



# **Propuesta de un Modelo de Negocio para Refinación de Metales Preciosos a partir de Residuos Electrónicos.**

**Héctor Hernán Bautista Avella  
David Mauricio Valderrama Doza**

Universidad EAN  
Facultad de Ingeniería  
Maestría en Gerencia de Proyectos  
Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos  
Bogotá, Colombia  
2021

# **Propuesta de un Modelo de Negocio para Refinación de Metales Preciosos a partir de Residuos Electrónicos**

**Hector Hernán Bautista Avella  
David Mauricio Valderrama Doza**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**Magister en Gerencia de Proyectos**

**Magíster en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos**

**Director (a):**

Mauricio Sabogal Salamanca

**Modalidad:**

Trabajo Dirigido

Universidad EAN

Facultad Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá, Colombia

2021

## Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá D.C. 01 - octubre– 2021

## Agradecimientos

Los autores del presente documento expresan sus agradecimientos a:

La Universidad EAN por su nivel académico, formativo e intelectual.

A los compañeros de la unidad seminario de consultoría Internacional quienes con sus aportes contribuyeron a un adecuado desarrollo del estudio.

Al director del proyecto de grado Mauricio Sabogal Salamanca por su apoyo, dedicación y profesionalismo en los diferentes procesos metodológicos y académicos del proyecto.

## Resumen

El siguiente proyecto es una investigación, que tiene como objetivo establecer un método para la disposición final de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos bajo el concepto de economía circular. Para el año 2020 la compañía Sims LifeCycle Services planteo la necesidad de establecer una hoja de ruta para determinar las condiciones a nivel legal, ambiental y económico para el movimiento transfronterizo de RAEE entre países de Suramérica y Centroamérica, concluyendo que Colombia es uno de los pocos países de Latinoamérica que admite la importación de RAEE. Por otra parte, se determinó que en Latinoamérica no se cuenta con la infraestructura necesaria para el aprovechamiento de los recursos inmersos en los RAEE como lo son los metales estratégicos como el oro.

Lo que se busca con el desarrollo del modelo a plantear, es proporcionar una solución para el reuso de los metales presentes en los RAEE, presentado los requisitos necesarios para la construcción de la planta de refinación que permita la extracción de los metales estratégicos y su análisis de beneficio costo

**Palabras clave:** RAEE, Extracción, Metales, Economía Circular

# Abstract

The following project is an investigation, which aims to establish a method for the final disposal of waste electrical and electronic equipment under the concept of circular economy. By 2020, the Sims LifeCycle Services company raised the need to establish a roadmap to determine the legal, environmental and economic conditions for the transboundary movement of e-waste between countries in South and Central America, concluding that Colombia is one of the few Latin American countries that admit the import of e-waste. On the other hand, it was determined that Latin America does not have the necessary infrastructure for the use of resources immersed in e-waste such as precious metals such as gold.

What is sought with the development of the model to propose, is to provide a solution for the reuse of metals present in e-waste, presenting the necessary requirements for the construction of the refining plant that allows the extraction of metals and their analysis of cost benefit.

**Keywords:** E-waste, Extraction, Metals, Circular Economy

# Tabla de contenido

	<u>Pág.</u>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE SIGLAS .....</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
2.1.    OBJETIVO GENERAL.....	18
2.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>4. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>21</b>
4.1.    MODELO DE NEGOCIO .....	21
4.2.    METODOLOGÍAS DE MODELO DE NEGOCIO .....	24
4.3.    RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICO-RAEE .....	28
4.4.    COMPONENTES DE LOS RAEE.....	29
4.5.    CLASIFICACIÓN DE LOS RAEE.....	29
4.6.    MINERÍA URBANA .....	31
4.7.    EXTRACCIÓN DE METALES PRECIOSOS A PARTIR RAEE.....	33
4.8.    ANÁLISIS FINANCIERO .....	38
<b>5. MARCO INSTITUCIONAL .....</b>	<b>41</b>
5.1.    RESEÑA HISTÓRICA.....	41
5.2.    CONTEXTO MUNDIAL DEL RECICLAJE DE RAEE.....	42
5.3.    ¿CÓMO ESTÁ COLOMBIA? .....	44
5.4.    SUBCONTRATISTAS .....	47
5.5.    MERCADO .....	48
<b>6. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>50</b>
<b>7. DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL .....</b>	<b>51</b>
7.1.    ANÁLISIS DE DATOS.....	51
<b>8. MODELO DE NEGOCIO PROPUESTO .....</b>	<b>57</b>

8.1.	REQUISITOS AMBIENTALES .....	60
8.2.	REQUISITOS TRIBUTARIOS .....	67
8.3.	CARACTERIZACIÓN DE LOS CIRCUITOS IMPRESOS DE UN COMPUTADOR .....	69
8.4.	MODELO METALÚRGICO DE PRODUCCIÓN DE ORO, PLATA, PLATINO Y COBRE A PARTIR RAEE VALORIZADO .....	71
8.4.1.	ETAPA DE DESENSAMBLE .....	71
8.4.2.	ETAPA DE CORTE .....	72
8.4.3.	ETAPA DE MOLIENDA .....	73
8.4.4.	ETAPA DE SEPARACIÓN .....	74
8.4.5.	ETAPA DE LIXIVIACIÓN .....	75
8.4.6.	ETAPA DE INTERCAMBIO IÓNICO .....	77
8.4.7.	ETAPA DE ADSORCIÓN DESORCIÓN.....	79
8.4.8.	INFRAESTRUCTURA ALMACENAMIENTO Y OPERACIÓN .....	80
8.4.9.	OFICINAS ADMINISTRATIVAS .....	81
8.5.	ANÁLISIS ESCENARIOS .....	82
8.5.1	ESCENARIO 1 - FLUJO DE CAJA SEGÚN COTIZACIONES A LA BAJA Y TRM PROMEDIO DURANTE EL AÑO 2020 .....	84
8.5.2	ESCENARIO 2 - FLUJO DE CAJA SEGÚN COTIZACIONES Y TRM PROMEDIO DURANTE EL AÑO 2020. ....	86
8.5.3	ANÁLISIS DE ESCENARIO 3 .....	89
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES, CONCLUSIONES Y LIMITACIONES .....</b>	<b>94</b>
9.1.	RECOMENDACIONES .....	94
9.2.	CONCLUSIONES.....	95
9.3.	LIMITACIONES .....	96
<b>10.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>97</b>
<b>A.</b>	<b>ANEXO. CUESTIONARIO PERSONA JURÍDICA .....</b>	<b>101</b>
<b>B.</b>	<b>ANEXO. MODELO CANVA .....</b>	<b>106</b>
<b>C.</b>	<b>ANEXO. NÓMINA PARA ESCENARIO CON COTIZACIÓN A LA BAJA 2020.....</b>	<b>107</b>
<b>D.</b>	<b>ANEXO. FLUJO DE CAJA MÍNIMO 2020 .....</b>	<b>108</b>
<b>E.</b>	<b>ANEXO. NÓMINA PROPUESTA PARA ESCENARIO PROMEDIO AÑO 2020.....</b>	<b>110</b>
<b>F.</b>	<b>ANEXO. FLUJO DE CAJA EN EL ESCENARIO PROMEDIO 2020.....</b>	<b>111</b>
<b>G.</b>	<b>ANEXO. NÓMINA PROPUESTA PARA ESCENARIO PROMEDIO AÑO 2021 .....</b>	<b>113</b>
<b>H.</b>	<b>ANEXO. FLUJO DE CAJA EN EL ESCENARIO PROMEDIO 2021.....</b>	<b>114</b>

## Lista de figuras

	<u>Pág.</u>
Figura 1. Participación por categoría en la generación estimada de RAEE para el 2013.	15
Figura 2. Modelo Canvas .....	26
Figura 3. Modelo Joan Mareta.....	27
Figura 4. Residuos electrónicos generados a nivel mundial para el año 2019.....	44
Figura 5. Estudios desarrollados en Colombia sobre generación de RAEE.....	45
Figura 6. Proyecciones de participación por categoría en la generación de RAEE para 2014 en Colombia. ....	46
Figura 7. Materiales, aparatos, partes recuperadas y exportadas por gestores de RAEE. ....	46
Figura 8. Cadena de Valor del Reciclaje de RAEE .....	49
Figura 9. Importancia del reciclaje en Colombia .....	51
Figura 10. Importancia Gestión RAEE .....	52
Figura 11. Rango de Computadores por Compañía .....	52
Figura 12. Rango de CPU por Compañía .....	53
Figura 13. Rango de Portátiles por Compañía.....	53
Figura 14. Rango de Computadores renovados .....	54
Figura 15. Rango CPU Renovados .....	54
Figura 16. Rango de Portátiles Reemplazados.....	55
Figura 17. Etapas Proceso de Extracción de Metales Preciosos a partir RAEE .....	71
Figura 18. Proceso de Desensamble.....	71
Figura 19. Proceso de Corte.....	73
Figura 20. Proceso Molienda.....	74
Figura 21. Proceso Separación .....	74
Figura 22. Proceso LixiviaciónFuente: Elaboración propia .....	75
Figura 23. Proceso Intercambio Iónico .....	78
Figura 24. Proceso de adsorción desorción.....	79
Figura 25. Organigrama .....	82
Figura 26 Cotizaciones de oro y platino durante el año 2020. ....	83
Figura 27 Cotizaciones del gramo de plata y libra de cobre durante el año 2020. ....	83
Figura 28. Comparativos ingresos vs egresos según cotizaciones a la baja y TRM promedio durante el año 2020.....	85
Figura 29. Distribución porcentual de los ingresos mensuales según cotizaciones a la baja y TRM promedio durante el año 2020.....	86
Figura 30. Distribución porcentual de los egresos mensuales según cotizaciones a la baja y TRM promedio durante el año 2020. ....	86
Figura 31. Comparativos ingresos vs egresos según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2020. ....	88
Figura 32. Distribución porcentual de los ingresos mensuales según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2020.....	88

Figura 33 Distribución porcentual de los egresos mensuales según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2020. ....	89
Figura 34. Cotizaciones de oro y platino durante el año 2021. ....	89
Figura 35. Cotizaciones del gramo de plata y libra de cobre durante el año 2021. ....	90
Figura 36. Comparativos ingresos vs egresos según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2021. ....	92
Figura 37. Distribución porcentual de los ingresos mensuales según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2021. ....	92
Figura 38. Distribución porcentual de los ingresos mensuales según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2021. ....	93

## Lista de tablas

	<u>Pág.</u>
Tabla 1. Definición por Autores de Modelos de Negocio .....	21
Tabla 2. Categoría Comercial RAEE .....	29
Tabla 3. Valores estimados de oro, plata, cobre y aluminio por tonelada de circuitos electrónicos impresos.....	34
Tabla 4. Resultados Entrevistas Actores RAEE.....	55
Tabla 5. Pesos de Tarjetas PCB .....	70
Tabla 6. Toneladas de Oro a partir RAEE Computadores 2020 .....	70
Tabla 7. Costos de inversión asociados a la etapa de desensamble .....	72
Tabla 8. Costos de inversión asociados a la etapa de corte .....	73
Tabla 9. Costos de inversión asociados a la etapa de molienda.....	74
Tabla 10. Costos de inversión asociados a la etapa de separación.....	75
Tabla 11. Costos de inversión asociados a la etapa de lixiviación .....	76
Tabla 12. Contenido metálico de oro, plata, platino, y cobre en C1 por tonelada de RAEE procesado. ....	76
Tabla 13. Contenido metálico de oro, plata, platino, y cobre en C2 por tonelada de RAEE procesado .....	77
Tabla 14. Gramos de oro, plata, platino, y cobre, recuperados por tonelada de RAEE procesado. ....	77
Tabla 15. Costos de inversión asociados a la etapa de intercambio iónico.....	78
Tabla 16. Costos de inversión asociados a la etapa de adsorción desorción. ....	79
Tabla 17. Costos de inversión asociados a la infraestructura de almacenamiento y operación. ....	80
Tabla 18. Costos de inversión asociados a la infraestructura administrativa .....	81
Tabla 19. Distribución porcentual del capital de Inversión .....	81
Tabla 20. Resumen de variables e indicadores según cotizaciones a la baja en el año 2020 .....	84
Tabla 21. Comparativos ingresos vs egresos año 2020 (cotizaciones a la baja y TRM promedio).....	85
Tabla 22. Resumen de variables e indicadores según cotizaciones promedio durante el año 2020. ....	87
Tabla 23. Comparativos ingresos vs egresos según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2020. ....	88
Tabla 24. Resumen de variables e indicadores según cotizaciones promedio durante el año 2021. ....	91
Tabla 25. Resumen de variables e indicadores según cotizaciones promedio durante el año 2020. ....	92

## Lista de Siglas

AEE – Aparatos eléctricos y Electrónicos.

ANLA – Agencia nacional de licencias Ambientales

Au – Oro

Ag – Plata

Cu – Cobre

E-Waste – Residuos Aparatos eléctricos y electrónicos

Fe – Hierro

MADS – Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible

Payback – Periodo de Retorno de Inversión

PCB – Tarjetas de circuito Impreso (Printed Circuit Board)

Pd - Paladio

Pb – Plomo

RAEE – Residuos Aparatos eléctricos y electrónicos

TI – Tecnologías de Información

TIR – Tasa interna retorno

VAN – Valor Actual Neto

Zn - Zinc

# 1. Introducción

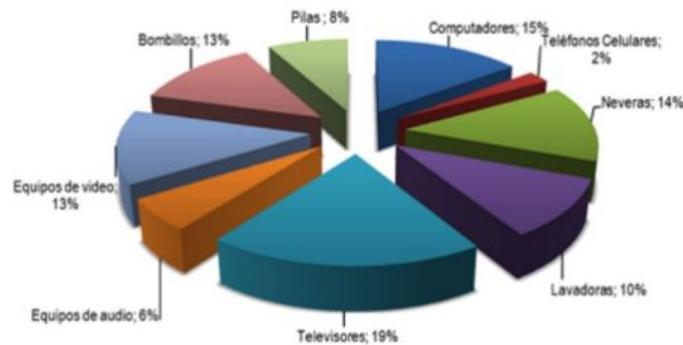
En este estudio se presenta la propuesta de un modelo de negocio para la extracción de metales preciosos, a partir de las tarjetas PCB (printed circuit board) provenientes de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos generados en los computadores en desuso.

Con la llegada de la cuarta revolución industrial el uso de las tecnologías de la información ha crecido exponencialmente, lo cual además de desarrollar los procesos de las organizaciones de una forma más eficiente, trae consigo un incremento en los componentes de los elementos de TI (tecnologías de la información) y en los residuos generados por estos. Desde comienzos del siglo XXI, los residuos electrónicos crecen a razón de 20 a 50 millones de toneladas por año y según la Organización de las Naciones Unidas para 2050 aumentarán a más del doble llegando a 111 millones de toneladas por año. (Parajuly, Kuehr, Awasthi, & Fitzpatrick, 2019). En 2019, se generaron alrededor de 54 millones de toneladas métricas de residuos eléctricos y electrónicos de los cuales tan solo el 17,4% se documentó oficialmente y se recicló de forma adecuada, lo cual deja un panorama preocupante por cuanto componentes tales como el mercurio, plomo, cadmio, entre otros, son arrojados directamente a rellenos sanitarios o simplemente son fuentes de contaminación que no reciben disposición alguna. (Kuehr, Bogdan-Martin, & Mavropoulos, 2020)

Para 2016, en Colombia se produjeron 275.000 toneladas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) o E-WASTE, los cuales no tienen el tratamiento adecuado una vez cumplen la vida útil para el usuario (Baldé, Forti, Gray, Kuehr, & Stegmann, 2017). La composición de estos residuos hace que su disposición y manejo sean de carácter especial por cuanto contienen materiales tóxicos para el ser humano y el planeta ya que elementos tales como metales ferrosos, polímeros, plásticos bromados, mercurio, plomo o cadmio, podrían entrar en contacto directo con las fuentes hídricas, la tierra y el aire.

Siguiendo el patrón de comportamiento a nivel mundial, esto significa que en Colombia cerca de 107.000 toneladas de E-WASTE son objeto de tratamientos inadecuados una vez su vida útil finaliza. Ante este panorama nacional y mundial, en Colombia a partir de 2005, el ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial formuló la política para la gestión integral de los residuos o desechos peligrosos y desde 2008 inició operaciones el “Proyecto integrado de reacondicionamiento y reciclaje de RAEE en Colombia”, implementado por el Instituto Federal Suizo de Ciencias de Materiales y Tecnologías (EMPA) y el Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales - CNPML de Colombia. Por otra parte, en 2010 esta misma entidad expidió tres resoluciones relacionadas con la implementación de sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de pilas y acumuladores, de computadores y periféricos y de residuos de bombillas fluorescentes. Adicionalmente, durante ese mismo año se publicó la “Política nacional de producción y consumo sostenible” orientando el cambio de los patrones de producción y consumo hacia la sostenibilidad ambiental. Por su parte, el congreso de la república promulgó en 2013 la Ley 1672 del 19 de julio “por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y se dictan otras disposiciones”. Cabe señalar, desde 2010 la construcción y operación de instalaciones para almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento o disposición final de RAEE, es objeto de licenciamiento ambiental; sin embargo, dentro del mismo se excluyeron las actividades de reacondicionamiento y reparación de aparatos eléctricos y electrónicos usados (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

En la región no existen suficientes iniciativas que permitan la recolección y tratamiento adecuado de RAEE, particularmente, Colombia cuenta con trece empresas gestoras de residuos o desechos peligrosos RAEE autorizadas por el ministerio del medio ambiente lo cual es preocupante puesto que además de ser un número bastante limitado de oferentes del servicio, es de por sí incapaz de absorber el volumen de residuos generados, el cual para 2013 estuvo en el orden de 121 mil toneladas (2,6 kg por habitante). (Ministerio de Ambiente, 2015). A continuación, se presenta la distribución porcentual de RAEE en Colombia para el año 2013.

**Figura 1. Participación por categoría en la generación estimada de RAEE para el 2013.**

**Fuente: Tomado de Ministerio de Ambiente (2015)**

El incremento de los AEE y la correcta gestión de sus residuos (RAEE), además de ser una necesidad en materia ambiental, es una oportunidad de negocio bastante atractiva para la región puesto que la correcta operación de reciclaje conduce a una recuperación de metales estratégicos, los cuales una vez entran en contacto con el ecosistema, fuentes hídricas, o seres humanos, son causantes de contaminación altamente peligrosa.

Las ventas globales de celulares en 2006 contenían el 3% de la producción mundial de oro y plata, el 12% de la de paladio y el 15% de cobalto (Hageluken, 2007), por consiguiente, allí se encuentra una fuente de riqueza sin explotar, la cual representa a su vez una amenaza no solo en materia ambiental sino también social.

Un aspecto relevante de la problemática es la informalidad que se presenta en este sector de la economía puesto que los pequeños gestores no formales buscan en este medio una forma de subsistir, vendiendo o incluso trocando grandes cantidades de RAEE sin ningún tipo de control durante todo el proceso, es decir desde el momento propio de la recolección, pasando por un inadecuado almacenamiento y finalizando por una comercialización bastante precaria, que en última instancia termina beneficiando a unas pocas compañías registradas ante los entes gubernamentales.

El principal problema de esta mala práctica de recolección, almacenamiento y disposición o procesamiento, es la piedra angular de la oportunidad que se presenta si se llegase a establecer una correcta estrategia para atacar este fenómeno ya que los beneficios en materia de salud pública, medio ambiente, empleo, economía formal, entre otros, no se harían esperar puesto que el optar por desarrollo de industrias locales capaces de procesar

materiales de alto valor comercial impactarían notablemente el PIB de las naciones donde se aplique esta práctica.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que estos residuos son comercializados en suelo latinoamericano bajo un precio bastante modesto frente a lo que finalmente se vende cuando se trata de exportaciones, siendo en la actualidad el común denominador debido a la falta de industrias capaces de procesar todo tipo de RAEE.

Teniendo en cuenta tanto la importación como la exportación de RAEE y el impacto que este intercambio genera para la economía y el medio ambiente, se considera necesario el fomento de iniciativas como las refinerías destinadas para la correcta disposición y aprovechamiento de los RAEE.

Sabiendo que hoy por hoy Colombia carece de infraestructura tecnológica capaz de procesar RAEE al nivel de extracción y aprovechamiento del 100% de los componentes asociados a estos, cobra relevancia la participación de organizaciones foráneas que pueden aportar tan importante desarrollo al país debido a su vasta experiencia en el campo de la minería urbana a partir de RAEE. Dicho esto, aparece en escena la organización Sims Lifecycle Services, una firma con la experiencia, tecnología y capital humano, capaz de realizar gestión integral de RAEE a nivel industrial; dicha compañía cuenta con aliados en Latinoamérica los cuales suministran residuos valorizados para su posterior tratamiento de fundición y refinación en las plantas ubicadas en Norteamérica.

A su vez, Sims Lifecycle Services ha establecido que, particularmente en Suramérica no existen proyectos públicos o privados encaminados al desarrollo de plantas refinadoras de metales preciosos a partir de RAEE, lo cual hace necesario el movimiento transfronterizo de dichos residuos. En ese orden de ideas, Colombia representa una oportunidad de mejora en torno a la apertura de nuevas plantas refinadoras dado que la legislación actual permite la importación de RAEE valorizado, haciendo de esta condición la conducta de entrada para desarrollar un centro de acopio a nivel Suramérica, el cual estaría acompañado de una refinadora de metales preciosos, lo cual disminuye costos de transporte, tiempos de espera, y aumenta el PIB del país por cuenta del impulso que esta actividad aportaría a la cadena suministros medioambiental de la región.

De acuerdo a lo anterior la meta del presente trabajo consiste en desarrollar la hoja de ruta para definir las condiciones que son necesarias para establecer una planta de extracción de metales preciosos a partir del modelo de negocio que se describe en las siguientes etapas como lo son los requisitos ambientales para cumplir con las condiciones legales de las autoridades locales, las obligaciones tributarias y por último el detalle del costo del proceso de refinación seleccionado para la extracción de los metales contenidos en las tarjetas de circuitos impresos (PCB) provenientes de los RAEE, todo esto con un previo análisis teórico que permite la contextualización desde el modelo de negocio, pasando por concepto de RAEE hasta llegar a la minería urbana.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Desarrollar una propuesta de un modelo de negocio para refinación de metales preciosos a partir de RAEE en Colombia.

### 2.2. Objetivos específicos

Identificar y documentar las metodologías para la elaboración de modelos de negocio y las metodologías para la recuperación de metales preciosos de forma sostenible.

Definir los requisitos ambientales, legales, y tributarios para desarrollar el proceso de refinación en el escenario más competitivo en Colombia.

Definir el modelo metalúrgico de refinación más adecuado en términos de costos para el escenario más competitivo a nivel Colombia.

Realizar un estudio de mercado en Colombia para establecer las condiciones más rentables en el proceso de refinación de metales preciosos.

### 3. Justificación

Teniendo como base un marco normativo legal en desarrollo y un número reducido de gestores de RAEE avalados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o entes gubernamentales a nivel Latinoamérica, esta investigación pretende dar a conocer el modelo de negocio más adecuado para llevar cabo la refinación de metales preciosos a partir de RAEE logrando un modelo sostenible desde la recolección de los residuos hasta la obtención de productos de alto valor tales como oro, plata, platino, paladio, cobre, entre otros.

Es importante resaltar que, a nivel mundial, el oro se destina principalmente en joyería, y en un menor grado, a productos electrónicos, monedas, medallas, y finalmente, aplicaciones dentales. A su vez, los lingotes de oro sin posterior procesamiento o fabricación son utilizados para fines de inversión debido al valor intrínseco del metal y su riesgo considerablemente menor de perder valor en comparación a las divisas en general o dinero en papel (UPME, 2018).

Por su parte la plata, al haber presentado un debilitamiento en 2019 favorece su consumo en joyería/platería y demanda industrial porque una caída de costos la hace más competitiva y menos vulnerable a la sustitución. Adicionalmente, otras aplicaciones tales como la electrónica no enfrentan riesgos concretos de sustitución, sino que las reducciones de sus consumos de plata responden a cambios tecnológicos o preferencias de consumo (UPME, 2018).

Tomando como ejemplo los escenarios mencionados anteriormente con respecto al oro y la plata, se analizará el entorno a nivel Colombia a fin de determinar un modelo que favorezca esta iniciativa debido a sus regulaciones en materia ambiental, logística, tributaria, legal y social.

De igual forma se determinará la mejor alternativa para optar por el montaje de una refinadora en el escenario más competitivo según los aspectos mencionados

anteriormente, o si por el contrario resulta más beneficioso centralizar o distribuir en ciertos países las respectivas plantas para obtención de los productos de alto valor en mención.

En referencia a lo anterior, el modelo a proponer busca aportar una solución a la problemática existente del manejo de los RAEE a nivel local y principalmente en los países que no manejan una política de control sobre estos residuos, que tendrá como fin contribuir a un medio ambiente más limpio, de tal forma que la investigación permitirá establecer una base para demostrar que el desarrollo de una infraestructura de refinación de metales a partir del aprovechamiento de los residuos eléctricos y electrónicos es una oportunidad de negocio sostenible con lo cual se recuperan materias primas para reducir su explotación por métodos tradicionales.

En cuanto a la contribución que puede generar el modelo de negocio basándose en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) numero 1 (Fin de la pobreza), 6 (Agua Limpia y Saneamiento), 9 (Agua Industria, Innovación e infraestructura), y 13 (Acción por el clima), se puede lograr un aporte de tal forma que a nivel de los gestores de recolección de residuos (recicladores) formalicen sus actividades enfocándose en la recolección de aparatos eléctricos y electrónicos en desuso y de esta forma, estos se conviertan en uno de los medios para obtener los insumos correspondientes a la materia prima, teniendo como condición que estos recicladores estén bajo algún tipo de figura de contratación para que puedan obtener beneficios como lo son salud y pensión, lo cual va a intervenir en reducir la brecha de la pobreza, en cuanto a los ODS 6 y 13 los métodos tradicionales de extracción de los minerales (oro) causan repercusiones en el ambiente que no se pueden restaurar en un corto plazo como lo es la contaminación de las fuentes hídricas, y por último los procesos de extracción a plantearse para ser utilizados en el modelo de negocio son infraestructuras que no se utilizan en Colombia y será un punto de partida para la innovación en este ámbito para la región.

## 4. Marco de referencia

En el siguiente marco se presenta toda la información respecto a los conceptos y teorías que se consideran necesarios para el desarrollo y entendimiento de la investigación.

### 4.1. Modelo de Negocio

El Concepto de modelo de Negocio permite describir las bases sobre las que una empresa crea, proporciona y capta valor (Osterwalder & Pigneur, 2011), de tal forma que se pueden aplicar diferentes fuentes de ideas de diversos campos de aplicación. Actualmente el concepto de modelo de negocio tiene fuertes implicaciones en el desarrollo de innovaciones y e-commerce.

En la tabla 1 se presenta la posición de diferentes autores sobre el concepto de modelo de negocio y su evolución en el tiempo, de acuerdo a lo realizado por Rodríguez (2014).

**Tabla 1. Definición por Autores de Modelos de Negocio**

Autor	Año	Definición
Adam M. Brandenburger Harborne W. Stuart Jr.	1996	Un modelo de negocio está orientado a la creación de valor total para todas las partes implicadas, sienta las bases para capturar valor para la empresa , al codefinir junto con los productos y servicios de la empresa.
Paul Timmers	1998	Un modelo de negocio es una arquitectura de productos, servicios y flujos de información incluyendo una descripción de varios actores del negocio y sus roles, una descripción de los beneficios potenciales de diferentes actores del negocio y la descripción de las fuentes de ingreso.
Adrian Slywotzky	1999	Un modelo de negocio es la totalidad de la forma en que una empresa selecciona a sus clientes, define y diferencia su oferta, define las tareas que desempeñara y aquellas que se externalizarán, configura sus recursos, va al mercado, crea utilidad para los clientes y capta beneficios.
Jana Linder, Susan Cantrell	2000	La lógica central de la organización para crear valor, el modelo de negocios para una empresa orientada a los beneficios explica cómo esta hace dinero.

