes minerales contribuye significativamente a la HC de los cultivos proporcionando emisiones de gases de efecto invernadero.

- **Huella de Carbono generada a partir de la colección y disposición final de los residuos sólidos.**

De las actividades de las diferentes etapas anteriores descritas en la metodología da resultado a la generación de residuos sólidos como un aspecto ambiental de alto riesgo, por lo que estas actividades han sido procesadas para que no tengan un impacto significativo en el medio ambiente. Dentro del cálculo de emisiones de HC la generación de residuos fue de 0,364 tCO<sub>2eq</sub> representan el 0,1% del Alcance 3.

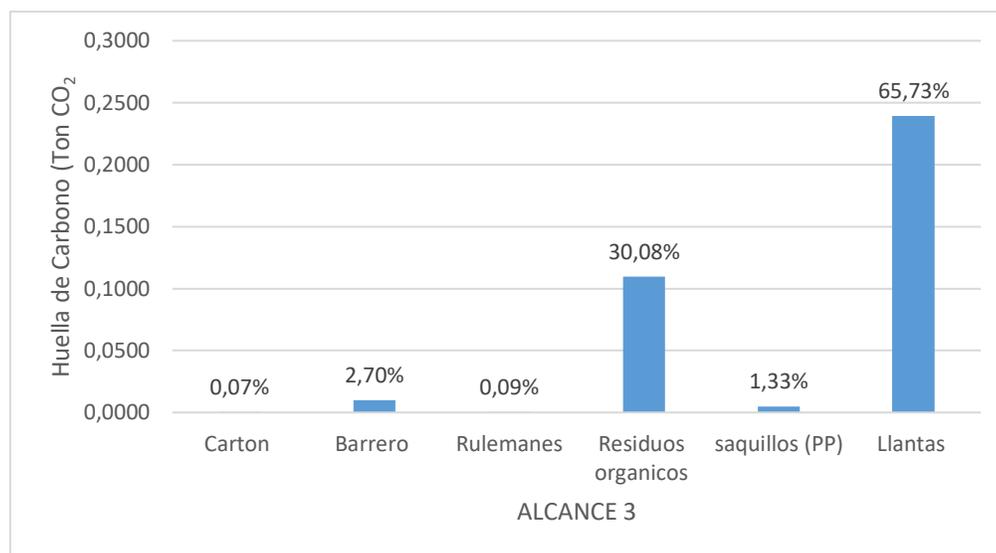
Para esta estimación de emisiones de HC se utilizó la ecuación (14) y continuación los resultados demostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 13.** Huella de Carbono a partir de la colección y disposición final de residuos sólidos

<b>Alcance 3_ Generada a partir de la colección y disposición final de los residuos sólidos (tCO<sub>2eq</sub>)</b>				
Tipo o Tratamiento de Residuo	Ton	FE tCO <sub>2eq</sub> /t	Emisiones tCO <sub>2eq</sub>	%Emisión
Cartón	0,034	0,001	0,0003	0,07%
Barrero	0,99	0,01	0,0099	2,70%
Rulemanes	0,034	0,01	0,0003	0,09%
Residuos orgánicos saquillos (PP)	15,65	0,007	0,1096	30,08%
Llantas	2	1,95	0,0048	1,33%
Llantas	0,063	3,8	0,2394	65,73%
<b>TOTAL</b>	<b>19,240</b>	<b>-</b>	<b>0,3642</b>	<b>100,00%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Tabla 13** se puede constatar la cantidad anual, el Factor de emisión correspondiente a cada RS teniendo en cuenta que los mayores contribuyentes de la HC representan las llantas el 65,73% y los residuos orgánicos con el 30,08% del Alcance 3 de la generación de residuos, así mismo se lo demuestra en la Gráfica 8 que destacan los mencionados anteriormente.



**Gráfica 6.** Huella de Carbono a partir de la colección y disposición final de residuos Sólidos.

**Fuente:** Elaboración propia

- **Huella de Carbono Planta de beneficio “Virgen de la Nube**

**La determinación de la Huella de Carbono (HC) de las emisiones directas Alcance 1**

El resultado estimado de la HC de las emisiones directas referente al Alcance 1 fue de 80,903 tCO<sub>2</sub>eq el cual representa el 0,4 % de la HC en su totalidad de Planta de beneficio “Virgen de la Nube ver **Anexo 18** se observa detalladamente el porcentaje el cálculo de las emisiones generadas en para el Alcance 1, se calculó mediante el uso de la ecuación **(8)**.

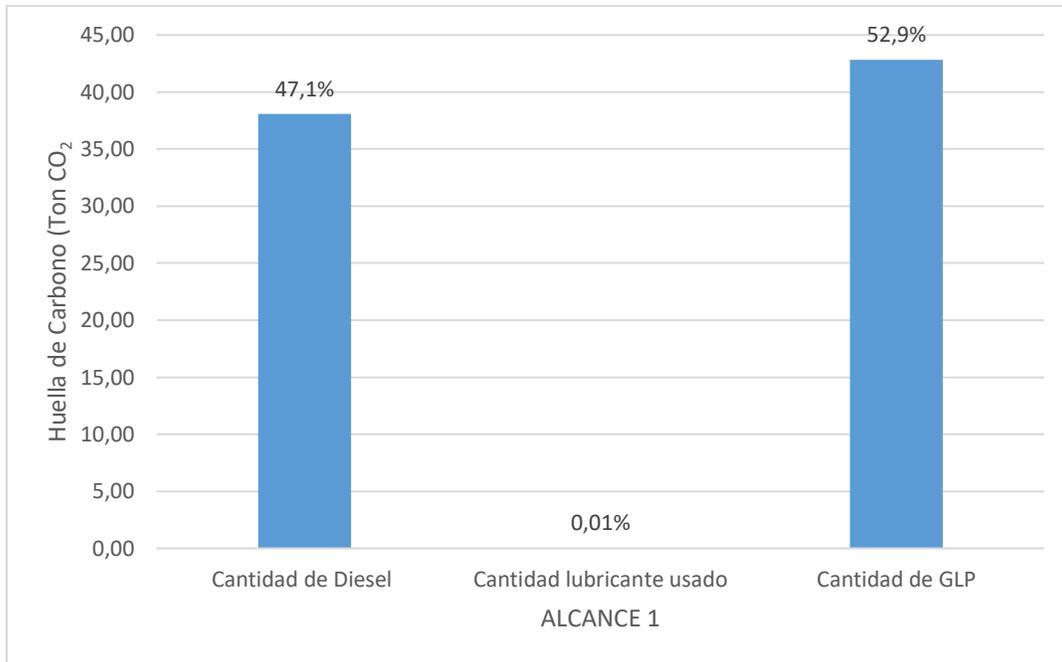
En la siguiente tabla se elaboró un cuadro de resumen de tCO<sub>2</sub>eq correspondiente a los tres tipos de combustibles que se consumen mensualmente en las tres etapas extracción, concentración y transformación que se utilizan para la obtención de Au, los cuales contribuyeron a las emisiones de HC generados por planta de beneficio.

**Tabla 14.** Huella de Carbono de las emisiones directas de combustible según las diferentes etapas.

<b>Alcance 1_ Emisiones mensuales de consumo combustible (tCO<sub>2</sub>eq)</b>				
<b>ETAPAS</b>	<b>EXTRACCIÓN</b>		<b>CONCENTRACIÓN</b>	<b>TRANSFORMACIÓN</b>
<b>Meses</b>	<b>Cantidad de Diésel tCO<sub>2</sub>eq/kg</b>	<b>Cantidad lubricante usado tCO<sub>2</sub>eq/kg</b>	<b>Cantidad de Diésel tCO<sub>2</sub>eq/kg</b>	<b>Cantidad de GLP tCO<sub>2</sub>eq/kg</b>
<b>Jul</b>	0,92	0,0053	2,08	4,01
<b>Ago</b>	0,96		1,85	2,68
<b>Sep</b>	0,81		1,27	2,01
<b>Oct</b>	0,94		1,71	2,68
<b>Nov</b>	1,38		2,22	4,01
<b>Dic</b>	1,29		2,08	4,01
<b>Ene</b>	0,71		0,0053	1,88
<b>Feb</b>	1,63	1,63		2,68
<b>Mar</b>	0,88	1,85		2,01
<b>Abr</b>	0,94	1,98		4,01
<b>May</b>	0,87	1,91		2,68
<b>Jun</b>	0,79	1,96		4,01
<b>Jul</b>	1,37	2,17		4,01
<b>TOTAL</b>	13,47	0,0106	24,59	42,82
<b>TOTAL DE DIESEL</b>	-	-	38,07	-

**Fuente:** Elaboración propia

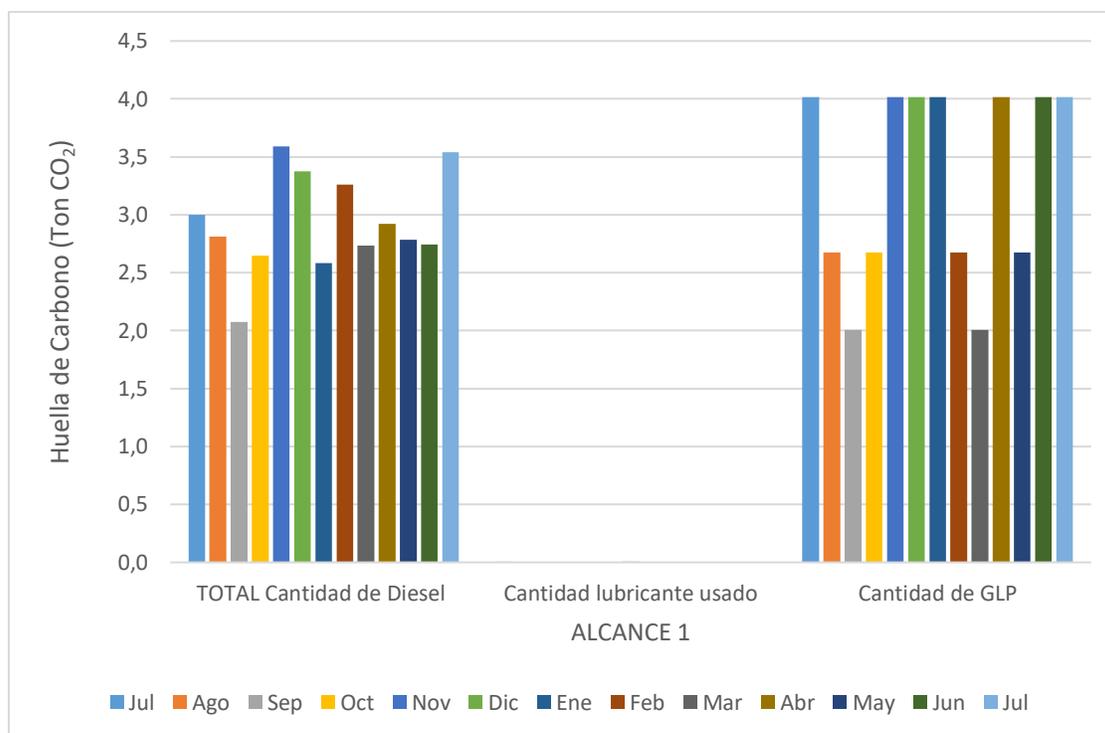
A partir de los datos obtenidos ver **Anexo 13**, se puede ver los resultados de los cálculos en la **Tabla 14** el consumo de los diferentes combustibles en cada una de las etapas para la obtención de Au, la etapa de transformación es la que más contribuye con el 52,93% de las emisiones de HC con el uso de GLP para lo que refiere a la fundición del metal, seguidamente la etapa de concentración con el 30,40% de las emisiones de HC en el proceso de extracción para el transporte de maquinaria y de material mineralizado dentro de la planta y también en el proceso de elución con el uso del diésel para el quemador que calienta la solución a 95 °C, la cual va directa a la absorción de Au con el carbón activado.



**Gráfica 7.** Huella de Carbono de las emisiones directas por tipo de Combustible.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Gráfica 7** nos demuestra que el consumo de GLP genera el 52,9% de las emisiones directas de HC del Alcance 1 de toda la Planta de Beneficio en sus tres etapas de proceso, seguido del uso de combustible con el 47,1% de emisiones.



**Gráfica 8.** Huella de Carbono del Alcance 1 en función al consumo mensual en Planta de beneficio

**Fuente:** Elaboración propia

La **Gráfica 8** demuestra las emisiones directas generadas mensualmente por tipo de combustible que producen el consumo de las actividades realizadas en la planta de beneficio sobrepasa la tendencia el uso de GLP, seguido la del diésel que se usa en el transporte del mineral hacia la planta procesadora.

Cabe recalcar que la mayor tendencia del uso de GLP son en los meses de julio, octubre, noviembre, diciembre, marzo y mayo ya que en estos meses hay más demanda de extracción de oro de diferentes sitios.

### **La determinación de la Huella de Carbono (HC) de las emisiones indirectas Alcance 2**

El Alcance 2 de la generación de emisiones indirectas de la HC corresponde a la cantidad de consumo de energía eléctrica de todas las actividades que se desarrollan dentro de la planta fue de 1128,47 tCO<sub>2</sub>eq que represento el 5,3% de la HC en la Planta de Beneficio Virgen de la nube” ver **Anexo 18** se observa detalladamente el porcentaje del cálculo de las emisiones generadas en para el Alcance 2, se calculó mediante el uso de la ecuación (9) durante el

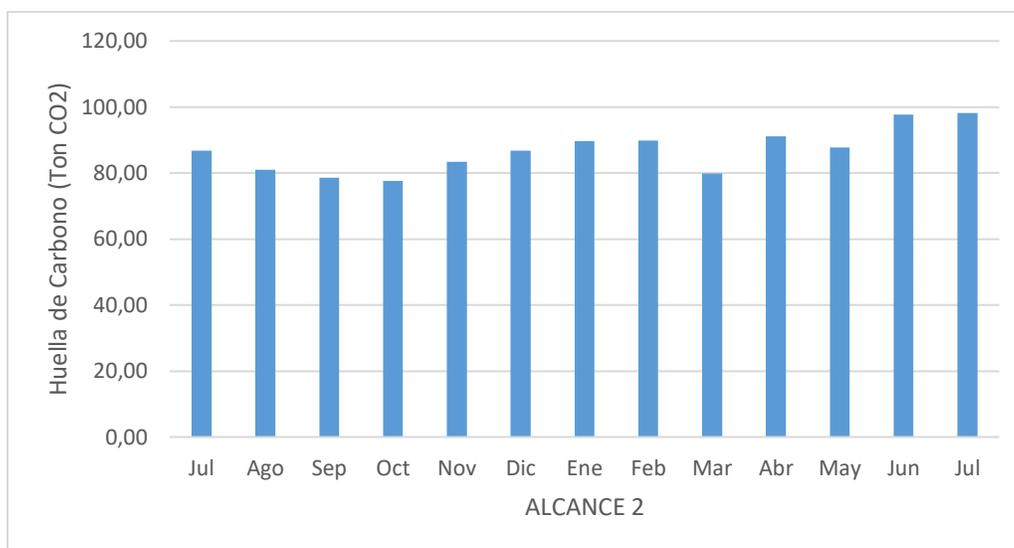
periodo de julio 2020 a julio 2021, así mismo también se observa las emisiones y aportaciones por mes respecto a los GEI generados.

