

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Metalúrgica

Profesor patrocinante
Andrés Ramírez M.

MINERIA URBANA: REALIDAD ACTUAL

FRANCO STEPHAN ROCA VILLANUEVA

Informe de Memoria de Título para
optar al Título de

Ingeniero Civil Metalúrgico

AGOSTO 2023

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis viejos que paciencia me tuvieron para con mis decisiones, como también por siempre enseñarme a terminar lo iniciado.

También va dedicado a Ignacio Oyarzo, Ignacio Mieres (Jockey) y Gabriel Parra. Se logró muchachos, se logró.

AGRADECIMIENTOS

Se culmina esta temporada de mayor crecimiento personal, la temporada que me mostró cuantas debilidades tenía como persona, la temporada que me ayudó a ver más allá de lo evidente y saber qué es lo que quiero realmente, la temporada que sin duda será – si es que no lo es- la mejor temporada de mi vida hasta el cierre de esta (Y si, lo veo como si fuese un anime o serie, porque lo encuentro más divertido, y para eso es la vida no... para divertirse). Fueron varios capítulos en emisión, tantos que si me pusiera a recordarlos todos podría completar 100 hojas más de esta memoria, que a veces siento que aún le faltan cosas... en fin, detalles.

En primer lugar agradecer a mis padres por darme la libertad de elegir mi camino, a pesar de los ripios y baches que iba descubriendo en el camino, pero que he ido sorteando con creces y aprendiendo de ellos. Agradecido de Los Gaturros en la mítica Gaticueva (son muchos xd), la primera experiencia fuera de la zona de confort que jamás olvidare, porque esas veladas de Monopoly fueron brutales. Como no mencionar a los cracks de Bulnes 986 (Alvarito, Dieguito, Aldonico y Natalia) porque con ellos empecé a ver otras realidades y se empezó a abrir otro mundo de opciones bajo ese manto helado que nos cobijaba. También agradecido del 201-B (Milton y Fabián), porque la pandemia en otro sector hubiese sido completamente diferente.

También le agradezco a los chicos de CARFUC, uno –si no el mejor- cuerpo de árbitros de futbol en el que estuve. No puedo dejar atrás a todos esos amigos que hice ahí, como también a los amigos que genere en el Torneo Universitario más grande de Chile: Interfacultades UdeC. Agradecido de los pibes de Metalurgia FC, que me permitieron ver mis carencias como persona. A los chicos del “Verdao” (Sociales FC), que fueron un gran apoyo cuando en lo deportivo estuve super mal. No sé por qué, pero con ellos -por primera vez- me sentí parte de algo más allá que un equipo de futbol.

Para ir finalizando, agradecido de Tito-san y Rodolfo-kun que me ayudaron en momentos complejos de la vida, y que me hicieron reír bastante con sus locuras. Otros amigos que se suman. Agradecido de don Luis Ramos, por permitirme dar los certámenes en horarios de trabajo y enseñarme a cuestionar varias cosas. A los chicos de Takeprofitmovement, les agradezco un montón, sé que volveremos a compartir historias y viajes.

Agradecido a mi profe guía, el sensei Andrés Ramírez porque hay que tener mucha paciencia con este ser que narra estos acontecimientos (no entrare en detalles).

Finalmente agradecido de Alvarito y Milton, que con ellos he vivido grandes momentos en estos años, y sé que el futuro depara más historias juntos. Agradecido a cada persona que se cruzó en camino en esta temporada, haya sido buena, mala, indiferente, me da lo mismo, porque sin ellas esta temporada no se hubiese podido llevar a cabo.

Se acaba esta temporada, pero inicia otra. Hare que sea igual de fascinante que la última, con una sonrisa en la cara, feliz y agradecido, y con ganas de comerme al mundo.

Gracias Totales

RESUMEN

En la actualidad la cantidad generada de artefactos eléctricos y electrónicos (AEE) sigue en crecimiento a nivel exponencial, mientras que las tasas de recuperación, reciclaje o reutilización siguen estando a escala menor.

El desarrollo de esta memoria analiza la realidad actual en la que se encuentran diversas naciones a nivel mundial en el tratado de residuos de artefactos eléctricos y electrónicos (RAEE), como también –en el ámbito particular- la realidad chilena para el tratamiento de este tipo de residuos. Además se estudia la factibilidad económica de la instalación de una planta fundidora y refinadora para el tratamiento de artefactos periféricos de informática o también denominados *e-waste*, para la recuperación de metales valiosos que se encuentran en ellos, para finalmente ser vendidos como cátodos o lingotes según sea el caso.