Autor	Año	Definición
Henry Chesbrough, Richard S. Rosenbloom	2001	Un modelo de negocio consiste en articular la proposición de valor, identificar un segmento de mercado, definir la estructura de cadena de valor, estimar la estructura de costes y el potencial de beneficios, describir la posición de la empresa en la red de valor y formular la estrategia competitiva.
Otto Petrovic	2001	Un modelo de negocio describe la lógica de un sistema de negocios para crear valor que este por debajo del proceso actual.
Joan Magretta	2002	Un modelo de negocios es como una historia, para que la historia sea buena, debe superar dos pruebas, el primero es una prueba de narrativa, es decir, si es que la historia tiene sentido, y el segundo es la prueba de los números, es decir, si la historia genera utilidad, un modelo de negocio cuenta una historia lógica que explica quiénes son sus clientes, que valoran, y como va hacer dinero en darles ese valor.
Risto Rajala, Mika Westerlund	2005	La manera de crear valor para los clientes y la manera en que el negocio convierte, las oportunidades de mercado en beneficio a través de grupos de actores, actividades y colaboraciones.
Birger Anderson	2006	Los modelos de negocio se crean con el fin de dejar claro quiénes son los actores empresariales que se encuentran en un caso de negocio y como son sus relaciones explícitas, las relaciones en un modelo de negocio se formulan en términos de valores intercambiados entre los actores
Mark W. Johnson, Clayton M. Christensen	2008	Los modelos de negocio se componen de cuatro elementos entrelazados que en su conjunto, crean y entregan valor, se trata de la propuesta de crear valor para el cliente, la formulación de beneficios, recursos y procesos clave
Charles Baden-Fuller	2008	El modelo de negocio es la lógica de la empresa, la manera en que crea y captura de valor para sus grupos de interés
Mutaz M. Al-Debi	2008	El modelo de negocio es una representación abstracta de una organización, de todos los acuerdos básicos interrelacionados diseñados y desarrollados por una organización en la actualidad y en el futuro, así como todos los productos básicos y / o servicios que ofrece la organización, o va a ofrecer, sobre la base de estos acuerdos que se necesitan para alcanzar sus metas y objetivos estratégicos.
Christoph Zott, Raphael Amit	2009	Forma en que una empresa "hace negocios" con sus clientes, socios y proveedores; es decir, se trata del sistema de actividades específicas que la empresa focal o sus socios llevan a cabo para satisfacer las necesidades percibidas en el mercado; cómo esas

Autor	Año	Definición
		actividades están relacionadas entre sí, y quién lleva a cabo esas actividades
Benoit Demil, Xavier Lecocq	2009	Combinación de recursos y competencias, organización de las actividades, y proposición de valor, introducimos la dinámica mostrando cómo distintos cambios deseados o emergentes alteran de forma positiva o negativa su consistencia"
Vicente Salas Fumás	2009	Unidad de análisis que da forma a una manera genuina e innovadora de conseguir atraer la confianza de los clientes, generar ingresos con los que cubrir los costes y mantenerse viables en el mercado.
Joan E. Ricart	2009	Un modelo de negocio consiste en el conjunto de elecciones hechas por la empresa y el conjunto de consecuencias que se derivan de dichas elecciones
Silviya Svejnova	2010	Conjunto de actividades, organización y recursos estratégicos que transforman la orientación establecida por la empresa en una proposición de valor distintiva, permitiendo a la misma crear y capturar valor
Kim Wikström	2010	El modelo de negocio se utiliza para describir o diseñar las actividades que necesita o busca la organización para crear valor para los consumidores y otras partes interesadas en el entorno
Ramon Casadesus	2010	Un modelo de negocio consiste en un conjunto de elecciones y un conjunto de consecuencias derivados de dichas elecciones. Hay tres tipos de elecciones: políticas, recursos, y la gestión de activos y políticas. Las consecuencias, pueden ser clasificado como flexibles o rígidas.
Gerard George, Adam Jay Bock	2011	Un modelo de negocio es una estructura transactiva, según la cual el comportamiento de la empresa está en función de las características de su respectivo modelo. Diseño de la estructura organizacional que representa una oportunidad comercial

**Fuente: Rodriguez (2014)**

Con base a lo anterior, un modelo de negocio permite materializar diferentes ideas en proyectos o alternativas para cumplir ciertos requerimientos que producen soluciones a diferentes problemáticas, que al final son el reflejo de los mejoramientos que tienen las personas en diferentes aspectos de sus actividades cotidianas.

De acuerdo con Masanell, (2004), un modelo de negocio se puede componer de activos, actividades y una estructura de gobierno de los activos, que consisten en lo siguiente:

- **Activos:** Son los activos tangibles (edificios, maquinaria, sistemas de información) y los intangibles (reputación, confianza, cultura corporativa, información patente, conocimiento, capacidades, y competencias)
- **Actividades:** Son las actividades que lleva a cabo la empresa asociadas a los activos del modelo de negocio, estas se pueden clasificar mediante la cadena de valor de Michael Porter.
- **Estructura de gobierno de los activos:** Algunos de los activos en el modelo de negocio pertenecen a la empresa y otros son alquilados o de propiedad compartida con proveedores, clientes o empresas que producen y comercializan productos complementarios.

Por último, se debe tener en cuenta las siguientes características para determinar las ventajas y desventajas del modelo a utilizar (Otto, 2020).

- **Escalabilidad:** Consiste en la capacidad para aumentar los ingresos de una forma eficaz sin que los gastos aumenten de la misma manera
- **Riesgo (Fragilidad):** Define la perdurabilidad de la empresa en el tiempo
- **Explosión:** Velocidad de crecimiento en el mercado
- **Mercado:** El sector donde la empresa se desempeñará
- **Focalización al Cliente:** Definir el tipo de Cliente
- **Monetización:** Sistema de Recolección de Ingresos
- **Proyección Social:** La reputación que puede llegar a tener la compañía en el público objetivo.

## 4.2. Metodologías de Modelo de Negocio

Para la implementación de los modelos de negocio se pueden utilizar alguna de las siguientes metodologías:

**Modelo Canvas:** Es una herramienta que permite la creación de modelos de negocio, la cual facilita la comprensión y el trabajo de la estructura del negocio desde un punto de vista integrado que entienda a la empresa como un todo. Este modelo se compone de nueve (9) bloques que simbolizan las áreas claves de las empresas para construir el modelo más óptimo (Osterwalder & Pigneur, 2011), este modelo se ilustra en la figura 2.

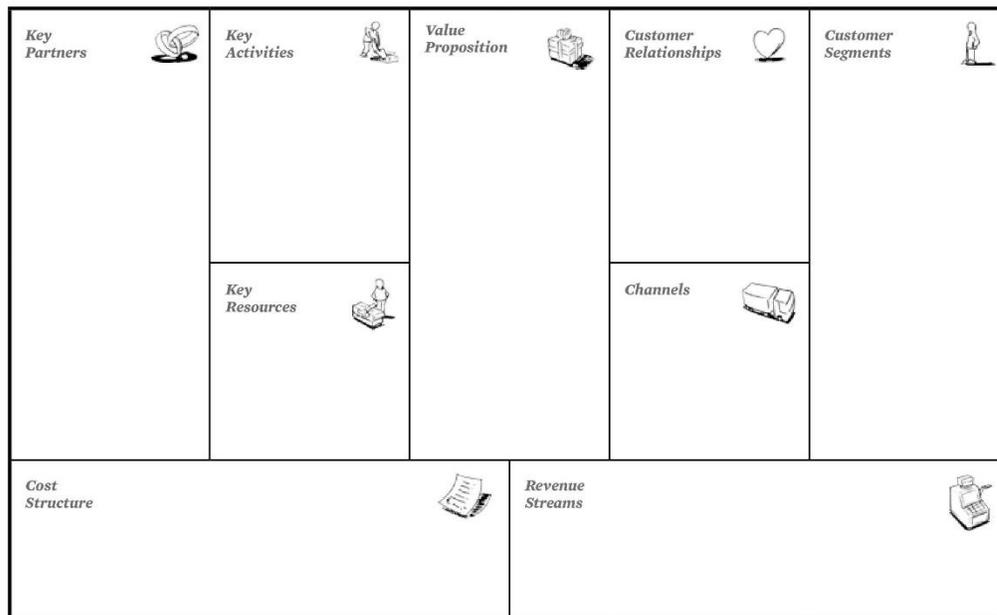
De acuerdo con la figura 2, Osterwalder, (2011) define lo siguiente para identificar lo que debe ser registrado en cada una de las etapas:

- Etapa 1 – propuesta de valor: está basado en la observación, empatía y comprensión del problema que se va a resolver por medio de los productos y servicios de la empresa, la propuesta de valor expone la estrategia que se ofrecerá al segmento de clientes.
- Etapa 2 - segmentos de clientes: El cliente es la base del modelo de negocio, por lo tanto, es muy importante conocerlos, en este se describe a detalle los grupos objetivos teniendo en cuenta diferentes perfiles.
- Etapa 3 – canal de distribución y ventas: Este define como se va entregar la propuesta de valor a cada segmento del cliente y que medio de distribución es el más eficiente.
- Etapa 4 – relación con los clientes: En este se define la relación que se mantendrá con los clientes a nivel de percepción de marca para que se conviertan en seguidores de esta.
- Etapa 5 – socios claves: Son los aliados que incrementan el valor de la empresa, entre los que se encuentran proveedores, aliados estratégicos, socios de negocios, estos forman parte fundamental del modelo de negocio para potenciar la propuesta de valor, optimizando los recursos.
- Etapa 6 – actividades clave: Son las actividades que permiten entregar una óptima propuesta de valor a los clientes, entre las cuales se encuentran el desarrollo de procesos de producción, marketing, finanzas, recursos humanos entre otros, estas actividades tienen como fin proporcionarle al cliente productividad, eficacia y garantía.
- Etapa 7 – recursos clave: En esta sección se describen los recursos o herramientas necesarias para llevar la operación diaria de la empresa, como puede ser maquinaria y equipo, mobiliario, transporte, software, entre otros. Se debe especificar la cantidad, tipo y calidad de los recursos
- Etapa 8 – flujo de ingreso: Se indica cómo se ofrecerán los productos o servicios, se debe proyectar las ventas a corto, mediano y largo plazo con cantidad unitaria y precio de cada uno de los productos.

- Etapa 9 – estructura de costos: En este se define la estrategia de costos fijos y variables dentro de las empresas, para poder analizar en detalle los rubros más importantes en la administración de los fondos económicos.

**Figura 2. Modelo Canvas**

*The Business Model Canvas*



**Fuente: Tomado de Osterwalder, (2011)**

Modelo de negocios de Joan Magretta: Este modelo propone responder las preguntas, ¿Quién es el consumidor?, ¿Qué valora el consumidor?, ¿Cómo se hará dinero con el negocio?, ¿Cómo se entregará valor a los consumidores a un costo adecuado? El modelo es como una historia, para que esta sea buena debe superar dos pruebas, la primera es de narrativa, es decir que la historia tenga sentido, la segunda prueba hace referencia a los números lo cual significa si la historia llega a generar alguna utilidad, en la figura 3 se presenta la descripción gráfica.

**Figura 3. Modelo Joan Mareta**

**Fuente: Tomado de LLorens, (2010)**

Modelo Design Thinking: Fue creado por Tim Brown, profesor de la Universidad de Stanford y fundador de IDEO la consultora de innovación más importante a nivel mundial tiene el objetivo de ayudar a los emprendedores y directores a crear un factor de innovación en sus empresas, enfocándose 100 por ciento en el usuario de sus productos y no en el producto mismo, recordando que “innovación” significa crear valor (Camacho, 2016). Este tiene 5 pasos:

- Empatizar: Ubicarse en la posición del usuario para comprender las necesidades y problemáticas que pueden tener los clientes y necesitan ser resueltas
- Definir: Determinar correctamente que problemática va ser resuelta.
- Idear: Con un grupo de trabajo se establece la estrategia de innovación a ser aplicada.
- Prototipado: Se crea un prototipo que cumpla con unas mínimas funciones que permita resolver la problemática establecida.
- Prueba: Probara el prototipo en el mercado objetivo para obtener información por parte de los usuarios, la cual se utiliza como retroalimentación para el desarrollo del producto final.

Modelo Lean Start Up: Este método fue creado por Eric Rise, emprendedor exitoso en Silicon Valey, basado en la experimentación, esto se desarrolla de tal forma que no es necesario crear planes robustos, sino que maneja el siguiente ciclo, crear, medir y aprender, que es el núcleo central de esta metodología para desarrollar productos que se desarrollen rápidamente en el mercado (Ries, 2012)

Este método permite salir del pensamiento tradicional a partir de los siguientes pasos:

- **Crear:** consiste en construir proyectos viables que inicialmente consuman menos tiempo y dinero, tratando de aprovechar al máximo cada recurso, generando el mínimo de desperdicio y utilizando las hipótesis de creación de valor y de crecimiento para tener una visión de hacia donde se quiere llegar.
- **Medir:** Lo que no se mide no se controla, es necesario contar con indicadores clave para determinar el comportamiento de los productos o servicios
- **Aprender:** La productividad de la startup no consiste en automatizar más aparatos o elementos, sino en alinear los esfuerzos con un negocio y producto que funcionen para crear valor.

### **4.3. Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónico-RAEE**

Los siguientes conceptos provienen de la política definida por Colombia para una gestión eficaz y eficiente de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, las definiciones a presentar están bajo la normatividad internacional.

Antes de definir los RAEE, se realiza la aclaración de que los aparatos eléctricos y electrónicos son todos aquellos que para funcionar correctamente necesitan de una fuente de corriente eléctrica o campos electromagnéticos y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos, que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1000 voltios en corriente alterna y 1500 voltios en corriente continua, lo anterior está descrito en la directiva 2012/19/UE de la unión europea. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017), así mismo por esa directiva se establece que los residuos son los aparatos eléctricos o electrónicos (AEE) en el momento en que se desechan o descartan. Este término comprende todos aquellos componentes, consumibles y subconjuntos que forman parte del producto cuando se descarta, salvo que individualmente sean considerados peligrosos, caso en el cual recibirán el tratamiento previsto para tales residuos. Por otra parte, The Global E-waste Monitor (2017) enfoca el concepto hacia las piezas que han sido desechadas por su propietario como residuos sin intención de reutilización, por lo tanto, la mayoría de estos AEE son los que ingresan en su etapa de obsolescencia debido a que no pueden ser actualizados, repotenciados finalizando con su ciclo de vida útil.

#### 4.4. Componentes de los RAEE

Los RAEE están conformados por una serie de materiales que se denominan “limpios” (no contienen sustancias peligrosas), por ejemplo: cobre (Cu), aluminio (Al), vidrio limpio, plástico, caucho, metales ferrosos, entre otros; de la misma forma, poseen sustancias peligrosas como él (arsénico (As), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), berilio (Be), selenio (Se), cadmio (Cd), etc.), así como metales preciosos y raros, los cuales requieren tratamientos avanzados para ser recuperados y reusados. Además de los anteriores materiales los residuos cuentan con metales valiosos como el oro (Au), plata (Ag), platino (Pt), galio (Ga), paladio (Pd), tantalio (Ta), telurio (Te) , germanio (Ge) y selenio (se), así como tierras raras (itrio (Y), europio (Eu), coltán), lo cual da origen a un claro incentivo para su adecuada gestión, pues la refinación de dichos metales, empleando técnicas apropiadas, contribuye no solo a la generación de ingresos sino al logro de importantes propósitos referentes a la preservación del ambiente, eficiencia energética, conservación de los recursos y generación de empleo (ITU, 2017).

#### 4.5. Clasificación de los RAEE

Existen diferentes tipos de clasificaciones que se pueden utilizar para describir los RAEE, estas categorías se pueden resumir desde las siguientes perspectivas:

La comercial se relaciona con los equipos electrodomésticos, es decir los que se utilizan para labores domésticas, a continuación, se presentan cada una de las 6 subcategorías (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

**Tabla 2. Categoría Comercial RAEE**

<p>Equipo de intercambio de temperatura, más comúnmente conocido como enfriamiento y congelación. El equipo incluye refrigeradores, congeladores, aires acondicionados, calentadores</p>	
--	---

<p>Pantallas, monitores. El equipo incluye televisores, monitores, laptops, notebooks y tablets</p>	
<p>Lámparas, lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad y Lámparas LED.</p>	
<p>Equipo pesado, incluye lavadoras, secadoras de ropa, máquinas lavavajillas, estufas eléctricas, máquinas impresión, fotocopiadoras y Paneles fotovoltaicos.</p>	
<p>Pequeños equipos, incluye aspiradoras, microondas, equipos de ventilación, tostadoras, hervidores eléctricos, máquinas de afeitar, balanzas, calculadoras, aparatos de radio, videocámaras, juguetes eléctricos y electrónicos, pequeñas herramientas eléctricas y electrónicas, pequeños dispositivos médicos, monitorización y control instrumentos</p>	
<p>Pequeños equipos informáticos y de telecomunicaciones, incluye teléfonos móviles, Sistemas de posicionamiento global (GPS), enrutadores, computadoras personales, impresoras, teléfonos.</p>	

**Fuente: Elaboración Propia a partir del Ministerio de Ambiente y desarrollo, (2017)**

La clasificación presentada en la Tabla 2, esta soportada bajo la directiva 2012/19/UE de la unión europea que empezó a regir desde el 15 de agosto del 2018.

Otro criterio para clasificar los RAEE, es a partir de la función que cumplen los productos, de su composición (sustancias peligrosas, materiales valiosos), y atributos relacionados

con el ciclo de vida del producto. Esta clasificación se denomina UNU-KEYS, la cual se construyó de tal forma que los grupos de productos compartan pesos medios comparables, material de composición, características de ciclo de vida útil, este sistema aporta al registro estadístico de los residuos electrónicos (UNU, 2015).

#### **4.6. Minería Urbana**

Este concepto tiene sus orígenes en Japón durante los años 80, sin embargo, hoy por hoy cobra mayor relevancia debido al incremento del uso de las nuevas tecnologías. Consiste en el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos, teniendo como objetivo principal, el aprovechamiento de sus componentes internos. La razón para centrar su atención en dichos componentes se debe a que estos son fabricados con materias primas finitas, por consiguiente, más difíciles de encontrar a medida que transcurre el tiempo y se acelera el modo de producción (ECOLEC, 2020).

La transición a una era climáticamente neutra está directamente asociada con la consecución de cantidades suficientes de metales no ferrosos. En 2017 el Banco Mundial proyectó que a 2050 las turbinas eólicas demandarían un 300% más, los paneles solares un 200% más, y las baterías un 1000% adicional (Wyns & Khandekar, 2020).

Lo descrito anteriormente es una alerta medianamente temprana en torno a la dirección que tomará el mercado mundial de los metales estratégicos, y frente a ello, la gran oportunidad de negocio que se presenta en materia de minería urbana. Hablar de minería urbana, entre otros, es hablar de reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos, los cuales contienen dentro de sí componentes y piezas elaboradas con metales escasos en el planeta cuyo valor en el mercado internacional está bastante bien cotizado.

Un ejemplo de esta condición es el oro, un metal de transición blando, brillante, amarillo, pesado, maleable y dúctil. Este no reacciona con la mayoría de los productos químicos conocidos en la actualidad, sin embargo, es sensible y soluble al cianuro, al mercurio, al agua regia, al cloro y a la lejía, históricamente, el oro ha sido considerado precioso, pero solo hasta el año 643 A.C se usó como dinero.

El uso del oro como dinero es muy antiguo; Aristóteles estableció cinco razones por las que el oro podía considerarse dinero. Ellas son su durabilidad, divisibilidad, consistencia, conveniencia, y valor intrínseco (OI, 2019).

El oro es el verdadero dinero. Es una anomalía histórica que la gente considere al papel impreso como dinero. El dólar es técnicamente una moneda que a su vez es un sucedáneo que utiliza el gobierno como dinero. A través de la historia se han usado varios objetos como dinero, entre ellos, el ganado y la sal en la antigua Roma, las conchas de mar en América del Norte, y los cigarrillos durante la segunda guerra mundial. Por consiguiente, es deducible que prácticamente cualquier cosa pueda llegar a usarse como dinero, solo que algunas funcionan mejor que otras. Durante miles de años, el oro y plata se han distinguido como la mejor forma de dinero, ambos metales cumplen perfectamente esa función, pero principalmente el oro (Mueller, 2009).

Como objeto de inversión, este es almacenado por los bancos como reserva de capital finito, esta condición universal es la que convierte al oro en una sólida adición a una cartera de inversión y una forma de preservar la riqueza a través de generaciones, aún más atractivo es este metal cuando se sabe que mantiene relativamente estable su valor durante periodos de recesión económica, sin embargo, en algunas ocasiones su precio fluctúa como el de cualquier objeto de inversión.

Actualmente, una onza de oro se cotiza en \$ 1953.07 (Investing, 2020), lo cual significa que en promedio cada RAEE de un electrodoméstico grande, uno pequeño, y uno de TIC contienen oro avaluado en 0.0013, 0.0012, y 0.47 dólares estadounidenses respectivamente. Si estos datos se comparan con los volúmenes de RAEE generados en 2014, se puede inferir que en promedio 1 kg de RAEE (electrodoméstico grande, pequeño, TIC, y lámparas) contiene metales preciosos (oro, plata, platino, paladio, cobre) avaluados en 17,6 dólares estadounidenses.

Los aparatos eléctricos y electrónicos contienen una gran variedad de materiales y plásticos valiosos, en la electrónica compleja se pueden encontrar hasta 60 elementos de la tabla periódica, y muchos de ellos son técnicamente recuperables, aunque existen límites económicos establecidos por el mercado, los desechos electrónicos contienen metales preciosos como oro, plata, cobre, platino y paladio, pero también contienen valiosos materiales voluminosos como el hierro y el aluminio, junto con plásticos que pueden reciclarse.

En aras del cuidado y la preservación del planeta, es absolutamente necesario transformar el modelo de economía actual, pasando de lineal (extraer -producir-consumir-tirar) a

circular (extraer-producir-consumir-reciclar) ya que la cultura consumista hace cada vez más cortos los tiempos de vida útil de los aparatos eléctricos y electrónicos. En términos estrictamente económicos, se puede decir claramente que es beneficioso procesar este tipo de residuos puesto que extraer minerales de la tierra puede llegar a ser diez veces más costoso que hacerlo a partir de RAEE. Un aspecto adicional a tener en cuenta es la producción en masa de nuevos dispositivos inteligentes los cuales requieren de los llamados “minerales de conflicto” (wolframio, tantalio, indio, estaño, cobalto o incluso oro), cuya extracción se lleva a cabo en países subdesarrollados en unas pésimas condiciones de trabajo, muchas veces bajo el control de grupos al margen de la ley.

Dentro de la economía circular surge el concepto de minería urbana, cuyo fin es reciclar y procesar la chatarra electrónica en plantas especializadas para tal fin. Una condición particular de este tipo de reciclaje es su poder de atracción hacia traficantes ilegales de residuos, quienes codician a estos debido a su contenido de metales preciosos, aunque en cantidades muy pequeñas, las cuales son altamente rentables debido al volumen de RAEE generado en forma creciente y constante por la sociedad actual, a fin de ilustrar un ejemplo en esta materia se tiene el caso de un teléfono móvil el cual puede llegar a contener hasta 50 elementos de la tabla periódica.

#### **4.7. Extracción de Metales Preciosos a partir RAEE**

En primera instancia se debe comprender que metales preciosos son susceptibles de ser tratados mediante refinación a partir de RAEE. Por ejemplo, un ordenador está compuesto de una carcasa metálica acompañada de plástico cuyo fin es envolver y proteger todos los elementos que componen al mismo. A su vez, este ordenador contiene accesorios internos, una fuente de poder, circuitos impresos, cables, contactos, placas, micro esquemas, resistencias, condensadores, entre otros.

Particularmente, los circuitos impresos (PCB) están hechos de una matriz de fibra de vidrio (aproximadamente el 70%), metales adicionales (Cu, Fe, Ni, Zn, Sn, Pb cerca del 29,9%), y metales preciosos (Au 0,01-0,1 %; Ag 0,03-0,3 %; Pd 0,005-0,03 %). Respecto de los componentes cerámicos a base de titanato de bario (BaTiO<sub>3</sub>), se encuentran cantidades de plata (Ag) que oscilan entre el 2 y el 5%; en superficies cerámicas se encuentra oro (Au) al 0,08 %, Ag (0,05-0,2 %), Pd (0,03-0,15 %); adicionalmente se encuentran Cu, Sn, Pb, Fe, Zn en pequeñas cantidades, con el resto en forma de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (casi el 99%). Partes

metálicas adicionales se componen de bronce en un 60%, que para el caso del cobre (Cu) llega a tener un contenido del 75 al 90%, mientras que para el caso del hierro llega hasta un 30% del total. Dichos elementos están recubiertos por oro Au (0,05-1,0 %), plata Ag (0,2-0,4 %), paladio Pd (0,1-1,0) y platino Pt (0,02-0,5 %). El contenido de los últimos se presenta en forma de capas extremadamente delgadas, pero susceptibles de ser extraídas con la tecnología y los procesos adecuados. (Universidad Mayor De San Andrés, 2020).

**Tabla 3. Valores estimados de oro, plata, cobre y aluminio por tonelada de circuitos electrónicos impresos**

Elemento	Composición No 1 (mín) %	Composición No 2 (máx) %	kg No. 1 mín	kg No. 2 máx	Precio Kg (USD)	Valor estimado (USD) No. 1 (min)	Valor estimado (USD) No. 2 (max)
<b>Au</b>	0,03	0,31	0,3	3,1	59839,26	17951,778	185501,71
<b>Ag</b>	2,5	2,89	25	28,9	736,82	18420,5	21294,098
<b>Cu</b>	12,04	23	120,4	230	6,54	787,416	1504,2
<b>Al</b>	15,4	17,61	154	176,1	1,697	261,338	298,8417
<b>Fe</b>	12,3	7,45	123	74,5	_____	_____	_____
<b>Ni</b>	3,25	2,2	32,5	22	_____	_____	_____
<b>Pb</b>	3,5	2,85	35	28,5	_____	_____	_____
<b>Sn</b>	1,4	1,23	14	12,3	_____	_____	_____
<b>Platinoides</b>	0,15	0,3	1,5	3	_____	_____	_____
<b>Otros</b>	49,43	42,16	494,3	421,6	_____	_____	_____
<b>Total</b>	100	100	1000	1000	60584,317	37421,032	208598,85

**Fuente. Elaboración Propia a partir de Obtención de metales preciosos a partir RAEE (2020)**

La tabla 3 denota cifras interesantes en materia de precios por tonelada de circuitos reciclados. Sin embargo, el aspecto más relevante de esta información está encaminado a elegir el proceso de refinación más adecuado, el cual parte de dos alternativas a nivel metalúrgico, vía hidrometalurgia o vía pirometalurgia. Por esta razón se han tomado dos rangos, donde las concentraciones se expresan en los valores superiores e inferiores; lo

más indicado para contextualizar la información de la tabla 3 es considerar que el contenido de oro en circuitos electrónicos de procesadores se encuentra en el orden de 200-500 g/t, algo muy significativo ya que se habla de 1000 kg de circuitos eléctricos impresos, más no de ordenadores completos en su conjunto.

**Procesos hidrometalúrgicos de extracción:** Como se mencionó anteriormente, el contenido de metales preciosos en los desechos electrónicos representa la partida mayoritaria en materia de valor de los mismos. En las dos últimas décadas, el área de investigación más activa sobre recuperación de metales de desechos electrónicos está directamente ligada a técnicas hidrometalúrgicas, las cuales son más exactas y fáciles de controlar que las pirometalúrgicas. Los pasos principales en el procesamiento hidrometalúrgico consisten en una serie de lixiviaciones ácidas o cáusticas de material sólido. Las soluciones luego se someten a procedimientos de separación y purificación tales como precipitación de impurezas, extracción por solvente, absorción e intercambio iónico para aislar y concentrar los metales de interés. Finalmente, estas soluciones son tratadas por electro-refinación, reducción química o cristalización para la recuperación de metales (Cui & Zhang, 2008).

En la década de 1970 y principios de 1980, el método predominante en materia de reciclaje de chatarra electrónica fue la fundición en altos hornos, en conjunción con fundiciones secundarias de cobre o plomo. A partir de la década de 1990 se conocieron los procesos de lixiviación para extracción de metales preciosos a partir de reciclaje electrónico en escala industrial.

En cuanto a procesos hidrometalúrgicos para la recuperación de metales con solventes ácidos, se destaca la metodología propuesta por Sheng y Etsell. Particularmente, ellos recuperaron oro a partir de chips de ordenadores mediante el uso de agua regia, implementando tres etapas durante el proceso: primero, separación del chip de la tarjeta madre mediante lixiviación con ácido nítrico; segundo, trituración mecánica del chip; tercero, lixiviación del chip con agua regia. Las conclusiones más importantes del trabajo de estos dos investigadores, reportan que el incremento de la temperatura aumenta la rata de disolución metálica, la agitación de la pulpa es necesaria durante el proceso y el consumo de agua regia es de 2 ml por gramo de chip involucrado (Gómez, 2011).

La lixiviación de metales preciosos consiste en la extracción de un componente soluble, de un sólido por medio de un solvente, siendo esta la primera etapa del proceso hidrometalúrgico. Los agentes de lixiviación más comunes utilizados en la recuperación de metales preciosos incluyen cianuro, haluro, tiourea y tiosulfato. Vía hidrometalurgia, el procesamiento de RAEE se vale de diferentes solventes ácidos o básicos, como los son por ejemplo el cianuro de sodio NaCN, la tiourea  $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$ , el tiosulfato  $(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ , y los ácidos fuertes, clorhídrico HCl, sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , y el  $\text{HNO}_3$ . El cianuro de sodio es el método de lixiviación más utilizado a nivel mundial debido a su alto rendimiento y bajo costo en equipos, ya que estos son convencionales y de poca complejidad.

**Lixiviación con cianuro:** El cianuro como lixivante de oro se ha utilizado en las industrias mineras durante más de un siglo. El mecanismo de disolución de oro en solución de cianuro es esencialmente un proceso electroquímico. A su vez, el efecto del pH sobre la velocidad de disolución de los metales nobles (oro, plata, paladio y platino) ha sido investigado por Dorin y Woods. Su investigación demostró que la disolución máxima de oro, plata, platino y paladio en una solución de cianuro se obtiene cuando el pH está entre 10–10,5. Según su actividad, el orden de los metales nobles es oro (Au), plata (Ag), paladio (Pd) y platino (Pt) (Cui & Zhang, 2008).