**Tabla 15.** Consumo de energía eléctrica de planta de beneficio / Huella de Carbono del Alcance 2

<b>Alcance 2_ Emisiones mensuales de consumo de energía eléctrica (tCO<sub>2</sub>eq)</b>				
<b>Meses</b>	<b>Cantidad energía eléctrica usada (tCO<sub>2</sub>eq/kg)</b>	<b>Factor de Emisión (tCO<sub>2</sub> / MWh)</b>	<b>Emisiones tCO<sub>2</sub>eq</b>	<b>Porcentaje de emisiones por mes</b>
<b>Jul</b>	158,55	0,5475	86,81	7,7%
<b>Ago</b>	148,02	0,5475	81,04	7,2%
<b>Sep</b>	143,58	0,5475	78,61	7,0%
<b>Oct</b>	141,81	0,5475	77,64	6,9%
<b>Nov</b>	152,40	0,5475	83,44	7,4%
<b>Dic</b>	158,57	0,5475	86,82	7,7%
<b>Ene</b>	163,83	0,5475	89,70	7,9%
<b>Feb</b>	164,13	0,5475	89,86	8,0%
<b>Mar</b>	145,77	0,5475	79,81	7,1%
<b>Abr</b>	166,41	0,5475	91,11	8,1%
<b>May</b>	160,35	0,5475	87,79	7,8%
<b>Jun</b>	178,51	0,5475	97,73	8,7%
<b>Jul</b>	179,21	0,5475	98,12	8,7%
<b>Total</b>	2061,13	-	1128,47	100,0%

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Tabla 15** nos demuestra los consumos de energía eléctrica mensual que genera las diferentes etapas de proceso de obtención, pero el consumo anual de energía eléctrica de la organización es de 2061,13 MWh la cual contribuye con 1128,47 tCO<sub>2</sub>eq de emisiones de HC



**Gráfica 9.** Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en relación al consumo de energía eléctrica de la planta de beneficio.

**Fuente:** Elaboración propia

A partir de los datos obtenidos se realizó los cálculos ver **Anexo 14**, se puede ver Observar en la **Gráfica 9** la tendencia de consumo mensual no varía mucho en la tendencia de consumo al 1,8% de diferencia.

### **La determinación de la Huella de Carbono (HC) de las emisiones indirectas Alcance 3**

La emisión indirecta de la HC del Alcance 3, la cual es causada de forma indirecta dentro del funcionamiento normal de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube durante este período. Para efectos de este estudio, la evaluación anual se recopiló datos desde julio 2020 a julio 2021, corresponde al consumo de papel, insumos, materiales diversos, aguas residuales y generación de residuos sólidos.

Cabe recalcar que no se realizara cálculo de emisiones de HC al consumo de agua porque en la Planta de Beneficio Virgen de la Nube, realizan la captación de agua de vertiente y esta no genera emisiones de HC. Los datos que se receptaron en los anexos para cada etapa se asumieron con las entrevistas a los operadores de las diferentes etapas.

La estimación de emisiones indirectas correspondiente al Alcance 3, el cual fue de un total de 20022,16 tCO<sub>2</sub>eq lo que representa el 94,3% en su mayoría de la HC en la Planta de Beneficio Virgen de la Nube ver **Anexo 18** se observa detalladamente el porcentaje del cálculo de las emisiones generadas en para el Alcance 3, el mismo que se calculó mediante

el uso de la ecuación (10), (11), (12), (13) y (14) dependiendo del RRSS que se calcular la cuantificación de emisión indirecta que se desee calcular.

- **Cuantificación de la Huella de Carbono generada por consumo de papel**

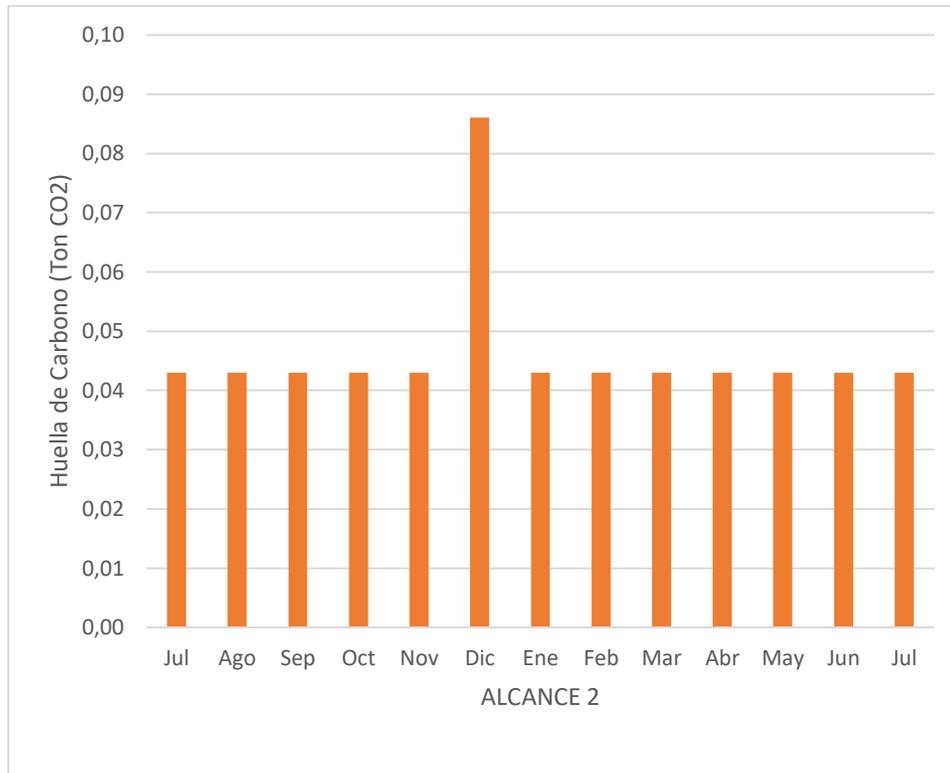
En la planta de beneficio anualmente se usa hojas bond A4 con un gramaje de 75 g y un área de 0,0624 m<sup>2</sup> usualmente son usadas en oficinas en la parte administrativa Dentro del cálculo de emisiones de HC el consumo de papel fue de 0,60 tCO<sub>2</sub>eq que representa un porcentaje irrelevante del 0,0030% del Alcance 3.

**Tabla 16.** Huella de Carbono generada a partir del consumo de papel

<b>Alcance 3_ Cantidad de papel (tCO<sub>2</sub>eq)</b>						
<b>Meses</b>	<b>Hoja A4</b>					
	<b>Factor de Emisión (tCO<sub>2</sub>eq/kg)</b>	<b>Gramaje (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Peso en kg</b>	<b>Emisión tCO<sub>2</sub>eq</b>
<b>Jul</b>	0,00184	75	0,06237	500	23,39	0,04
<b>Ago</b>	0,00184	75	0,06237	200	23,39	0,04
<b>Sep</b>	0,00184	75	0,06237	100	23,39	0,04
<b>Oct</b>	0,00184	75	0,06237	500	23,39	0,04
<b>Nov</b>	0,00184	75	0,06237	300	23,39	0,04
<b>Dic</b>	0,00184	75	0,06237	500	46,78	0,09
<b>Ene</b>	0,00184	75	0,06237	100	23,39	0,04
<b>Feb</b>	0,00184	75	0,06237	300	23,39	0,04
<b>Mar</b>	0,00184	75	0,06237	250	23,39	0,04
<b>Abr</b>	0,00184	75	0,06237	500	23,39	0,04
<b>May</b>	0,00184	75	0,06237	200	23,39	0,04
<b>Jun</b>	0,00184	75	0,06237	500	23,39	0,04
<b>Jul</b>	0,00184	75	0,06237	350	16,37	0,04
<b>Total</b>	-	-	-	-	-	0,60

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Tabla 16**, se detallaron los consumos de las hojas en unidades, luego los kilogramos y finalmente la cantidad de emisión de HC. Se realizó los cálculos correspondientes utilizando las **ecuaciones (10), (11) y (12)**. Este porcentaje insignificante de emisión de HC se debe al poco uso de hojas ya que en la actualidad se maneja por medio de correos o aplicaciones como WhatsApp.



**Gráfica 10.** Huella de Carbono generada a partir del consumo de papel

**Fuente:** Elaboración propia

Según lo demostrado en la **Gráfica 10** el consumo mayor de papel de A4 es en el mes de diciembre a diferencia del resto de meses, ya que el departamento administrativo realiza informes administrativo gerenciales.

### **Huella de Carbono generada a partir del consumo de insumos y materiales**

Para la extracción de Au se sigue una serie de etapas como: extracción, concentración y transformación, en las que se utiliza una serie de insumos y materiales, como acero, cal, arena sílice, cemento, hidróxido de sodio, cloruro de sodio, oxígeno, bórax, carbón activado y cianuro.

Para esta estimación de emisiones de HC se utilizó la ecuación **(13)** y continuación los resultados demostrados en la siguiente tabla.

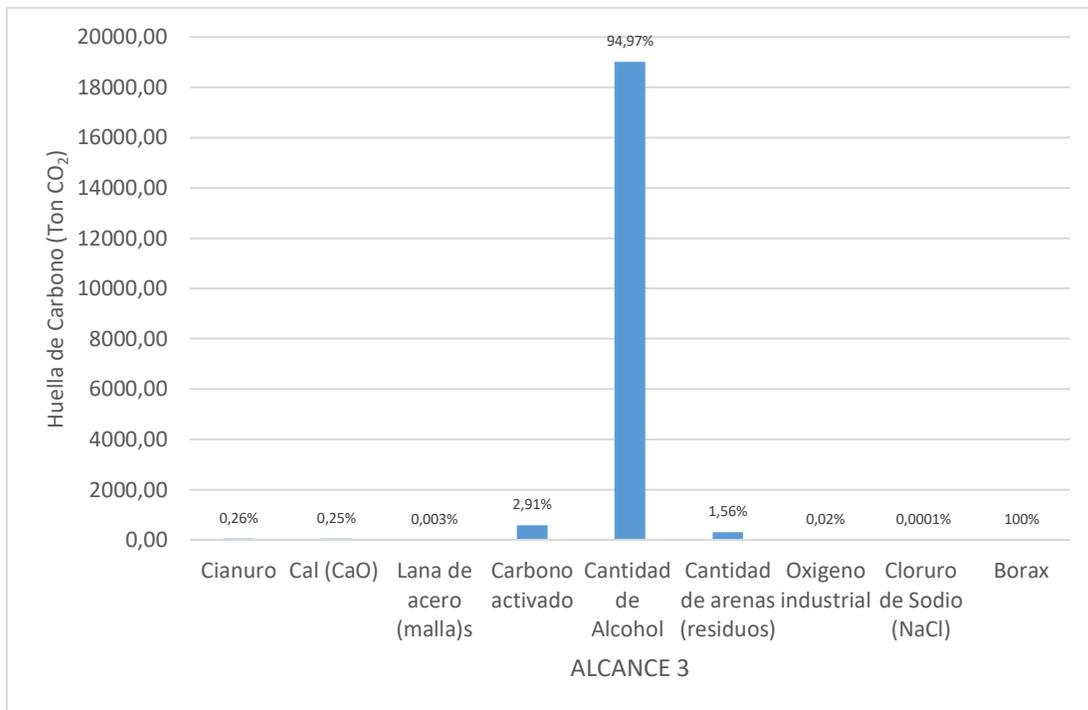
**Tabla 17.** Huella de Carbono generada por consumo de insumos en las etapas de proceso dentro de la planta de beneficio.

Alcance 3_ Cantidad de Insumos (tCO <sub>2</sub> eq)											
ETAPAS	CONCETRACIÓN							TRANSFORMACIÓN			
Meses	Cianuro	Cal (CaO)	Lana de acero (malla)s	Hidróxido de sodio (soda cautica)	Carbón activado	Cantidad de Alcohol	Cantidad de arenas (residuos)	Cal (CaO)	Oxígeno industrial	Cloruro de Sodio (NaCl)	Bórax
Jul	4,58	3,26	0,04	3,20	37,94	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Ago	2,17	2,87	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Sep	2,65	2,87	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,245
Oct	4,58	3,26	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Nov	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Dic	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Ene	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Feb	2,17	2,87	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Mar	4,58	3,26	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Abr	3,62	3,07	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
May	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Jun	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Jul	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
TOTAL	51,84	41,01	0,57	39,76	581,81	19015,21	312,00	8,81	3,19	0,02	7,37
TOTAL DE CaO	-	-	-	-	-	-	-	49,82	-	-	-

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo a los resultados emitidos en la **Tabla 17** y reflejados en la **Gráfica 11** nos demuestra que el mayor consumo y generación de emisiones de HC es el consumo del alcohol en el proceso de elución, por ende, la etapa III de concentración genero una emisión de 20051,01 tCO<sub>2</sub>eq representando el 99,9 % en la HC a diferencia de la etapa IV de transformación.

Pero cabe mencionar que en la etapa IV de transformación el insumo que genero mayor emisión es el Bórax en la de fundición del Au con un 7,37 tCO<sub>2</sub>eq representando el 69,66 % en la HC y seguidamente el oxígeno industrial con un 3,19 tCO<sub>2</sub>eq representando el 30,15 % en la HC.



**Gráfica 11.** Porcentaje de Huella de Carbono generada por consumo de insumos en las etapas de proceso dentro de la planta de beneficio.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Gráfica 11** nos demuestra el alcohol es el que más emite emisiones de HC con representando el 94,9 % generando 19015,21 tCO<sub>2</sub>eq, seguido del Carbón activado con 2,91% generando 581,81 tCO<sub>2</sub>eq, el resto de insumos utilizados dentro de las diferentes etapas su porcentaje de emisión son muy irrelevantes.