Los resultados a medida que se avanzaba en la investigación parecían poco probables de su factibilidad debido a las barreras existentes en materia legislativa, como también a la poca literatura disponible en materia de cantidades de metales contenidas en cada periférico.

Los resultados principales de esta memoria se resumen en toneladas anuales de metal recuperado de e-waste, siendo una masa de 0,3473 toneladas para el oro; 0,0014 toneladas para la plata y 191,44 toneladas para el cobre, considerando la generación total asumida en el presente trabajo 1.600 TPA.

La inversión inicial, obtenida por el análisis económico, para la puesta en marcha de una planta de 1.600 toneladas anuales arroja un total de US \$ 1.708.355; con un costo operacional de US \$ 4.755.047; donde el flujo de caja entregó un VAN de US \$ 21.500.507 con una TIR de 98%.

ABSTRACT

At present the amount of generated electrical and electronic waste (EEE) continues to grow exponentially, while the rates of recovery, recycling or reutilization remain at a smaller scale.

The development of this report analyzes the current reality of various nations worldwide regarding the management of electrical and electronic waste (e-waste), as well as the specific situation in Chile regarding the treatment of such waste. Additionally the economic feasibility of establishing a smelting and refining plant for the treatment of peripheral computer devices, also known as e-waste is studied to recover valuable metal contained in them, which can then be sold as cathodes or ingots, depending on the case.

The results, as the research progressed, seemed unlikely in terms of their feasibility due to existing barriers in legislative matters, as well as the limited literature available on the quantities of metals contained in each peripheral device.

The main results of this report are summarized in annual tons of metal recovered from e-waste with a mass of 0.3473 tons for gold, 0.0014 tons for silver and 191.44 tons for copper, considering the total generation assumed in this study of 1,600 TPA.

The initial investment, obtained through the economic analysis for the implementation of a plant with a capacity of 1,600 annual tons yielded a total of US \$ 1,708,355 with an operational cost of US \$ 4,755,047, resulting in a cash flow that yielded an NPV (Net Present Value) of US \$21,500,507 and an IRR (Internal Rate of Return) of 98%.

INDICE

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
3. ANTECEDENTES TEORICOS	4
3.1. ECONOMIA LINEAL	4
3.2. ECONOMIA CIRCULAR	7
3.3. MINERIA CIRCULAR	8
3.4. MINERIA URBANA	11
3.5. CADENA MINERA	12
3.6. DESECHO O RESIDUO	12
3.6.1. DESECHOS NO PELIGROSOS Y PELIGROSOS	13
3.6.2. RECURSOS SECUNDARIOS	13
3.7. TIPOS DE ECONOMIA	14
4. METODOLOGIA	16
4.1. METODOLOGIA DE BUSQUEDA	16
4.2. METODOLOGIA DEL ANALISIS ECONOMICO	16
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	18
5.1. CONTEXTO MUNDIAL	18
5.1.1. BARRERAS	18
5.2. REALIDAD CHILENA	23
5.3. RECICLAJE	26
5.4. PROCESO DE MANEJO DE RAEE GENERADOS EN CHILE	26
5.4.1. PROCESOS DE RECOLECCION	26
5.5. TRANSPORTE	28
5.6. ALMACENAMIENTO	30
5.7. PROCESO DE PRETRATAMIENTO	32
5.7.1. PRETRATAMIENTO DE PEQUEÑOS APARATOS ELECTRONICOS	35
5.8. PROCESO DE TRATAMIENTO	37
5.9. ACTORES RELEVANTES SEGÚN ETAPA DEL PROCESO	41
5.10. RECOLECCION	42
5.10.1. MUNICIPALIDADES	42
5.10.2. ONG/FUNDACIONES	42
5.10.3. EMPRESAS GESTORAS	43