**Lixiviación con haluros:** El uso de haluros (flúor, cloro, bromo, yodo y astato) para la disolución del oro es anterior a la cianuración. Con excepción del flúor y del astato, todos los halógenos han sido probados y/o utilizados para la extracción de oro. El oro desarrolla formas complejas de Au (I) y Au (III) con cloruro, bromuro y yoduro, dependiendo de las condiciones químicas de la solución. No obstante, a nivel industrial solo se han aplicado significativamente haluros con cloro. El método tradicional para disolver el oro (y los metales del grupo del platino) es agua regia, una mezcla de tres partes concentradas de ácido clorhídrico y una parte de ácido nítrico (Cui & Zhang, 2008).

**Lixiviación de tiourea:** La investigación sobre el uso de tiourea  $((\text{NH}_2)_2\text{CS})$  como agente de extracción es bastante prometedora en recuperación de minerales de oro. En condiciones ácidas, la tiourea disuelve el oro formando un complejo catiónico. En síntesis, la reacción es considerablemente rápida y se obtienen extracciones de oro que están en el orden del 99% (Cui & Zhang, 2008).

**Procesos pirometalúrgicos de extracción:** El proceso pirometalúrgico es un método tradicional para recuperar metales preciosos y no ferrosos a partir de residuos electrónicos. En el proceso, los restos triturados se funden en un horno o en un baño fundido, allí se eliminan los plásticos y los óxidos refractarios forman una fase de escoria junto con algo de óxidos metálicos.

Veldhuizen y Sippel desarrollaron el proceso Noranda en Quebec, Canadá. Allí, la fundición recicla cerca de 100.000 toneladas de RAEE anualmente, esto representa 14% del rendimiento total de la planta. Los materiales que entran en el reactor se sumergen en un baño de metal fundido a 1250 °C, este es agitado por una mezcla de aire sobrealimentado (hasta 39% de oxígeno). Un aspecto a resaltar en el proceso es que el coste de energía se reduce gracias a la combustión de plásticos y otros materiales inflamables suministrados en la alimentación.

El resultado de la zona de oxidación agitada es que convierte las impurezas incluyendo hierro, plomo y zinc en óxidos que se fijan en una escoria a base de sílice. La escoria se enfría y se muele para recuperar más metales antes de su eliminación. La mata de cobre que contiene los metales preciosos se elimina y se transfiere a los convertidores. Después de una mejora en los convertidores, el cobre líquido se refina en hornos de ánodos llegando a una pureza del 99,1%, el 0,9% restante contiene los metales preciosos, incluido el oro, la plata, el platino y el paladio, junto con otros metales recuperables tales como el selenio, telurio y níquel. Subsecuentemente, el electro-refinado de los ánodos recupera estos metales comercializables.

En los últimos años, Umicore publicó su proceso de refinación de metales en Hoboken, Bélgica, el cual está concentrado principalmente en la recuperación de metales preciosos a partir de RAEE. Ello incluye diversidad de desechos industriales y subproductos de otros productos no ferrosos (por ejemplo, escorias, mates, espesas, lodos anódicos), lingotes de metales preciosos, catalizadores industriales usados, así como materiales reciclables para el consumidor, catalizadores de escape de automóviles, placas de circuito impreso, entre otros.

La planta procesa 250.000 toneladas de RAEE cada año, de los cuales los residuos electrónicos alcanzan hasta el 10% de la alimentación. El primer paso en las operaciones de metales preciosos (PMO) es la fundición utilizando un Horno IsaSmelt.

Los plásticos y otras sustancias orgánicas suministradas en la alimentación del proceso sustituyen parcialmente el carbón coque como agente reductor y fuente de energía. La fundición separa los metales preciosos en un lingote de cobre, y agrupa a los demás en una escoria de plomo, la cual se trata posteriormente en las operaciones de metales básicos (BMO). El lingote mencionado anteriormente se procesa por medio de lixiviación, electrodeposición y refinación de metales preciosos. Las operaciones de metales base procesan los subproductos del PMO (Cui & Zhang, 2008).

#### 4.8. Análisis Financiero

La evaluación de un proyecto de inversión se logra con la comparación de distintos instrumentos, uno de estos es el flujo de caja proyectado, el cual tiene como objetivo, desde la posición de inversionista obtener la rentabilidad deseada, después de recuperar la inversión. Existe un amplio espectro de técnicas de evaluación en el ámbito teórico práctico, sin embargo, el valor actual neto, la tasa interna de retorno, el periodo de recuperación de la inversión, la relación beneficio - costo, y la relación costo – efectividad, son las más ampliamente practicadas hoy por hoy. A continuación, se dedica un aparte de esta investigación a cada uno de ellos (CHAIN, 2011).

**Valor actual neto:** El valor actual neto “VAN” es la técnica más común y generalmente más aceptada por los inversionistas, así como también, por los evaluadores de proyectos. Este indicador mide el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada o exigida y después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer periodo de operación, y le resta la inversión total proyectada en el momento 0. Para su análisis debe considerarse que, si el valor obtenido es mayor que 0, mostrará cuánto se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa de retorno que se exigía al proyecto; si el resultado es igual a cero, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa que se quería obtener después de recuperar el capital invertido; y si el resultado es negativo, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión. Cuando el VAN es negativo, el proyecto puede tener una alta rentabilidad, pero será inferior a la exigida. En algunos casos el VAN negativo puede indicar que, además de no obtener rentabilidad, parte o toda la inversión no se recupera.

**Tasa Interna de retorno:** Un criterio de evaluación de un proyecto de inversión lo constituye la tasa interna de retorno “TIR”, la cual mide la rentabilidad como porcentaje. La máxima tasa exigible será aquella que haga que el VAN sea 0. Actualmente la TIR tiene una tendencia a ser cada vez menos aceptada como criterio de evaluación debido a las razones expuestas a continuación:

- Entrega un resultado que conduce a la misma regla de decisión que la obtenida con el VAN.
- No sirve para comparar proyectos, por cuanto una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la cuantía de la inversión realizada.
- Cuando hay cambios de signos en el flujo de caja, por ejemplo, por una alta inversión durante la operación, pueden encontrarse tantas TIR como cambios de signo se observen en el flujo de caja.
- No sirve en los proyectos de desinversión, ya que la TIR muestra la tasa que hace equivalentes los flujos actualizados negativos con los positivos, sin discriminar cuál es de costo y cuál es de beneficio para el inversionista, por lo que siempre es positiva.

**Periodo de recuperación de la inversión.** El periodo de recuperación de la inversión es el tercer criterio más usado para evaluar proyectos y tiene por objeto medir en cuanto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital involucrado. En algunos ámbitos también se le conoce como Payback; se le considera un método estático porque no tiene en cuenta el valor temporal de los flujos de caja derivados del proyecto. Es una medida temporal que considera una inversión mejor que otra sólo por el hecho de recuperar antes lo invertido, algo que en la práctica es muy conocido para evaluar proyectos. Algunas de las desventajas en el uso de este indicador son:

- Una desventaja importante del método de recuperación tiene que ver con los flujos netos o flujos de caja generados en plazos posteriores a la recuperación de la inversión, los cuales son omitidos del cálculo. Por consiguiente, al elegir alternativas con payback más cortos, se pueden dejar de lado inversiones con mejores flujos de fondos y rentabilidades futuras, variables que si consideran otros indicadores financieros como el VAN y la TIR.

- El periodo de recuperación de la inversión no está exento de defectos. Este método no puede ser utilizado de forma independiente en la selección de inversiones y por lo tanto tienen que valorarse otras consideraciones, como el tiempo, el valor del dinero y las compensaciones costo-beneficio.
- El payback es también utilizado para medir el ciclo de maduración de una empresa, es decir, el plazo que pasa desde que una empresa paga las materias primas a sus proveedores hasta que cobra los productos vendidos a sus clientes.

## 5. Marco institucional

### 5.1. Reseña Histórica

Sims Metal Management es una organización líder a nivel mundial en el reciclaje de metales y productos electrónicos, además es un actor emergente en la industria de reciclaje municipal y energías renovables. Fundada en 1917 por Albert G. SIMS, inició operaciones en Sydney Australia. En sus comienzos se dedicaba exclusivamente al reciclaje de materiales, su medio de transporte era la bicicleta, años más tarde pasaría a usar caballos y finalmente alcanzaría la articulación de un parque automotor y equipos mecanizados.

La compañía creció notablemente durante las primeras tres décadas del siglo XX, a tal punto que, a finales de la década de 1930 la compañía conocida como Albert G. SIMS Limited tenía operaciones de reciclaje de metales a lo largo de toda Australia

Llegado el año 1948, la organización estaba altamente cotizada en la bolsa de valores de Australia, contaba con capital fresco al interior de sus inversionistas y un ambicioso plan expansionista más allá de las costas de Oceanía. Hacia el año 1950, Albert G. SIMS Limited sembró los cimientos del liderazgo mundial con el cual cuenta la compañía hoy por hoy, siendo 1956 un hito en su historia ya que exportó el primer cargamento de chatarra de acero hacia Japón.

Finalizando la década de 1960, la organización había alcanzado una importante expansión ya que sus operaciones en torno a la chatarra ferrosa incluían países como Tailandia, Corea, Singapur, Malasia, Indonesia, China, Taiwán, Filipinas y Bangladesh.

Dos décadas transcurrieron hasta que finalmente SIMS alcanzó suelo norteamericano con la adquisición de LMC Corporation con sede en San Francisco. La expansión por América del Norte incluyó a Richmond Steel Recycling Joint Venture en 1996, la fusión con Hugo

Neu en 2005, la formación de Sims Adams Recycling Joint Venture en 2007 y la fusión con Metal Management en 2008.

A mediados de la década de 1990, la organización se estableció en el Reino Unido formando Sims Bird Limited, un año más tarde adquirió McIntyre Metals, en el 2000 a Philips Services, y en 2011 a Dunn Brothers. No obstante, su alcance completo a nivel internacional solo se materializó hasta la creación de Sims Recycling Solutions en 2002, lo que actualmente se conoce como Sims Lifecycle Services (SLS). La muestra fehaciente del alcance global de SLS es su expansión orgánica, sus adquisiciones clave alrededor del globo, principalmente en países estratégicos como Reino Unido, Países Bajos, Alemania, India, Dubai, Singapur, Polonia, República Checa, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda.

La estrategia corporativa de Sims Metal Management incluye consolidar su posición en el mercado a través de adquisiciones que generen valor y expandan la organización. Para ello, Sims Metal Management ha establecido criterios de adquisición que van desde solo apuntar a objetivos que ocupen la posición número uno o dos del mercado, hasta brindar acceso a clientes nacionales e internacionales, ofrecer planes de crecimiento a futuro, y principalmente, generar valor para sus accionistas. Hacia 2005, SIMS GROUP LIMITED se fusionó con Hugo Neu Corporation, una corporación estadounidense de carácter privado. La fusión creó una nueva empresa llamada Sims Group Limited, la cual cotiza bajo el código ASX "SGM". En 2008, Sims Group Limited y Metal Management Inc., se fusionaron para crear el reciclador de metales y productos electrónicos más grande del mundo, dando origen a Sims Metal Management Limited. En la actualidad, Sims Metal Management, tiene más de 250 instalaciones distribuidas en los cinco continentes, lo cual incluye más de 50 subsidiarias y participaciones en varias empresas conjuntas (Sims Metal Management, 2020).

## **5.2. Contexto Mundial del Reciclaje de RAEE**

Hoy por hoy alrededor del 80% de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de todo el mundo no está registrado, es decir, su valor se pierde y su gestión es probable que sea rudimentaria. Tan solo el 21% de todos los países (41 de 193) registran información sobre indicadores de generación y recolección de RAEE, lo cual marca una brecha mundial en torno a la cuantificación de los residuos emanados de los productos TIC desechados al igual que de otros equipos eléctricos y electrónicos.

Esto se debe particularmente a la incapacidad que tienen muchos países en torno a sus organismos de monitoreo y control de las cantidades y los flujos de RAEE a lo largo del tiempo, lo que dificulta el establecimiento y la evaluación de objetivos en la transición hacia una economía circular más sostenible (ITU, 2020).

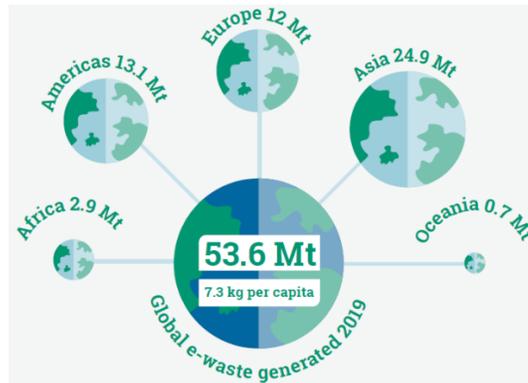
Una iniciativa de carácter global es la Asociación mundial de estadísticas sobre desechos electrónicos (GESP), su objetivo es mejorar la recopilación de datos y estimaciones mundiales sobre RAEE de forma estandarizada, y de esta forma visibilizar la importancia del seguimiento a este fenómeno mundial. Mediante la provisión de módulos combinados en línea y la formación presencial destinada a mejorar la capacidad nacional y regional, la UIT y sus socios ayudan a mejorar la calidad, comprensión, recopilación e interpretación de datos de RAEE. La recopilación completa de datos de RAEE proporciona una base para que los Estados miembros implementen políticas, infraestructura de reciclaje e instrumentos regulatorios de manera más eficiente.

Según lo mencionado anteriormente, un organismo importante en materia de seguimiento al mundo de los RAEE es el "Global E-waste Monitor", puesto que se encarga de proporcionar la actualización más completa de las estadísticas mundiales de desechos electrónicos. En 2019, se generaron alrededor de 53,6 Mt de desechos electrónicos, lo cual denota un promedio de 7,3 kg per cápita. La generación global de desechos electrónicos crece a razón de 9,2 Mt desde 2014 y se espera que para 2030 el RAEE generado a nivel mundial sea del orden de 74,7 Mt, lo cual es casi el doble en un término de tan solo 16 años. El crecimiento constante en cantidad de desechos electrónicos tiene su principal fuente en el aumento en las tasas de consumo de AEE (Aparatos Eléctricos y Electrónicos), disminución en los ciclos de vida de los mismos, y por supuesto la tendencia notable de la industria por generar pocas o casi nulas opciones de reparación en los artículos que produce.

En ese orden de ideas, Asia, el mayor productor de tecnología a nivel mundial, por supuesto generó la mayor cantidad de desechos electrónicos en 2019 llegando a 24,9 Mt, seguida por América con 13,1 Mt, y Europa con 12 Mt. Por su parte África y Oceanía generaron 2,9 Mt y 0,7 Mt, respectivamente. Un punto importante para contextualizar el mercado de los RAEE es que Europa ocupa el primer lugar a nivel mundial en términos de generación de desechos electrónicos per cápita, con 16,2 kg por habitante. Oceanía ocupó el segundo lugar con 16,1 kg per cápita, le sigue América con 13,3 kg per cápita, mientras

que Asia y África generaron solo 5,6 y 2,5 kg per cápita, respectivamente (**The Global E-waste, 2020**).

**Figura 4. Residuos electrónicos generados a nivel mundial para el año 2019.**



**Fuente: Global E-Waste Monitor, (2020).**

Por otra parte, la producción electrónica es una de las industrias de manufactura más grande y de mayor crecimiento a nivel mundial, lo cual, al combinarse con la rápida obsolescencia de los AEE genera un desborde de RAEE. Los materiales valorizables que contienen los aparatos eléctricos y electrónicos suponen un recurso que no debe ni puede perderse, y que deben recuperarse en el último ciclo de su vida útil, para cuando se transformen en residuos a través del reciclado, de manera que esos recursos puedan ser conservados para futuras generaciones, siendo un claro ejemplo de aplicación de economía circular (ECOLEC, 2020), en la que entra en práctica las cuatro R (reducir, reutilizar, reparar y reciclar), y donde pasa a un primer plano el beneficio social y medioambiental, en colaboración con la sostenibilidad. De esta forma la economía circular tiene como objetivo mantener el valor de los productos, materiales y recursos en los respectivos mercados el mayor tiempo posible.

### 5.3. ¿Cómo está Colombia?

Desde 2007 Colombia inició estudios relacionados con la generación de RAEE. Sus principales propósitos fueron diagnosticar este fenómeno, su impacto en distintos ámbitos de interés nacional, así como sus respectivas cifras para estimar cantidades de generación de los mismos, lo cual incluía computadores, celulares, electrodomésticos, pilas y bombillas. A la cabeza de dicha iniciativa estuvo el Ministerio de Ambiente, Vivienda y

Desarrollo Territorial, por supuesto con apoyo de otras entidades de carácter nacional e internacional.

A continuación, se relaciona un resumen de las estimaciones realizadas por dichos estudios para corrientes de procedencia doméstica, y que en algunos casos han sido objeto de reglamentación por parte del gobierno central (Ministerio de Ambiente, 2012).

Según dichos estimados para 2014 se proyectó un volumen cercano a las 127.000 toneladas anuales, lo cual deja un per cápita 2,6 kg de RAEE.

**Figura 5. Estudios desarrollados en Colombia sobre generación de RAEE.**

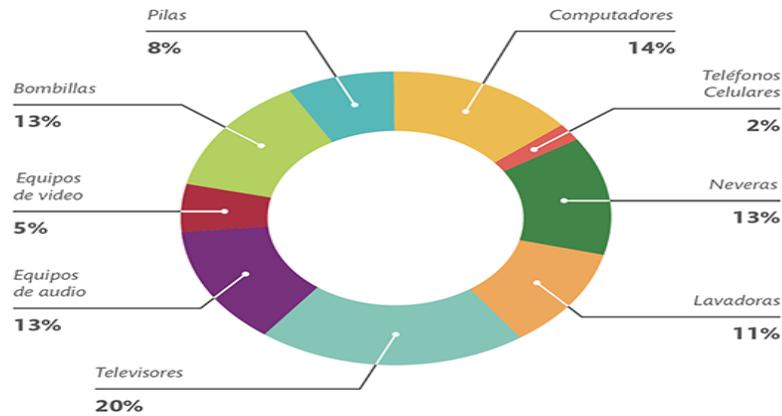
Título del estudio	Corriente	Año base de proyección	Estimado año base (ton.)	Estimado 2014 (ton.)	Último año de proyección	Estimado último año (ton.)
Diagnóstico de computadores y teléfonos celulares (Ott, 2008)	Computadores	2005	6.000*	No disponible	2013	19.000*
Análisis de flujos de residuos de computadores en los sectores formal e informal en Colombia (León, 2010)		2005	8.500*	19.000*	2020	43.000*
Diagnóstico de computadores y teléfonos celulares (Ott, 2008)	Teléfonos celulares	2005	500*	No disponible	2013	2.600*
Diagnóstico de electrodomésticos y aparatos electrónicos de consumo (Blaser, 2009)	Neveras	2004	9.000	18.000	2018	19.000
	Lavadoras	2004	3.000	13.000	2018	22.000
	Televisores	2004	6.000	28.000	2018	38.000
	Equipos de video	2004	1.000	6.000	2018	8.000
	Equipos de audio	2004	5.000	17.000	2018	14.000
	Subtotal	2004	24.000	82.000	2018	101.000
Gestión de los residuos posconsumo de fuentes de iluminación, pilas primarias y secundarias (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-Universidad Nacional de Colombia, 2008)	Bombillas	2003	4.142	16.248	2015	17.195
	Pilas	2009	9.778	9.685	2014	9.685
<b>Total</b>			52.920	126.933		192.480

**Fuente. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2012).**

\*Nota: en las proyecciones de la figura 5 de varios escenarios se tuvo en cuenta el valor del escenario mayor. En la figura 6 se discrimina la participación de las diferentes corrientes estudiadas respecto al total generado.

Cabe señalar que tan solo una cuarta parte de las empresas gestoras formales realiza desensamble, recuperación y aprovechamiento local de metales ferrosos y no ferrosos. Elementos altamente valorizados como las tarjetas electrónicas se exportan en su mayoría a los mercados internacionales para la recuperación de metales preciosos. (Ministerio de Ambiente, 2012).

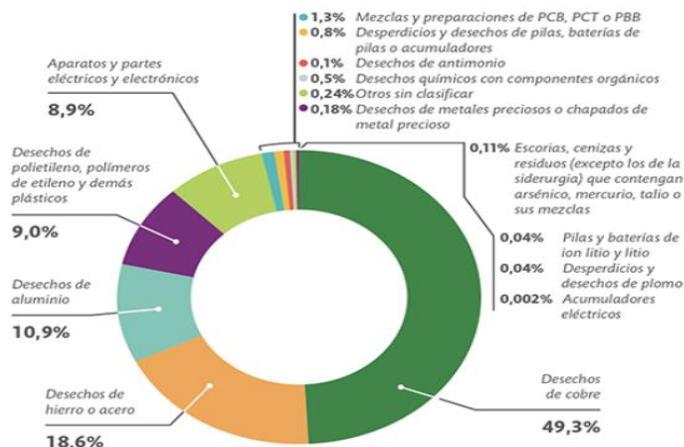
**Figura 6. Proyecciones de participación por categoría en la generación de RAEE para 2014 en Colombia.**



**Fuente. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2012).**

De acuerdo a los datos expresados en la figura 7, queda muy claro que a nivel de Colombia no existe la tecnología suficiente para recuperar los metales de más alto valor en el mercado mundial puesto que la industria nacional concentra sus operaciones en recuperación de cobre, acero y aluminio, por lo tanto, es una propuesta de alto valor el desarrollo de un modelo de negocio que impida estas fugas de capital una vez se materialice la adquisición de la tecnología capaz de procesar y refinar metales preciosos tales como oro, plata, platino, paladio, rodio, entre otros, haciendo uso de buenas prácticas en materia de sostenibilidad a gran escala.

**Figura 7. Materiales, aparatos, partes recuperadas y exportadas por gestores de RAEE.**



**Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2012).**

Es importante señalar que en Colombia no existen empresas dedicadas a la extracción de metales preciosos a partir de residuos electrónicos debido al gran volumen de inversión requerido para un emprendimiento de esta naturaleza; un modelo hidrometalúrgico destinado a recuperar tres metales preciosos (oro, plata, platino), supera fácilmente los USD 300000, lo cual hace que la principal limitante sea el factor económico.

## 5.4. Subcontratistas

SIMS maneja locaciones principalmente en 7 países como lo son Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda, Nueva Guinea y Reino Unido, pero para poder lograr su objetivo de mantener un mundo libre de residuos de aparatos electrónicos y eléctricos ellos han establecido convenios con empresas en países donde no tienen presencia y existe las regulaciones requeridas para la gestión de los residuos de los aparatos electrónicos y eléctricos, por medio de esta figura de subcontratistas, SIMS llega a tener presencia en 98 países, este convenio permite realizar el procesamiento necesario para la disposición de activos de TI retirados.

SIMS tiene como objetivo de mercado, la disposición de activos de TI de los centros de datos de los servicios de Cloud Computing, por lo tanto, en los países donde SIMS tiene aliados o subcontratistas, se realizan las respectivas solicitudes de RFP a las empresas que necesitan la recolección de sus activos de TI retirados, en las propuestas se exponen todas las características que posee SIMS para la recolección, las cuales también va tener los subcontratistas. Entre estas características se encuentra. (Sims Lifecycle Services, 2020):

- El manejo de Activos de TI se realiza de forma segura garantizando el cumplimiento de la normatividad
- Los procesos de manejo de activos son seguros garantizando la seguridad de los datos
- El subcontratista cumple con la seguridad de los datos corporativos
- El subcontratista cumple con la responsabilidad ambiental
- El subcontratista recicla de manera responsable los equipos obsoletos y rotos

- EL subcontratista se asegura que cuando los activos abandonen los activos de los clientes, estos se protegerán de tal forma que no se vea afectada la reputación ni la marca del cliente
- El subcontratista indicara cual es el procedimiento para destruir los diferentes medios de almacenamientos de datos
- El subcontratista asegurara que los residuos peligrosos se gestionan de forma respetuosa con el medio ambiente.
- El subcontratista se asegurará de la logística
- El subcontratista indicara que servicios en sitio se ofrecen como lo son, destrucción de datos, desmantelamiento, conciliación de inventario y servicios de embalaje
- El subcontratista asegurara la precisión de los informes para los posteriores requisitos corporativos y normativos

Sims Lifecycle Services al seleccionar un subcontratista, verifica que en sus objetivos organizacionales este que están trabajando hacia una economía circular, generando el compromiso de producir productos más ecológicos, cerrando bucles de material y prevención de daños al medio ambiente. La red de subcontratistas de Sims Lifecycle Services tiene las certificaciones necesarias para sus instalaciones, para el procesamiento y gestión de los residuos, entre las certificaciones que se poseen se encuentran, ISO 14001, ISO 45001, ISO 9001, ISO 27001 y la R2 2013, con las cuales se logran el cumplimiento de los estándares a nivel de la salud humana, medio ambiente, calidad y seguridad, además de cumplir con las regulaciones locales, nacionales e internacionales. (Sims Lifecycle Services, 2020).

## 5.5. Mercado

SLS recibe de las compañías productos electrónicos que pueden ser reutilizados o reciclados, entre los productos que se pueden reciclar se encuentran los siguientes; computadores y periféricos, equipos de oficina y telecomunicaciones, dispositivos móviles, equipo de centro de datos, equipos de cable, internet de las cosas, sistemas de punto de venta, medios de almacenamiento, chatarra electrónica y equipos médico y de laboratorio, de estos productos se pueden destacar los que actualmente están interviniendo en la denominada cuarta revolución industrial que corresponde al mercado de Cloud computing data center.

El mercado de disposición de activos de TI tiene a SLS ubicado entre los principales competidores del mercado de acuerdo al informe de investigación sobre el mercado Disposición de Activos de TI (ITAD), en el cual se encuentran otras compañías como Iron Mountain Incorporated, IBM, Dell, Hewlett Packard Enterprise Company, Apto Solutions, LifeSpan International, TES-AMM Pte Ltd, ITRenew, CloudBlue Technology.

**Figura 8. Cadena de Valor del Reciclaje de RAEE**

Actividades de Apoyo	Infraestructura de Gestión de RAEE		Realizar alianzas estratégicas con compañías locales de reciclaje, estos se denominan subcontratistas		
	Recursos Humanos		Capacitación, asistencia técnica, inclusión social, compensación		
	Desarrollo de Tecnología		Sistema de logística, Sistema de geolocalización		
	Abastecimiento		Maquinaria adecuada, publicidad		
Actividades Principales	Logística de entrada	Operaciones	Logística de Salida	Marketing y Ventas	Servicio
	Identificación de los posibles aparatos eléctricos para reciclar	Recolección de RAEE por recicladores	Transporte de Material Reciclado	Promoción	Calidad y Seguridad Industrial
	Almacenamiento del RAEE seleccionado	Recolección de RAEE por grandes operadores	Transporte de Metal extraído	Publicidad	Sistema de Gestión Ambiental
	Gastos por acopio	Valorización RAEE		Portal web	Procesos de Certificación
	Importación RAEE	Procesamiento Industrial			Oferta comercial
	Oferta Metal Reciclado				

**Fuente: Basado en la Cadena de Valor de Michael Porter.**

Además del tipo de RAEE, el mercado de disposición de Activos TI se puede clasificar por tipo, aplicación y región, a nivel de tipo se encuentran segmentado por fabricación y reciclado, remarketing y recuperación de valor, destrucción de datos y gestión de logística, para la clasificación por tipo de aplicación se encuentra banca, servicios financieros y de seguros, tecnologías de la información, telecomunicaciones, instituciones educativas, sector sanitario, sector defensa, sector público, fabricación y medios de entretenimiento y a nivel regional se tiene países de américa del norte, países de Sudamérica, países de Europa y otros países conformados por oriente medio y áfrica. (Martinez, 2020). En la figura 8 se presenta la cadena de valor para la gestión de y recuperación de RAEE.

## 6. Diseño metodológico

Para cumplir con los objetivos se realizará una investigación con enfoque cuantitativo y alcance descriptivo (Sampieri, 2014), con ello se pretende presentar las características más importantes de la propuesta del modelo de negocio . Para ello, se cuenta con estadísticas de fuentes primarias, encuestas a compañías de diferentes actividades económicas por medios digitales y entrevistas con actores específicos, tales como profesionales de la industria metalúrgica, y docentes del área de negocios. Las fuentes secundarias se consultarán por vía web, artículos de las organizaciones gestoras de RAEE, artículos de bases de datos y publicaciones, los cuales se documentarán en el numeral de referencias.

Para el desarrollo de los aspectos mencionados anteriormente, se ejecutaron las siguientes etapas:

**Consulta e investigación de la información:** En esta etapa se realizó la extracción de la documentación para establecer un esquema teórico basado en el marco conceptual que tendrá tres secciones. La primera sección corresponde a la documentación de las diferentes metodologías del modelo de negocio, la segunda es en el concepto de los residuos de aparatos electrónicos con enfoques a nivel ambiental, regulatorio y socioeconómico y su relación con la minería urbana. Por último, se presenta la consulta del método más adecuado para la recuperación de metales existentes en los RAEE.

**Análisis del Escenario:** Con la adecuada clasificación y evaluación de la información de la etapa anterior se realizó un análisis de rentabilidad (VPN, TIR, flujo de caja, payback), impacto, y viabilidad.

**Definición del modelo de negocio:** Con el resultado del análisis generado, se presenta el escenario más competitivo para desarrollar la iniciativa de refinación de metales en Colombia.