- **Huella de Carbono generada a partir de la colección y disposición final de los residuos sólidos**

En la metodología se mencionan las diferentes etapas en las que se realiza diferentes actividades las cuales generan RRSS como un aspecto ambiental de alto riesgo, por lo que estas actividades han sido procesadas para que no tengan un impacto significativo en el medio ambiente. Dentro del cálculo de emisiones de HC la generación de residuos fue de 0,33 tCO<sub>2</sub>eq representan un porcentaje irrelevante dentro del Alcance 3 ver **Anexos18**.

Para esta estimación de emisiones de HC se utilizó la ecuación (14) y continuación los resultados demostrados en la siguiente tabla.

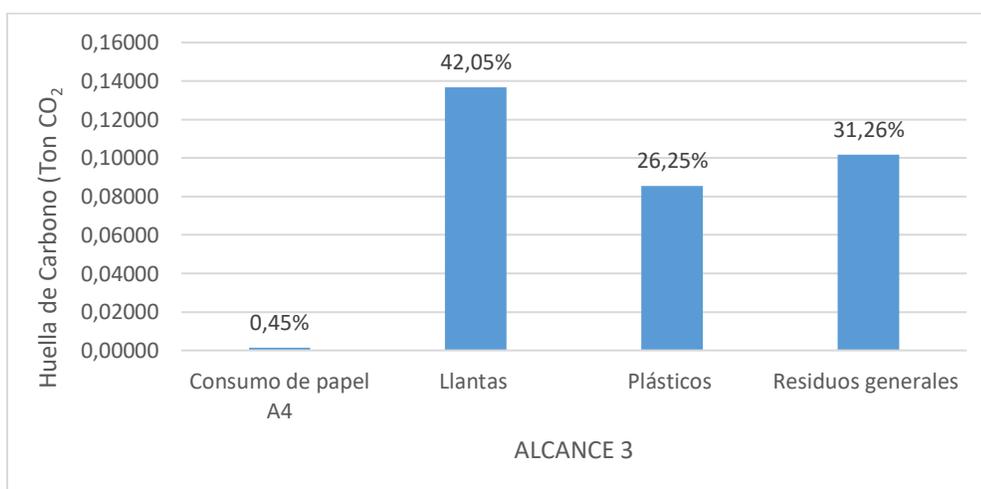
**Tabla 18.** Huella de Carbono a partir de la colección y disposición final de residuos Sólidos generados en la planta de beneficio

<b>Alcance 3_ Generada a partir de la colección y disposición final de los residuos sólidos (tCO<sub>2</sub>eq)</b>				
<b>Tipo o Tratamiento de Residuo</b>	<b>Ton</b>	<b>FE tCO<sub>2</sub>eq/t</b>	<b>Emisiones tCO<sub>2</sub>eq</b>	<b>%Emisión</b>
Consumo de papel A4	0,15	0,01	0,00145	0,45%
Llantas	0,036	3,8	0,1368	42,05%
Plásticos	0,0540	1,58	0,085	26,25%
Residuos generales	14,53	0,007	0,102	31,26%
<b>TOTAL</b>	<b>14,76</b>	<b>-</b>	<b>0,33</b>	<b>100,00%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Según los resultados emitidos en la **Tabla 18** y posteriormente en la **Gráfica 12** nos demuestran que el que mayor RRSS anual que genera mayores emisiones en la HC son las llantas con un 0,036 tCO<sub>2</sub>eq representando el 42,05%, seguidamente los residuos generales con un 14,53 tCO<sub>2</sub>eq representando el 31,26% del Alcance 3 en las emisiones generadas por RRSS.

Cabe recalcar que los residuos sólidos generales estos son enviados al vertedero de basura del sitio El Salado de Portovelo Zaruma.



**Gráfica 12.** Huella de Carbono a partir de la colección y disposición final de residuos Sólidos generados en la planta de beneficio

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3 Huella hídrica para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma

El distrito Portovelo-Zaruma se encuentra constituido por una riqueza hidrográfica, ya que se encuentra atravesado por los ríos: Amarillo y Calera, siendo esta la zona con más actividad minera dentro de distrito del El Oro. Por ende, es importante realizar cálculos con referente a la Huella Hídrica para conocer las cantidades o concentraciones de contaminantes que son liberados hacia estas fuentes hídricas y que estas no sean aptas para el consumo o uso para la vida cotidiana.

Para este estudio, se seleccionó como unidad funcional 1 tonelada de material procesado para determinar las dos huellas hídricas, se presentará seguidamente los resultados expresados en las tablas.

#### Huella Hídrica Mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”

Para la estimación de la huella hídrica en la Mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” solo se calculó la HHA, ya que solo contamos con una base de datos ver **Anexo 2** estas cantidades se asumieron con la información dada por los operarios que realizan las diferentes actividades dentro de la mina. Para realizar el cálculo se procedió con un balance de las entradas y salidas de agua de la mina. Se utilizó la ecuación (1), a continuación, se presentará en la siguiente tabla la cantidad de generación de HHA.

**Tabla 19.** Huella Hídrica Mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”

<b>Huella Hídrica Mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”</b>				
<b>MESES</b>	<b>Cantidad de material transportado de mina a planta Ton</b>	<b>Agua In m<sup>3</sup>/mes</b>	<b>Agua Out m<sup>3</sup>/mes</b>	<b>HHA m<sup>3</sup>/mes</b>
<b>Jul</b>	840	200,78	155	45,78
<b>Ago</b>	552	109,16	84,2	24,96
<b>Sep</b>	312	87,02	69,2	17,82
<b>Oct</b>	672	143,9	111,2	32,7
<b>Nov</b>	792	143,64	96,2	47,44

<b>Dic</b>	1008	200,78	155	45,78
<b>Ene</b>	288	87,02	69,2	17,82
<b>Feb</b>	672	127,64	90,2	37,44
<b>Mar</b>	552	109,16	84,2	24,96
<b>Abr</b>	264	200,78	155	45,78
<b>May</b>	648	137,9	105,2	32,7
<b>Jun</b>	359	200,78	155	45,78
<b>Jul</b>	456	116,84	90,2	26,64
<b>TOTAL ANUAL</b>	-	1865,4	1419,8	445,6

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Tabla 19** se encuentran los valores para la HHA anual estimada desde julio 2020 a julio 2021, el valor generado por el uso de fuentes hídricas fue de 445,6 m<sup>3</sup>/año , cabe recalcar que estas estimaciones solo se puede realizar discusión de análisis o hacer comparaciones con minería a escala pequeña ya que no se encuentra estudios actualizados sobre el tema, según lo reportado por <sup>42</sup> .

### **Huella Hídrica Planta de beneficio de “Virgen de la Nube”**

Para la estimación de la huella hídrica en la Planta de beneficio de “Virgen de la Nube” se calculó la HHA y HHG con base de datos para cada uno de las etapas de producción de Au ver **Anexo 3,5 y 5** estas cantidades de agua se asumieron con la información dada por los operarios que realizan las diferentes actividades dentro de la Planta de Beneficio. Para realizar el cálculo se procedió con un balance de las entradas y salidas de agua de la mina. Se utilizó la ecuación **(1) y (4)**.

Cabe recalcar la para la obtención de la HHG se tomó en cuenta reportado por <sup>43</sup> , la cantidad de concentración de 280 mg/l o ppm de cianuro libre. A continuación, se presentará en la siguiente tabla la cantidad de generación de las dos huellas hídricas durante las actividades de obtención de Au.

### **Tabla 20.** Huella Hídrica Planta de beneficio de “Virgen de la Nube”

<b>Huella Hídrica Planta de beneficio de “Virgen de la Nube”</b>							
<b>MESES</b>	<b>Cantidad de material total procesado en Planta Ton</b>	<b>Agua In m3/mes</b>	<b>Agua Out m3/mes</b>	<b>HHH m3/mes</b>	<b>CN usado kg/mes</b>	<b>Vertimiento de CN kg/m3 mensual</b>	<b>HHG m3/mes</b>
<b>Jul</b>	3000	432,16	321,94	110,22	52000	1420	81,9
<b>Ago</b>	2000	360,36	240,32	120,04	19500	1420	145,6
<b>Sep</b>	2500	362,16	219,98	142,18	26000	1420	136,5
<b>Oct</b>	2500	422,86	273,56	149,30	52000	1420	68,3
<b>Nov</b>	3000	434,76	274,20	160,56	52000	1420	81,9
<b>Dic</b>	3000	566,16	341,94	224,22	52000	1420	81,9
<b>Ene</b>	3000	421,66	219,48	202,18	52000	1420	81,9
<b>Feb</b>	2500	401,86	257,30	144,56	19500	1420	182,0
<b>Mar</b>	2500	421,86	241,82	180,04	52000	1420	68,3
<b>Abr</b>	3000	542,16	331,94	210,22	39000	1420	109,2
<b>May</b>	3000	504,86	297,56	207,30	52000	1420	81,9
<b>Jun</b>	3000	504,16	341,94	162,22	52000	1420	81,9
<b>Jul</b>	3000	496,36	253,00	243,36	52000	1420	81,9
<b>TOTAL ANUAL m<sup>3</sup>/año</b>	-	5871,34	3614,94	2256,40	572000	109	1283,10

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Tabla 19** se encuentran los valores para la HHA y HHG anual estimada desde julio 2020 a julio 2021, el valor de HHA generado por el uso de fuentes hídricas fue de 2256,40 m<sup>3</sup>/año y el valor de HHG por el uso de cianuro durante el proceso de contracción fue de 1283,10 m<sup>3</sup>/año, se puede denotar que el mayor impacto ambiental se genera en la HHA, esto se debe a la cantidad de material que ingresa a la planta para ser procesado, en algunos casos solo utilizan molienda menos el proceso de concentración para la obtención de Au .

Cabe recalcar que estas estimaciones de HH solo se puede realizar discusión de análisis o hacer comparaciones con minería a escala pequeña ya que no se encuentra estudios actualizados sobre el tema, según lo reportado por <sup>42</sup>, teniendo en consideración que en nuestro país no le dan la relevancia pertinente al tema de impacto de calidad a través de la estimación de la Huella hídrica y por ende tampoco realizan estrategias de mitigación para la misma esto también fue reportado por <sup>37</sup> en el sector minero de Colombia.

### **3.4 Indicadores de transición hacia economía circular para las actividades mineras a pequeña escala en el distrito Portovelo-Zaruma**

En la presente investigación de estudio que se realizó un balance ambiental a las dos organizaciones: mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y a la Planta de Beneficio Virgen de la Nube, en la cual se evaluó 5 indicadores de transición circular las cuales fueron: % de entrada circular, % de salida circular, % circularidad de agua, % energía renovable y % material crítico para realizar el cálculo de CTI. Este cálculo se desarrolló con cuyo objetivo determinar e identificar las oportunidades y los riesgos lineales hacia economía circular de las actividades de mineras a pequeña escala. Para esta este cálculo se utilizaron las ecuaciones (5), (6) y (7).

El resultado para las dos entidades mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y a la Planta de Beneficio Virgen de la Nube en los cálculos de CTI salieron los resultados cero debido a que ninguna de las dos organizaciones realiza, recirculación el agua, no usan energía renovable, no reutilizan los residuos y no llevan un flujo de materiales específicos (se manejan empíricamente). Esto quiere decir que mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” y a la Planta de Beneficio Virgen de la Nube, no inician su transición a la circularidad con base a los indicadores mencionados anteriormente, Tal como lo reporta en el diagnostico nacional presentado en el libro blanco de economía circular del Ecuador.

Que la recirculación actual a través de minería urbana es de 93,000 Ton de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos del cual el 2% fue reciclado y la recirculación potencial que refiere al uso de escorias en construcción, recuperación de metales, recirculación de agua desde relaveras a plantas de beneficio, valorización de metales residuales en colas (recuperación posterior), uso de capa orgánica del suelo, chatarrización de equipos y remanufactura de equipos, todo esto lo reporta <sup>44</sup>

Entonces se concluye que estas organizaciones no tienen ningún avance con referente a la transición de economía circular ya que en nuestro país nos falta implementar esta visión ya que nos generaría ganancias no solo económicas, sino que también ambientales tales como: disminuir los consumos de agua y energía durante las operaciones, reducir costos vinculados

a la disposición de relaves RRSS generados en la operación minera como lo reporta <sup>45</sup> en Bolivia en una producción minera de concentrados.

Los resultados de la aplicación de CTI muestran que la gestión proactiva y preventiva a los residuos mineros proporcionen importantes beneficios medioambientales y genera valor a partir de los residuos generados. Estos resultados ilustran que el concepto de CE se puede aplicar de manera práctica a una operación minera, según lo reportado por <sup>46</sup>.

### **3.5 Medidas para mejoramiento del desempeño ambiental de las actividades de pequeña minería en el distrito Portovelo-Zaruma.**

1. Dos estaciones de filtración (PTA1 y PTA2) y cuatro lavados para acondicionamiento de agua. El sistema también integra un sistema de agua perimetral para tratar el agua de mina generada. Este sistema se basa en un método de tratamiento pasivo que utiliza plantas para reducir la concentración de sulfatos y metales en el agua. Esta tecnología se considera sostenible a largo plazo debido a los bajos costos de operación y mantenimiento. Sus beneficios adicionales incluyen una alta capacidad de autorregulación, la sostenibilidad a largo plazo de estos sistemas, la oportunidad de crear hábitats para el crecimiento de plantas y animales, juego de cero emisiones y un sistema circulatorio económico en buenas condiciones, producción de agua y ácido sulfúrico y el uso de lodos de proceso en el mismo proceso de filtración para asegurar tanto las emisiones ambientales como el cumplimiento total. Reemplazar la contribución de agua dulce de fuentes externas a las restricciones regulatorias sobre los permisos de emisión, como la recirculación al proceso de producción. Estas mejoras de tratamiento tienen como objetivo reducir el impacto ambiental del negocio de la compañía mejorando la calidad de los canales vertidos y reduciendo el consumo de agua. Por lo tanto, la minimización del impacto ambiental se logra mediante el uso de tecnologías innovadoras que permiten a las plantas reducir su huella hídrica y huella ecológica mientras se adaptan a los requisitos ambientales y la escasez de recursos.
2. Se puede considerar reducir la huella de carbono considerando los siguientes pasos, que pueden ser esenciales y más que nada serán de manera general, entre las más importantes se pueden mencionar: Combine sistemas eléctricos y de calefacción, y

vuelva a verificar su infraestructura de IT para determinar cómo reducir su huella de carbono. Invierta de manera más eficiente en tecnologías de bajo carbono / ahorro de energía, como sistemas de iluminación y calefacción, y considere la generación de energía en el sitio utilizando fuentes de energía renovables como la eólica y la solar y el compromiso de los empleados y los métodos de trabajo se pueden cambiar.

3. Optimización del consumo de combustible en fundición, esta propuesta de mejora se basa en un estudio realizado por Gaete y Luarte (2012), se basa en ajustar los parámetros operativos del secador de condensado para cumplir con los niveles de humedad requeridos para el proceso de fusión y optimizar el consumo de energía. Estos estudios muestran ahorros del 24%. Esto corresponde a una reducción de 62,25 toneladas de CO<sub>2</sub>eq.
4. El estudio de Gaete y Luarte (2012) es útil, como lo fue antes de la reutilización del lubricante dejado por el arenado. Básicamente, este método consiste en incorporar lubricante residual para reemplazar parcialmente el combustible (diesel B5) utilizado en la elaboración de productos de la voladura.
5. Gaete y Luarte (2012) presentan esta propuesta de mejora. Básicamente consiste en aplicar un adhesivo especialmente formulado "Dusteat DC9112" para controlar el polvo de los acopios y rutas de transporte. Este compuesto es biodegradable y no contiene compuestos de cloro corrosivos ni aceite usado. Estas soluciones son eficaces para reducir las partículas.
6. Sensibilización de los pequeños mineros en cuanto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, mediante charlas hacerlos conocer en que consiste, ya que el desarrollo se trata de conducir al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades, incluyendo la huella ecológica y a su vez establecer mitigaciones para la contaminación que producen las plantas como tal.
7. Tecnificación de los procesos y entrenamiento del personal, de la misma manera a través de capacitaciones ya sea trimestrales o semestrales, considerando que día con día van saliendo nuevas tecnologías y de esta manera explicar los procesos que se

llevan a cabo dentro de la planta, siempre y cuando considerando y teniendo en cuenta el medio ambiente y tomando acciones que traten de no contaminar al momento de realizar las actividades internas, todo con el objetivo de establecer y crear un ambiente optimo tanto para el personal como para el medio ambiente.

8. Sensibilización en cuanto a cambiar a un modelo circular de minería creando mercados secundarios de maquinarias usadas sus repuestos y partes, sabiendo que dentro de las plantas se usan maquinarias e implementos que se dejan de usar ya sea por que cumplen su ciclo de vida o porque quizás no se les da el mantenimiento adecuado, entonces todos estos materiales y maquinarias ofrecerlas en venta para no perder el porcentaje total de inversión, o a su vez usar el material para construir otro tipo de implementos, todo esto se realizar con el fin de crear una buena economía circular dentro de las plantas.
9. Optimizar dosis de aditivos/reactivos usados en los procesos o a su vez buscar reemplazos con otros reactivos que cumplan la misma función y que sean menos contaminantes, todo esto se realiza con el fin de disminuir la contaminación ya que en las plantas no existe una disposición final adecuada de todos los desechos o residuos generados dentro de las operaciones de las plantas.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES

- En el análisis del Ciclo de vida en mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” ,se determinó el ICV por alcances, el Alcance 1 correspondiente a los combustibles lo representa el GLP con un mayor de consumo del 62%, el Alcance 2 representa 100% mediante el uso de energía eléctrica para toda la mina y finalmente el Alcance 3 el mayor consumo es de 81% de insumos lo representa la cantidad de papel en la sección de la voladura, el cual lo utilizan para embonar el nitrato de amonio para la detonación y la generación de RRSS representa en tu totalidad el 100% ya que este se calcula anualmente.
- En el análisis del Ciclo de vida en planta de beneficio Virgen de la Nube, se determinó el ICV por alcances, el Alcance 1 correspondiente a los combustibles lo representa el GLP con un mayor de consumo del 82,7%, el alcance 2 representa 100% por el uso de energía eléctrica, y finalmente el Alcance 3 el mayor consumo de insumos sólidos en peso de kg representa 33,53% la cantidad de arena sílice que la encontramos en las 2 relaveras y de los insumos líquidos corresponde con un 99,88% de alcohol y por último la generación de RRSS representa en tu totalidad el 100% por cada tonelada de material ingresado para ser procesado.
- La HC generada en el lapso del año 2020-2021 de mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir” encargada de la explotación del mineral para luego ser procesado y obtener el Au, genera mayores emisiones de HC en el Alcance 3 las emisiones de indirectas fueron alrededor de 522,35 tCO<sub>2</sub>eq representando el 75% de emisiones generadas en la mina. El valor anterior mencionado corresponde a la cantidad de papel A2 que utilizan para embonar el nitrato de amonio. Entonces anualmente se produjo un total de emisiones de 0,030 Ton CO<sub>2</sub>/Ton material extraído en la mina.
- La HC de la planta de beneficio Virgen de la Nube encargada del procesamiento del material mineralizado para la obtención de Au, genera mayores emisiones de HC en el Alcance 3 las emisiones de indirectas fueron alrededor de 20022,16 tCO<sub>2</sub>eq representando el 94,3 % de emisiones generadas por cada tonelada de material ingresado para ser procesado. El valor de la emisión de HC anterior mencionado

corresponde al consumo de insumos en la etapa de concentración en el proceso de elución el uso del alcohol. Entonces anualmente se produjo un total de emisiones de 0,6 Ton CO<sub>2</sub>/Ton material procesado en la planta de beneficio.

- La HH en la mina Asociación Comunitaria Minera fue de 445,6 m<sup>3</sup>/año por el uso de fuentes hídricas generando un fuerte impacto ambiental de las actividades de explotación minera a las fuentes de agua aledañas a la zona. Entonces anualmente se genera una contaminación de 0,060 m<sup>3</sup> de agua/Ton material extraído de la mina
- La HH de la planta de beneficio Virgen de la Nube, el valor de HHA generado por el uso de fuentes hídricas fue de 2256,40 m<sup>3</sup>/año y el valor de HHG por el uso de cianuro durante el proceso de contracción fue de 1283,10 m<sup>3</sup>/año, estos valores permiten corroborar el alto impacto de la minería aurífera en el uso y contaminación de las fuentes hídricas causada por la contaminación por cianuro por cada tonelada de material ingresado para ser procesado. Entonces anualmente se genera una contaminación de 0,063 m<sup>3</sup> de agua/Ton material procesado de huella hídrica azul y de la huella hídrica gris con un total de 0,036 m<sup>3</sup> de agua/Ton material procesado en la planta de beneficio.
- En el cálculo de los CTI resultó que las dos entidades: la mina Asociación Comunitaria Minera “El Porvenir” y a la Planta de Beneficio Virgen de la Nube en los cálculos de CTI salieron los resultados cero, llegando a la conclusión que estas organizaciones no inician su transición a la circularidad con base a los indicadores de circularidad calculados.
- Las medidas para mejoramiento se hicieron con el fin de mitigar el impacto ambiental que generan las plantas al momento de realizar sus actividades, cabe recalcar que la mayoría de medidas propuestas se vuelven factibles a largo plazo, ya que se necesita de un estudio más profundo y además la parte financiera juega un papel primordial ya que se necesitan una inversión, teniendo en cuenta que son plantas a pequeña escala, así mismo algunas de las medidas fueron tomadas de modelos de Gaete y Luarte (2012) quienes hicieron las propuestas y ya han sido replicadas por estudiantes de la Universidad La Molina (Benites Colán, 2019), quienes obtuvieron resultados similares, logrando reducir un porcentaje favorable la huella de carbono.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Ministerio para la Transición Ecológica. Guía Para El Cálculo de La Huella de Carbono y Para La Elaboración de Un Plan de Mejora de Una Organización. *Gob. España* **2018**, 52.
- (2) Benites Colan, J. C. “DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE UNA UNIDAD MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO.” **2019**, 10–12.
- (3) Ango Tupiza, A. E. T. Costos de Inversión y Operación Del Proyecto de Implementación Del Transporte de Rocas En La Mina “El Porvenir”, Cantón Camilo Ponce Enríquez Provincia Del Azuay. *Ayay* **2019**, 8 (5), 55.
- (4) Bravo González, A.; Espinosa Encarnación, M.; Vilela Pincay, W. La Contaminación Ambiental Ocasionada Por La Minería En La Provincia de El Oro. *Estud. la Gestión. Rev. Int. Adm.* **2020**, 8 (8), 215–233.  
<https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>.
- (5) ENAMI EP. Ecuador Minero. *Empres. Nac. Minera del Ecuador* **2012**, 1.
- (6) BCE. Diseño, Diagramación y Procesamiento: Publicaciones Económicas Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica Subgerencia de Programación y Regulación Banco Central Del Ecuador 2016, Banco Central Del Ecuador. *Banco Cent. del Ecuador* **2016**, 17.
- (7) Vásconez Carrasco, M.; Torres León, L. Minería En El Ecuador: Sostenibilidad y Licitud. *Rev. Estud. del Desarro. Soc. Cuba y América Lat.* **2018**, 6 (2), 83–103.  
<https://doi.org/ISSN 2308-0132>.
- (8) MAE. Línea de Base Nacional. **2020**, No. Línea de base nacional para la minería artesanal y en pequeña escala de Oro en Ecuador, 33–80.
- (9) O’Neill, J. D. y Telmer, K. *Métodos y Herramientas: Determinación Del Uso de Mercurio En El Sector de La Minería de Oro Artesanal y En Pequeña Escala (MAPE)*.; 2017.
- (10) Lucumí Golu, H. J.; Colorado Aponza, P. C. Minería de Oro: Tecnologías de Extracción, Ventajas y Efectos. *Repos. Inst. USC* **2020**, 1–12.
- (11) Arias-Lafargue, T.; Fernández-Compta, D.; Sánchez-Rodríguez, Y.; Lasserra-Portuondo, A. Influencia de La Lixiviación En La Recuperación de Oro En La Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba. *SciELO* **2017**, XXXVII (3), 500–517.  
<https://doi.org/ISSN 2224-6185>.
- (12) Gonzalez-Gaudino, E. J.; Meira-Carrea, P. Á. Educación Para El Cambio Climático. *IISUE-UNAM* **2020**, 24, 157–174.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59464>.
- (13) Gómez, D. A. El Cambio Climático y La Respuesta de Las Grandes Potencias El Caso de Estados Unidos y China. *SciELO* **2020**.  
<https://doi.org/10.15446/anpol.v33n99.90987>.

- (14) García-Vinuesa, A.; Meira-Carrea, P. Á. Caracterización de La Investigación Educativa Sobre El Cambio Climático y Los Estudiantes de Educación Secundaria. *Rev. Mex. Investig. Educ.* **2019**, *24* (81), 507–535. <https://doi.org/ISSN 1405-6666>.
- (15) Gibon, T. *Scenario-Based Life Cycle Assessment Methods to Inform Climate Change Mitigation*; 2017.
- (16) Foa Torres, J. Cambio Climático y Populismos En América Latina: Un Análisis Comparativo de Los Posicionamientos de Argentina, Ecuador, Chile y Brasil En El Camino Al Acuerdo de París de 2015. *Prometeica - Rev. Filos. y Ciencias* **2019**, No. 18, 24–35. <https://doi.org/10.24316/prometeica.v0i18.240>.
- (17) García-Garizábal, I.; Romero, P.; Jiménez, S.; Jordá, L. Evolución Climática En La Costa de Ecuador Por Efecto Del Cambio Climático. *Dyna* **2017**, *84* (203), 37–44. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.59600>.
- (18) UNE-ISO 14040:2006. Gestion Ambiental, Analisis Del Ciclo de Vida, Principios y Marco de Referencia. **2006**.
- (19) Torres Ortega, J. A.; Contento Rubio, O. F.; Herrera Orozco, I. Análisis de Ciclo de Vida Para Una Biorefinería Derivada de Residuos Agrícolas de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis*). *Publicaciones e Investig.* **2017**, *11* (1), 13–36. <https://doi.org/10.22490/25394088.2251>.
- (20) Feijoo, G.; Moreira, M. T. *Analisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono*; 2020.
- (21) Chen, W.; Geng, Y.; Hong, J.; Dong, H.; Cui, X.; Sun, M.; Zhang, Q. Life Cycle Assessment of Gold Production in China. *J. Clean. Prod.* **2018**, *179*, 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.114>.
- (22) Farjana, S. H.; Huda, N.; Mahmud, M. A. P.; Lang, C. Comparative Life-Cycle Assessment of Uranium Extraction Processes. *J. Clean. Prod.* **2018**, *202*, 666–683. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.105>.
- (23) Cardona Trujillo, H.; Carmona García, U. F. Análisis Del Ciclo de Vida de La Explotación de Carbón En La Cuenca Del Sinifaná, Antioquia. *Prod. + Limpia* **2017**, *12* (1), 33–40. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n1a3>.
- (24) Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica [INTECO]. INTE-ISO 14064-1:2006 Gases de Efecto Invernadero — Parte 1 : Especificación Con Orientación , a Nivel de Las Organizaciones , Para La Cuantificación y El Informe de Las Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero. **2006**, 1–34.
- (25) Amoako, Y. K.; Gordon, C.; Sakyi, P. A.; Gyimah, R. Carbon Footprint of the Large Scale Gold Mining Industry of Ghana. *West African J. Appl. Ecol.* **2018**, *26*, 242–260.
- (26) Martinez, A.; Chargoy, J. P.; Puerto, M.; Suppen, N.; Rojas, D. Huella de Agua (ISO 14046) En América Latina Análisis y Recomendaciones Para Una Coherencia Regional. *Cent. Análisis Ciclo Vida y Diseño Sustentable CADIS, Embajada Suiza en Colomb. Agencia Suiza para la Coop. y el Desarro. COSUDE* **2016**, No. Iso 14046, 90.