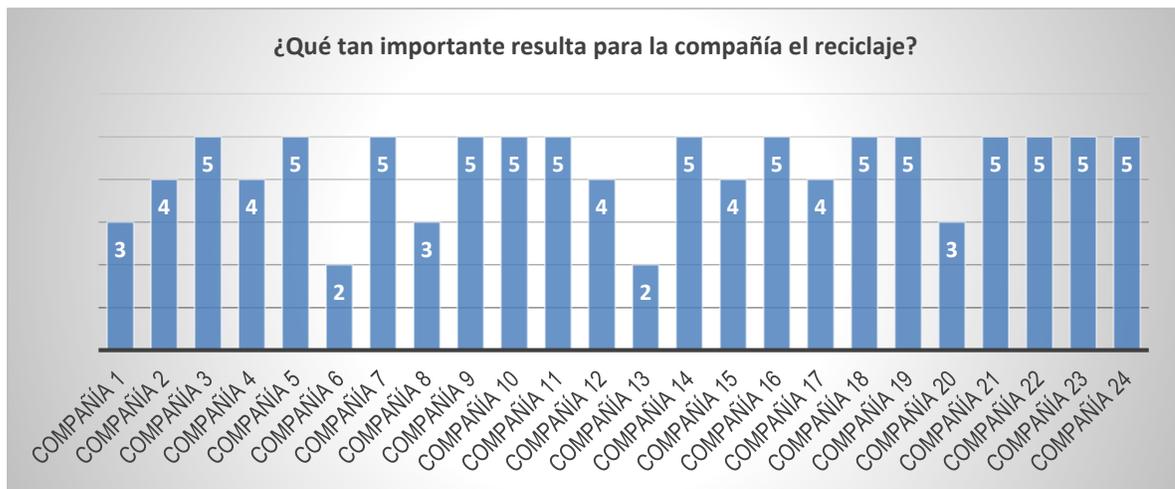
## 7. Diagnóstico organizacional

Se realizaron encuestas para identificar la posición y ciertas características respecto al manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, así mismo se definieron entrevistas a nivel de las entidades encargadas de definir las políticas para la gestión de los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos y por último se entrevistaron a entidades no gubernamentales para determinar el alcance que se realiza con la gestión de los residuos.

### 7.1. Análisis de datos

Se realizó una encuesta (Anexo A), a través de un medio digital a 24 compañías del sector público y privado ubicadas geográficamente en las ciudades de Bogotá (19), Pasto (3), Ipiales (1) y Cota (1); esta encuesta se enfoca en la importancia del reciclaje y la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos al igual se consultó el valor aproximado de cantidad de equipos de cómputo que manejan las compañías y la cantidad de equipos renovados.

**Figura 9. Importancia del reciclaje en Colombia**



Fuente: Consultoría a SIMS Life Cycle Services (2020).

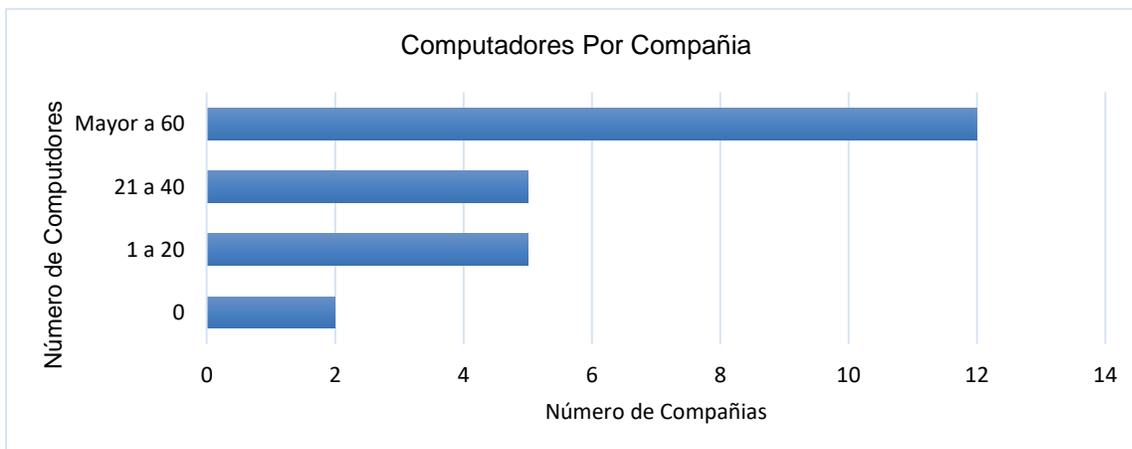
**Figura 10. Importancia Gestión RAEE**



**Fuente: Consultoría a SIMS Life Cycle Services (2020).**

De acuerdo a los datos de las figuras 9 y 10, de las 24 compañías encuestadas, se identificó que, dentro de su panorama actual, 19 consideran importante los procesos de reciclaje y así mismo 19 compañías presentan un comportamiento similar en la gestión de los RAEE, con una relación del 79 %, proporcionando un ambiente necesario y suficiente para realizar la búsqueda de la materia prima para establecer una refinería de metales preciosos.

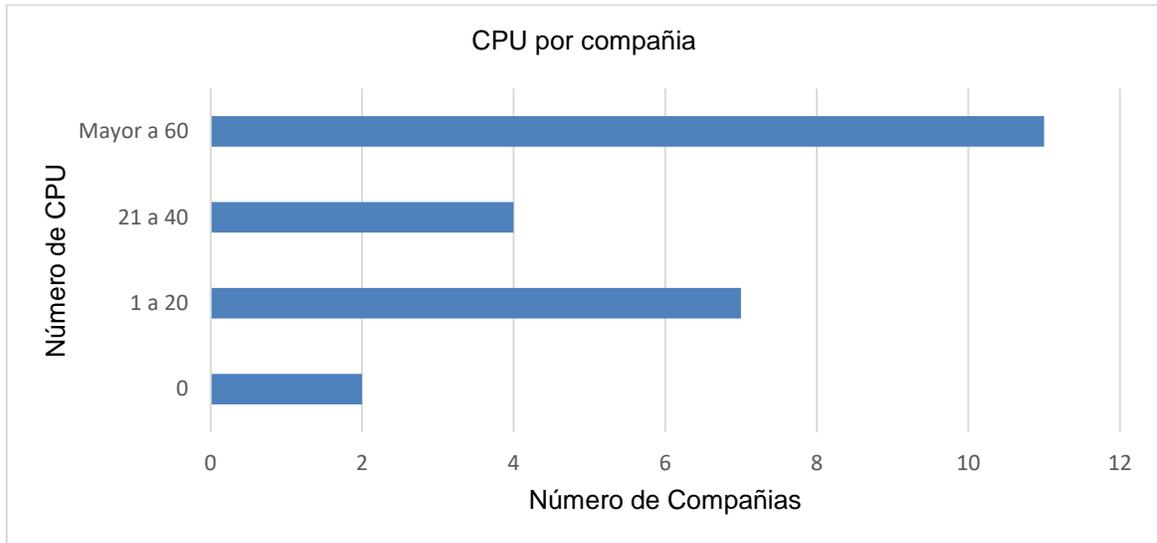
**Figura 11. Rango de Computadores por Compañía**



**Fuente: Consultoría a SIMS Life Cycle Services, (2020).**

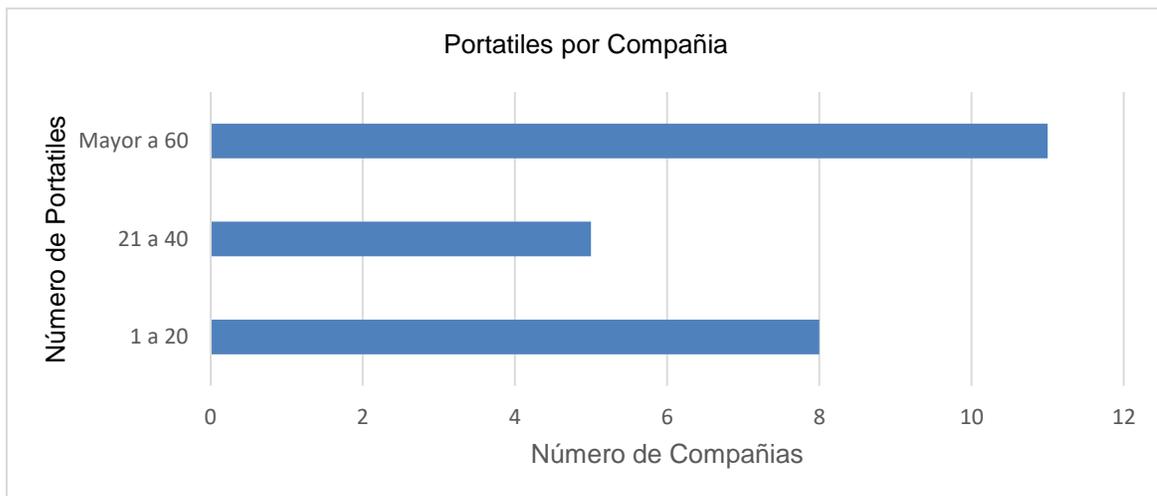
A partir de los resultados presentados en las figuras 11, 12 y 13, se identifica que en promedio en promedio once (11) compañías manejan dentro de sus inventarios, ya sea computadores de escritorio o equipos portátiles en una cantidad mayor a 60 dispositivos, lo que va permitir en el momento en que finalicen su vida útil, de estos se puedan extraer hasta 5 tarjetas (PCB) por dispositivo.

**Figura 12. Rango de CPU por Compañía**



**Fuente: Consultoría a SIMS Life Cycle Services, (2020).**

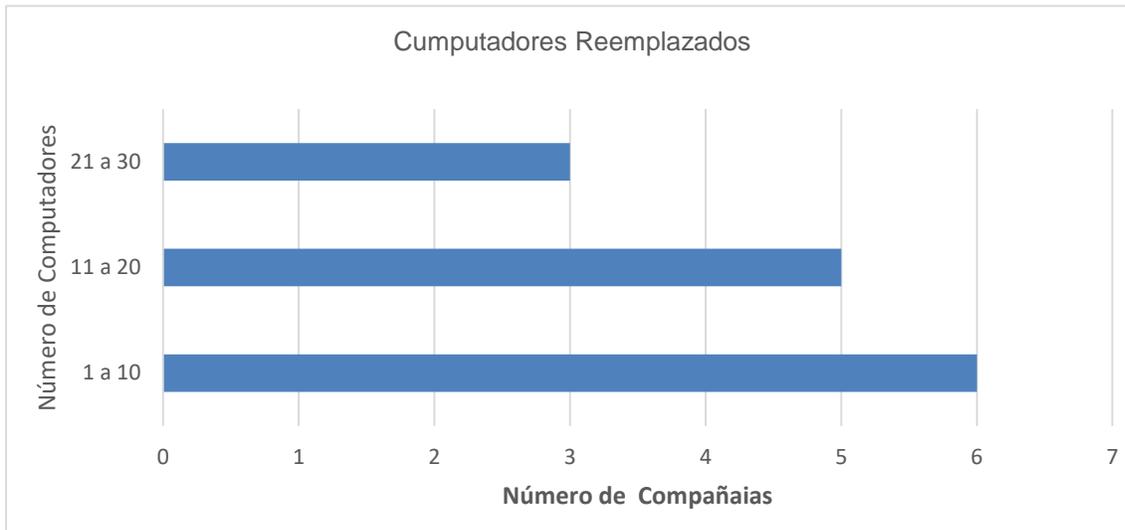
**Figura 13. Rango de Portátiles por Compañía**



**Fuente: Consultoría a SIMS Life Cycle Services, (2020).**

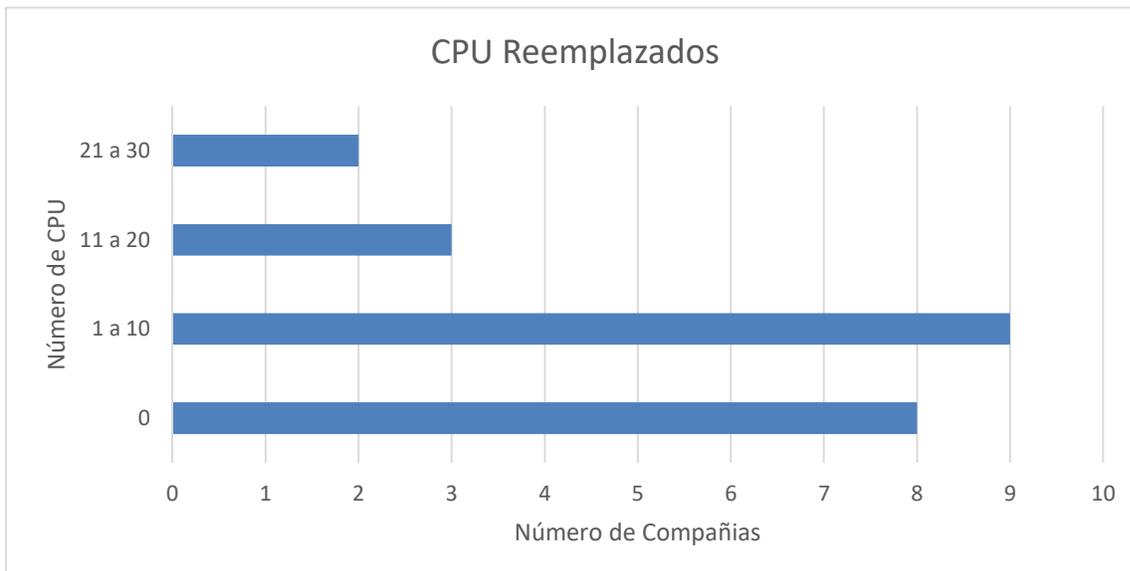
Las figuras 14, 15 y 16 presentan las tendencias de las compañías en cuanto la renovación para el año 2019 de los equipos de cómputo de lo cual se concluye lo siguiente:

**Figura 14. Rango de Computadores renovados**



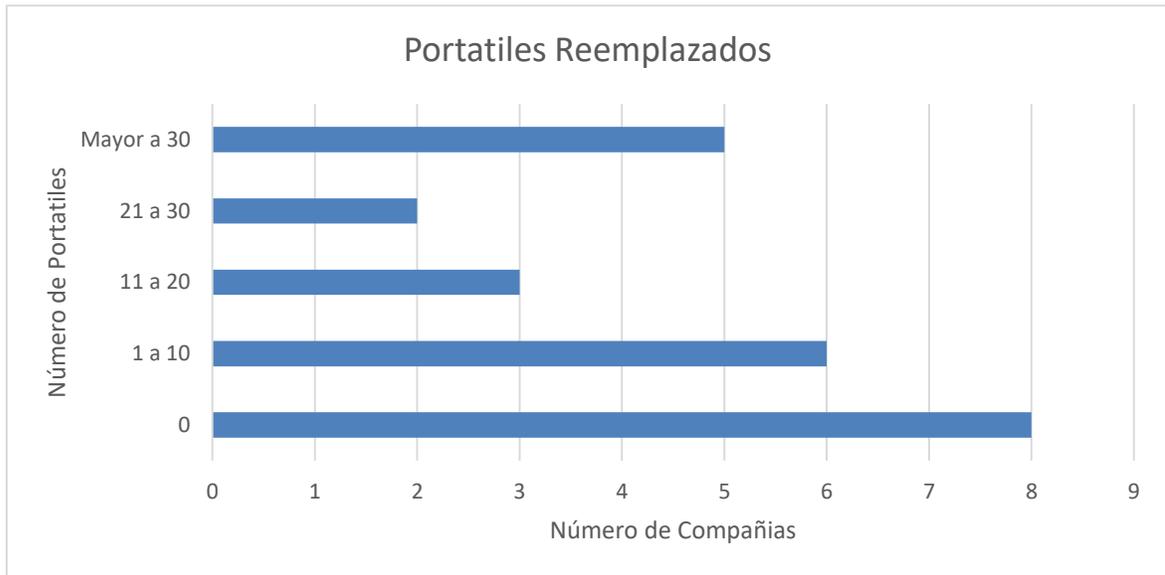
**Fuente: Consultoría a SIMS Life Cycle Services , (2020).**

**Figura 15. Rango CPU Renovados**



**Fuente: Consultoría a SIMS Life Cycle Services (2020)**

**Figura 16. Rango de Portátiles Reemplazados**



**Fuente: Consultoría a SIMS Life Cycle Services (2020).**

A nivel de renovación de equipos de cómputo se evidencia que, de las 24 compañías, 17 de estas, realizaron cambios de equipos en el 2019. Lo que permite interpretar que en promedio el 50 % de las compañías realizan renovación de sus activos de TI referentes a equipos de escritorio y portátiles, manejando una relación de 30 equipos bajo renovación.

**Tabla 4. Resultados Entrevistas Actores RAEE**

Organización	País	Tipo	Exportan RAEE	Importan RAEE	Gestión de RAEE	
					RAEE Valorizado	Recuperación de Metales Preciosos
Habitat Minería Urbana	Colombia	Privado	Si	No	SI	No
Lito	Colombia	Privado	Si	No	SI	No
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Colombia	Publico	Si	No	SI	No
ANLA	Colombia	Publico	Si	No	SI	No
Ministerio de Comercio	Colombia	Publico	Si	No	No Aplica	No Aplica

Organización	País	Tipo	Exportan RAEE	Importan RAEE	Gestión de RAEE	
					RAEE Valorizado	Recuperación de Metales Preciosos
Scrap y Rezagos S.R.L	Argentina	Publico	Si	No	SI	No
Servicio Nacional Aduanas	Chile	Publico	Si	No	SI	No Aplica
Ecoway	Costa Rica	Privado	Si	No	SI	No
Universidad Cuenca	Ecuador	Privado	Si	No	SI	No
RLG Americas	México	Privado	Si	No	SI	No
Ministerio de Ambiente	Perú	Publico	Si	No	SI	No
Ecoservices	República Dominicana	Privado	Si	No	SI	No
Recicla S.R.L	República Dominicana	Privado	Si	No	SI	No

**Fuente: Consultoría a SIMS Life Cycle Services, (2020).**

Respecto a las entrevistas se puede concluir que los países de Latinoamérica que tienen una política de manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos no cuentan con la infraestructura necesaria para la obtención de metales preciosos a partir de los RAEE recolectados, por lo tanto, estos residuos deben ser exportados para un adecuado aprovechamiento. Una de las principales razones de este fenómeno obedece a que las compañías con la capacidad de procesamiento prefieren subcontratar empresas que realicen el tratamiento primario de los residuos (valorización), para al final solo exportar el RAEE valorizado hacia sus plantas, en las cuales pueden obtener el mayor beneficio de esta materia prima.

## 8. Modelo de negocio propuesto

El modelo de negocio propuesto recopila aspectos de índole ambiental, tributario, y un aparte detallado de las fases metalúrgicas necesarias en el proceso de extracción de los metales de interés.

Antes de presentar los diferentes requisitos y procesos necesarios para la puesta en marcha de la planta de extracción de metales preciosos, se realiza la descripción de aspectos claves para desarrollar la idea de negocio mediante el canvas sostenible definido por la Universidad EAN donde a partir del modelo de Osterwalder (2011), se establecen las perspectivas a nivel ambiental y social para las etapas de costos e ingresos (Anexo B).

1. **Propuesta de Valor:** la propuesta de valor está orientada en aspectos tales como, planta de extracción ambientalmente sostenible, reciclaje de tarjetas de equipo de cómputo, y obtención de metales preciosos a partir de RAEE valorizado con un margen competitivo
- Planta extracción ambientalmente sostenible: Esta va estar bajo el sentido ambiental como propuesta de valor. Inicialmente se contará con los estudios ambientales necesarios para garantizar la sostenibilidad en las operaciones de la planta de extracción.
  - Reciclaje PCB: El material utilizado para reciclar proviene de equipos de cómputo en desuso. Las tarjetas de circuitos impresos o PCB constituyen los elementos donde se concentra el mayor porcentaje de metales de interés.
  - Producción de metales preciosos: La estabilidad en el precio del oro constituye una inversión de resguardo a nivel económico, por lo tanto, de ahí la viabilidad en la extracción de metales preciosos a partir de RAEE valorizado.

2. **Cliente:** Los principales clientes son el sector de la joyería y manufactura electrónica por cuantos estos tienen la capacidad de aprovechar los metales preciosos producidos por la planta de extracción.
  - Sector Joyería
  - Sector Fabricación Componentes
3. **Relación con el cliente:** Se deben establecer diferentes tipos de relación como lo son personal dedicada y por comunidades
  - Relación Personal: Se establece contacto directo con los clientes a través de diferentes canales de comunicación y por medio de contacto personal, de esta forma se tendrá conocimiento de las necesidades del cliente para poder responder oportunamente ante un evento inesperado.
  - Relación por comunidad: Se propone asociar valor entre los diferentes actores de esta manera se puede incrementar la satisfacción del cliente final, de tal forma que el proveedor de materia prima al ser eficiente permitirá que el producto terminado sea de calidad y se genere en el tiempo esperado
4. **Canales:** Los canales a utilizar serán digitales, tradicional y especializado
  - Canal digital: Página web con información de producto y contacto
  - Canal Tradicional: Visita personalizada al cliente y atención en las instalaciones de la planta
  - Canal especializado: Participación en revistas, blogs y demás medios de difusión de las industrias del reciclaje.
5. **Ingresos:** Los ingresos provienen de la comercialización de los metales preciosos obtenidos del proceso de extracción a partir de RAEE
6. **Beneficio Ambientales:** Reducción de riesgos de pérdida de RAEE cuando se realiza el movimiento transfronterizo hacia las plantas de refinación; disminuir el uso de los recursos naturales en los procesos de minería tradicional

7. **Beneficios Sociales:** Creación de empleos directos e indirectos; el personal requerido para administrar la planta corresponde a los empleos directos y los empleos indirectos son todos aquellos que intervienen en los procesos de recolección, transporte de los RAEE.
8. **Actividades Clave:** Las actividades más importantes serán los estudios de impacto ambiental para la obtención de la licencia ambiental, el cumplimiento de todas las obligaciones tributarias, la proyección del contenido de metales preciosos en las tarjetas de circuitos impresos de los equipos de cómputo, el proceso necesario para la extracción de los metales preciosos a partir de los RAEE con su respectivo análisis de costos.
  - Obtención de la licencia ambiental
  - Obligaciones Tributarias
  - Caracterización PCB
  - Etapas del proceso de extracción de Metales
  - Análisis de Costos.
9. **Recursos Clave:** los recursos necesarios para la puesta en funcionamiento del modelo de extracción de metales preciosos a partir de RAEE, son materias primas, equipos de refinería, recursos humanos y recursos financieros.
  - Materias primas
  - Equipos refinería
  - Recursos humanos y financieros
10. **Socios Clave:** Son comprendidos por las entidades públicas y privadas encargadas de la recolección de RAEE, por otro lado, las compañías que manejan programas de responsabilidad social serán otro punto clave de recolección
11. **Costos:** Estos comprenden, la compra de la materia prima (RAEE), adquisición de insumos para la planta, nómina del personal de la planta, gastos operativos.

12. **Costos Ambientales:** El impacto ambiental es controlado por cuanto gran parte de la eficiencia del proceso permite recircular las soluciones que allí intervienen.
13. **Costos Sociales:** No hay impacto negativo por lo tanto no se generan costos

## 8.1. Requisitos Ambientales

Los efectos directos e indirectos a nivel mundial, sobre el medio ambiente y los seres humanos, generados por el deficiente manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos por los diferentes actores como lo son productores y consumidores, obligaron a las autoridades mundiales y nacionales a establecer por disposiciones que permitieran crear condiciones adecuadas para controlar los efectos de los RAEE, estas medidas se amparan en la normativa que se expone a continuación.

1. Las regulaciones asociadas con la gestión de residuos electrónicos integran la ley 1672 del 2013 por la cual se definen los lineamientos para la política pública de la gestión RAEE, el decreto 284 del 2018 que regula la gestión integral de los RAEE y el artículo 2.2.2.3.2.3 numeral 11 del decreto 1076 del 2015 que define los requisitos de la licencia ambiental para las instalaciones que tienen como objetivo el tratamiento de los RAEE.
2. Requisitos de importación de desechos peligrosos regulados mediante algunas leyes como lo son la Ley 1252 de 2008 la cual dicta las normas prohibitivas en materia ambiental, referidas a residuos y desechos peligrosos, el artículo 23 de la ley 1672 de 2013 que establece que el movimiento de los desechos electrónicos es controlado por el convenio de Basilea, el decreto 925 del 2013 del ministerio de industria y comercio que establece el registro y solicitudes de las licencias de importación de RAEE, la circular 018 del 2020 describe los permisos y autorizaciones requeridos antes de la presentación de solicitudes de registro y licencias de importación por parte de las entidades participantes en la Ventanilla Única de Comercio Exterior y el decreto 1165 del 2019 capítulo 3 que establece las disposiciones a nivel del régimen aduanero para el proceso de importación.

Para el desarrollo de la planta de extracción de metales preciosos, es necesario cumplir con ciertos requisitos legales, como lo son los establecidos por las entidades ambientales, esto de acuerdo al tipo de procesos que se realizan sobre los RAEE, los cuales deben realizarse con las medidas de control suficientes y necesarias para evitar que el impacto en el ambiente pueda generar efectos adversos como resultado de la actividad de la planta.

Colombia tiene definida la normativa para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE, por la ley 1672 del 19 de julio de 2013, la cual establece los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de RAEE, esta ley estableció un manejo diferenciado para el manejo de estos residuos y prohibió la disposición final de estos en los rellenos sanitarios, ya que la responsabilidad extendida del productor es el principio rector para la gestión ambientalmente adecuada de los RAEE y que por ende, los productores de los AEE, es decir, los fabricantes, importadores, ensambladores o remanufacturadores, deberán establecer directamente o a través de terceros, en forma individual o colectiva, los sistemas de recolección y de gestión ambientalmente seguro, de los residuos de los productos puestos por ellos en el mercado, y que los RAEE recolectados se manejarán priorizando el aprovechamiento y valorización de los mismos a través de empresas gestoras que cuenten con licencia ambiental para ello. La Resolución 1512 de 2010 establece para todos los programas de posconsumo de residuos de computadores y/o periféricos propuestos, que deben ser presentados por sus titulares ante la ANLA para su respectiva aprobación y, una vez dado el aval, los programas deben entrar en funcionamiento.

De acuerdo con la estrategia Nacional de economía circular del Gobierno de la Republica de Colombia (2019), la ANLA reportó que 295 empresas importadoras y fabricantes nacionales que tiene una participación en el mercado alrededor del 80% de las corrientes reguladas, conformaron al 2018, 100 sistemas de recolección y gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que tuvieron cobertura en 280 municipios de 29 departamentos del país, con la instalación de más de 7.700 puntos fijos de recolección y centros de acopio, lo cual ha permitido recolectar en el periodo 2012 -2017 más de 18.000 toneladas de RAEE, y darle a estos residuos un manejo ambientalmente adecuado a través de 39 empresas gestoras licenciadas. Los programas de posconsumo son estrategias de Responsabilidad Extendida del Productor, las cuales a través de sus gestores de RAEE autorizados permiten procesar y almacenar la cantidad de RAEE para cumplir las metas

establecidas por las normativas vigentes. Por ejemplo, el programa Ecocomputo ha estado cumpliendo sus indicadores gracias a diferentes alianzas con compañías productoras, lo cual demuestra el adecuado comportamiento de estos programas a nivel de recolección y gestión.

Para el desarrollo de las instalaciones necesarias para el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (recuperación/reciclado) y/o disposición final de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE, su autorización se gestionara por medio de una licencia ambiental, de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.2.2.3.2.3 del Decreto 1076 de 2015, la cual debe ser otorgada por Las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y las autoridades ambientales creadas mediante la Ley 768 de 2002.

Para lograr la aprobación de la licencia ambiental se debe presentar un estudio de impacto ambiental en el cual se recopila la información del proyecto en cuanto a:

- a. Descripción del proyecto
- b. Consideraciones Técnicas
- c. Demanda de recursos y permisos o concesiones ambientales requeridos en cada jurisdicción
- d. Estudios ambientales

Todo lo anterior en concordancia a la resolución 076 de 2019, por la cual se adoptan los términos de referencia TDR-025 para la elaboración del Estudio de impacto ambiental para el trámite de licencia ambiental de proyectos para la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y/o disposición de residuos de aparatos eléctricos o electrónicos (RAEE).

El estudio de Impacto ambiental a realizar se hará de acuerdo a los siguientes términos de referencia:

1. Descripción: Se presentan los diseños de los procesos que se realizaran en la planta además de las instalaciones que se requieren para el funcionamiento de la

misma, en esta Sección se presentan los datos correspondientes a la ubicación geográfica y características del proyecto.