- (27) Boynton, K.; Berkley, M.; Perkins, S.; Albert-Green, S. Geothermal Energy in Mining - A Renewable and Reliable Energy Solution. *Trans. - Geotherm. Resour. Counc.* **2018**, *42*, 2092–2108.
- (28) CONAMA. Huella Hidrica: Lanueva Norma Interncional ISO 14046:2014 y Su Implementación. *Congr. Nac. del Medio Ambient.* **2014**.
- (29) Navarrete Arratia, N. A. Disponibilidad Actual y Futura de Los Recursos Híbridos, y Uso Eficiente Del Agua En La Minería Chilena. **2019**.
- (30) Hoekstra, A.; Chapagain, A.; Aldaya, M.; Mekonnen, M. *Manual de Evaluación de La Huella Hídrica*; 2009.
- (31) Ariza Camacho, W.; Arevalo Uribe, D. Estimación de La Huella Hídrica Azul y Verde de La Producción Cafetera En Ocho Cuencas En El Sur Del De Partamento Del Huila. *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.* **2018**, *9* (2), 337.
- (32) IICA. *Guía Metodológica Para La Evaluación de La Huella Hídrica En Una Cuenca Hidrográfica*; 2017.
- (33) Ibáñez Forés, V.; Bovea, M. D.; Hernández-Górriz, L. Measurement of Circularity in Organizations: Proposal of Indicators and Case Study. **2020**, No. July, 932–941.
- (34) WBCSD. Indicadores de Transición Circular v1.0 Metricas Para Empresas Realizadas Por Empresas. *Indicadores Transic. Circ.* **2020**, *1*, 1–52.
- (35) CTFE. Factor de Emisión de CO2 Del Sistema Nacional Interconectado Del Ecuador. *Com. Tec. Determ. Factores Emisión Gases Ef. invernadero* **2013**, *53* (9), 1689–1699.
- (36) Chantelau, E.; Mayer, D. *Meeting Report: 3rd International Workshop on Insulin & Cancer Heidelberg, Germany, October 30-31, 2010*; 2010; Vol. 2. <https://doi.org/10.1186/1758-5996-2-73>.
- (37) Zapata, G.; Carlos Cante; Jorge Valencia; Sandoval, W. *Guia Metodológica Para La Evaluación de La Huella Hidrica Del Sector Minero Colombiano*; 2016.
- (38) Arias Lorenzo, D. M. Determinación de La Huella de Carbono En Las Actividades Administrativas Correspondiente a La Municipalidad Distrital de Carhuamayo – Provincia de Junín, Para Controlar La Emisión de Gases de Efecto Invernadero - 2018. *Ucv* **2014**, 0–116.
- (39) Bustos Donoso, J. F. Análisis de La Huella de Carbono En Una Empresa Minera Del Cobre En Chile (Analysis of the Carbon Footprint in a Copper Mining Company of Chile). **2011**, 188.
- (40) Brentrup, F.; Hoxha, A.; Christensen, B. Carbon Footprint Analysis of Mineral Fertilizer Production in Europe and Other World Regions. *10th Int. Conf. Life Cycle Assess. Food* **2016**, No. October 2016, 482–490.
- (41) Guallasamin Constante, K.; Simón-Baile, D. Huella de Carbono Del Cultivo de Rosas En Ecuador Comparando Dos Metodologías: GHG Protocol vs. PAS 2050/ Carbon Footprint of the Cultivation of Roses in Ecuador Comparing Two

Methodologies: GHG Protocol vs. PAS 2050. *Let. Verdes. Rev. Latinoam. Estud. Socioambientales* **2018**, No. 24, 27–56.  
<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3091>.

- (42) Alvarez Pugliese, E. C. Aproximación a La Estimación de La Huella Hídrica Minera En El Municipio de Suarez (Cauca), 2018.
- (43) Jumbo Pacheco, P. X.; Nieto Monteros, D. A. Tratamiento Químico y Biológico de Efluentes Mineros Cianurados a Escala Laboratorio Procedentes Del Sector Minero de Ponce Enríquez. *Maskana* **2014**, No. 10, 84.
- (44) Valencia, M. Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador. *Cent. innovación y Econ. Circ. CIEC* **2021**, 6 (11), 212.
- (45) Zamora, G.; Hinojosa, O. Economía Circular-Caso de Estudio: Producción Minera de Concentrados de Pb-Ag-Zn. *Rev. medio Ambient. Min. y minería* **2019**, 4 (2519), 17.
- (46) Lèbre, É.; Corder, G.; Golev, A. The Role of the Mining Industry in a Circular Economy: A Framework for Resource Management at the Mine Site Level. *J. Ind. Ecol.* **2017**, 21 (3), 662–672. <https://doi.org/10.1111/jiec.12596>.
- (47) Kewan Bond Pty. Appendix N Greenhouse Gas Assessment. *Greenh. GAS Assess. BALMORAL* **2008**, No. BALMORAL SOUTH IRON ORE PROJECT.
- (48) City of Winnipeg. Emission Factors in Kg CO<sub>2</sub>-Equivalent per Unit. *WSTP South End Plant Process Sel. Rep.* **2011**, 1366–1393.

## CAPÍTULO V

### Anexos

#### Mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”



**Ilustración 1.** Entrada a la mina



**Ilustración 2.** Parte interna de la mina. Demostración de barreno ue utilizan para perforar para la voladura.



**Ilustración 3.** Dinamitas usadas para la explosión utilizar en voladuras.



**Ilustración 4.** Material obtenido luego de la voladura de las rocas

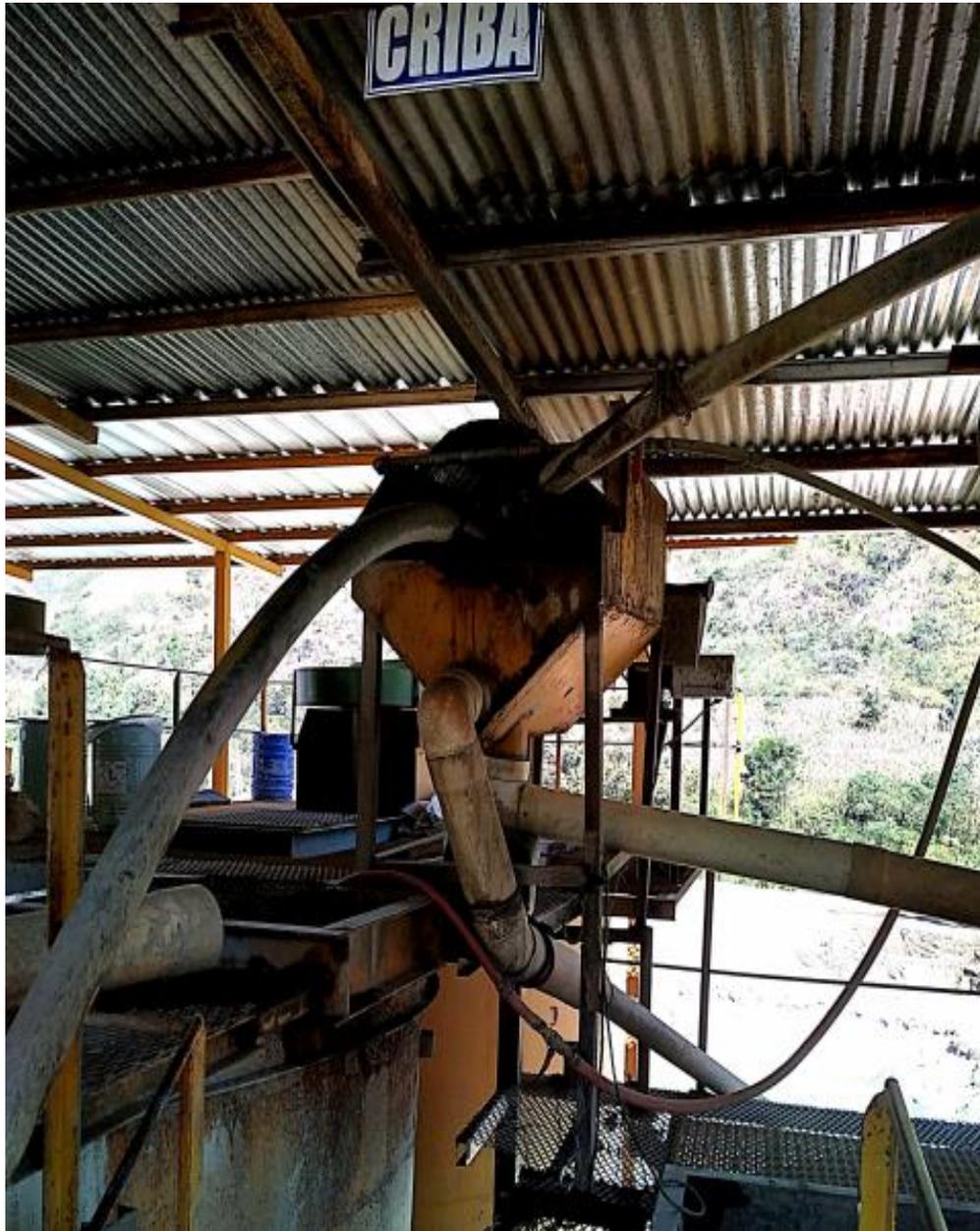
**Planta de beneficio “Virgen de la Nube”**



**Ilustración 5.** Relaveras y residuos de material para exportar



**Ilustración 6.** Agitador (existen 4 en toda la planta)



**Ilustración 7. Criba**



**Ilustración 8.** Canales con sus respectivas balletas



**Ilustración 9.** Molinos chilenos (constan de 10 molino en la planta)



**Ilustración 10.** Piscinas de sedimentación. Recirculación de agua



**Ilustración 11.** Área de Elución, electrolisis y fundición



**Ilustración 12.** Área de flotación



**Ilustración 13.** Celdas de cianuración



**Ilustración 14.** Aplicación de cianuro a concentrado



**Ilustración 15.** Celdas de elución con su respectivo tanque de almacenamiento de agua para la recirculación



**Ilustración 16.** Área de fundición

Factores de emisión							
DESCRIPCION	FACTOR DE EMISION CO <sub>2</sub>	Factor de Emisión kg CH <sub>4</sub> /TJ	Factor de Emisión kg N O <sub>2</sub> /TJ	PCG CH <sub>4</sub>	PCG N <sub>2</sub> O	UNIDADES	REFERENCIA
Diésel	70395	3,7	3,71	28	265	kg CO <sub>2</sub> /TJ	2
GLP	73300	3	0,6			kg CO <sub>2</sub> /TJ	2
Lubricante	63100	1	0,1			kg CO <sub>2</sub> /TJ	2
Energía Eléctrica	0,5475	-	-	-	-	tCO <sub>2</sub> / MWh	2
Hoja de papel	0,00184	-	-	-	-	tCO <sub>2</sub> eq/kg	2
Explosivos	0,17	-	-	-	-	tCO <sub>2</sub> eq/kg	47
Nitrato de amonio	0,34	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	2
Cartón	0,001	-	-	-	-	tCO <sub>2</sub> eq/t	2
Caucho	3,18	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	48
Acero	0,001	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	
Residuos orgánicos	0,007	-	-	-	-	tCO <sub>2</sub> eq/t	2
Polipropileno gra	1,95	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	47
Cianuro	0,964378	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	2
Cal (CaO)	0,7665	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	2
Lana de acero (mallas)	1,46	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	2
Hidróxido de sodio (soda caustica)	1,42	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	2
Carbono activado	5,27	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	48
Cantidad de Alcohol	1,47	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	48
Cantidad de arenas (residuos)	0,04	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	2
Oxígeno industrial	0,18	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	2
Cloruro de Sodio (NaCl)	0,1	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	2
Borax	1,65	-	-	-	-	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	48
Plásticos	1,58	-	-	-	-	tCO <sub>2</sub> eq/t	2

**Anexo 1. Factores de emisión**  
**Fuente:** Elaboración propia

Base de datos de Etapa I: Excavación (Consumos)			Cantidad (masa o volumen mensual aproximados) 2020-2021													
Alcance según norma	Etapa I: Excavación (Consumos)	Especificación (sitio de consumo)	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
A1	Diesel	Camionetas	99	56	69	69	87	99	58	87	56	99	58	99	87	L
		Volqueta	560	248	248	473	392	560	248	392	248	248	473	560	392	L
A1	Cantidad de GLP	20kg/(0,54kilos/lit) cocina	1110,9	666,54	666,54	666,54	888,72	1110,9	666,54	888,72	666,54	1110,9	888,72	1110,9	1110,9	L
A1	Cantidad lubricante usado	Equipo de remoción perforadora	107	60	45	75	90	107	45	90	60	107	75	107	90	L
A2	Cantidad energia electrica usada	Luminarias y energfa	19348	3276	2407	2157	3457	2217	7432	33110	20045	44692	38956	34774	39654	kWh
A2	Cantidad agua subterranea uso personal	Alimentacion y aseo	155	84,2	69,2	111,2	96,2	155	69,2	90,2	84,2	155	105,2	155	90,2	m <sup>3</sup>
A2	Cantidad agua subterranea usada para el proceso		31,08	17,76	13,32	22,2	36,64	31,08	13,32	26,64	17,76	31,08	22,2	31,08	26,64	m <sup>3</sup>
A2	Cantidad agua para limpieza de equipos usada	Lavado de equipos	14,7	7,2	4,5	10,5	10,8	14,7	4,5	10,8	7,2	14,7	10,5	14,7	10,8	m <sup>3</sup>
A3	Cantidad neumáticos	Equipo de remoción	40													Un
A3	Cantidad TNT introducida	Emulnor 3000 1x7 (masilla)	3160	5864	6996	5340	5340	3207	3980	2860	7560	1200	1820	1820	4468	Uni
		Explogel III 1x7 (dinamita)	2160	3240	2000	2467	2474	2000	2868	2151	3120	2498	4420	1300	2558	Uni
		Mecha de seguridad negra	307,12	427,11	417,27	48,05	383,33	405,87	220,16	125,08	230,31	70,47	86	64,74	72,86	kg
		NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> saco de(50kg)	5250	3000	2250	3750	4500	5250	2250	4500	3000	5250	3750	5250	4500	kg
		Fulminante 8-47MM	4,57	18,54	18,03	12,19	14,36	17,4	9,28	4,86	6,61	7,57	16,03	4,57	5,76	kg
A3	Cantidad de Saquillos	Saquillos para enfundar el NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	420	240	180	150	360	420	180	360	120	210	150	210	300	Uni
A3	Cantidad de periódico	Periódico para NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> A2 (52 g/m2)	105000	60000	45000	75000	90000	105000	45000	90000	60000	105000	75000	105000	90000	Hojas
A3	Cantidad piezas de repuesto	Equipo de remoción barreno	21	12	9	15	12	21	9	18	12	14	15	21	18	Uni
		Rulimanes de chanchas	112	64	48	80	96	112	48	96	64	112	80	112	96	Uni
A3	Cantidad de papel	Oficina A4 (75 g/m2)	500	200	100	500	300	500	100	300	250	500	200	500	350	Uni
<b>RESIDUOS Y EFLUENTES DE LA ETAPA DE EXCAVACION</b>																
Cantidad llantas de equipos abandonadas			7													Uni
Cantidad residuos domésticos de las operaciones			5,4	4	4	4	5,4	5,4	4	5,4	4	4	5,4	4	5,4	m <sup>3</sup>
Cantidad agua para limpieza de equipos no recuperada			45,78	24,96	17,82	32,7	47,44	45,78	17,82	37,44	24,96	45,78	32,7	45,78	26,64	m <sup>3</sup>
Cantidad de cartón 25kg canal 8mm (600x400x200mm)			37	57	57	33	50	41	38	26	53	18	29	15	37	Uni
Cantidad agua de uso alimenticio y aseo personal			Consta de 3 pozos sépticos solo para aguas servidas (10 m3)													
<b>CANTIDAD DE MATERIAL PROCESADO</b>																
Cantidad de material extraído (toneladas)			2520	1440	1080	1500	1800	2520	900	2160	1200	2100	1800	2100	2160	Ton