2. Ubicación geográfica: Se presenta la información respecto a la localización a nivel nacional y departamental donde se podrá identificar la dirección de la planta a nivel de coordenadas y nomenclatura de la entidad local correspondiente, indicando la ubicación en el mapa de Colombia resaltando el departamento y el municipio, para este último esta su división política al igual que la descripción de las áreas de influencia directa e indirecta
3. Características del proyecto: Se enuncian los objetivos de la planta relacionados con la disposición final de los RAEE, otra de las características es la estructura organizacional, como lo son el organigrama y el flujograma del proceso operativo que se va a desarrollar, se documenta la infraestructura existente del sitio donde se alojara la planta enunciado las vías de acceso, dimensiones del espacio de la planta, la red hidrosanitaria y lluvias, las adecuaciones a realizar de la infraestructura para el aprovechamiento de los RAEE, también se incluyen los análisis de emisiones atmosféricas fijas o móviles debido a los tratamientos de incineración, el análisis de emisión de ruido, el análisis de uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales renovables por actividad y tecnologías para el aprovechamiento, el estimativo de maquinaria, equipo y de la mano de obra requerida para la planta, el cronograma de actividades como lo son mantenimiento y desmantelamiento y por último la operación y funcionamiento nivel de tipo de RAEE a gestionar, fuentes de energía y combustible, fuentes de abastecimiento de agua, infraestructura y equipos de laboratorio, costo anual de la planta, almacenamiento, recolección y disposición final.
4. Caracterización del área de influencia de la Planta: Se realiza el análisis a detalle del área de influencia directa e indirecta para los medios abiótico (suelos, hidrología), biótico (flora y fauna) y el medio socioeconómico.
5. Evaluación ambiental: Se presentan los procesos de identificación y evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto de la planta de refinación de metales preciosos para cada uno de los procesos que encierra la actividad económica, así mismo se indicaran los posibles impactos que se ocasionaran por

medio de una valoración y análisis que integrara las características técnicas, los atributos y dinámica de los componentes ambientales de acuerdo a lo establecido en la legislación ambiental vigente y la CAR para finalmente describir, valorar, jerarquizar los aspectos, efectos e impactos que son causados por las actividades que se involucran en el desarrollo del proceso.

6. Evaluación Económica de los Impactos: Este punto se desarrollará de acuerdo a las metodologías de valoración económica definidas por las entidades ambientales, que se clasifican en dos grupos; las basadas en preferencias reveladas, que identifican los valores a través de información de mercados relacionados indirectamente con los servicios ecosistémicos y las de preferencias declaradas que acuden a interacciones directas con las personas para obtener el valor económico de los servicios ecosistémicos.
7. Plan de Manejo Ambiental: Va contener el conjunto de acciones ambientales que permite prevenir, controlar, corregir o compensar los daños que se pudieran ocasionar en el proyecto “Construcción y Operación de instalaciones cuyo objeto sea el Almacenamiento, Tratamiento, Aprovechamiento, Recuperación y/o Disposición Final de Residuos o Desechos Peligrosos ” en las diferentes etapas (operación, mantenimiento, desmantelamiento y abandono) sobre las condiciones sociales y ambientales presentes en el área de influencia directa.

El Plan de Manejo Ambiental, se presenta en fichas que contienen la siguiente información:

- Objetivos y metas
- Etapa del proyecto: En las fichas se debe visualizar claramente la etapa en que se desarrollara (construcción, operación, cierre, clausura y pos- clausura).
- Tipo de impacto a controlar: acciones a desarrollar para su manejo indicando lugar de aplicación, plano de localización si es necesario, personal requerido y responsable de la acción.
- Tipo de medida: Las medidas deben ser clasificadas en control, prevención, mitigación, corrección y compensación.

- Diseño: Presentar especificaciones técnicas, diagramas, planos de obra de las medidas adoptadas.
- Resultados esperados: Indicar los efectos esperados de las medidas adoptadas.
- Población beneficiada: mecanismos y estrategias participativas.
- Indicadores: Las actividades que se desarrollen en cada ficha deben tener datos técnicos y precisos que puedan ser cualificados, medidos y/o cuantificados permitiendo su seguimiento.
- Registro de cumplimiento: Fotografías, actas, videos, documentos soporte, entre otros que permitan verificar el desarrollo de la actividad.
- Cronograma: Las fichas deben tener un cronograma de ejecución específico para cada etapa del proyecto (construcción, operación, cierre, clausura y pos- clausura).
- Costos: Presupuesto de las actividades que se desarrollaran para implementar las medidas ambientales. Se presentan los costos de inversión, costos de operación y el presupuesto correspondiente al plan de manejo ambiental, plan de seguimiento y plan de contingencia.

Con el estudio de impacto ambiental listo, mediante los siguientes pasos se realizará el trámite para generar la licencia (ANLA, 2020):

1. Registro en Vital: "El usuario interesado en iniciar un trámite debe registrarse en el aplicativo <http://vital.anla.gov.co/ventanillasilpa/>, diligenciando el formulario de identificación con los datos básicos de la persona natural, jurídica privada o jurídica pública según corresponda y seleccionar la autoridad ambiental a la que desea enviar el registro para su posterior validación y aprobación. El proceso de validación requiere una gestión expresa del solicitante, su representante legal o apoderado y puede hacerse con anterioridad a la solicitud de un trámite"
2. Diagnóstico Ambiental de Alternativas" La solicitud deberá estar acompañada de un resumen ejecutivo con la descripción del proyecto e información relacionada con la localización geográfica del mismo, como se establece en los términos de referencia para la presentación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas."

3. Elaboración estudio Ambiental:” Conforme al Decreto 1076 de 2015, la Metodología General para Presentación de Estudios Ambientales, los términos de referencia y la normativa ambiental vigente, el usuario debe elaborar el estudio ambiental requerido, el cual debe ser presentado a esta Autoridad junto con los requisitos establecidos en el Decreto en mención, para iniciar el trámite correspondiente.”
4. Liquidación de Licencia:” Es el registro de la constancia de pago para la prestación del servicio de evaluación de la licencia ambiental”
5. Elaboración de formulario de Solicitud o Modificación de Licencia ambiental: “Es el diligenciamiento del formulario electrónico de Verificación Preliminar de Documentación en el cual se deben anexar todos los soportes de cada uno de los documentos requeridos para la solicitud del trámite, para lo cual deberá tener en cuenta las indicaciones para la presentación de documentos y la guía de entrega de información geográfica.
6. Verificación preliminar de la documentación: “Una vez ingresada la información a través de Ventanilla Integral de trámites en línea – VITAL (<http://vital.anla.gov.co/ventanillasilpa/>), se convoca a la reunión de presentación de resultados de la Verificación Preliminar de Documentos a través de correo electrónico registrado en VITAL”
7. Evaluación de la Solicitud de la licencia: “En la reunión de socialización de los resultados de la verificación preliminar de la documentación que conforman la solicitud del trámite, a la cual será citado por parte de la ANLA, se le informará si los documentos anexos cumplen con los requisitos establecidos para iniciar el trámite de Licencia Ambiental; en caso de cumplir, en el transcurso de dicha reunión, la ANLA de manera inmediata procederá a expedir el acto administrativo de inicio del trámite requerido.”
8. Reunión Observaciones adicionales: “Es una reunión citada mediante oficio, en la que se establecerá la información adicional que se requiera para efectuar el completo análisis del trámite requerido.”
9. Ajuste Estudio Ambiental de acuerdo a las Observaciones etapa 8: “En caso de que se haya requerido información Adicional, se debe ajustar el estudio ambiental y entregarlo nuevamente (mediante VITAL).”

10. Notificación Acto administrativo: “Una vez surtido el proceso de evaluación por parte de la Autoridad Ambiental, mediante concepto técnico se fundamenta la viabilidad o no de la licencia ambiental.”

## 8.2. Requisitos Tributarios

El tributo son todas aquellas aportaciones económicas que son imputadas por el Estado, y reciben su nombre de acuerdo a lo que ellos designen; impuestos, derechos, obligaciones tributarias, entre otras, para la refinería se deben cumplir con una serie de requisitos a nivel comercial, laboral y tributario, definido por entidades como la DIAN y la cámara de comercio, a continuación, se presentan un resumen de estos (CCB, 2020):

1. La actividad comercial a desarrollar esta bajo el código Ciiu número 3830 que tiene como objetivo la recuperación de materiales, esta clase incluye lo siguiente “El procesamiento de desechos metálicos y no metálicos, chatarra y otros artículos para convertirlos en materias primas secundarias, por lo general mediante procesos de transformación mecánicos o químicos”
2. Inscripción en el registro único tributario RUT: este se tramita ante la DIAN, una vez que se ha realizado el registro mercantil ante la cámara de comercio, se solicita mediante el formulario oficial.
3. Solicitud de Numeración para facturar: este se tramita ante la DIAN, después de realizar la inscripción en el RUT, se debe tener el registro único tributario, diligenciar el formulario 1302 (Solicitud sobre numeración para facturación), documento del representante legal y el certificado de existencia y representación legal.
4. Declaración de IVA: se tramita ante entidades financieras autorizadas para recibir el pago de esta obligación, se presenta de acuerdo al calendario tributario, de acuerdo a los dos últimos dígitos del NIT.
5. Impuesto sobre la Renta para Equidad CREE: se tramita ante entidades financieras autorizadas para recibir el pago de esta obligación, la declaración se realiza anual mediante el pago de dos cuotas en los meses de abril y junio de acuerdo al calendario tributario.

6. Autorretención del CREE: se tramita ante entidades financieras autorizadas para recibir el pago de esta obligación, se presenta mensual o cuatrimestral dependiendo de los ingresos brutos del periodo anterior gravable

7. Impuesto de Industria y Comercio (ICA): se tramita ante entidades financieras autorizadas para recibir el pago de esta obligación, se debe presentar en el formulario oficial de la secretaria de hacienda de cada municipio y se realiza anualmente de acuerdo a la resolución de la secretaria de hacienda de cada municipio.

La base gravable del impuesto de industria y comercio está constituida por la totalidad de los ingresos ordinarios y extraordinarios percibidos en el respectivo año gravable y en general todos los ingresos que no estén expresamente excluidos. No hacen parte de la base gravable los ingresos correspondientes a actividades exentas, excluidas o no sujetas, así como las devoluciones, rebajas y descuentos, exportaciones y la venta de activos fijos.

La base gravable definida para actividades industriales es del 2 al 7 por mil.

8. Impuesto de delineación urbana: Es un impuesto municipal, que recae sobre la construcción de nuevos edificios o de refacción de los existentes, este impuesto es regulado por cada municipio, usualmente se causa con la presentación de la solicitud de licencia de construcción. Cada municipio regula la base gravable del Impuesto de delineación urbana, por lo general corresponde al presupuesto de obra y se re liquida al final de la obra (según lo ejecutado), la tarifa usualmente oscila entre el 1% y el 3%.

9. Declaración mensual de retenciones en la fuente por impuestos nacionales: se tramita ante entidades financieras autorizadas para recibir el pago de esta obligación, se desarrolla mediante el formulario establecido por la DIAN y debe contener la información del artículo 606 de E.T, se presenta mensualmente.

10. Declaración mensual de retenciones en la fuente por ICA: Se presenta mensualmente y debe contener Formulario diligenciado, Base sobre la cual se realiza la retención, valor de las retenciones efectuadas en el periodo y liquidación de sanciones si aplican.

En materia tributaria el modelo de negocio propuesto recoge al menos los siguientes requisitos de cumplimiento para operar acorde a la ley colombiana, dentro de ellos se encuentra:

La ley 1430 que dicta las normas tributarias de control y para la competitividad, con respecto a esta ley se deben atender los artículos 1,3,4,6,11,2,13,15,17, 18, 19,20, 26,27, 28,32, 33,37, 38, 39, 45, 48, 53, 54, 55, 56, 57 y 60, continuando con la normatividad tributaria se tienen, la ley 1739 del 2014 la cual tiene como objeto la modificación del estatuto tributario para la gestión de liquidación y pago de impuestos, la ley 1819, la cual establece los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, la ley 624, reconocida como la reglamentación sobre el estatuto tributario , el título IX del decreto 1333 respecto al manual de industria y comercio establece las normas para el tipo de industrias en la que se encuentra inmersa el modelo de negocio, el decreto 2784 establece que el modelo de negocio descrito debe adoptar la implementación de las normas internacionales de información financiera. Mediante los artículos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 20, 21, 22, 23, 28, 35, 36, 39, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53 del decreto 2243 se establecen los lugares y plazos para la presentación de las declaraciones tributarias y pago de los impuestos, anticipos y retenciones en la fuente, con el artículo 1.2.6.6 del decreto 2201 se establecen las disposiciones sobre la autorretención al impuesto de renta, el modelo de negocio ingresa bajo los grandes contribuyentes mediante la resolución 3371, para la clasificación de los números contables, codificación, descripciones y dinámica se desarrolla bajo la resolución 400, la resolución 550 define la presentación de la información financiera a las entidades públicas, la resolución 56 define la modificación del catálogo de cuentas, las instrucciones para la transición al marco normativo para empresas que no cotizan en el mercado de valores, y que no captan ni administran ahorro del público está bajo la resolución 414, Para la presentación de información en medios magnéticos ante la dirección de impuestos y aduanas nacionales se desarrolla a partir de los títulos 1, 5, 6, 7 del capítulo 1, el título 8 en el capítulo 2 y título 11 de las resoluciones 112 y 68.

El responsable designado dentro del organigrama del modelo de negocio para gestionar la actividad tributaria es el contador.

### **8.3. Caracterización de los Circuitos Impresos de Un Computador**

Según **(Bermudez, 2012)** un computador de escritorio maneja en promedio nueve (9) tarjetas de circuitos impreso las cuales tienen un peso aproximado de 1482 gramos. En la tabla 5 se detalla cada uno de los pesos de las tarjetas.

**Tabla 5. Pesos de Tarjetas PCB**

Tarjetas PCB(circuito impreso) de un Computador	ITEM	Tipo de Tarjeta	Peso (gramos)
	1	Board	470,3
	2	Video	88,2
	3	Sonido	88,2
	4	Controlador SCSI (small computer system interface)	88,2
	5	Modulo LAN	88,2
	6	Modulo Inalámbrico	88,2
	7	Memoria RAM	21,6
	8	Memoria ROM	532,1
	9	Procesador	17,2
10	Fuente de Poder	953,4	

**Fuente: Diseño del Proceso de Recuperación de Metales de Procesadores y Tarjetas de Circuitos Impresos de computadoras descartadas mediante lixiviación en columna, 2012**

Por otra parte, de acuerdo a los fabricantes (HP, 2020), el peso promedio de un equipo de un ordenador de escritorio obedece a 6000 gramos; este valor se obtiene a partir de promediar el peso consignado en las especificaciones técnicas de diferentes modelos.

De acuerdo al informe MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017), Colombia tenía una proyección de 43000 toneladas de RAEE a partir de computadores al finalizar 2020; atendiendo este principio se puede estimar que el 24% del RAEE de computadores del mercado colombiano obedece a circuitos impresos, siendo este un factor de gran importancia puesto que en promedio se calcula que de allí es factible encontrar un mercado de oro, cuyo valor aproximado obedece a 1000 millones de dólares; este valor se calcula a partir del modelo de extracción hidrometalúrgico propuesto por (Gómez, 2011), en el cual la recuperación de oro por tonelada de RAEE valorizado de tarjetas de circuitos impresos (PCB) obedece a 1900 gramos aproximadamente, los detalles de este análisis se encuentran en la tabla 6.

**Tabla 6. Toneladas de Oro a partir RAEE Computadores 2020**

Ítem	Variable	Cantidad (unidad)
1	Cantidad RAEE computadores 2020	43.000 (toneladas)
2	Peso Computador	0,06 (toneladas)

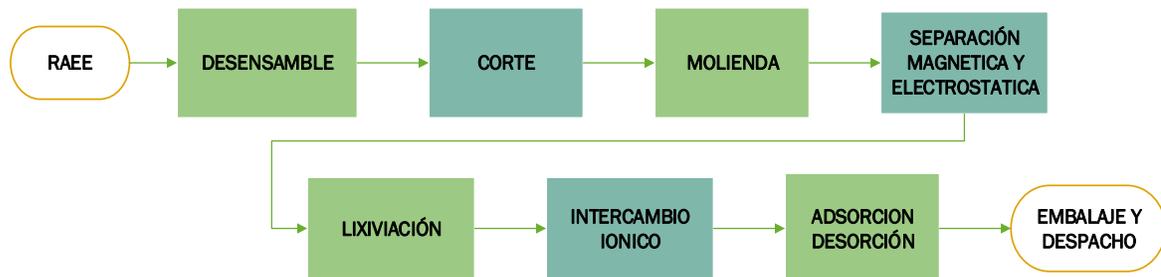
Ítem	Variable	Cantidad (unidad)
3	Número de Computadores= Ítem 1/ Ítem2	7.107.438
4	Peso Total de Tarjetas para 1 Computador	0,0014822 (toneladas)
5	Toneladas de RAEE en PCB = Ítem 3 X Ítem 4	10.535 (toneladas)
6	Oro X Tonelada RAEE = Ítem 5 X 1904 gramos	20,05 (toneladas)

Fuente: Elaboración Propia

### 8.4. Modelo Metalúrgico de Producción de Oro, Plata, Platino y Cobre a partir RAEE Valorizado

El modelo metalúrgico propuesto a continuación contiene las etapas (figura 17) necesarias para producir oro, plata, platino, y cobre, 99,99% puros, así como también, la infraestructura y recursos necesarios para operar eficientemente una planta de esta naturaleza.

Figura 17. Etapas Proceso de Extracción de Metales Preciosos a partir RAEE



Fuente: Elaboración Propia

#### 8.4.1. Etapa de Desensamble

Figura 18. Proceso de Desensamble



Fuente: Elaboración propia

Durante esta fase (figura 18) se separan aquellos componentes cuyo contenido cerámico, polimérico, o de naturaleza distinta a la metálica de interés, no son susceptibles de agregar valor al producto final que se desea obtener, por lo tanto, en esta etapa se requiere de una separación primaria efectiva ya que el RAEE valorizado debe ser preparado eficazmente para maximizar la eficacia del proceso. La capacidad de desensamble oscila entre 580 kilogramos y una tonelada mensual; lo anterior a partir de los escenarios que contemplan entre 9 y 15 operarios respectivamente. En la tabla 7 se presentan las herramientas e implementos necesarios para llevar a cabo el proceso de desensamble a conformidad.

**Tabla 7. Costos de inversión asociados a la etapa de desensamble**

Estación de desensamble				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
1	Juego de destornilladores	15	\$ 13,68	\$ 205,23	\$ 786.951,02
2	Taladro percutor	15	\$ 98,51	\$ 1.477,63	\$ 5.666.047,34
3	Motortool	15	\$ 76,62	\$ 1.149,27	\$ 4.406.925,71
4	Pinzas	15	\$ 18,33	\$ 275,00	\$ 1.054.514,37
5	Kit de brochas	15	\$ 10,95	\$ 164,18	\$ 629.560,82
6	Tijeras hojalata	15	\$ 16,42	\$ 246,27	\$ 944.341,22
7	Tenazas	15	\$ 6,84	\$ 102,61	\$ 393.475,51
8	Linterna	15	\$ 11,77	\$ 176,49	\$ 676.777,88
9	Canecas (250 litros)	30	\$ 37,21	\$ 1.116,43	\$ 4.281.013,54
10	Sillas	20	\$ 30,10	\$ 602,00	\$ 2.308.389,66
11	Desoldador	20	\$ 555,48	\$ 11.109,59	\$ 42.600.281,84
Totales				\$ 16.624,71	\$ 63.748.278,90

Fuente: Elaboración Propia

#### 8.4.2. Etapa de Corte

Durante esta fase (figura 19) se emplearán herramientas que permitan llevar la materia prima a un tamaño de partícula igual o menor a 1 pulgada cuadrada. Esta condición es conducta de entrada para lograr un cargue satisfactorio en la etapa de molienda por cuanto tamaños superiores ocasionarán un desgaste prematuro en los equipos pulverizadores.

En la tabla 8 se presentan las herramientas e implementos necesarios para llevar a cabo el proceso de corte a conformidad.

**Figura 19. Proceso de Corte**



**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 8. Costos de inversión asociados a la etapa de corte**

Estación de corte				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
1	Cizalla de banco	4	\$ 238,06	\$ 952,25	\$ 3.651.453
2	Plataforma para cizalla	1	\$ 410,45	\$ 410,45	\$ 1.573.902
3	Prensa	4	\$ 87,02	\$ 348,06	\$ 1.334.669
4	Pulidora	4	\$ 184,98	\$ 739,91	\$ 2.837.221
5	Canecas	8	\$ 37,21	\$ 297,72	\$ 1.141.604
Totales				\$ 2.748,39	\$ 10.538.848,05

**Fuente: Elaboración Propia**

### 8.4.3. Etapa de Molienda

Esta fase (figura 20) comprende la transformación del RAEE valorizado en partículas cuyos tamaños oscilan entre 100 y 1000 micras. Dicha condición es vital para garantizar un desempeño óptimo en la fase de separación y por consiguiente en el proceso inicial de lixiviación. En la tabla 9 se presentan los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de molienda a conformidad.

**Figura 20. Proceso Molienda**



Fuente: Elaboración propia

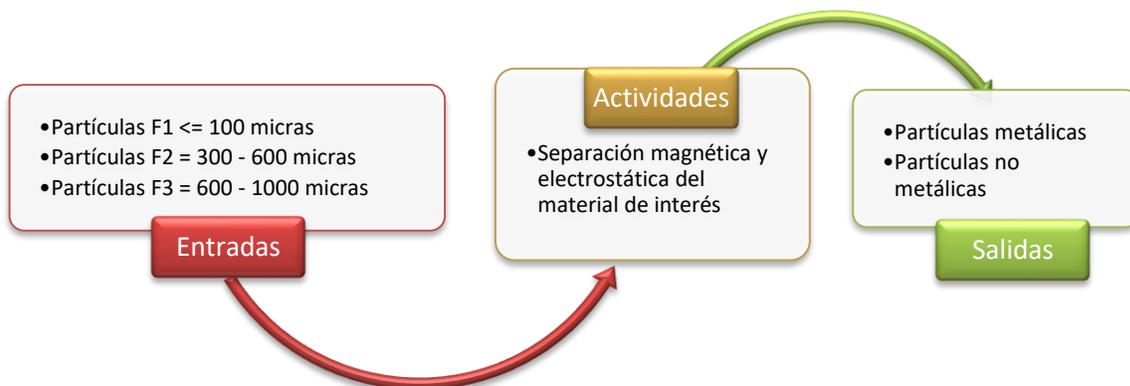
**Tabla 9. Costos de inversión asociados a la etapa de molienda.**

Estación de molienda				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
1	Molino de martillos (Pulverizador)	1	\$ 15.293,59	\$ 15.293,59	\$ 58.644.042,45
2	Tamizadora (<100 µ; =300 µ; =500 µ)	1	\$ 17.049,25	\$ 17.049,25	\$ 65.376.187,82
3	Banda de transportadora carga	1	\$ 1.368,18	\$ 1.368,18	\$ 5.246.340,13
Totales				\$ 33.711,01	\$ 129.266.570,40

Fuente: Elaboración Propia

### 8.4.4. Etapa de Separación

**Figura 21. Proceso Separación**



Fuente: Elaboración Propia

Durante esta fase (figura 21), se separan los distintos materiales de interés, aquellos que por su condición y propiedades son magnéticos y aquellos que por el contrario deben ser tratados electrostáticamente. En la tabla 10 se presentan los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de separación magnética y electrostática a conformidad.

**Tabla 10. Costos de inversión asociados a la etapa de separación.**

Estación de separación E-M				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
1	Separador magnético	1	\$ 9.567,66	\$ 9.567,66	\$ 36.687.656,52
2	Separador electrostático	1	\$ 23.919,14	\$ 23.919,14	\$ 91.719.141,30
Totales				\$ 33.486,80	\$128.406.797,82

Fuente: Elaboración Propia

### 8.4.5. Etapa de Lixiviación

Una vez tratados los materiales de interés en la fase de separación, estos solutos se someterán a 4 procesos de lixiviación en serie (2 básicas y 2 ácidas), dando como resultado licores enriquecidos en oro, plata, platino, y cobre. En la tabla 11 se presentan los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de lixiviación a conformidad.

**Figura 22. Proceso Lixiviación**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11. Costos de inversión asociados a la etapa de lixiviación**

Estación de lixiviación				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
1	Tanques lixiviadores	4	\$ 1.492,06	\$ 5.968,23	\$ 22.885.479,98
Totales				\$ 5.968,23	\$ 22.885.479,98

**Fuente: Elaboración Propia**

Por otra parte, el modelo experimental fundamenta su rendimiento con base al procesamiento de muestras de tipo C1 y tipo C2, siendo la sumatoria de C1 más C2 igual al PCB total procesado (RAEE valorizado). En síntesis, la PCB a nivel experimental se corta en dos partes, C1 (alto contenido metálico) y C2 (bajo contenido metálico); a continuación, ambas partes se someten a pulverización y tamizaje (separación por granulometría) a fin de obtener partículas cuyos tamaños varían entre 100 y 1000 micras. Las tablas 12 y 13 resumen los contenidos metálicos de interés encontrados tanto en C1 como en C2, tomando como base una tonelada de RAEE valorizado.

**Tabla 12. Contenido metálico de oro, plata, platino, y cobre en C1 por tonelada de RAEE procesado.**

Contenido metálico de interés en C1											
Muestra lixiviada	Peso (g)	% Metálico	Contenido de metal (g)	% Oro	Oro (g)	% Plata	Plata (g)	% Platino	Platino (g)	% Cobre	Cobre (g)
F1 (0-0,3 mm)	266,53	17,53	46,73	1,10	0,51	0,15	0,07	0,51	0,24	2,73	1,28
F2 (0,3-0,6 mm)	294,04	25,95	76,30	0,70	0,53	0,07	0,05	0,00	0,00	1,19	0,91
F3 (0,6-1 mm)	15,92	20,76	3,31	0,04	0,00	0,01	0,00	-	-	0,85	0,03
Peso muestra (modelo experimenta l)	548,99	23,01	126,33		1,05		0,12		0,24		2,21
Peso muestra (modelo a escala industrial)	1.000.000,0 0	23,01	230.112,70		1.904,5 8		226,96		440,96		4.029,94

**Fuente: Gómez (2011)**

**Tabla 13. Contenido metálico de oro, plata, platino, y cobre en C2 por tonelada de RAEE procesado**

Contenido metálico de interés en C2											
Muestra lixiviada	Peso (g)	% Metálico	Contenido de metal (g)	% Oro	Oro (g)	% Plata	Plata (g)	% Platino	Platino (g)	% Cobre	Cobre (g)
F1 (0-0,3 mm)	1.491,03	25,72	383,46	0,10 11	0,39	0,17	0,66	0,0039	0,0150	17,56	67,33
F2 (0,3-0,6 mm)	1.341,16	43,66	585,55	0,02 40	0,14	0,05	0,27	0,0003	0,0018	36,72	215,04
F3 (0,6-1 mm)	1.491,79	53,19	793,48	0,02 22	0,18	1,29	10,21	0,0064	0,0508	55,43	439,86
Peso muestra (modelo experimental)	4.117,73	42,80	1.762,49		0,70		11,15		0,0676		722,24
Peso muestra (modelo a escala industrial)	1.000.000,00	42,80	428.024,24		171,0 2		2.706, 71		16,416 8		175.396, 82

**Fuente: Gómez (2011)**

A partir del contenido metálico de interés calculado según el modelo experimental, es posible determinar un peso objetivo a recuperar por tonelada de RAEE procesado; particularmente las lixiviaciones asociadas al oro y el cobre recobran un 98% del total contenido en los PCB, mientras que la plata y el platino exhiben una recuperación del 90 y el 100% respectivamente. La tabla 14 resume el porcentaje de recuperación de metálico por cada tonelada de RAEE procesado.

**Tabla 14. Gramos de oro, plata, platino, y cobre, recuperados por tonelada de RAEE procesado.**

Recuperación de metales de interés por tonelada de RAEE procesado			
Metal de interés	Gramos de metal en RAEE valorizado	% Recuperación	Gramos obtenidos
Oro (Au)	2.075,60	98%	2.034,09
Plata (Ag)	2.933,67	90%	2.640,31
Platino (Pt)	457,38	100%	457,38
Cobre (Cu)	179.426,75	98%	175.838,22

**Fuente: Gómez (2011)**

### 8.4.6. Etapa de Intercambio iónico

Durante la etapa de intercambio (figura 23) las soluciones obtenidas del proceso de lixiviación son sometidas a flujo directo a través filtros cargados con resinas diseñadas para extraer los metales de interés. El orden de filtración y extracción tiene en primer lugar al oro (Seplite LSC 720), segundo la plata (SIR 400), tercero el platino (Seplite LSC 720), y por último el cobre (SIR 400). Dicho orden se estableció de acuerdo con el contenido

metálico extraído a partir de 1000 kilogramos RAEE valorizado. En la tabla 15 se presentan los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de intercambio iónico a conformidad

**Figura 23. Proceso Intercambio Iónico**



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 15. Costos de inversión asociados a la etapa de intercambio iónico.**

Planta de intercambio iónico				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
1	Bomba centrífuga 0,5 KW	2	\$ 1.250,87	\$ 2.501,73	\$ 9.593.016,44
2	Bomba centrífuga 0,25 KW	4	\$ 1.141,68	\$ 4.566,70	\$ 17.511.254,82
3	Ventilador	1	\$ 518,87	\$ 518,87	\$ 1.989.617,62
4	Agitador	2	\$ 215,21	\$ 430,42	\$ 1.650.451,67
5	Depósito PRFV (0,79 m3) (H2SO4)	1	\$ 627,08	\$ 627,08	\$ 2.404.569,61
6	Depósito PRFV (0,32 m3) (NaOH)	1	\$ 317,20	\$ 317,20	\$ 1.216.319,26
7	Depósito PRFV (14,78 m3) (Agua desgasificada)	1	\$ 6.850,30	\$ 6.850,30	\$ 26.267.817,87
8	Depósito PRFV (0,54 m3) (H2SO4)	1	\$ 428,22	\$ 428,22	\$ 1.642.031,00
9	Depósito PRFV (0,17 m3) (NaOH)	1	\$ 140,30	\$ 140,30	\$ 537.987,37
10	Depósito en acero 285-C (36,14 m3) (Agua desionizada)	1	\$ 10.553,00	\$ 10.553,00	\$ 40.466.006,15
11	Columna SS316 (5,73 m3) (Intercambio catiónico)	2	\$ 3.769,80	\$ 7.539,60	\$ 28.910.973,18
12	Columna SS316 (6,27 m3) (Intercambio aniónico)	2	\$ 4.245,60	\$ 8.491,20	\$ 32.559.930,96
13	Columna en acero 285-C (5,73 m3) (Filtro carbón activado)	2	\$ 1.671,40	\$ 3.342,80	\$ 12.818.133,74

Planta de intercambio iónico				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
14	Columna en PRFV (22,21 m3) (Desgasificador)	1	\$ 7.984,90	\$ 7.984,90	\$ 30.618.498,30
Totales				\$ 54.292,32	\$208.186.607,99

Fuente: Elaboración Propia

### 8.4.7. Etapa de adsorción desorción

Durante esta fase (figura 24) se procesarán las resinas enriquecidas con los metales extraídos (Au, Ag, Pt, Cu), teniendo como resultado final productos cuya pureza obedecerá al 99,99% gracias a la eficiencia de los procesos electro e hidrometalúrgicos. En la tabla 16 se presentan los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de adsorción desorción a conformidad.