**Anexo 2.** Formulario diseñado para Etapa I: Excavación de mina la mina Asociación comunitaria minera “El Porvenir”.

**Fuente:** Elaboración propia

Base de datos de Etapa II: Extracción (consumos)			Cantidad (masa o volumen mensual aproximados) 2020-2021													
Alcance según norma	Etapa II: Extracción (consumos)	Especificación (sitio de consumo)	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
A1	Cantidad de diésel	Camionetas	100	130	70	95	149	248	100	248	100	149	70	99	248	L
		Volqueta	260	248	248	273	392	260	178	392	248	220	273	210	292	L
A1	Cantidad de lubricantes	Equipos de transporte de materiales	20						20						L	
A2	Cantidad de agua usada para molienda	Recirculación de agua	156	145	160	182	208	270	220	182	205	256	240	208	270	m <sup>3</sup>
A2	Cantidad energía eléctrica usada	Toda la planta (equipos)	1585 48,8	148021	143581	141810	152398	158573	163828	164132	145767	166414	160346	178505	1792 10	kWh
<b>RESIDUOS Y EFLUENTES DE LA ETAPA DE EXTRACCION</b>																
Derrame de lubricantes			3						5						L	
Llantas abandonadas			4												Un	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL PROCESADO</b>																
Cantidad de material total procesado en Planta (toneladas)			3000	2000	2500	2500	3000	3000	3000	2500	2500	3000	3000	3000	3000	Ton
Cantidad de material transportado de mina a planta (toneladas)			840	552	312	672	792	1008	288	672	552	264	648	359	456	Ton

**Anexo 3.** Formulario diseñado para Etapa II: Extracción en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”

**Fuente:** Elaboración propia

Base de datos de Etapa III: Concentración (consumos)			Cantidad (masa o volumen mensual aproximados) 2020-2021													
Alcance según norma	Etapa III: Concentración (consumos)	Especificación (sitios de consumo)	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
A3	Cianuro	Lixiviación	4000	1500	2000	4000	4000	4000	4000	1500	4000	3000	4000	4000	4000	kg
A3	Cal (CaO)	Lixiviación	4250	3750	3750	4250	4250	4250	4250	3750	4250	4000	4250	4250	4250	kg
A3	Espumante DOWFROTH 250 (Royal Chemical)	Flotación	90	60	30	60	90	90	60	30	60	90	60	90	90	L
A3	Xantato Z-6 (colector)	Flotación	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	kg
A3	Ditiofosfato - 208 (DT-208)	Flotación	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	L
A3	Ditiofosfato - 404 (DT-404)	Flotación	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	L
A3	Cantidad de diesel	Elución	560	480	250	400	480	560	560	250	480	560	480	560	560	L
A3	hidróxido de sodio (soda caustica)	Elución	2250	2000	2000	2000	2250	2250	2250	2000	2000	2250	2250	2250	2250	kg
A3	Cianuro	Elución	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	
A3	Carbono activado	Elución	7200	7200	7200	7200	9600	9600	9600	7200	7200	9600	9600	9600	9600	kg
A3	Cantidad de Alcohol	Elución	1363	1136	1136	1136	1363	1363	1363	1136	1136	1363	1363	1363	1363	m <sup>3</sup>
A3	Lana de acero (malla)	Extracción Electrolytica	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	kg
A2	Cantidad de agua Reactor de Elución y celda Electrolytica	Recirculación	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	m <sup>3</sup>
A2	Cantidad de agua	Lavado de malla	3,407	3,407	3,407	3,407	3,407	3,407	3,407	3,407	3,407	3,407	3,407	3,407	3,407	m <sup>3</sup>
A2	Cantidad de agua	Uso personal	145	85,7	72,5	111,2	95,6	165	70,5	90,2	87,2	155	135,2	165	95,2	m <sup>3</sup>
<b>RESIDUOS Y EFLUENTES DE LA ETAPA DE CONCENTRACION</b>																
Agua		Vertida al rio	145	85,7	72,5	111,2	95,6	165	70,5	90,2	87,2	155	135,2	165	95,2	m <sup>3</sup>
		Relavera	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407	123,407
Cantidad de arenas (residuos)		2 Relavera	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	Ton

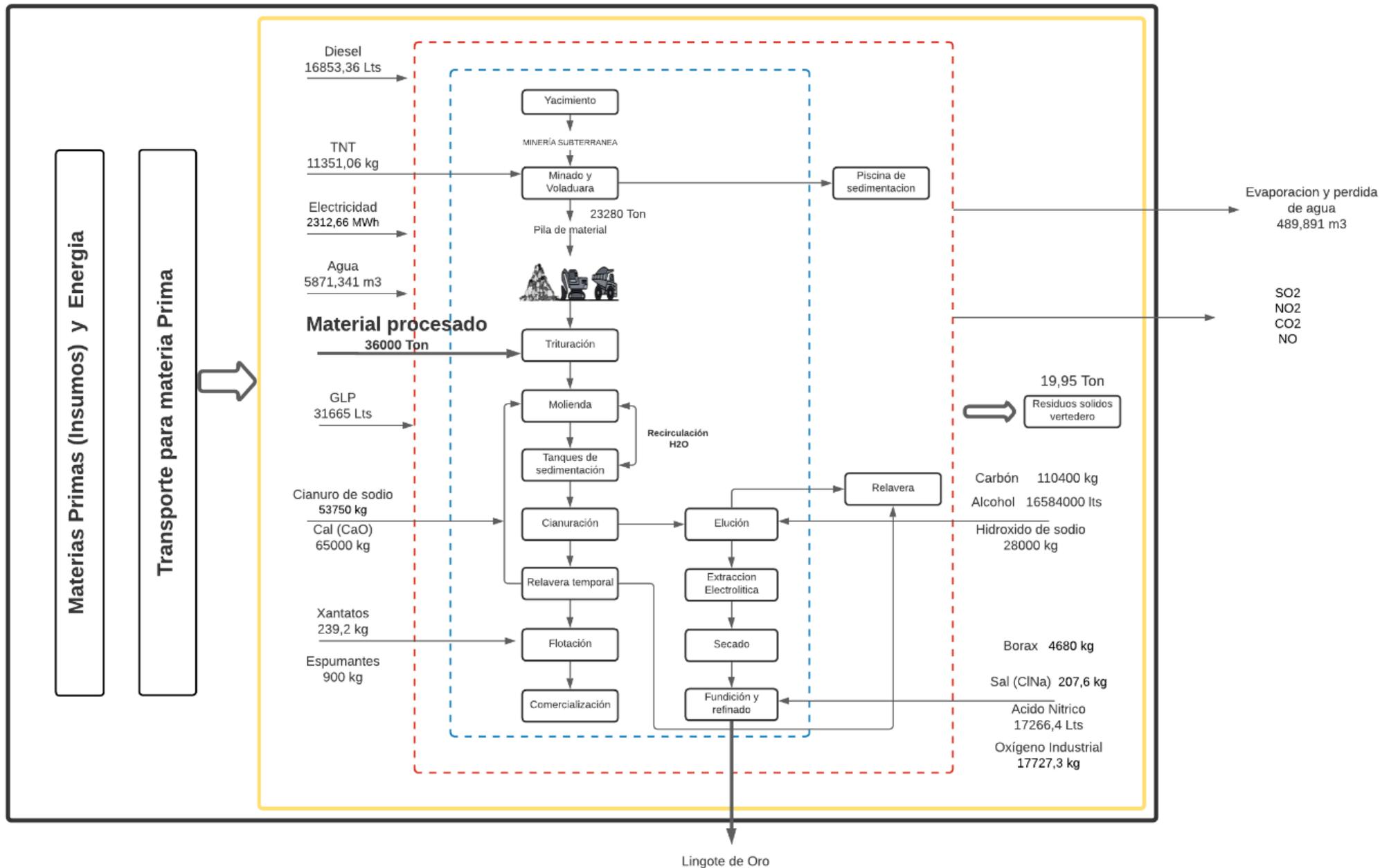
**Anexo 4.** Formulario diseñado para Etapa III: Concentración en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”

**Fuente:** Elaboración propia

Base de datos de Etapa IV: TRANSFORMACION (consumos)			Cantidad (masa o volumen mensual aproximados) 2020-2021													
Alcance según norma	Etapa IV: TRANSFORMACION (consumos)	Especificación (sitios de consumo)	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
A1	GLP (40lt)	Soplete	2400	1600	1200	1600	2400	2400	2400	1600	1200	2400	1600	2400	2400	L
A1	Oxigeno industrial	Fundición 50lb	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	Lb
A3	Cal (CaO)	Fundición	1000	750	750	750	1000	1000	1000	750	750	1000	750	1000	1000	kg
A3	Borax	Fundición	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	kg
A3	Cloruro de sodio	Fundición	18	13,6	13,6	13,6	18	18	18	13,6	13,6	18	13,6	18	18	kg
A1	Ácido Nítrico	Fundición	1493,6	1135,2	1135,2	1135,2	1493,6	1493,6	1493,6	1135,2	1135,2	1493,6	1135,2	1493,6	1493,6	Lts
A2	Cantidad de agua	Lavado de dore	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m <sup>3</sup>
A2	Cantidad de agua	Tinas	3,75	2,25	2,25	2,25	3,75	3,75	3,75	2,25	2,25	3,75	2,25	3,75	3,75	m <sup>3</sup>
A3	Cantidad de papel bond	Oficina A4 (75 g/m2)	500	500	500	500	500	1000	500	500	500	500	500	500	500	Uni
A3	Cantidad de tinta de impresión		0,28			0,28			0,28			0,28			L	
A3	Cantidad de fotocopiadoras		1													Uni
RESIDUOS Y EFLUENTES DE LA ETAPA DE CONCENTRACION																
Agua	Vertida al rio		7,75	6,25	6,25	6,25	7,75	7,75	7,75	6,25	6,25	7,75	6,25	7,75	7,75	m <sup>3</sup>
Papel bond desechado			100	100	100	100	100	200	100	100	100	100	100	100	100	Uni
Papel bond reciclado			200	100	100	100	200	200	100	100	100	100	100	100	200	Uni
Botellas plásticas 1/2 L			200	100	200	150	100	400	100	100	200	100	400	100	300	Uni
Botellas plásticas 1 L			30	20	25	20	20	30	20	35	20	30	25	30	30	Uni
Botellas plásticas 3 L			10	20	30	20	10	20	30	25	30	30	30	20	30	Uni
Cantidad residuos generales			4,5	3,5	4,5	4	5,4	3,5	4	5,4	3,5	4,5	5,4	4,5	5,4	m <sup>3</sup>

**Anexo 5.** Formulario diseñado para Etapa IV: Transformación en la Planta de beneficio “Virgen de la Nube”

**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo 6.** Límite del sistema basado en ICV de la unidad minera  
**Fuente:** Elaboración propia

Calculo de Huella de Carbono de mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir". ALCANCE 1																		
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades		
A1	Cantidad de Diésel	Camionetas	99	56	69	69	87	99	58	87	56	99	58	99	87	L		
		Volqueta	560	248	248	473	392	560	248	392	248	248	473	560	392	L		
		Total mensual de diésel (gal)	659,00	304,00	317,00	542,00	479,00	659,00	306,00	479,00	304,00	347,00	531,00	659,00	479,00	L		
		Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	1,675	0,773	0,806	1,378	1,218	1,675	0,778	1,218	0,773	0,882	1,350	1,675	1,218	tCO <sub>2</sub> eq		
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades		
A1	Cantidad de GLP	20kg/(0,54kilos/lt) cocina	1110,9	666,54	666,54	666,54	888,72	1110,9	666,54	888,72	666,54	1110,9	888,72	1110,9	1110,9	L		
		Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	1,858	1,115	1,115	1,115	1,487	1,858	1,115	1,487	1,115	1,858	1,487	1,858	1,858	tCO <sub>2</sub> eq		
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades		
A1	Cantidad lubricante usado	Equipo de remoción perforadora	107	60	45	75	90	107	45	90	60	107	75	107	90	L		
		Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	0,282	0,158	0,118	0,197	0,237	0,282	0,118	0,237	0,158	0,282	0,197	0,282	0,237	tCO <sub>2</sub> eq		
<b>Alcance 1_ Emisiones mensuales</b>						<b>Alcance 1_ Emisiones anual</b>												
		<b>(tCO<sub>2</sub>eq/kg)</b>	<b>Cantidad de Diésel</b>	<b>Cantidad de GLP</b>	<b>Cantidad lubricante usado</b>	<b>Emisiones tCO<sub>2</sub>eq</b>												
		<b>Jul</b>	1,675	1,858	0,282	<b>Cantidad de Diésel</b>	15,42	<b>Emissiones tCO<sub>2</sub>eq</b>	41,1%									
		<b>Ago</b>	0,773	1,115	0,158	<b>Cantidad de GLP</b>	19,33	<b>Emissiones tCO<sub>2</sub>eq</b>	51,5%									
		<b>Sep</b>	0,806	1,115	0,118	<b>Cantidad lubricante usado</b>	2,78	<b>Emissiones tCO<sub>2</sub>eq</b>	7,4%									
		<b>Oct</b>	1,378	1,115	0,197													
		<b>Nov</b>	1,218	1,487	0,237													
		<b>Dic</b>	1,675	1,858	0,282													
		<b>Ene</b>	0,778	1,115	0,118													
		<b>Feb</b>	1,218	1,487	0,237													
		<b>Mar</b>	0,773	1,115	0,158													
		<b>Abr</b>	0,882	1,858	0,282													
		<b>May</b>	1,350	1,487	0,197													
		<b>Jun</b>	1,675	1,858	0,282													
		<b>Jul</b>	1,218	1,858	0,237													
		<b>Total</b>	15,419	19,327	2,784													

**Anexo 7 .** Calculo de Alcance 1 de la mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir".

Fuente: Elaboración propia

Calculo de Huella de Carbono de mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir". ALCANCE 2																
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
A2	Cantidad energía eléctrica usada	Luminarias y energía	19348	3276	2407	2157	3457	2217	7432	33110	20045	44692	38956	34774	39654	kWh
		Total mensual de consumo de energía	19,35	3,28	2,41	2,16	3,46	2,22	7,43	33,11	20,05	44,69	38,96	34,77	39,65	MWh
		FE (tCO <sub>2</sub> / MWh)	10,59	1,79	1,32	1,18	1,89	1,21	4,07	18,13	10,97	24,47	21,33	19,04	21,71	tCO <sub>2</sub> / MWh
														<b>TOTAL=</b>	137,71	Emisiones (tCO <sub>2</sub> eq)

Meses	Cantidad energía eléctrica usada MWh	Factor de Emisión (tCO <sub>2</sub> / MWh)	Emisiones tCO <sub>2</sub> eq	Porcentaje de emisiones por mes
Jul	19,35	0,5475	10,59	7,69%
Ago	3,28	0,5475	1,79	1,30%
Sep	2,41	0,5475	1,32	0,96%
Oct	2,16	0,5475	1,18	0,86%
Nov	3,46	0,5475	1,89	1,37%
Dic	2,22	0,5475	1,21	0,88%
Ene	7,43	0,5475	4,07	2,95%
Feb	33,11	0,5475	18,13	13,16%
Mar	20,05	0,5475	10,97	7,97%
Abr	44,69	0,5475	24,47	17,77%
May	38,96	0,5475	21,33	15,49%
Jun	34,77	0,5475	19,04	13,83%
Jul	39,65	0,5475	21,71	15,77%
Total	251,53	-	137,71	100%

Anexo 8. Calculo de Alcance 2 de la mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir".