Figura 24. Proceso de adsorción desorción



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Costos de inversión asociados a la etapa de adsorción desorción.

Planta de adsorción desorción				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
1	Columna de carbón activado	16	\$ 2.150,00	\$ 34.400,00	\$ 131.908.520,00
2	Tanque solución Barren	4	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 76.691.000,00
3	Bomba centrífuga	8	\$ 1.400,00	\$ 11.200,00	\$ 42.946.960,00
4	Caldera	4	\$ 10.000,00	\$ 40.000,00	\$ 153.382.000,00
5	Columna de carbón activado	4	\$ 2.150,00	\$ 8.600,00	\$ 32.977.130,00

Planta de adsorción desorción				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
6	Rectificador 500 Amperios	4	\$ 11.600,00	\$ 46.400,00	\$ 177.923.120,00
7	Celda electrolítica	4	\$ 8.000,00	\$ 32.000,00	\$ 122.705.600,00
8	Sistema de tuberías	4	\$ 3.000,00	\$ 12.000,00	\$ 46.014.600,00
Totales				\$ 204.600,00	\$ 784.548.930,00

Fuente: Elaboración Propia

### 8.4.8. Infraestructura Almacenamiento y Operación

La planta de extracción de metales preciosos requiere de adecuaciones tanto a nivel de almacenamiento de materias primas, consumibles y equipos, como aquellas necesarias para operar eficientemente en términos de energía y automatización. Ello incluye acometidas eléctricas, tableros de control, CCM, sistemas de tuberías, entre otros. En la tabla 17 se presenta la infraestructura necesaria para operar a satisfacción la planta de extracción.

**Tabla 17. Costos de inversión asociados a la infraestructura de almacenamiento y operación.**

Infraestructura y equipos para almacenamiento y operación				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
1	Rack de almacenamiento	20	\$ 320,00	\$ 6.400,00	\$ 24.541.120,00
2	Montacargas	1	\$ 6.840,88	\$ 6.840,88	\$ 26.231.700,64
3	Báscula (1 Ton)	1	\$ 574,63	\$ 574,63	\$ 2.203.462,85
4	Estibas	40	\$ 31,47	\$ 1.258,72	\$ 4.826.632,92
5	Guacales (1 Ton)	40	\$ 68,41	\$ 2.736,35	\$ 10.492.680,26
6	Estibadora (1 Ton)	3	\$ 328,36	\$ 985,09	\$ 3.777.364,89
7	Zorra (1 Ton)	3	\$ 82,09	\$ 246,27	\$ 944.341,22
8	Instalación eléctrica	1	\$ 13.681,76	\$ 13.681,76	\$ 52.463.401,29
9	Automatización	1	\$ 20.522,64	\$ 20.522,64	\$ 78.695.101,93
Totales				\$ 53.246,35	\$ 204.175.806,00

Fuente: Elaboración Propia

### 8.4.9. Oficinas Administrativas

La planta de extracción cuenta con una infraestructura administrativa necesaria para desarrollar la gestión de la calidad, adquisiciones, registros contables, y procesos gerenciales, que permitan el crecimiento empresarial proyectado. En la tabla 18 se presenta la infraestructura necesaria para administrar a satisfacción la planta de extracción.

**Tabla 18. Costos de inversión asociados a la infraestructura administrativa**

Infraestructura y equipos para almacenamiento y operación				TRM (11/07/2021)	\$ 3.834,55
Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (Dólares)	Total (Dólares)	Total (Pesos)
1	Computadores	16	\$ 411,96	\$ 6.591,36	\$ 25.274.899,49
2	Modulares	4	\$ 556,00	\$ 2.224,00	\$ 8.528.039,20
3	Multifuncional	1	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 2.684.185,00
4	Modular sala de juntas	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 3.834.550,00
5	Modular recepción	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 3.834.550,00
Totales				\$ 11.515,36	\$ 44.156.223,69

**Fuente: Elaboración Propia.**

La inversión propuesta para llevar a cabo este modelo de negocio obedece a \$1.595.913,543 pesos colombianos, los cuales son distribuidos en las nueve etapas descritas anteriormente. A su vez la información contenida en las tablas 7 a 18 se resume en la tabla 19, y la figura 17 lo representa gráficamente.

**Tabla 19. Distribución porcentual del capital de Inversión**

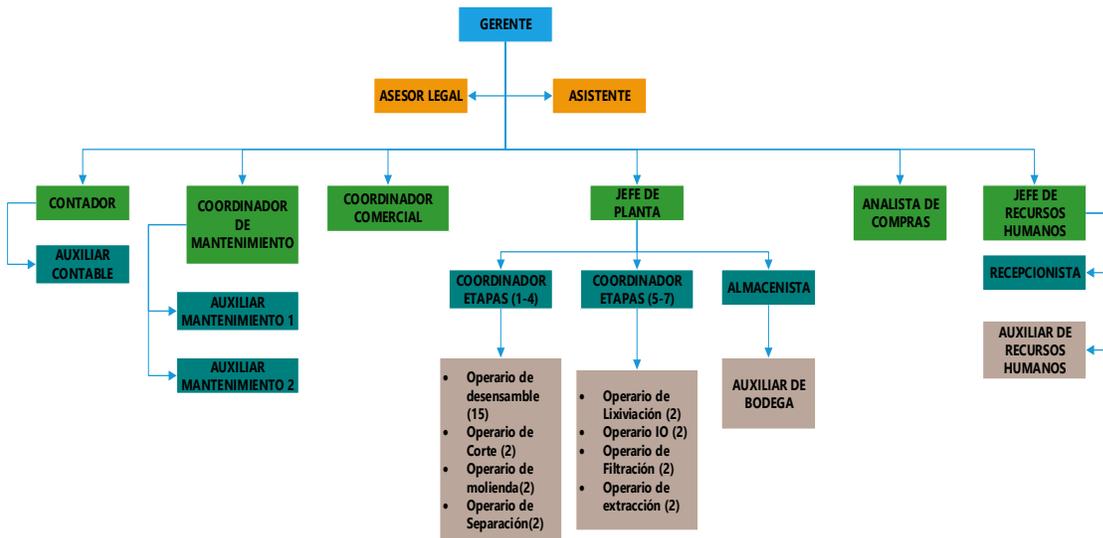
Distribución porcentual del capital de Inversión			
Ítem	Etapas	% Inversión	Total (pesos)
1	Desensamble	4%	\$ 63.748.279
2	Corte	1%	\$ 10.538.848
3	Molienda	8%	\$ 129.266.570
4	Separación	8%	\$ 128.406.798
5	Lixiviación	1%	\$ 22.885.480
6	Intercambio Iónico	13%	\$ 208.186.608
7	Adsorción Desorción	49%	\$ 784.548.930
8	Inf. Almacenamiento y Operación	13%	\$ 204.175.806
9	Oficinas Administrativas	3%	\$ 44.156.224

Distribución porcentual del capital de Inversión			
Ítem	Etapa	% Inversión	Total (pesos)
Total Inversión		100%	\$ 1.595.913.543

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 25 se da a conocer el organigrama propuesto para desarrollar la organización, de acuerdo con cada una de las etapas planteadas.

Figura 25. Organigrama

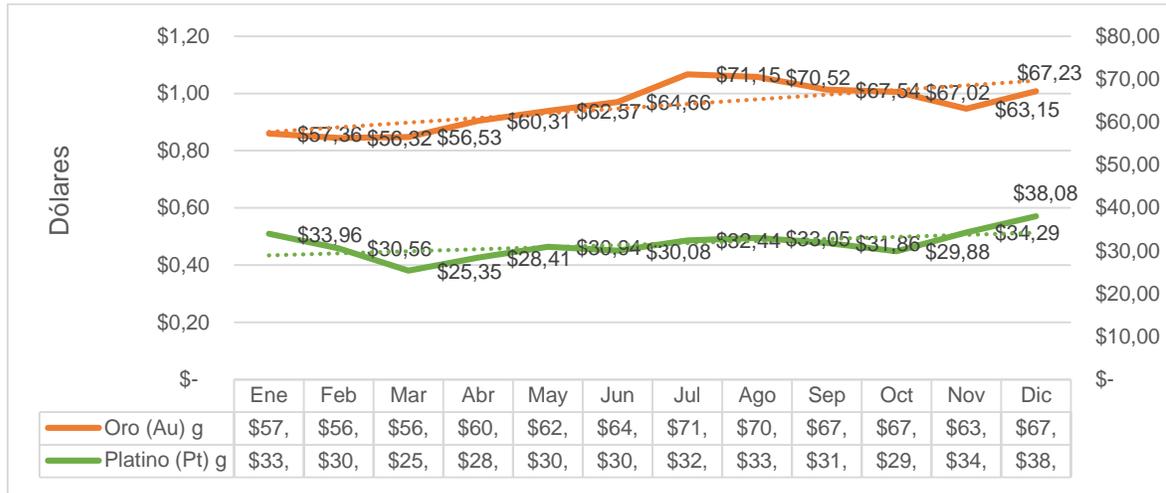


Fuente: Elaboración propia

## 8.5. Análisis Escenarios

Un aspecto importante de esta investigación es demostrar el comportamiento del flujo de caja atendiendo los escenarios adversos, y promedio, en términos de cotización en bolsa de cada metal. Para tal fin se presentan escenarios con las cotizaciones más bajas, y promedio, durante el año 2020. Lo anterior a fin de estimar un comportamiento anual basado en cotizaciones reales según la TRM promedio del año anterior. Por otra parte, se comparan estos escenarios con la situación actual, es decir, con el comportamiento del flujo de caja atendiendo las cotizaciones en bolsa durante el año 2021, según la TRM promedio actual. La figura 26 expone los precios de cotización en bolsa para el oro y el platino durante el año 2020. Por su parte la figura 27 representa la misma información con respecto a la plata y el cobre durante el mismo periodo.

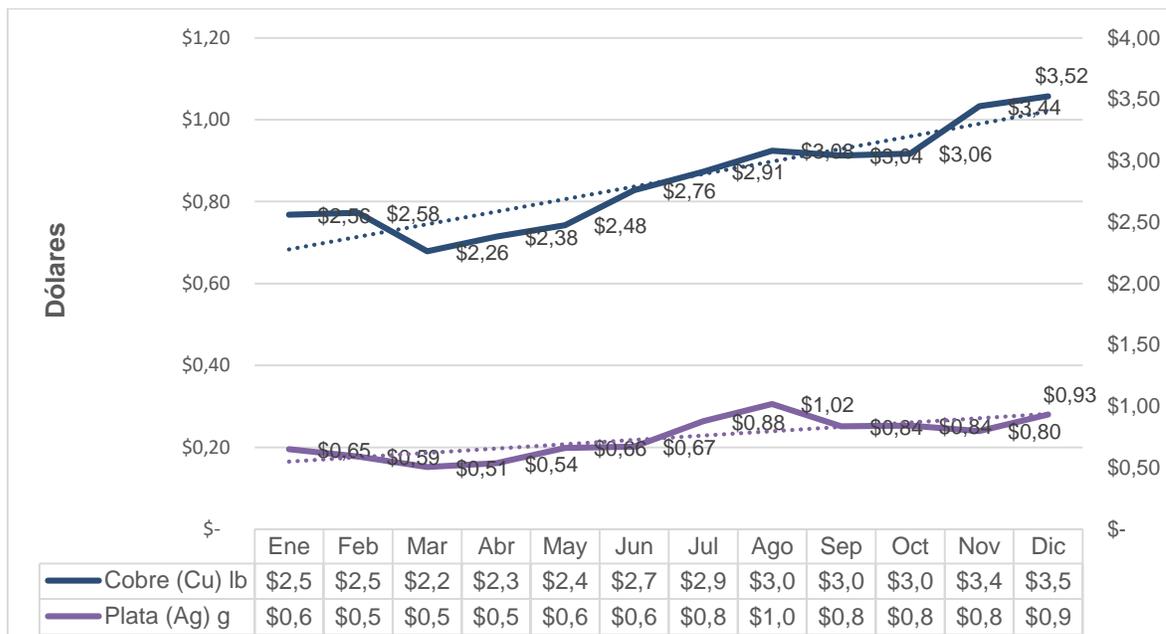
**Figura 26 Cotizaciones de oro y platino durante el año 2020.**



**Fuente: Elaboración propia**

Durante el año 2020 los precios de estos metales demostraron una tendencia al alza, siendo los meses de febrero y marzo aquellos en los cuales su precio alcanzó el punto más bajo. Los precios promedio del gramo obedecieron a USD 63,7 y USD 31,57, para el oro y el platino respectivamente.

**Figura 27 Cotizaciones del gramo de plata y libra de cobre durante el año 2020.**



**Fuente: Elaboración propia**

Durante el año 2020 los precios de la plata y el cobre sostuvieron una tendencia al alza, siendo el mes de marzo aquel en el cual su precio alcanzó el punto más bajo. Los precios promedio del gramo de plata y la libra de cobre obedecieron a USD 0,74 y USD 2,84 respectivamente.

### 8.5.1 Escenario 1 - Flujo de caja según cotizaciones a la baja y TRM promedio durante el año 2020

Para el año 2020, la cotización del gramo de oro, plata, y platino, tuvo su punto más bajo con valores del orden de USD 56,3185, USD 0,5055, y USD 25,3497, respectivamente. Por su parte, la libra de cobre tuvo su punto más bajo durante el mes de marzo cotizándose en USD 2,2625 la libra. Teniendo en cuenta una TRM promedio (año 2020) de \$ 3729,87, es necesario emplear una estrategia de compresión al interior de la planta, pasando de una nómina de 46 a 34 empleados (12 menos; 6 de desensamble, 1 de molienda, 1 de separación, 1 lixiviación, 1 de intercambio iónico, 1 de filtración, y 1 de extracción), y disminuyendo la compra del stock de RAEE de 10 a 2 toneladas por mes. Siguiendo este parámetro de comparación según las cotizaciones a la baja en los metales de interés, el valor actual neto se mantiene positivo (\$ 12.627.732,92), la TIR obedece a 9,10%, y el periodo de recuperación se desplaza a 22,1 meses. La tabla 20 resume los detalles expuestos anteriormente según la información contenida en la tabla 21 y el flujo de caja mínimo (cotizado a la baja). Ver anexo c (nómina con escenario de cotización a la baja) y anexo d (flujo de caja con cotización a la baja).

**Tabla 20. Resumen de variables e indicadores según cotizaciones a la baja en el año 2020**

Variables año 2020 (a la baja)		Indicadores estimados año 2020 (a la baja)	
Dólar	\$ 3.729,8708	VNA	\$ 1.608.541.275,75
Gramo de oro (usd)	\$ 56,3185		
Gramo de plata (usd)	\$ 0,5055	VAN	\$ 12.627.732,92
Gramo de platino (usd)	\$ 25,3497		
Libra de cobre (usd)	\$ 2,2625	TIR	9,10%
Kilogramo de RAEE (cop)	4.000		
RAEE adquirido por mes (kg)	2.000	PR (meses)	22,1
Empleados en nómina	34		

Fuente: Elaboración Propia

### Comparativos ingresos vs egresos año 2020 (cotización a la baja y TMR promedio).

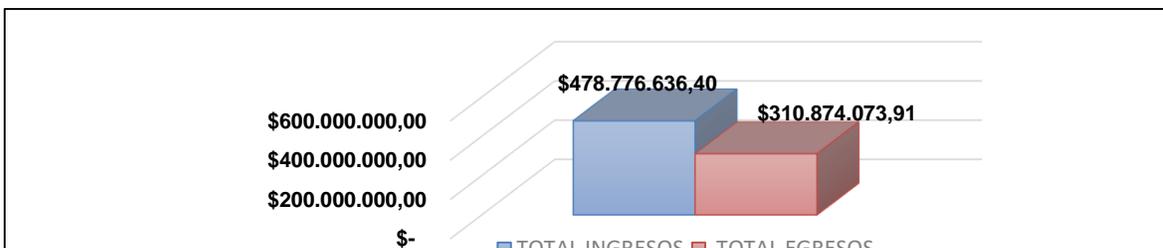
Tomando como base el escenario con cotizaciones a la baja y TRM promedio durante el año 2020, se observa que los ingresos superan a los egresos en un 35%, siendo el mayor aportante a esta condición, la venta por concepto de oro. Este factor cobra especial relevancia por cuanto el valor del metal dorado tuvo una fluctuación de 14,83 dólares por gramo durante el mismo año, y aún bajo estas condiciones, las cifras respaldan la rentabilidad del modelo de negocio planteado. Por otra parte, los ingresos asociados a ventas de plata, platino, y cobre, se mantienen según lo esperado al no superar el 15% de los ingresos, pero sin estar por debajo del 10%. La tabla 22 resume los argumentos expuestos anteriormente; por su parte, las figuras No. 28, 29, y 30 los representan gráficamente.

**Tabla 21. Comparativos ingresos vs egresos año 2020 (cotizaciones a la baja y TRM promedio)**

Comparativo Ingresos Vs Egresos Año 2020 (Cotizaciones a la baja y TRM Promedio)					
Ingresos Mensuales			Egresos Mensuales		
Metal de interés	Total (cop)	Total (%)	Concepto	Total (cop)	Total (%)
Oro (au)	\$ 427.281.706,45	89%	RAEE adquirido	\$ 8.000.000,00	3%
Plata (ag)	\$ 4.978.280,12	1%	Reactivos	\$ 117.811.522,30	38%
Platino (pt)	\$ 43.245.275,29	9%	Resinas	\$ 77.969.499,64	25%
Cobre (cu)	\$ 3.271.374,54	1%	Costos fijos	\$ 107.093.051,96	34%
<b>Total ingresos</b>	<b>\$ 478.776.636,40</b>	<b>100%</b>	<b>Total egresos</b>	<b>\$ 310.874.073,91</b>	<b>100%</b>

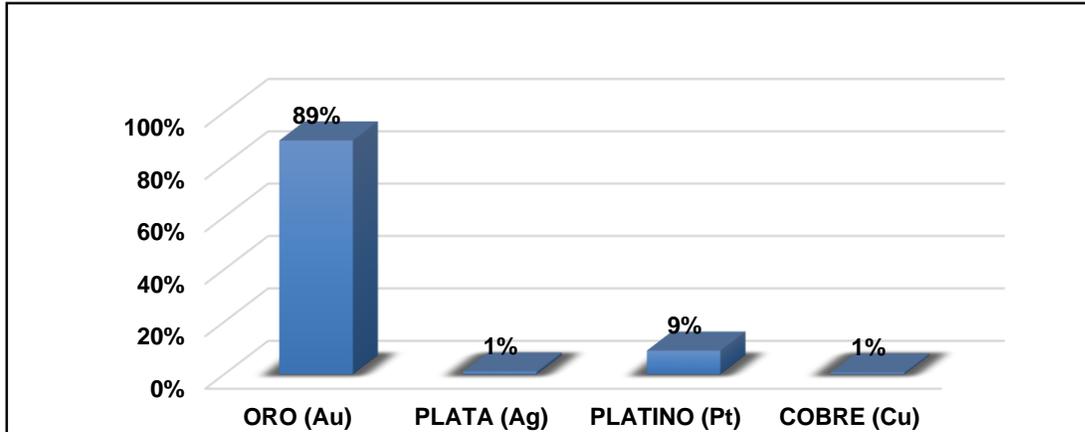
Fuente: Elaboración propia

**Figura 28. Comparativos ingresos vs egresos según cotizaciones a la baja y TRM promedio durante el año 2020**



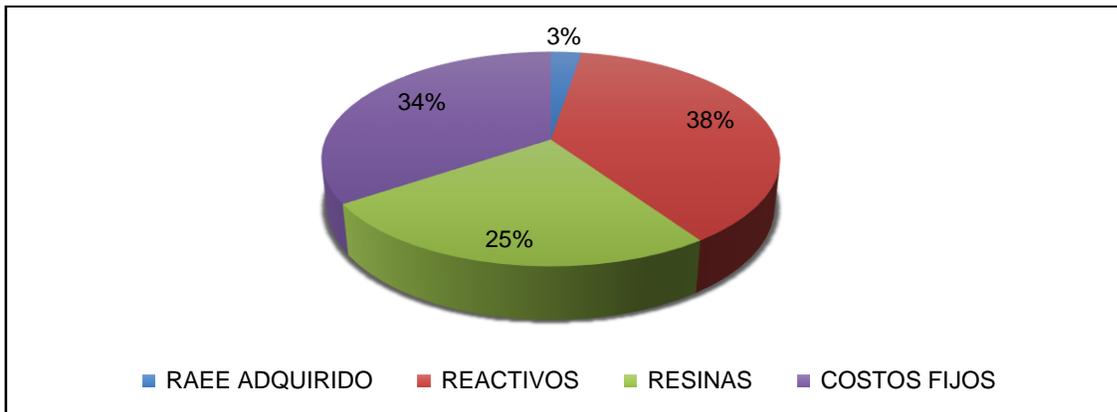
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 29. Distribución porcentual de los ingresos mensuales según cotizaciones a la baja y TRM promedio durante el año 2020.**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 30. Distribución porcentual de los egresos mensuales según cotizaciones a la baja y TRM promedio durante el año 2020.**



Fuente: Elaboración Propia

### 8.5.2 Escenario 2 - Flujo de caja según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2020.

Para el año 2020, la cotización promedio del gramo de oro, plata, y platino, obedeció a USD 63,6960, USD 0,7443, y USD 31,5749, respectivamente. Por su parte, la libra de cobre se cotizó en promedio a USD 2,8395. Teniendo en cuenta una TRM promedio (año 2020) de \$ 3729,87, la planta pudo operar con la nómina completa bajo la cual se diseñó

el proceso, es decir, 46 empleados; a su vez, la compra del stock de RAEE se mantendría en 10 toneladas por mes. Siguiendo este parámetro de comparación según las cotizaciones promedio en los metales de interés, el valor actual neto se mantiene positivo (\$ 141.035.773,51), la TIR obedece a 10,12%, y el periodo de recuperación se desplaza a 18,2 meses. La tabla 16 resume los detalles expuestos anteriormente según la información contenida en la tabla No. 23 y el flujo de caja promedio (cotización promedio). Ver anexo e (nomina con escenario de cotización promedio) y anexo f (flujo de caja con cotización promedio).

**Tabla 22. Resumen de variables e indicadores según cotizaciones promedio durante el año 2020.**

Variables año 2020 (promedio)		Indicadores estimados año 2020 (promedio)	
Dólar	\$ 3.729,8708	VNA	\$ 1.736.949.316,34
Gramo de oro (usd)	\$ 63,6960		
Gramo de plata (usd)	\$ 0,7443	VAN	\$ 141.035.773,51
Gramo de platino (usd)	\$ 31,5749		
Libra de cobre (usd)	\$ 2,8395	TIR	10,12%
Kilogramo de RAEE (cop)	4.000		
RAEE adquirido por mes (kg)	10.000	PR (meses)	18,2
Empleados en nómina	46		

**Fuente: Elaboración Propia**

### **Comparativos ingresos vs egresos año 2020 (cotización y TMR promedio).**

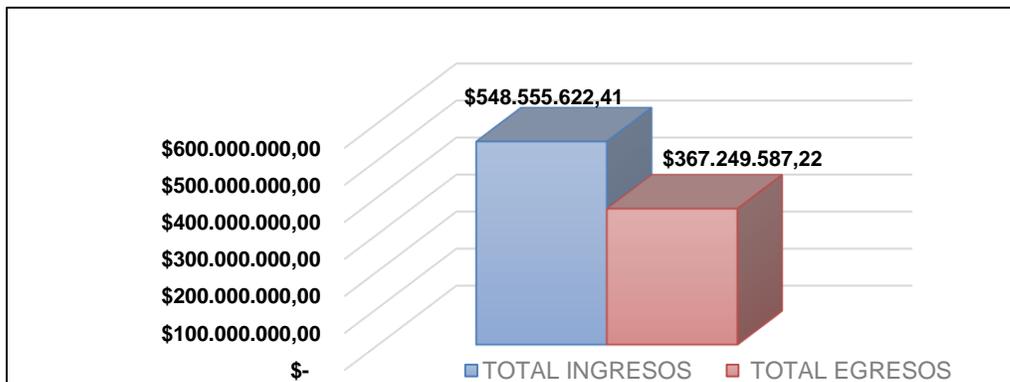
Bajo cotizaciones promedio tanto en los metales de interés como la TRM del año 2020, se observa que los ingresos superan a los egresos en un 33%. Bajo este escenario el oro aporta el 88% de los ingresos, mientras que la plata, el platino y el cobre soportan el 12% restante. Bajo cotización promedio el modelo de negocio continúa siendo rentable ya que el aporte esperado por cada uno de los metales de interés al flujo de caja es el esperado; el oro es el mayor aportante mientras que los ingresos asociados a ventas de plata, platino, y cobre, se mantienen entre el 10 y el 15% estimado. La tabla 24 resume los argumentos expuestos anteriormente; por su parte, las figuras 31, 32, y 33 los representan gráficamente.

**Tabla 23. Comparativos ingresos vs egresos según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2020.**

Comparativo ingresos vs egresos año 2020 (cotizaciones y trm promedio)					
Ingresos mensuales			Egresos mensuales		
Metal de interés	Total (cop)	Total (%)	Concepto	Total (cop)	Total (%)
Oro (Au)	\$ 483.254.378,94	88%	RAEE adquirido	\$ 40.000.000,00	11%
Plata (Ag)	\$ 7.330.292,55	1%	Reactivos	\$ 117.811.522,30	32%
Platino (Pt)	\$ 53.865.285,49	10%	Resinas	\$ 77.969.499,64	21%
Cobre (Cu)	\$ 4.105.665,42	1%	Costos fijos	\$ 131.468.565,28	36%
<b>Total ingresos</b>	<b>\$ 548.555.622,41</b>	<b>100%</b>	<b>Total egresos</b>	<b>\$ 367.249.587,22</b>	<b>100%</b>

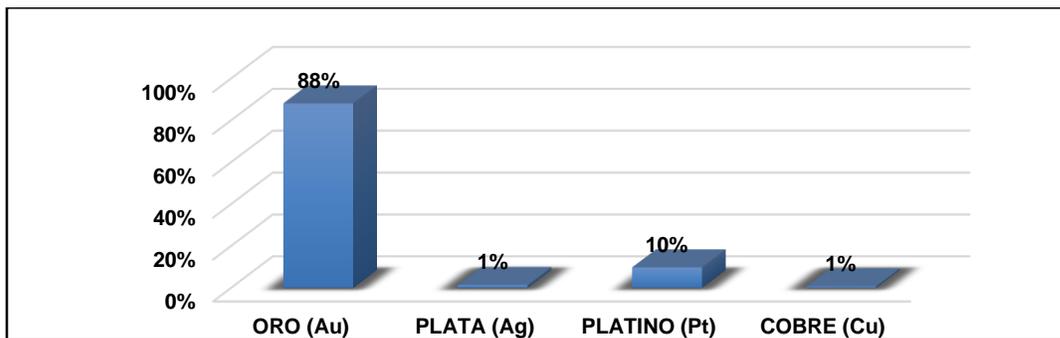
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 31. Comparativos ingresos vs egresos según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2020.**



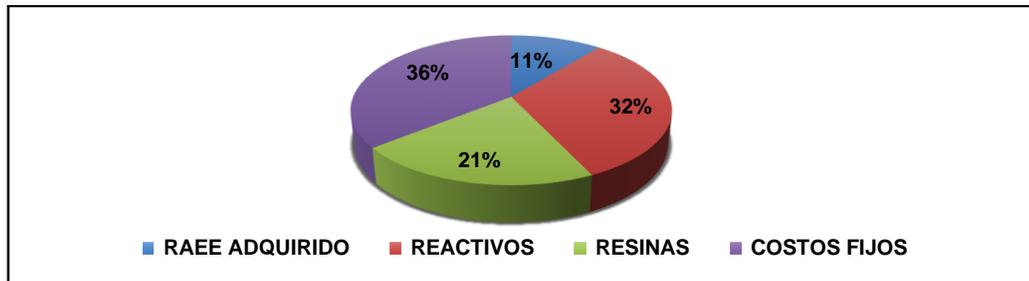
Fuente: Elaboración propia

**Figura 32. Distribución porcentual de los ingresos mensuales según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2020**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 33 Distribución porcentual de los egresos mensuales según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2020.**

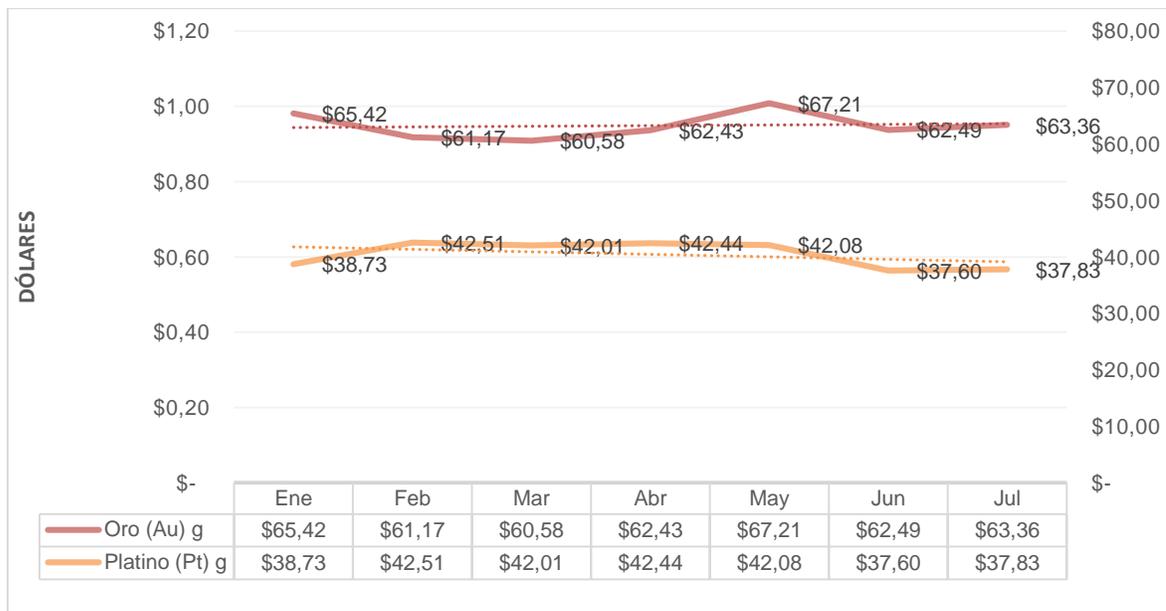


Fuente: Elaboración propia

### 8.5.3 Análisis de escenario 3

El análisis del escenario bajo cifras actualizadas a 2021 se basa en las cotizaciones promedio de los metales de interés durante los primeros siete meses del año. Por su parte, la TRM promedio se calcula sobre los primeros seis meses del año debido a que aún no finaliza el mes séptimo de 2021. La figura 34 expone los precios de cotización en bolsa para el oro y el platino durante el año 2021. Por su parte la figura 35 representa la misma información con respecto a la plata y el cobre durante el mismo periodo.

**Figura 34. Cotizaciones de oro y platino durante el año 2021.**



Fuente: Elaboración Propia

Durante los primeros siete meses del año 2021 el precio del oro denota una tendencia leve al alza, siendo marzo el mes donde este presenta su punto más bajo. En cuanto al platino, este denota una leve tendencia a la baja, siendo enero y junio los periodos durante los cuales este se cotizó por debajo de USD 40; sin embargo, su precio es superior con respecto al año anterior. Los precios promedio del gramo en lo corrido de 2021 obedecen a USD 63,23 y USD 40,45, para el oro y el platino respectivamente.

**Figura 35. Cotizaciones del gramo de plata y libra de cobre durante el año 2021.**



**Fuente: Elaboración propia**

Durante los primeros siete meses del año 2021 el precio del cobre sostiene una tendencia al alza, siendo enero el mes con el precio más bajo. Por su parte la plata exhibe un comportamiento estable sin variaciones notables en torno a su cotización. Los precios promedio del gramo de plata y la libra de cobre obedecen a USD 0,93 y USD 4,19 respectivamente.

### **Escenario 3 - Flujo de caja según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2021.**

Para el año 2021, la cotización promedio del gramo de oro, plata, y platino, obedeció a USD 63,2374, USD 0,9285, y USD 40,4598, respectivamente. Por su parte, la libra de cobre se cotizó en promedio a USD 4,1962. Teniendo en cuenta una TRM promedio (enero a junio de 2021) de \$ 3684,2667, la planta pudo operar con la nómina completa bajo la cual se diseñó el proceso. Por su parte, el suministro de RAEE se mantendría en 10 toneladas por mes. Siguiendo este parámetro de comparación según las cotizaciones

promedio en los metales de interés, el valor actual neto se mantiene positivo (\$ 232.153.316,47), la TIR obedece a 10,83%, y el periodo de recuperación se desplaza a 16 meses. La tabla 25 resume los detalles expuestos anteriormente según la información contenida en la tabla 26 y el flujo de caja promedio a 2021. Ver anexo g (nomina con escenario de cotización 2021) y anexo h (flujo de caja con cotización 2021).

**Tabla 24. Resumen de variables e indicadores según cotizaciones promedio durante el año 2021.**

Variables año 2021 (promedio)		Indicadores estimados año 2021 (promedio)	
Dólar	\$ 3.684,2667	VNA	\$ 1.828.066.859,30
Gramo de oro (usd)	\$ 63,2374		
Gramo de plata (usd)	\$ 0,9285	VAN	\$ 232.153.316,47
Gramo de platino (usd)	\$ 40,4598		
Libra de cobre (usd)	\$ 4,1962	TIR	10,83%
Kilogramo de RAEE (cop)	4.000		
RAEE adquirido por mes (kg)	10.000	PR (meses)	16
Empleados en nómina	46		

Fuente: Elaboración propia

### **Comparativos ingresos vs egresos año 2021 (cotización y TMR promedio).**

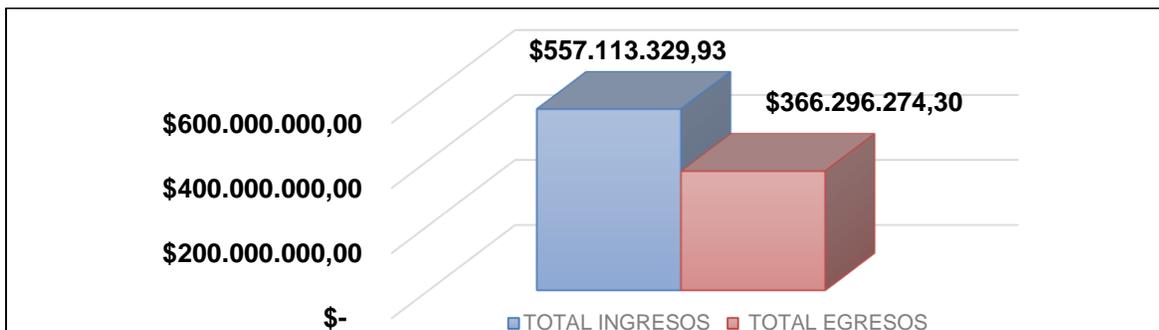
Bajo cotizaciones promedio tanto en los metales de interés como la TRM del año 2021, se observa que los ingresos superan a los egresos en un 34,3%. Bajo este escenario el oro aporta el 85% de los ingresos, mientras que la plata, el platino y el cobre soportan el 15% restante. Bajo cotización promedio año 2021, el modelo de negocio continúa siendo rentable, aunque se observa un aumento en el aporte al flujo de caja por cuenta del platino y la plata principalmente. En términos generales la tendencia de aportes al flujo de caja por cuenta de cada metal de interés es el esperado ya que la plata, el platino y el cobre, se mantienen entre el 10 y el 15% estimado. La tabla 27 resume los argumentos expuestos anteriormente; por su parte, las figuras 24, 25, y 26 los representan gráficamente.

**Tabla 25. Resumen de variables e indicadores según cotizaciones promedio durante el año 2020.**

Comparativo ingresos vs egresos año 2021 (cotizaciones y trm promedio)					
Ingresos mensuales			Egresos mensuales		
Metal de interés	Total (cop)	Total (%)	Concepto	Total (cop)	Total (%)
Oro (Au)	\$ 473.909.233,22	85%	RAEE adquirido	\$ 40.000.000,00	11%
Plata (Ag)	\$ 9.032.485,38	2%	Reactivos	\$ 117.811.522,30	32%
Platino (Pt)	\$ 68.178.482,04	12%	Resinas	\$ 77.016.186,72	21%
Cobre (Cu)	\$ 5.993.129,30	1%	Costos fijos	\$ 131.468.565,28	36%
Total ingresos	\$ 557.113.329,93	100%	Total egresos	\$ 366.296.274,30	100%

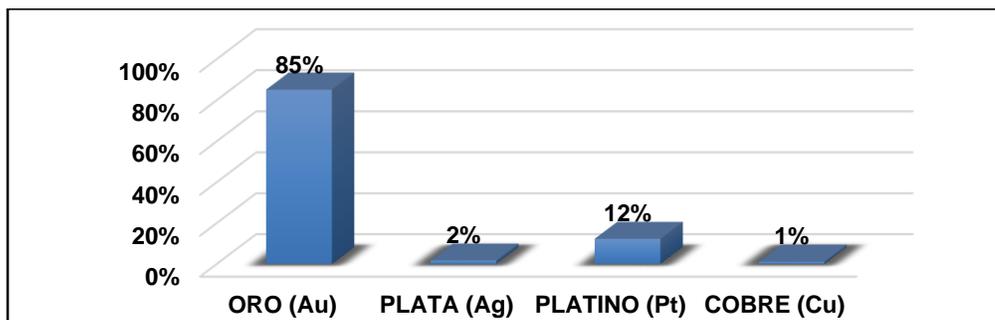
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 36. Comparativos ingresos vs egresos según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2021.**



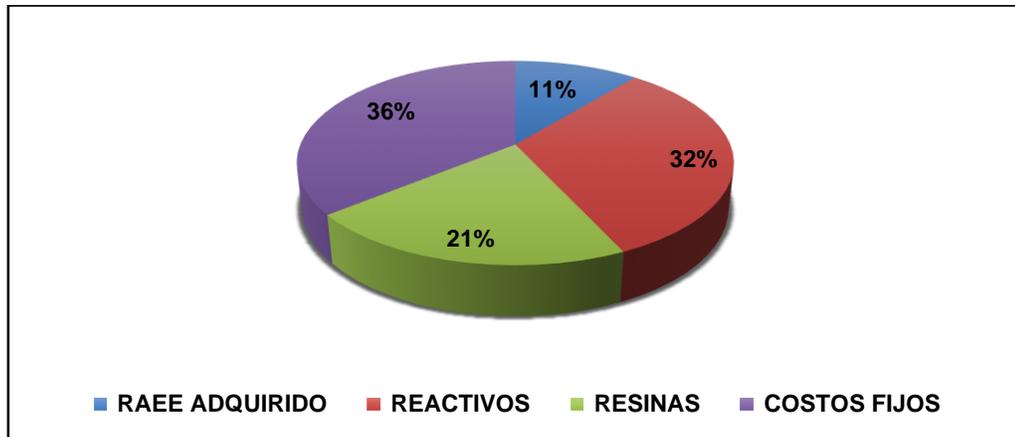
Fuente: Elaboración propia

**Figura 37. Distribución porcentual de los ingresos mensuales según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2021.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 38. Distribución porcentual de los ingresos mensuales según cotizaciones y TRM promedio durante el año 2021.**



Fuente: Elaboración propia

## 9. Recomendaciones, Conclusiones y Limitaciones

### 9.1. Recomendaciones

Generar estímulos económicos que apoyen estos procesos de gestión de RAEE, lo cual podrá influir en el desarrollo social de los pequeños recolectores para salir de la informalidad, siendo uno de los posibles requisitos en estas iniciativas.

Promover una regulación para fijar el precio de los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos, a fin de prevenir la manipulación del mercado en función de intereses económicos particulares.

Establecer una red de conocimiento entre las diferentes entidades educativas que desarrollan investigación en proyectos de reutilización de RAEE, con el acompañamiento de entidades estatales y del Sector productivo

Desarrollar líneas de investigación en materia de aprovechamiento de RAEE a fin de proponer modelos de recuperación de metales adicionales a los comúnmente extraídos.

Promover alianzas público privadas para invertir en proyectos de extracción de metales preciosos a partir de RAEE

## 9.2. Conclusiones

El mercado de RAEE a nivel Colombia cuenta con los volúmenes necesarios para alimentar de forma constante y rentable una planta de extracción de oro, plata, platino y cobre.

A pesar de que en Colombia la frecuencia de renovación de equipos de cómputo es menor frente a la exhibida en países desarrollados, los volúmenes de RAEE reciclados en el mercado de forma legal, son suficientes para hacer una proyección en torno a un modelo de negocio rentable, en cuanto a extracción de metales preciosos se refiere.

El modelo de extracción de metales preciosos a partir de RAEE mediante procesos pirometalúrgicos genera un incremento sobre el valor de la inversión inicial por encima del 100% comparado con la inversión requerida para un proceso hidrometalúrgico.

El modelo de extracción de metales preciosos, a partir de RAEE mediante procesos hidro y electrometalúrgicos, demuestra competitividad frente a escenarios de recesión económica y comportamientos de carácter estable en el mismo ámbito.

La aplicación de procesos hidro y electrometalúrgicos, disminuye el impacto ambiental negativo debido a la posibilidad de recircular las soluciones inmersas en el proceso.

La normativa vigente en cuanto a la gestión de RAEE a nivel industrial, permite el desarrollo de plantas que tienen como objetivo la extracción de metales preciosos.

El desarrollo de una planta según el modelo propuesto alcanzaría una recuperación de la inversión para la compañía SLS, en un periodo menor o igual a 22.1 meses según las condiciones actuales del mercado.

La implementación de una planta de extracción de metales preciosos a partir del modelo propuesto, contribuiría con el cumplimiento del objetivo número ocho (8) de desarrollo sostenible, trabajo decente y crecimiento económico, debido a que se crearían 46 empleos directos y de calidad.

La investigación permitió determinar los principios teóricos básicos para seleccionar el modelo de extracción adecuado para el fin perseguido.

El análisis económico realizado mostro la factibilidad de implementar una planta de extracción de metales preciosos a partir de RAEE Valorizado, con una alimentación mensual de una (1) tonelada de materia prima, un periodo de recuperación de dos (2) años, y una tasa interna del retorno (TIR) de 10,83%.

Si se llegase a realizar la inversión necesaria para el desarrollo de la planta, se tendría un amplio mercado de RAEE debido al alto crecimiento de data clouding y los planes de responsabilidad social fomentados en la actualidad por organizaciones reconocidas a nivel nacional.

La participación de una compañía como SIMS permitiría el desarrollo de un modelo de extracción con el cual se obtendrían más de 20 metales al final del proceso, siendo esta diversificación de ingresos un factor determinante para obtener mayor rentabilidad en el proceso

### **9.3. Limitaciones**

El acceso a la información en torno a equipos que permiten una mayor eficiencia del proceso de extracción.

## 10. Referencias

- ANLA. (2020). *ABC del Licenciamiento*. Obtenido de <http://portal.anla.gov.co/paso-paso>
- Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). *The Global E-waste Monitor – 2017*. Bonn/Geneva/Vienna: United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association. Obtenido de <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>
- Bermudez, R. A. (2012). *Diseño del Proceso de Recuperación de Metales de Procesadores y Tarjetas de Circuitos Impresos de computadoras descartadas mediante lixiviación en columna*. Escuela Politecnica Nacional, Quito.
- Camacho, M. (2016). David Kelley: From Design to Design. *The Journal of Design Economics and Innovation*, 88-101.
- CCB. (2020). *Centro de Información Empresarial (CIEB)*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/25824>
- CHAIN, N. S. (2011). *Proyectos de inversión formulación y evaluación*.
- Cui, J., & Zhang, L. (2008). Metallurgical recovery of metals from electronic waste: a review. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389408002161?via%3Dihub>
- ECOLEC. (2020). *ECOLEC*. Obtenido de <https://ecolec.es/informacion-y-recursos/sobre-los-raee/>
- ECOLEC. (2020). *Que es minería urbana*. Madrid, España. Obtenido de <https://ecolec.es/greenblog/actualidad/descubre-que-es-la-mineria-urbana-y-los-enormes-beneficios-para-la-sociedad/>
- Gobierno de la Republica de Colombia. (2019). *Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Bogotá D.C., Colombia.
- Gómez, H. O. (2011). *METODOLOGÍA PARA RECUPERAR METALES PRECIOSOS: ORO, PLATA Y GRUPO DEL PLATINO, PRESENTES EN DESECHOS ELECTRONICOS*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

- Hageluken, C. (2007). The challenge of open cycles-Barriers to a closed loop economy demonstrated. *ResearchGate*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/228872531\\_The\\_challenge\\_of\\_open\\_cycles-Barriers\\_to\\_a\\_closed\\_loop\\_economy\\_demonstrated\\_for\\_consumer\\_electronics\\_and\\_cars/link/0c960519b6a1f6f594000000/download](https://www.researchgate.net/publication/228872531_The_challenge_of_open_cycles-Barriers_to_a_closed_loop_economy_demonstrated_for_consumer_electronics_and_cars/link/0c960519b6a1f6f594000000/download)
- HP. (2020). *Desktops*. Obtenido de <https://store.hp.com/co-es/default/desktops.html>
- Investing. (27 de 08 de 2020). *Investing*. Obtenido de Investing: <https://es.investing.com/commodities/gold-historical-data>
- ITU. (2017). *Estrategias y políticas para la eliminación o reutilización adecuadas de residuos generados por las telecomunicaciones/TIC*. doi:978-92-61-23203-0
- ITU. (2020). *WEEE Data and Knowledge*. Obtenido de <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Priority-Areas/WEEE-Data-Knowledge.aspx>
- Kuehr, R., Bogdan-Martin, D., & Mavropoulos, A. (2020). *Foreword UNU, ITU, and ISWA*. Tokio: UNU, ITU, and ISWA. Obtenido de [ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/07/Foreword\\_GEM\\_2020\\_def\\_july1\\_low.pdf](http://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/07/Foreword_GEM_2020_def_july1_low.pdf)
- Martinez, C. (2020). *Motoresfera*. Obtenido de <https://motoresfera.com/2020/08/30/mercado-disposicion-de-activos-de-ti-itad-2020-tendencias-recientes-oportunidades-globales-por-regiones-prediccion-de-crecimiento-futuro-pronostico-del-tamano-del-mercado-hasta-2026/>
- Ministerio de Ambiente. (2012). *Política Nacional Gestión Integral de RAEE*. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book\\_rae\\_/assets/RAEE\\_baja.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book_rae_/assets/RAEE_baja.pdf)
- Ministerio de Ambiente. (2015). *Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE*. Bogotá. Obtenido de <https://quimicos.minambiente.gov.co/index.php/residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos/informacion-general-raee>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Política Nacional Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*.
- Mueller, M. (29 de 09 de 2009). *Oro y Finanzas*. Recuperado el 10 de 09 de 2021, de Oro y Finanzas: <https://www.oroymasfinanzas.com/2009/09/las-5-propiedades-del-oro-como-dinero/>
- OI. (3 de 12 de 2019). *ORO INFORMACION*. Recuperado el 10 de 09 de 2021, de ORO INFORMACION: <https://www.oroymasfinanzas.com/2009/09/las-5-propiedades-del-oro-como-dinero/>

- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Generación de Modelos de Negocio*. Barcelona: Grupo Planeta. doi:978-84-234-2841-0
- Otto, C. (2020). *Startup Explore*. Obtenido de B2C o B2B ventajas y desventajas de emprender e invertir en cada modelo.
- Parajuly, K., Kuehr, R., Awasthi, A. K., & Fitzpatrick, C. (2019). *Future E-waste Scenarios*. Bonn;Osaka: StEP, UNU ViE-SCYCLE & UNEP IETC . Obtenido de [https://collections.unu.edu/eserv/UNU:7440/FUTURE\\_E-WASTE\\_SCENARIOS\\_UNU\\_190829\\_low\\_screen.pdf](https://collections.unu.edu/eserv/UNU:7440/FUTURE_E-WASTE_SCENARIOS_UNU_190829_low_screen.pdf)
- Ries, E. (2012). *El Métdo Lean Startup*. (J. S. Julián, Trad.) Barcelona: Grupo Planeta. doi:978-84-234-1255-6
- Rodríguez, E. M. (2014). *El Modelo de Negocio como base del éxito*. Almería: Universidad de Almería. Obtenido de [http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3662/3537\\_EL%20MODELO%20DE%20NEGOCIO%20COMO%20BASE%20DEL%20EXITO%20EMPRESARIAL-UNA%20REVISION%20TEORICA%20.pdf?sequence=1](http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3662/3537_EL%20MODELO%20DE%20NEGOCIO%20COMO%20BASE%20DEL%20EXITO%20EMPRESARIAL-UNA%20REVISION%20TEORICA%20.pdf?sequence=1)
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mcgraw-Hill.
- Sims Lifecycle Services. (2020). *Developing Sustainable Partnerships*. Obtenido de <https://www.simsrecycling.com>
- Sims Lifecycle Services. (2020). *Locations*. Obtenido de <https://www.simsrecycling.com/locations/>
- Sims Metal Management. (2020). *A history of Performance*. Obtenido de <https://www.simsmm.com/about-us/history/>
- The Global E-waste. (2020). *Publications*. Obtenido de <https://globalewaste.org/publications/>
- The Global E-waste Monitor. (2017). *Quantities, Flows, and Resources Authored*. doi:978-92-808-9054-9
- Universidad Mayor De San Andrés. (2020). *Obtención de metales preciosos a partir RAEE*. Obtenido de <https://www.kioscoverde.bo/wp-content/uploads/2016/11/Obteci%C3%B3n-de-metales-preciosos-a-partir-de-RAEE-2010.pdf>
- UNU. (2015). *E-waste statistics-Guidelines on clasificación, reporting and inidcators*. doi:978-92-808-4554-9
- UPME. (2018). *Oro Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2035*. Unidad de Planeación Minero Energetica. Santiago: CRU International Limited. Obtenido de

[http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3\\_Oro\\_FINAL\\_11DIC2018.pdf](http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3_Oro_FINAL_11DIC2018.pdf)

Wyns, T., & Khandekar, G. (2020). *Metals for a Climate Neutral Europe A 2050 Blueprint*. The Institute for European Studies. Obtenido de [https://www.ies.be/files/Metals\\_for\\_a\\_Climate\\_Neutral\\_Europe.pdf](https://www.ies.be/files/Metals_for_a_Climate_Neutral_Europe.pdf)

## A. Anexo. Cuestionario Persona Jurídica

Los datos suministrados en esta encuesta serán utilizados solo para cuestiones académicas y serán amparadas según la ley 1581 de 2012 de Colombia sobre protección de datos personales. Al responder esta encuesta acepta su participación bajo estas condiciones. Para mayor información acerca del manejo de tus datos personales, puedes revisar nuestro Aviso de privacidad y nuestra Política de tratamiento de datos personales en:

<https://universidadean.edu.co/la-universidad/quienes-somos/orientacion-estrategica/reglamentos-universidad-ean/aviso-de-privacidad>

### Introducción

Este instrumento se realiza con el objetivo de determinar, la conveniencia para que una empresa de reciclaje internacional incursione en el mercado identificando las posibles relaciones de los consumidores con los residuos electrónicos.

La información recopilada es de carácter confidencial y reservado, ya que los resultados serán interpretados únicamente para efectos de la investigación. Su respuesta a esta encuesta es voluntaria y no será anónima, por lo cual, si prefiere no revelar su identidad o la identidad de la organización en cuyo nombre responde, por favor no dar respuesta.

### Instrucciones

A continuación, se presentan una serie de preguntas y/o afirmaciones que deberá responder según las indicaciones dadas por cada una de ellas.

NOTA: Cuando se hable de productos electrónicos se mencionan los siguientes: computadores, CPU, teclados, portátiles, impresoras, celulares o tabletas.

### Tema 1. Participación de la organización frente al reciclaje electrónico

Para las preguntas 1 y 2, seleccione con una X entre calificaciones de 1 a 5, donde 1 es poco importante y 5 es muy importante.

1. ¿Qué tan importante resulta para la compañía el reciclaje?
2. ¿Qué tan importante, consideran reciclar productos electrónicos?
3. Por favor seleccione con una X el o los residuos que usualmente son reciclados en la organización.

Plásticos \_\_\_\_\_

Papel y Cartón \_\_\_\_\_

Cartuchos de tinta y tóner \_\_\_\_\_

Equipos electrónicos \_\_\_\_\_

4. ¿Con que frecuencia la compañía participa en la realización de procesos de reciclaje de equipos electrónicos?, donde 1 es poca y 5 alta.
5. ¿Cuentan con algunos de los siguientes programas internos de reciclaje? Por favor seleccione con una X las opciones que le apliquen.

Puntos ecológicos establecidos \_\_\_\_\_

Capacitaciones sobre la separación de residuos \_\_\_\_\_

Charlas educativas sobre el reciclaje \_\_\_\_\_

Otro \_\_\_\_\_, ¿Cuál? \_\_\_\_\_

## Tema 2. Frecuencia en uso de artículos electrónicos

6. Marque con una "X" el número de equipos por descripción aproximadamente con los que cuenta la compañía.

Descripción	No tenemos	1 a 20	21 a 40	41 a 60	Más de 60
-------------	------------	--------	---------	---------	-----------

Computadores

CPU

Teclados

Portátiles

Impresoras

Celulares

Tabletas

7. De los productos mencionados anteriormente, ¿Cuántos equipos han reemplazado durante el último año (2019) por uno nuevo o han finalizado su vida útil dentro de la compañía?

Descripción	0	1 a 10	11 a 20	21 a 30	Más de 30
-------------	---	--------	---------	---------	-----------

Computadores

CPU

Teclados

Portátiles

Impresoras

Celulares

Tabletas

Tema 3. Conocimiento de la organización frente al reciclaje electrónico

Marque con una "X" Si o No de acuerdo con cada pregunta.

8. ¿Cómo organización conoce que los productos electrónicos se pueden reciclar?

Si\_\_\_\_, No\_\_\_\_

9. ¿Saben ustedes si dentro su proceso de reciclaje de productos electrónicos existe un mecanismo de clasificación de materiales?

Si\_\_\_\_, No\_\_\_\_

10. ¿Qué hacen normalmente cuando reemplazan o desechan un producto electrónico porque este ha llegado el fin de su vida útil?

Lo botan a la basura\_\_\_\_

Lo tienen guardado en la empresa\_\_\_\_

Lo regalan a empleados de la organización\_\_\_\_

Cuentan con un programa de reciclaje de equipos electrónicos\_\_\_\_

Lo dona\_\_\_\_

Lo venden\_\_\_\_

Otro\_\_\_\_, cual\_\_\_\_\_

11. ¿Tienen algún tipo de convenio con alguna empresa o con el estado con respecto a reciclaje de equipos electrónicos?

Si\_\_\_\_, No\_\_\_\_

Si su respuesta es Si, por favor indique que tipo de convenio y en lo posible relacione el nombre de la empresa

---

---

---

12. ¿Si no genera costos adicionales, estarían dispuestos a entregar su desecho electrónico que culmino la vida útil o fue reemplazado por uno nuevo, como iniciativa para evitar una mayor contaminación ambiental?

Si\_\_\_\_, No\_\_\_\_

¿Por qué?