Fuente: Elaboración propia

Calculo de Huella de Carbono de mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir". ALCANCE 3. Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por consumo de papel																
A3	Cantidad de papel	Oficina A4 (75 g/m <sup>2</sup> )	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
						500	200	100	500	300	500	100	300	250	500	200
		Total mensual de consumo de papel A4	23,39	9,36	4,68	23,39	14,03	23,39	4,68	14,03	11,69	23,39	9,36	23,39	16,37	kg
		FE (tCO <sub>2</sub> eq/kg)	0,04	0,02	0,01	0,04	0,03	0,04	0,01	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	
A3	Cantidad de periódico	Periódico para NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> A2 (52 g/m <sup>2</sup> )	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
		Total mensual de consumo de papel A2	27275,6484	15586,0848	11689,5636	19482,606	23379,1272	27275,6484	11689,5636	23379,1272	15586,0848	27275,6484	19482,606	27275,6484	23379,1272	kg
		FE (tCO <sub>2</sub> eq/kg)	50,19	28,68	21,51	35,85	43,02	50,19	21,51	43,02	28,68	50,19	35,85	50,19	43,02	tCO <sub>2</sub> eq/kg
Cantidad de papel (tCO <sub>2</sub> eq)																
Hoja A4							Hoja A2									
Meses	Factor de Emisión (tCO <sub>2</sub> eq/k)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Unidades	Peso en kg	Emisión (tCO <sub>2</sub> eq)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Unidades	Peso en kg	Emisión (tCO <sub>2</sub> eq)	TOTAL DE CONSUMO	% Emisión mensual			
Jul	0,00184	75	0,06237	500	23,39	0,04	52	0,499554	105000	27275,648	50,19	50,23	10,0%			
Ago	0,00184	75	0,06237	200	9,36	0,02	52	0,499554	60000	15586,084	28,68	28,70	5,7%			
Sep	0,00184	75	0,06237	100	4,68	0,01	52	0,499554	45000	11689,563	21,51	21,52	4,3%			
Oct	0,00184	75	0,06237	500	23,39	0,04	52	0,499554	75000	19482,606	35,85	35,89	7,1%			
Nov	0,00184	75	0,06237	300	14,03	0,03	52	0,499554	90000	23379,127	43,02	43,04	8,6%			
Dic	0,00184	75	0,06237	500	23,39	0,04	52	0,499554	105000	27275,648	50,19	50,23	10,0%			
Ene	0,00184	75	0,06237	100	4,68	0,01	52	0,499554	45000	11689,563	21,51	21,52	4,3%			
Feb	0,00184	75	0,06237	300	14,03	0,03	52	0,499554	90000	23379,127	43,02	43,04	8,6%			
Mar	0,00184	75	0,06237	250	11,69	0,02	52	0,499554	60000	15586,084	28,68	28,70	5,7%			
Abr	0,00184	75	0,06237	500	23,39	0,04	52	0,499554	105000	27275,648	50,19	50,23	10,0%			
May	0,00184	75	0,06237	200	9,36	0,02	52	0,499554	75000	19482,606	35,85	35,87	7,1%			
Jun	0,00184	75	0,06237	500	23,39	0,04	52	0,499554	105000	27275,648	50,19	50,23	10,0%			
Jul	0,00184	75	0,06237	350	16,37	0,03	52	0,499554	90000	23379,127	43,02	43,05	8,6%			
<b>Total</b>	-	-	-	-	-	0,37	-	-	-	-	501,87	502,24	100,0%			
<b>Emisiones tCO<sub>2</sub>eq</b>																
<b>Hoja A4</b>	0,37	0,07%														
<b>Hoja A2</b>	501,87	99,93%														
<b>Total</b>	502,24	tCO <sub>2</sub> eq														

**Anexo 9.** Calculo de Alcance 3\_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por consumo de papel de la mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir".

**Fuente:** Elaboración propia

Calculo de Huella de Carbono de mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir". ALCANCE 3. Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero																
por consumo de insumos																
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
A3	Cantidad TNT introducida	Emulnor 3000 1x7 (masilla)	303,85	563,85	672,69	513,46	513,46	308,33	382,69	275,00	726,92	115,38	175,00	175,00	429,60	kg
		Explogel III 1x7 (dinamita)	207,69	311,54	192,31	237,18	237,88	192,31	275,78	206,84	300,00	240,17	425,00	125,00	245,97	kg
		Mecha de seguridad negra	307,12	427,11	417,27	48,05	383,33	405,87	220,16	125,08	230,31	70,47	86	64,74	72,86	kg
		Fulminante 8-47MM	4,57	18,54	18,03	12,19	14,36	17,4	9,28	4,86	6,61	7,57	16,03	4,57	5,76	kg
Tota de TNT introducida			823,23	1321,03	1300,30	810,88	1149,04	923,91	887,91	611,78	1263,84	433,59	702,03	369,31	754,20	kg
			0,82323	1,32103	1,30030	0,81088	1,14904	0,92391	0,88791	0,61178	1,26384	0,43359	0,70203	0,36931	0,75420	ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)			0,140	0,225	0,221	0,138	0,195	0,157	0,151	0,104	0,215	0,074	0,119	0,063	0,128	tCO <sub>2</sub> eq/t
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> saco de(50kg)			5250	3000	2250	3750	4500	5250	2250	4500	3000	5250	3750	5250	4500	kg
Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq			1,785	1,02	0,765	1,275	1,53	1,785	0,765	1,53	1,02	1,785	1,275	1,785	1,53	tCO <sub>2</sub> eq/t

Cantidad de insumos (tCO <sub>2</sub> eq)								
Meses	Cantidad TNT			Nitrito de amonio			Total	% Emisión tCO <sub>2</sub> eq/t
	kg	FE tCO <sub>2</sub> eq/t	Emisión tCO <sub>2</sub> eq	kg	FE tCO <sub>2</sub> eq/t	Emisión tCO <sub>2</sub> eq		
Jul	823,23	0,17	0,14	5250	0,34	1,79	1,92	0,097
Ago	1321,03	0,17	0,22	3000	0,34	1,02	1,24	0,063
Sep	1300,30	0,17	0,22	2250	0,34	0,77	0,99	0,050
Oct	810,88	0,17	0,14	3750	0,34	1,28	1,41	0,071
Nov	1149,04	0,17	0,20	4500	0,34	1,53	1,73	0,087
Dic	923,91	0,17	0,16	5250	0,34	1,79	1,94	0,098
Ene	887,91	0,17	0,15	2250	0,34	0,77	0,92	0,046
Feb	611,78	0,17	0,10	4500	0,34	1,53	1,63	0,083
Mar	1263,84	0,17	0,21	3000	0,34	1,02	1,23	0,062
Abr	433,59	0,17	0,07	5250	0,34	1,79	1,86	0,094
May	702,03	0,17	0,12	3750	0,34	1,28	1,39	0,070
Jun	369,31	0,17	0,06	5250	0,34	1,79	1,85	0,093
Jul	754,20	0,17	0,13	4500	0,34	1,53	1,66	0,084
Total	-	-	1,93	-	-	17,85	19,78	100%

Emisiones tCO <sub>2</sub> eq		
Cantidad TNT	1,93	9,8%
Nitrato de amonio	17,85	90,2%
Total de emisiones	19,78	100%

**Anexo 10.** Calculo de Alcance 3\_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por consumo de insumos de la mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir".

**Fuente:** Elaboración propia

Calculo de Huella de Carbono de mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir". ALCANCE 3. Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por generación y disposición final de residuos sólidos															
Cantidad de cartón		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Tota+C176:T1771 de cartón 25kg canal 8mm (600x400x200mm)		37	57	57	33	50	41	38	26	53	18	29	15	37	Uni
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)		0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)		0,00020	0,00031	0,00031	0,00018	0,00027	0,00022	0,00021	0,00014	0,00029	0,00010	0,00016	0,00008	0,00020	tCO <sub>2</sub> eq/t
Cantidad llantas de equipos abandonadas R15 9kg		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Peso en kg de llantas		7													Uni
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)		0,063													Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)		0,200340													tCO <sub>2</sub> eq/t
A3 Cantidad piezas de repuesto		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Equipo de remoción barreno		21	12	9	15	12	21	9	18	12	14	15	21	18	Uni
Total de remoción barreno		0,11	0,06	0,05	0,08	0,06	0,11	0,05	0,09	0,06	0,07	0,08	0,11	0,09	Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)		0,0011	0,0006	0,0005	0,0008	0,0006	0,0011	0,0005	0,0009	0,0006	0,0007	0,0008	0,0011	0,0009	tCO <sub>2</sub> eq/t
A3 Cantidad piezas de repuesto		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Rulimanes de chanchas		112	64	48	80	96	112	48	96	64	112	80	112	96	Uni
Total de rulemanes		0,003	0,002	0,001	0,002	0,003	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)		0,00003	0,00002	0,00001	0,00002	0,00003	0,00003	0,00001	0,00003	0,00002	0,00003	0,00002	0,00003	0,00003	tCO <sub>2</sub> eq/t
Cantidad residuos domésticos de las operaciones		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Total de residuos domésticos de las operaciones		5,4	4	4	4	5,4	5,4	4	5,4	4	4	5,4	4	5,4	m <sup>3</sup>
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)		1,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)		0,01071	0,00700	0,00700	0,00700	0,01071	0,01071	0,00700	0,01071	0,00700	0,00700	0,01071	0,00700	0,00700	tCO <sub>2</sub> eq/t
A3 Cantidad de Saquillos		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Saquillos para enfundar el NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		420	240	180	150	360	420	180	360	120	210	150	210	300	Uni
Total de saquillo		0,32	0,18	0,14	0,11	0,27	0,32	0,14	0,27	0,09	0,16	0,11	0,16	0,23	Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)		0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,0005	0,0006	0,0003	0,0005	0,0002	0,0003	0,0002	0,0003	0,0004	tCO <sub>2</sub> eq/t

Gases de Efecto Invernadero por generación y disposición final de residuos sólidos							
	Cartón	Barreno	Rulemanes	Residuos orgánicos	saquillos (PP)	Llantas	Total de consumo
<b>Jul</b>	0,00020	0,0011	0,00003	0,01071	0,001	0,20	0,012428
<b>Ago</b>	0,00031	0,0006	0,00002	0,00700	0,000		0,008001
<b>Sep</b>	0,00031	0,0005	0,00001	0,00700	0,000		0,007759
<b>Oct</b>	0,00018	0,0008	0,00002	0,00700	0,000		0,008011
<b>Nov</b>	0,00027	0,0006	0,00003	0,01071	0,001		0,011893
<b>Dic</b>	0,00022	0,0011	0,00003	0,01071	0,001		0,012430
<b>Ene</b>	0,00021	0,0005	0,00001	0,00700	0,000		0,007748
<b>Feb</b>	0,00014	0,0009	0,00003	0,01071	0,001		0,012179
<b>Mar</b>	0,00029	0,0006	0,00002	0,00700	0,000		0,007824
<b>Abr</b>	0,00010	0,0007	0,00003	0,00700	0,000		0,008051
<b>May</b>	0,00016	0,0008	0,00002	0,01071	0,000		0,011719
<b>Jun</b>	0,00008	0,0011	0,00003	0,00700	0,000		0,008399
<b>Jul</b>	0,00020	0,0009	0,00003	0,00700	0,000	0,008388	

Emisiones tCO <sub>2</sub> eq				
Tipo o Tratamiento de Residuo	Ton	FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)	Emisiones tCO <sub>2</sub> eq	%Emisión
Cartón	0,034	0,001	0,0003	0,08%
Barreno	0,99	0,01	0,0099	3,03%
Rulemanes	0,034	0,01	0,0003	0,10%
Residuos orgánicos	15,65	0,007	0,1096	33,69%
saquillos (PP)	2	1,95	0,0048	1,48%
Llantas	0,063	3,8	0,2003	61,61%
<b>TOTAL</b>	<b>19,240</b>	<b>-</b>	<b>0,3252</b>	<b>100,00%</b>

**Anexo 11.** Calculo de Alcance 3\_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero

por generación y disposición final de residuos sólidos de la mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir".

**Fuente:** Elaboración propia

Emisiones tCO <sub>2</sub> eq MINA		
	Emisiones tCO <sub>2</sub> eq	PORCENTAJES
<b>Alcance 1</b>	37,53	5%
<b>Alcance 2</b>	137,71	20%
<b>Alcance 3</b>	522,35	75%

**Anexo 12.** Emisiones tCO<sub>2</sub>eq de HC con su respectivo porcentaje de la mina Asociación comunitaria minera "El Porvenir".

**Fuente:** Elaboración propia

Calculo de Huella de Carbono de Planta de beneficio Virgen de la Nube. ALCANCE 1_Combustibles																
Etapa II de Extracción																
A1	Cantidad de Diésel	Camionetas	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
		Volqueta	100,0	130,0	70,0	95,0	149,0	248,0	100,0	248,0	100,0	149,0	70,0	99,0	248,0	L
		Total mensual de diésel	260,0	248,0	248,0	273,0	392,0	260,0	178,0	392,0	248,0	220,0	273,0	210,0	292,0	L
		Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	360,0	378,0	318,0	368,0	541,0	508,0	278,0	640,0	348,0	369,0	343,0	309,0	540,0	L
		0,9	1,0	0,8	0,9	1,4	1,3	0,7	1,6	0,9	0,9	0,9	0,8	1,4	tCO <sub>2</sub> eq	
		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
A1	Cantidad de lubricantes	Equipos de transporte de materiales	20,0					20,0					L			
		Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	0,1					0,1					tCO <sub>2</sub> eq			
Etapa III de Concentración																
A1	Cantidad de Diésel	Camionetas	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
		Volqueta	560,0	480,0	250,0	400,0	480,0	560,0	560,0	250,0	480,0	560,0	480,0	560,0	560,0	L
		Total mensual de diésel	260,0	248,0	248,0	273,0	392,0	260,0	178,0	392,0	248,0	220,0	273,0	210,0	292,0	L
		Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	820,0	728,0	498,0	673,0	872,0	820,0	738,0	642,0	728,0	780,0	753,0	770,0	852,0	L
		2,1	1,9	1,3	1,7	2,2	2,1	1,9	1,6	1,9	2,0	1,9	2,0	2,2	tCO <sub>2</sub> eq	
		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
A1	GLP	Soplete (40lt)	2400,0	1600,0	1200,0	1600,0	2400,0	2400,0	2400,0	1600,0	1200,0	2400,0	1600,0	2400,0	2400,0	L
		Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	4,0	2,7	2,0	2,7	4,0	4,0	4,0	2,7	2,0	4,0	2,7	4,0	4,0	tCO <sub>2</sub> eq

AREAS	EXTRACCION		CONCENTRACION	TRANSFORMACION
Meses	Cantidad de Diésel tCO <sub>2</sub> eq/kg	Cantidad lubricante usado tCO <sub>2</sub> eq/kg	Cantidad de Diésel tCO <sub>2</sub> eq/kg	Cantidad de GLP tCO <sub>2</sub> eq/kg
Jul	0,92	0,0053	2,08	4,01
Ago	0,96		1,85	2,68
Sep	0,81		1,27	2,01
Oct	0,94		1,71	2,68
Nov	1,38		2,22	4,01
Dic	1,29		2,08	4,01
Ene	0,71	0,0053	1,88	4,01
Feb	1,63		1,63	2,68
Mar	0,88		1,85	2,01
Abr	0,94		1,98	4,01
May	0,87		1,91	2,68
Jun	0,79		1,96	4,01
Jul	1,37	2,17	4,01	
Total	13,47	0,0106	24,59	42,82
TOTAL DE DIESEL			38,07	
Porcentaje	16,65%	0,01%	30,40%	52,93%

Total de combustible de la Planta de beneficio Virgen de la Nube			
Meses	TOTAL Cantidad de Diésel	Cantidad lubricante usado	Cantidad de GLP
Jul	3,0	0,0053	4,01
Ago	2,8		2,68
Sep	2,1		2,01
Oct	2,6		2,68
Nov	3,6		4,01
Dic	3,4		4,01
Ene	2,6	0,0053	4,01
Feb	3,3		2,68
Mar	2,7		2,01
Abr	2,9		4,01
May	2,8		2,68
Jun	2,7		4,01
Jul	3,5	4,01	

Alcance 1_ Emisiones anuales			
Cantidad de Diésel	38,07	Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	47,1%
Cantidad lubricante usado	0,01	Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	0,01%
Cantidad de GLP	42,82	Emissiones tCO <sub>2</sub> eq	52,9%

**Anexo 13.** Calculo de Alcance 1 de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube  
**Fuente:** Elaboración propia

Calculo de Huella de Carbono de Planta de beneficio Virgen de la Nube Alcance 2_ Consumo de energía Eléctrica de la Planta de beneficio Virgen de la Nube																
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
<b>A2</b>	<b>Cantidad energía eléctrica usada</b>	Luminarias y energía	158548,75	148021,00	143581,00	141810,00	152398,00	158573,00	163828,00	164132,00	145767,00	166414,00	160346,00	178505,00	179210,00	kWh
		Total mensual de consumo de energía	158,55	148,02	143,58	141,81	152,40	158,57	163,83	164,13	145,77	166,41	160,35	178,51	179,21	MWh
		FE (tCO <sub>2</sub> / MWh)	86,81	81,04	78,61	77,64	83,44	86,82	89,70	89,86	79,81	91,11	87,79	97,73	98,12	tCO <sub>2</sub> / MWh

Meses	Cantidad energía eléctrica usada MWh	FE tCO <sub>2</sub> / MWh	Porcentaje de Emisión
<b>Jul</b>	158,55	86,81	7,7%
<b>Ago</b>	148,02	81,04	7,2%
<b>Sep</b>	143,58	78,61	7,0%
<b>Oct</b>	141,81	77,64	6,9%
<b>Nov</b>	152,40	83,44	7,4%
<b>Dic</b>	158,57	86,82	7,7%
<b>Ene</b>	163,83	89,70	7,9%
<b>Feb</b>	164,13	89,86	8,0%
<b>Mar</b>	145,77	79,81	7,1%
<b>Abr</b>	166,41	91,11	8,1%
<b>May</b>	160,35	87,79	7,8%
<b>Jun</b>	178,51	97,73	8,7%
<b>Jul</b>	179,21	98,12	8,7%
<b>TOTAL</b>	2061,13	1128,47	100,0%

**Anexo 14.** Calculo de Alcance 2 de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube

**Fuente:** Elaboración propia

Calculo de Huella de Carbono de Planta de beneficio Virgen de la Nube. ALCANCE 3. Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por consumo de papel																
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
A3	Cantidad de papel bond	Oficina A4 (75 g/m2)	500	500	500	500	500	1000	500	500	500	500	500	500	500	Uni
		Total mensual de consumo de papel A4	23,3888	23,3888	23,3888	23,3888	23,3888	46,7775	23,3888	23,3888	23,3888	23,3888	23,3888	23,3888	23,3888	kg
		FE (tCO <sub>2</sub> eq/kg)	0,0430	0,0430	0,0430	0,0430	0,0430	0,0861	0,0430	0,0430	0,0430	0,0430	0,0430	0,0430	0,0430	tCO <sub>2</sub> eq/kg

Cantidad de papel bond Oficina A4 (75 g/m2)			
Meses	FE (tCO <sub>2</sub> eq/kg)	UNIDADES	Peso kg
Jul	0,04	500	23,39
Ago	0,04	500	23,39
Sep	0,04	500	23,39
Oct	0,04	500	23,39
Nov	0,04	500	23,39
Dic	0,09	1000	46,78
Ene	0,04	500	23,39
Feb	0,04	500	23,39
Mar	0,04	500	23,39
Abr	0,04	500	23,39
May	0,04	500	23,39
Jun	0,04	500	23,39
Jul	0,04	500	23,39
<b>Total</b>	<b>0,60</b>	<b>7000</b>	<b>327,44</b>

**Anexo 15.** Calculo de Alcance 3\_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por consumo de papel de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube

**Fuente:** Elaboración propia

**Calculo de Huella de Carbono de Planta de beneficio Virgen de la Nube ALCANCE 3. Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por consumo de insumos**

Etapa III de Concentración																	
		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades		
A3	Cianuro	Lixiviación	4000	1500	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	kg	
		Elación	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	
		total de cianuro	4750	2250	4750	4750	4750	4750	4750	4750	4750	4750	4750	4750	4750	0	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	4,5807955	2,1698795	2,6520395	4,5807955	4,5807955	4,5807955	4,5807955	2,1698795	4,5807955	3,6164175	4,5807955	4,5807955	4,5807955	0	
A3	Cal (CaO)	Lixiviación	4250	3750	4250	4250	4250	4250	4250	4250	4250	4250	4250	4250	4250	kg	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	3,257625	2,874375	2,874375	3,257625	3,257625	3,257625	3,257625	2,874375	3,257625	3,066	3,257625	3,257625	3,257625	0	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
			30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	kg	
A3	Lana de acero (malla)	Extracción Electrolytica	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
			30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	kg	
A3	Hidróxido de sodio (soda caustica)	Elación	2250	2000	2000	2000	2250	2250	2000	2000	2000	2250	2250	2250	2250	kg	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	3,195	2,84	2,84	2,84	3,195	3,195	2,84	2,84	2,84	3,195	3,195	3,195	3,195	0	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
			7200	7200	7200	7200	9600	9600	9600	7200	7200	9600	9600	9600	9600	kg	
A3	Carbono activado	Elación	7200	7200	7200	7200	9600	9600	9600	7200	7200	9600	9600	9600	9600	kg	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	37,944	37,944	37,944	37,944	50,592	50,592	50,592	37,944	37,944	50,592	50,592	50,592	50,592	0	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
			30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	kg	
A3	Cantidad de Alcohol	Elación	1363	1136	1136	1136	1363	1363	1136	1136	1136	1363	1363	1363	1363	m3	
		total de masa de alcohol	1063140	886080	886080	886080	1063140	1063140	1063140	886080	886080	1063140	1063140	1063140	1063140	kg	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	1562,8158	1302,5376	1302,5376	1302,5376	1562,8158	1562,8158	1562,8158	1302,5376	1302,5376	1562,8158	1562,8158	1562,8158	1562,8158	0	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
Cantidad de arenas (residuos)	2 Relavera	Elación	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	ton	
		cantidad de arena	600000	600000	600000	600000	600000	600000	600000	600000	600000	600000	600000	600000	600000	kg	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
Etapa IV de Transformación																	
A3	Oxigeno industrial	Fundición 50lb	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	Lb
		total de oxigeno	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	1363,636364	kg	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
A3	Cal (CaO)	Fundición	1000	750	750	750	1000	1000	1000	750	750	1000	1000	1000	1000	kg	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
			18	13,6	13,6	13,6	18	18	13,6	13,6	18	13,6	13,6	18	18	kg	
A3	Cloruro de Sodio (NaCl)	Fundición	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
			360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	kg	
A3	Borax	Fundición	0,0000	0,0000	2,8400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
		Emisiones en tCO <sub>2</sub> eq	0,0000	0,0000	2,8400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades	
			360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	kg	

ETAPAS	CONCENTRACION							TRANSFORMACION			
	Meses	Cianuro	Cal (CaO)	Lana de acero (mallas)	Hidróxido de sodio (soda caustica)	Carbono activado	Cantidad de Alcohol	Cantidad de arenas (residuos)	Cal (CaO)	Oxigeno industrial	Cloruro de Sodio (NaCl)
Jul	4,58	3,26	0,04	3,20	37,94	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Ago	2,17	2,87	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Sep	2,65	2,87	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,245
Oct	4,58	3,26	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Nov	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Dic	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Ene	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Feb	2,17	2,87	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Mar	4,58	3,26	0,04	2,84	37,94	1302,54	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Abr	3,62	3,07	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
May	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,575	0,245	0,00136	0,594
Jun	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
Jul	4,58	3,26	0,04	3,20	50,59	1562,82	24,00	0,767	0,245	0,0018	0,594
TOTAL	51,84	41,01	0,57	39,76	581,81	19015,21	312,00	8,81	3,19	0,02	7,37
TOTAL DE CaO	-	-	-	-	-	-	-	49,82	-	-	-

Emisiones tCO <sub>2</sub> eq total de los insumos		
Cianuro	51,84	0,26%
Cal (CaO)	49,82	0,25%
Lana de acero (mallas)	0,57	0,003%
Carbono activado	581,81	2,91%
Cantidad de Alcohol	19015,21	94,97%
Cantidad de arenas (residuos)	312,00	1,56%
Oxigeno industrial	3,19	0,02%
Cloruro de Sodio (NaCl)	0,02	0,0001%
Borax	7,37	0,04%
Total de Emisiones tCO <sub>2</sub> eq	20021,83	100%

**Anexo 16. Calculo de Alcance 3\_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por consumo de insumos de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube**

**Fuente:** Elaboración propia

Calculo de Huella de Carbono de Planta de beneficio Virgen de la Nube ALCANCE 3. Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por generación y disposición final de residuos solidos														
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Papel bond desechado	100	100	100	100	100	200	100	100	100	100	100	100	100	Uni
Papel bond reciclado	200	100	100	100	200	200	100	100	100	100	100	100	200	Uni
Total mensual de consumo de papel A4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	tCO <sub>2</sub> eq
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Botellas plásticas 1/2 L	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003	Ton
Botellas plásticas 1 L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Ton
Botellas plásticas 3 L	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	Ton
Total mensual de botellas	0,004	0,003	0,005	0,003	0,002	0,006	0,003	0,004	0,004	0,004	0,006	0,003	0,006	Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq)	0,006	0,005	0,007	0,005	0,004	0,009	0,006	0,006	0,007	0,006	0,010	0,005	0,009	tCO <sub>2</sub> eq
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Cantidad residuos generales	4,5	3,5	4,5	4	5,4	3,5	4	5,4	3,5	4,5	5,4	4,5	5,4	m3
Total de residuos generales	1	0,875	1	1	1,35	1	0,875	1,35	0,875	1	1,35	1	1,35	Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq/t)	0,0079	0,0061	0,0079	0,0070	0,0095	0,0070	0,0061	0,0095	0,0061	0,0079	0,0095	0,0079	0,0095	tCO <sub>2</sub> eq
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Unidades
Cantidad llantas de equipos abandonadas R15 9kg	4													Uni
Peso en kg de llantas	0,036													Ton
FE (tCO <sub>2</sub> eq)	0,1368													tCO <sub>2</sub> eq

Total de Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por generación y disposición final de residuos solidos				
Unidades	Ton	FE	Emisión tCO <sub>2</sub> eq	%
Consumo de papel A4	0,15	0,01	0,00145	0,45%
Llantas	0,036	3,8	0,1368	42,05%
Plásticos	0,0540	1,58	0,085	26,25%
Residuos generales	14,53	0,007	0,102	31,26%
	14,76	-	0,33	100,00%

**Anexo 17.** Calculo de Alcance 3\_ Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por generación y disposición final de residuos sólidos de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube

**Fuente:** Elaboración propia

Emisiones tCO <sub>2</sub> eq Planta de Beneficio Virgen de la Nube		
	Emisiones tCO <sub>2</sub> eq	PORCENTAJES
<b>Alcance 1</b>	80,90	0,4%
<b>Alcance 2</b>	1128,47	5,3%
<b>Alcance 3</b>	20022,16	94,3%

**Anexo 18.** Emisiones tCO<sub>2</sub>eq de HC con su respectivo porcentaje de la Planta de Beneficio Virgen de la Nube

**Fuente:** Elaboración propia