---

---

—

Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_

País de ubicación: \_\_\_\_\_

Ciudad de ubicación: \_\_\_\_\_

Tipo de empresa: Privada\_\_\_\_, Pública\_\_\_\_, Mixta ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Actividad Económica: \_\_\_\_\_

Numero de empelados: \_\_\_\_\_

Antigüedad de la empresa: \_\_\_\_\_

## B. Anexo. Modelo Canva

<p><b>ALIANZAS CLAVES</b></p>  <p>Son comprendidos por las entidades públicas y privadas encargadas de la recolección de RAEE, por otro lado, las compañías que manejan programas de responsabilidad social serán otro punto clave de recolección</p>	<p><b>ACTIVIDADES CLAVES</b></p>  <p>Las actividades más importantes serán los estudios de impacto ambiental para la obtención de la licencia ambiental, el cumplimiento de todas las obligaciones tributarias, la proyección del contenido de metales preciosos en las tarjetas de circuitos impresos de los equipos de cómputo, el proceso necesario para la extracción de los metales preciosos a partir de los RAEE con su respectivo análisis de costos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de la licencia ambiental</li> <li>• Obligaciones Tributarias</li> <li>• Caracterización PCB</li> <li>• Etapas del proceso de extracción de Metales</li> <li>• Análisis de Costos.</li> </ul>	<p><b>PROPUESTA DE VALOR</b></p>  <p>La propuesta de valor está orientada en aspectos tales como, planta de extracción ambientalmente sostenible, reciclaje de tarjetas de equipo de cómputo, y obtención de metales preciosos a partir de RAEE valorizado con un margen competitivo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta extracción ambientalmente sostenible: Esta va estar bajo el sentido ambiental como propuesta de valor. Inicialmente se contará con los estudios ambientales necesarios para garantizar la sostenibilidad en las operaciones de la planta de extracción.</li> <li>• Reciclaje PCB: El material utilizado para reciclar proviene de equipos de cómputo en desuso. Las tarjetas de circuitos impresos o PCB constituyen los elementos donde se concentra el mayor porcentaje de metales de interés.</li> <li>• Producción de metales preciosos: La estabilidad en el precio del oro constituye una inversión de resguardo a nivel económico, por lo tanto, de ahí la viabilidad en la extracción de metales preciosos a partir de RAEE valorizado</li> </ul>	<p><b>RELACIÓN CON CLIENTES</b></p>  <p>Se deben establecer diferentes tipos de relación como lo son personal dedicada y por comunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación Personal: Se establece contacto directo con los clientes a través de diferentes canales de comunicación y por medio de contacto personal, de esta forma se tendrá conocimiento de las necesidades del cliente para poder responder oportunamente ante un evento inesperado.</li> <li>• Relación por comunidad: Se propone asociar valor entre los diferentes actores de esta manera se puede incrementar la satisfacción del cliente final, de tal forma que el proveedor de materia prima al ser eficiente permitirá que el producto terminado sea de calidad y se genere en el tiempo esperado</li> </ul>	<p><b>SEGMENTO DE CLIENTES</b></p>  <p>Los principales clientes son el sector de la joyería y manufactura electrónica por cuantos estos tienen la capacidad de aprovechar los metales preciosos producidos por la planta de extracción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector Joyería</li> <li>• Sector Fabricación Componentes</li> </ul>
<p><b>ESTRUCTURA DE COSTOS</b></p>  <p>Estos comprenden, la compra de la materia prima (RAEE), adquisición de insumos para la planta, nómina del personal de la planta, gastos operativos</p>		<p><b>INGRESOS</b></p>  <p>Los ingresos van a provenir de la comercialización de los metales preciosos obtenidos del proceso de extracción a partir de RAEE</p>		
<p><b>COSTOS SOCIALES</b></p> <p>No hay impacto negativo por lo tanto no se generan costos</p>		<p><b>BENEFICIOS SOCIALES</b></p> <p>Creación de empleos directos e indirectos; el personal requerido para administrar la planta corresponde a los empleos directos y los empleos indirectos son todos aquellos que intervienen en los procesos de recolección, transporte de los RAEE.</p>		
<p><b>COSTOS AMBIENTALES</b></p> <p>El impacto ambiental es controlado por cuanto gran parte de la eficiencia del proceso permite reciclar las soluciones que allí intervienen</p>		<p><b>BENEFICIOS AMBIENTALES</b></p> <p>Reducción de riesgos de pérdida de RAEE cuando se realiza el movimiento transfronterizo hacia las plantas de refinación; disminuí el uso de los recursos naturales en los procesos de minería tradicional</p>		

## C. Anexo. Nómina para escenario con cotización a la baja 2020

<b>NÓMINA PROPUESTA PARA ESCENARIO CON COTIZACIÓN A LA BAJA AÑO 2020</b>			
<b>EMPLEADO</b>	<b>SUELDO BÁSICO</b>	<b>NÚMERO DE OPERARIOS</b>	<b>NETO PAGADO</b>
Operarios etapa de corte	\$ 1.300.000,00	2	\$ 2.604.908,00
Operarios etapa de desensamble	\$ 1.300.000,00	9	\$ 11.722.086,00
Operarios etapa de molienda	\$ 1.300.000,00	1	\$ 1.302.454,00
Operario de separación E-M	\$ 1.300.000,00	1	\$ 1.302.454,00
Operarios de lixiviación	\$ 1.300.000,00	1	\$ 1.302.454,00
Operarios de intercambio iónico	\$ 1.400.000,00	1	\$ 1.394.454,00
Operarios de filtración	\$ 1.400.000,00	1	\$ 1.394.454,00
Operarios de extracción	\$ 1.400.000,00	1	\$ 1.394.454,00
Coordinadores	\$ 2.500.000,00	4	\$ 9.200.000,00
Auxiliares	\$ 1.300.000,00	5	\$ 6.512.270,00
Almacenista	\$ 1.600.000,00	1	\$ 1.578.454,00
Jefe de planta	\$ 3.000.000,00	1	\$ 2.760.000,00
Contador	\$ 2.000.000,00	1	\$ 1.946.454,00
Analista de compras	\$ 1.300.000,00	1	\$ 1.302.454,00
Jefe RH	\$ 2.500.000,00	1	\$ 2.300.000,00
Gerente	\$ 8.000.000,00	1	\$ 7.360.000,00
Secretaria gerencia	\$ 1.400.000,00	1	\$ 1.394.454,00
Recepcionista	\$ 1.300.000,00	1	\$ 1.302.454,00

<b>NETO PAGADO A EMPLEADOS</b>	\$ 58.074.258,00
<b>TOTAL APORTES DE LEY</b>	\$ 31.618.793,96
<b>TOTAL NÓMINA</b>	\$ 89.693.051,96

## D. Anexo. Flujo de caja mínimo 2020

		Flujo de caja año 2020 (escenario a la baja)		Flujo de caja año 2021 (escenario a la baja)	
		Primer semestre	Segundo semestre	Tercer semestre	Cuarto semestre
<b>Ingresos caja (cop)</b>		<b>\$ 2.872.659.818,41</b>	<b>\$ 2.872.659.818,41</b>	<b>\$ 2.872.659.818,41</b>	<b>\$ 2.872.659.818,41</b>
Dólar					
\$	3.729,87				
Gramo de oro (usd)	Ventas (cop)	\$ 2.563.690.238,68	\$ 2.563.690.238,68	\$ 2.563.690.238,68	\$ 2.563.690.238,68
\$	56,32	\$ 12.204,53	\$ 12.204,53	\$ 12.204,53	\$ 12.204,53
	Cantidad oro (g)	\$ 337,91	\$ 337,91	\$ 337,91	\$ 337,91
	Precio (USD)				
Gramo de plata (usd)	Ventas (cop)	\$ 29.869.680,73	\$ 29.869.680,73	\$ 29.869.680,73	\$ 29.869.680,73
\$	0,51	\$ 15.841,84	\$ 15.841,84	\$ 15.841,84	\$ 15.841,84
	Cantidad plata (g)	\$ 3,03	\$ 3,03	\$ 3,03	\$ 3,03
	Precio (USD)				
Gramo de platino (usd)	Ventas (cop)	\$ 259.471.651,74	\$ 259.471.651,74	\$ 259.471.651,74	\$ 259.471.651,74
\$	25,35	\$ 2.744,25	\$ 2.744,25	\$ 2.744,25	\$ 2.744,25
	Cantidad platino (g)	\$ 152,10	\$ 152,10	\$ 152,10	\$ 152,10
	Precio (USD)				
Gramo de cobre (usd)	Ventas (cop)	\$ 19.628.247,26	\$ 19.628.247,26	\$ 19.628.247,26	\$ 19.628.247,26
\$	0,00499	\$ 1.055.029,31	\$ 1.055.029,31	\$ 1.055.029,31	\$ 1.055.029,31
	Cantidad cobre (g)	\$ 0,03	\$ 0,03	\$ 0,03	\$ 0,03
	Precio (USD)				
<b>Egresos caja (cop)</b>		<b>\$ 1.865.244.443,45</b>	<b>\$ 1.865.244.443,45</b>	<b>\$ 1.865.244.443,45</b>	<b>\$ 1.865.244.443,45</b>
Kilogramo de RAEE (cop)	Compras	\$ 48.000.000,00	\$ 48.000.000,00	\$ 48.000.000,00	\$ 48.000.000,00
\$	4.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
	Cantidad RAEE (kg)	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00
	Precio (cop)				
Reactivos para 1 ton	Compras	\$ 706.869.133,83	\$ 706.869.133,83	\$ 706.869.133,83	\$ 706.869.133,83
\$	11.781.152,23	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00
	Cantidad (ton)	\$ 70.686.913,38	\$ 70.686.913,38	\$ 70.686.913,38	\$ 70.686.913,38
	Precio (cop)				
1 litro de Resina Au (Seplite LSC 720)	Compras	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62
\$	34.874,29	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
	Cantidad (litros)	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75
	Precio (cop)				
1 litro de Resina Ag (SIR 400)	Compras	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30
\$	179.033,80	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
	Cantidad (litros)	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80
	Precio (cop)				
1 litro de Resina Pt (Seplite LSC 720)	Compras	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62
\$	34.874,29	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
	Cantidad (litros)	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75
	Precio (cop)				
1 litro de Resina Cu (SIR 400)	Compras	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30
\$	179.033,80	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
	Cantidad (litros)	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80
	Precio (cop)				
	Costos fijos	\$ 642.558.311,78	\$ 642.558.311,78	\$ 642.558.311,78	\$ 642.558.311,78
	Arriendo	\$ 72.000.000,00	\$ 72.000.000,00	\$ 72.000.000,00	\$ 72.000.000,00
	Energía	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00
	Agua	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00
	Internet	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
	Nómina	\$ 538.158.311,78	\$ 538.158.311,78	\$ 538.158.311,78	\$ 538.158.311,78
	Papelería	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
	Mantenimiento	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00
<b>Flujo del mes (cop)</b>		<b>\$ 1.007.415.374,96</b>	<b>\$ 1.007.415.374,96</b>	<b>\$ 1.007.415.374,96</b>	<b>\$ 1.007.415.374,96</b>
<b>Flujo acumulado (cop)</b>		<b>\$ 1.007.415.374,96</b>	<b>\$ 1.007.415.374,96</b>	<b>\$ 1.007.415.374,96</b>	<b>\$ 1.007.415.374,96</b>

Tasa de descuento 9%							
Periodos	0	1	2	3	4	5	
FF (cop)	-\$ 1.595.913.542,83	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49
Saldo actualizado 9% (cop)	-\$ 1.595.913.542,83	\$ 154.039.048,16	\$ 141.320.227,67	\$ 129.651.585,02	\$ 118.946.408,27	\$ 109.125.145,20	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 1.595.913.542,83	-\$ 1.441.874.494,67	-\$ 1.300.554.267,00	-\$ 1.170.902.681,98	-\$ 1.051.956.273,71	-\$ 942.831.128,51	
Periodos	6	7	8	9	10	11	
FF (cop)	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49
Saldo actualizado 9% (cop)	\$ 100.114.812,11	\$ 91.848.451,48	\$ 84.264.634,39	\$ 77.307.004,02	\$ 70.923.856,90	\$ 65.067.758,63	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 842.716.316,39	-\$ 750.867.864,91	-\$ 666.603.230,53	-\$ 589.296.226,50	-\$ 518.372.369,60	-\$ 453.304.610,97	
Periodos	12	13	14	15	16	17	
FF (cop)	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49
Saldo actualizado 9% (cop)	\$ 59.695.191,40	\$ 54.766.230,64	\$ 50.244.248,30	\$ 46.095.640,64	\$ 42.289.578,57	\$ 38.797.778,50	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 393.609.419,57	-\$ 338.843.188,93	-\$ 288.598.940,63	-\$ 242.503.299,99	-\$ 200.213.721,43	-\$ 161.415.942,92	
Periodos	18	19	20	21	22	23	
FF (cop)	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49	\$ 167.902.562,49
Saldo actualizado 9% (cop)	\$ 35.594.292,20	\$ 32.655.313,95	\$ 29.959.003,62	\$ 27.485.324,42	\$ 25.215.893,97	\$ 23.133.847,68	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 125.821.650,72	-\$ 93.166.336,77	-\$ 63.207.333,15	-\$ 35.722.008,73	-\$ 10.506.114,76	\$ 12.627.732,92	
VNA	\$ 1.608.541.275,75						
VAN	\$ 12.627.732,92						
TIR	9,10%						
PR	22,11						

## E. Anexo. Nómina propuesta para escenario promedio año 2020

<b>NÓMINA PROPUESTA PARA ESCENARIO CON COTIZACIÓN PROMEDIO AÑO 2020</b>			
<b>EMPLEADO</b>	<b>SUELDO BÁSICO</b>	<b>NÚMERO DE OPERARIOS</b>	<b>NETO PAGADO</b>
Operarios etapa de corte	\$ 1.300.000,00	2	\$ 2.604.908,00
Operarios etapa de desensamble	\$ 1.300.000,00	15	\$ 19.536.810,00
Operarios etapa de molienda	\$ 1.300.000,00	2	\$ 2.604.908,00
Operario de separación E-M	\$ 1.300.000,00	2	\$ 2.604.908,00
Operarios de lixiviación	\$ 1.300.000,00	2	\$ 2.604.908,00
Operarios de intercambio iónico	\$ 1.400.000,00	2	\$ 2.788.908,00
Operarios de filtración	\$ 1.400.000,00	2	\$ 2.788.908,00
Operarios de extracción	\$ 1.400.000,00	2	\$ 2.788.908,00
Coordinadores	\$ 2.500.000,00	4	\$ 9.200.000,00
Auxiliares	\$ 1.300.000,00	5	\$ 6.512.270,00
Almacenista	\$ 1.600.000,00	1	\$ 1.578.454,00
Jefe de planta	\$ 3.000.000,00	1	\$ 2.760.000,00
Contador	\$ 2.000.000,00	1	\$ 1.946.454,00
Analista de compras	\$ 1.300.000,00	1	\$ 1.302.454,00
Jefe RH	\$ 2.500.000,00	1	\$ 2.300.000,00
Gerente	\$ 8.000.000,00	1	\$ 7.360.000,00
Secretaria gerencia	\$ 1.400.000,00	1	\$ 1.394.454,00
Recepcionista	\$ 1.300.000,00	1	\$ 1.302.454,00
<b>NETO PAGADO A EMPLEADOS</b>	\$ 73.979.706,00		
<b>TOTAL APORTES DE LEY</b>	\$ 40.088.859,28		
<b>TOTAL NÓMINA</b>	\$ 114.068.565,28		

## F. Anexo. Flujo de caja en el escenario promedio 2020

		Flujo de caja año 2020 (escenario promedio)		Flujo de caja año 2021 (escenario promedio)	
		Primer semestre	Segundo semestre	Tercer semestre	Cuarto semestre
		\$ 3.291.333.734,45	\$ 3.291.333.734,45	\$ 3.291.333.734,45	\$ 3.291.333.734,45
<b>Ingresos caja (cop)</b>					
Dólar					
\$	3.729,87				
Gramo de oro (usd)		Ventas (cop)	\$ 2.899.526.273,64	\$ 2.899.526.273,64	\$ 2.899.526.273,64
\$	63,70	Cantidad oro (g)	\$ 12.204,53	\$ 12.204,53	\$ 12.204,53
		Precio (USD)	\$ 382,18	\$ 382,18	\$ 382,18
Gramo de plata (usd)		Ventas (cop)	\$ 43.981.755,31	\$ 43.981.755,31	\$ 43.981.755,31
\$	0,74	Cantidad plata (g)	\$ 15.841,84	\$ 15.841,84	\$ 15.841,84
		Precio (USD)	\$ 4,47	\$ 4,47	\$ 4,47
Gramo de platino (usd)		Ventas (cop)	\$ 323.191.712,97	\$ 323.191.712,97	\$ 323.191.712,97
\$	31,57	Cantidad platino (g)	\$ 2.744,25	\$ 2.744,25	\$ 2.744,25
		Precio (USD)	\$ 189,45	\$ 189,45	\$ 189,45
Gramo de cobre (usd)		Ventas (cop)	\$ 24.633.992,53	\$ 24.633.992,53	\$ 24.633.992,53
\$	0,00626	Cantidad cobre (g)	\$ 1.055.029,31	\$ 1.055.029,31	\$ 1.055.029,31
		Precio (USD)	\$ 0,04	\$ 0,04	\$ 0,04
<b>Egresos caja (cop)</b>					
		\$ 2.203.497.523,35	\$ 2.203.497.523,35	\$ 2.203.497.523,35	\$ 2.203.497.523,35
Kilogramo de RAEE (cop)		Compras	\$ 240.000.000,00	\$ 240.000.000,00	\$ 240.000.000,00
\$	4.000,00	Cantidad RAEE (kg)	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
		Precio (cop)	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00
Reactivos para 1 ton		Compras	\$ 706.869.133,83	\$ 706.869.133,83	\$ 706.869.133,83
\$	11.781.152,23	Cantidad (ton)	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00
		Precio (cop)	\$ 70.686.913,38	\$ 70.686.913,38	\$ 70.686.913,38
1 litro de Resina Au (Seplite LSC 720)		Compras	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62
\$	34.874,29	Cantidad (litros)	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
		Precio (cop)	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75
1 litro de Resina Ag (SIR 400)		Compras	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30
\$	179.033,80	Cantidad (litros)	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
		Precio (cop)	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80
1 litro de Resina Pt (Seplite LSC 720)		Compras	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62	\$ 38.135.038,62
\$	34.874,29	Cantidad (litros)	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
		Precio (cop)	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75	\$ 209.245,75
1 litro de Resina Cu (SIR 400)		Compras	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30	\$ 195.773.460,30
\$	179.033,80	Cantidad (litros)	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
		Precio (cop)	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80	\$ 1.074.202,80
		Costos fijos	\$ 788.811.391,68	\$ 788.811.391,68	\$ 788.811.391,68
		Arriendo	\$ 72.000.000,00	\$ 72.000.000,00	\$ 72.000.000,00
		Energía	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00
		Agua	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00
		Internet	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
		Nómina	\$ 684.411.391,68	\$ 684.411.391,68	\$ 684.411.391,68
		Papelería	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
		Mantenimiento	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00
<b>Flujo del mes (cop)</b>		\$ 1.087.836.211,10	\$ 1.087.836.211,10	\$ 1.087.836.211,10	\$ 1.087.836.211,10
<b>Flujo acumulado (cop)</b>		\$ 1.087.836.211,10	\$ 1.087.836.211,10	\$ 1.087.836.211,10	\$ 1.087.836.211,10

<b>Tasa de descuento</b>							
9%							
<b>Periodos</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
FF (cop)	-\$ 1.595.913.542,83	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	
Saldo actualizado 9% (cop)	-\$ 1.595.913.542,83	\$ 166.335.812,10	\$ 152.601.662,47	\$ 140.001.525,20	\$ 128.441.766,24	\$ 117.836.482,79	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 1.595.913.542,83	-\$ 1.429.577.730,74	-\$ 1.276.976.068,26	-\$ 1.136.974.543,06	-\$ 1.008.532.776,82	-\$ 890.696.294,02	
<b>Periodos</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	
FF (cop)	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	
Saldo actualizado 9% (cop)	\$ 108.106.864,95	\$ 99.180.610,04	\$ 90.991.385,36	\$ 83.478.335,19	\$ 76.585.628,62	\$ 70.262.044,60	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 782.589.429,08	-\$ 683.408.819,04	-\$ 592.417.433,68	-\$ 508.939.098,48	-\$ 432.353.469,87	-\$ 362.091.425,26	
<b>Periodos</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	
FF (cop)	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	
Saldo actualizado 9% (cop)	\$ 64.460.591,38	\$ 59.138.157,23	\$ 54.255.190,12	\$ 49.775.403,78	\$ 45.665.508,05	\$ 41.894.961,52	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 297.630.833,88	-\$ 238.492.676,66	-\$ 184.237.486,54	-\$ 134.462.082,76	-\$ 88.796.574,71	-\$ 46.901.613,19	
<b>Periodos</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	
FF (cop)	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	\$ 181.306.035,18	
Saldo actualizado 9% (cop)	\$ 38.435.744,51	\$ 35.262.150,93	\$ 32.350.597,18	\$ 29.679.446,95	\$ 27.228.850,42	\$ 24.980.596,71	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 8.465.868,68	\$ 26.796.282,25	\$ 59.146.879,43	\$ 88.826.326,38	\$ 116.055.176,80	\$ 141.035.773,51	
VNA	\$ 1.736.949.316,34						
VAN	\$ 141.035.773,51						
TIR	10%						
PR	18,17						

## G. Anexo. Nómina propuesta para escenario promedio año 2021

<b>NÓMINA PROPUESTA PARA ESCENARIO CON COTIZACIÓN PROMEDIO AÑO 2021</b>			
<b>EMPLEADO</b>	<b>SUELDO BÁSICO</b>	<b>NÚMERO DE OPERARIOS</b>	<b>NETO PAGADO</b>
Operarios etapa de corte	\$ 1.300.000,00	2	\$ 2.604.908,00
Operarios etapa de desensamble	\$ 1.300.000,00	15	\$ 19.536.810,00
Operarios etapa de molienda	\$ 1.300.000,00	2	\$ 2.604.908,00
Operario de separación E-M	\$ 1.300.000,00	2	\$ 2.604.908,00
Operarios de lixiviación	\$ 1.300.000,00	2	\$ 2.604.908,00
Operarios de intercambio iónico	\$ 1.400.000,00	2	\$ 2.788.908,00
Operarios de filtración	\$ 1.400.000,00	2	\$ 2.788.908,00
Operarios de extracción	\$ 1.400.000,00	2	\$ 2.788.908,00
Coordinadores	\$ 2.500.000,00	4	\$ 9.200.000,00
Auxiliares	\$ 1.300.000,00	5	\$ 6.512.270,00
Almacenista	\$ 1.600.000,00	1	\$ 1.578.454,00
Jefe de planta	\$ 3.000.000,00	1	\$ 2.760.000,00
Contador	\$ 2.000.000,00	1	\$ 1.946.454,00
Analista de compras	\$ 1.300.000,00	1	\$ 1.302.454,00
Jefe RH	\$ 2.500.000,00	1	\$ 2.300.000,00
Gerente	\$ 8.000.000,00	1	\$ 7.360.000,00
Secretaria gerencia	\$ 1.400.000,00	1	\$ 1.394.454,00
Recepcionista	\$ 1.300.000,00	1	\$ 1.302.454,00
<b>NETO PAGADO A EMPLEADOS</b>	\$ 73.979.706,00		
<b>TOTAL APORTES DE LEY</b>	\$ 40.088.859,28		
<b>TOTAL NÓMINA</b>	\$ 114.068.565,28		

## H. Anexo. Flujo de caja en el escenario promedio 2021

		Flujo de caja año 2020 (escenario promedio precios 2021)				Flujo de caja año 2021 (escenario promedio precios 2021)			
		Primer semestre		Segundo semestre		Tercer semestre		Cuarto semestre	
		\$	3.342.679.979,56	\$	3.342.679.979,56	\$	3.342.679.979,56	\$	3.342.679.979,56
Dólar	3684,266667								
Gramo de oro (usd)	63,23744687	Ventas (cop)	\$ 2.843.455.399,31	\$ 2.843.455.399,31	\$ 2.843.455.399,31	\$ 2.843.455.399,31	Cantidad oro (g)	\$ 12.204,53	\$ 12.204,53
		Precio (USD)	\$ 379,42	\$ 379,42	\$ 379,42	\$ 379,42		\$ 379,42	\$ 379,42
Gramo de plata (usd)	0,928542454	Ventas (cop)	\$ 54.194.912,25	\$ 54.194.912,25	\$ 54.194.912,25	\$ 54.194.912,25	Cantidad plata (g)	\$ 15.841,84	\$ 15.841,84
		Precio (USD)	\$ 5,57	\$ 5,57	\$ 5,57	\$ 5,57		\$ 5,57	\$ 5,57
Gramo de platino (usd)	40,45977127	Ventas (cop)	\$ 409.070.892,21	\$ 409.070.892,21	\$ 409.070.892,21	\$ 409.070.892,21	Cantidad platino (g)	\$ 2.744,25	\$ 2.744,25
		Precio (USD)	\$ 242,76	\$ 242,76	\$ 242,76	\$ 242,76		\$ 242,76	\$ 242,76
Gramo de cobre (usd)	0,009251013	Ventas (cop)	\$ 35.958.775,79	\$ 35.958.775,79	\$ 35.958.775,79	\$ 35.958.775,79	Cantidad cobre (g)	\$ 1.055.029,31	\$ 1.055.029,31
		Precio (USD)	\$ 0,06	\$ 0,06	\$ 0,06	\$ 0,06		\$ 0,06	\$ 0,06
		<b>Egresos caja (cop)</b>	<b>\$ 2.197.777.645,83</b>	<b>\$ 2.197.777.645,83</b>	<b>\$ 2.197.777.645,83</b>	<b>\$ 2.197.777.645,83</b>		<b>\$ 2.197.777.645,83</b>	<b>\$ 2.197.777.645,83</b>
Kilogramo de RAEE (cop)	4000	Compras	\$ 240.000.000,00	\$ 240.000.000,00	\$ 240.000.000,00	\$ 240.000.000,00	Cantidad RAEE (kg)	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
		Precio (cop)	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00		\$ 24.000,00	\$ 24.000,00
Reactivos para 1 ton	11781152,23	Compras	\$ 706.869.133,83	\$ 706.869.133,83	\$ 706.869.133,83	\$ 706.869.133,83	Cantidad (ton)	\$ 60,00	\$ 60,00
		Precio (cop)	\$ 70.686.913,38	\$ 70.686.913,38	\$ 70.686.913,38	\$ 70.686.913,38		\$ 70.686.913,38	\$ 70.686.913,38
1 litro de Resina Au (Seplite LSC 720)	34447,89333	Compras	\$ 37.668.771,36	\$ 37.668.771,36	\$ 37.668.771,36	\$ 37.668.771,36	Cantidad (litros)	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
		Precio (cop)	\$ 206.687,36	\$ 206.687,36	\$ 206.687,36	\$ 206.687,36		\$ 206.687,36	\$ 206.687,36
1 litro de Resina Ag (SIR 400)	176844,8	Compras	\$ 193.379.788,80	\$ 193.379.788,80	\$ 193.379.788,80	\$ 193.379.788,80	Cantidad (litros)	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
		Precio (cop)	\$ 1.061.068,80	\$ 1.061.068,80	\$ 1.061.068,80	\$ 1.061.068,80		\$ 1.061.068,80	\$ 1.061.068,80
1 litro de Resina Pt (Seplite LSC 720)	34447,89333	Compras	\$ 37.668.771,36	\$ 37.668.771,36	\$ 37.668.771,36	\$ 37.668.771,36	Cantidad (litros)	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
		Precio (cop)	\$ 206.687,36	\$ 206.687,36	\$ 206.687,36	\$ 206.687,36		\$ 206.687,36	\$ 206.687,36
1 litro de Resina Cu (SIR 400)	176844,8	Compras	\$ 193.379.788,80	\$ 193.379.788,80	\$ 193.379.788,80	\$ 193.379.788,80	Cantidad (litros)	\$ 1.093,50	\$ 1.093,50
		Precio (cop)	\$ 1.061.068,80	\$ 1.061.068,80	\$ 1.061.068,80	\$ 1.061.068,80		\$ 1.061.068,80	\$ 1.061.068,80
		Costos fijos	\$ 788.811.391,68	\$ 788.811.391,68	\$ 788.811.391,68	\$ 788.811.391,68		\$ 788.811.391,68	\$ 788.811.391,68
		Arriendo	\$ 72.000.000,00	\$ 72.000.000,00	\$ 72.000.000,00	\$ 72.000.000,00		\$ 72.000.000,00	\$ 72.000.000,00
		Energía	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00		\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00
		Agua	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00		\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00
		Internet	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00		\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
		Nómina	\$ 684.411.391,68	\$ 684.411.391,68	\$ 684.411.391,68	\$ 684.411.391,68		\$ 684.411.391,68	\$ 684.411.391,68
		Papelería	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00		\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
		Mantenimiento	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00		\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00
		<b>Flujo del mes (cop)</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>		<b>\$ 1.144.902.333,74</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>
		<b>Flujo acumulado (cop)</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>		<b>\$ 1.144.902.333,74</b>	<b>\$ 1.144.902.333,74</b>

Tasa de descuento 9%							
<b>Periodos</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
FF (cop)	-\$ 1.595.913.542,83	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62
Saldo actualizado 9% (cop)	-\$ 1.595.913.542,83	\$ 175.061.518,92	\$ 160.606.898,09	\$ 147.345.778,07	\$ 135.179.612,90	\$ 124.017.993,49	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 1.595.913.542,83	-\$ 1.420.852.023,91	-\$ 1.260.245.125,82	-\$ 1.112.899.347,75	-\$ 977.719.734,85	-\$ 853.701.741,36	
<b>Periodos</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	
FF (cop)	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62
Saldo actualizado 9% (cop)	\$ 113.777.975,68	\$ 104.383.463,93	\$ 95.764.645,80	\$ 87.857.473,21	\$ 80.603.186,44	\$ 73.947.877,46	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 739.923.765,68	-\$ 635.540.301,75	-\$ 539.775.655,95	-\$ 451.918.182,73	-\$ 371.314.996,30	-\$ 297.367.118,84	
<b>Periodos</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	
FF (cop)	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62
Saldo actualizado 9% (cop)	\$ 67.842.089,42	\$ 62.240.449,01	\$ 57.101.329,36	\$ 52.386.540,70	\$ 48.061.046,51	\$ 44.092.703,22	
Saldo actualizado acumulado (cop)	-\$ 229.525.029,42	-\$ 167.284.580,41	-\$ 110.183.251,05	-\$ 57.796.710,35	-\$ 9.735.663,84	-\$ 34.357.039,39	
<b>Periodos</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	
FF (cop)	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62	\$ 190.817.055,62
Saldo actualizado 9% (cop)	\$ 40.452.021,31	\$ 37.111.946,15	\$ 34.047.657,02	\$ 31.236.382,59	\$ 28.657.231,73	\$ 26.291.038,29	
Saldo actualizado acumulado (cop)	\$ 74.809.060,69	\$ 111.921.006,84	\$ 145.968.663,86	\$ 177.205.046,45	\$ 205.862.278,18	\$ 232.153.316,47	
VNA	\$ 1.828.066.859,30						
VAN	\$ 232.153.316,47						
TIR		11%					
PR		16					