5.10.4.	PRETRATAMIENTO _____	43
5.10.5.	TRATAMIENTO _____	43
5.10.6.	VALORIZACION _____	44
5.10.7.	DISPOSICION FINAL _____	44
5.11.	CUANTIFICACION DE RAEE POR ETAPAS _____	44
5.11.1.	CANTIDAD DE RAEE RECOLECTADAS _____	44
5.11.2.	FRECUENCIA DE RECOLECCION SEGÚN AREA Y METODO _____	46
5.11.3.	CANTIDADES ALMACENADAS _____	48
5.11.4.	CANTIDAD DE RESIDUOS PRETRATADOS _____	48
5.11.5.	CANTIDAD DE RESIDUOS TRATADOS _____	49
5.11.6.	DESTINO GEOGRAFICO DE RAEE _____	49
5.11.7.	PRECIO DE MERCADO _____	50
5.12.	ANALISIS DE PROYECTO _____	52
5.12.1.	ELEMENTOS MENORES _____	53
5.12.2.	CLASIFICACION DE COMPONENTES _____	53
5.12.3.	METODOS DE SEPARACION _____	54
5.12.4.	SEPARACION FISICA _____	54
5.12.5.	PIROMETALURGIA _____	58
5.12.6.	HIDROMETALURGIA _____	61
5.12.7.	BIO METALURGIA _____	63
5.12.8.	FLOWSHEET FINAL _____	65
5.13.	ESTUDIO ECONOMICO _____	67
5.13.1.	ESTIMACION DE COSTOS _____	67
5.13.2.	GASTOS FINANCIEROS _____	74
5.14.	FLUJO DE CAJA _____	74
5.15.	ANALISIS DE SENSIBILIDAD _____	77
6.	CONCLUSIONES _____	78
	RECOMENDACIONES _____	79
	BIBLIOGRAFIA _____	80
	ANEXOS _____	84
A.1.	PROCESOS DE RECOLECCION _____	84
A.2.	TRANSPORTE _____	90
A.3.	EMPRESAS QUE REALIZAN PRETRATAMIENTO DE RAEE EN CHILE _____	92
A.4.	EMPRESAS QUE REALIZAN TRATAMIENTO/VALORIZACION DE RAEE EN CHILE _____	94
A.5.	EMPRESAS QUE REALIZAN DISPOSICION FINAL DE RAEE EN CHILE _____	95
A.6.	CANTIDAD ALMACENADA DE RAEE POR EMPRESAS EN CHILE _____	96
A.7.	DESTINO GEOGRAFICO DE RAEE _____	100
A.8.	ELEMENTOS MENORES _____	101

A.8.1. TECLADO	101
A.8.2 MOUSE	104
A.8.3. ALTAVOCES	106
A.8.4. WEBCAMS	110
A.8.5. CARGADORES	111
A.8.6. CARGADORES DE CELULARES	113
A.9. COSTO DE INVERSION	116
A.10. VARIACION PRECIO ENERGIA ELECTRICA	117
A.11. VARIACION PRECIO AGUA	118
A.12. VARIACION % DE ORO CONTENIDO	119
B.1. HOJA DE RESUMEN	122

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Adaptación listado productos prioritarios y su clasificación (Del et al., 2011)</i>	24
<i>Tabla 2: Subcategorías catalogadas como peligrosas en función de sus constituyentes (Fundación Chile, 2019)</i>	29
<i>Tabla 3: Destinatarios autorizados de Residuos Peligrosos y No Peligrosos (Fundación Chile, 2019)</i>	32
<i>Tabla 4: Resumen de procesos de pretratamiento según realidad nacional (Fundación Chile, 2019)</i>	34
<i>Tabla 5: Materiales obtenidos en separación manual o desmantelación de pequeños aparatos electrónicos (Fundación Chile, 2019)</i>	36
<i>Tabla 6: Tabla resumen de los diferentes tipos de valorización y disposición en relleno de seguridad (si es que se aplica) de acuerdo con los componentes resultantes obtenidos del proceso de pretratamiento de los RAEE (Fundación Chile, 2019).</i>	38
<i>Tabla 7: Materiales resultantes del pretratamiento de grandes aparatos (Fundación Chile, 2019)</i>	39
<i>Tabla 8: Materiales resultantes del pretratamiento pequeños aparatos (Fundación Chile, 2019)</i>	41
<i>Tabla 9: Cantidad de RAEE puestos en el mercado, generados y recolectados al año 2017 (Fundación Chile, 2019).</i>	45
<i>Tabla 10: Cantidad de RAEE recolectada por categoría, subcategoría y método de recolección (Fundación Chile, 2019)</i>	46
<i>Tabla 11: Frecuencia de recolección por método y área geográfica (Fundación Chile, 2019).</i>	47
<i>Tabla 12: Cantidad de RAEE pretratados según categoría, subcategoría y método de pretratamiento (ton) (Fundación Chile, 2019).</i>	48
<i>Tabla 13: Cantidades de RAEE tratados según categoría, subcategoría y método de tratamiento (Fundación Chile, 2019).</i>	49
<i>Tabla 14: Destino geográfico de RAEE (Fundación Chile, 2019).</i>	49
<i>Tabla 15: Uso de RAEE tratados (Fundación Chile, 2019)</i>	50
<i>Tabla 16: Precios de mercado componentes RAEE (Fundación Chile, 2019).</i>	52
<i>Tabla 17: Procesos pirometalúrgicos del sector (Brú Querol, 2020)</i>	59
<i>Tabla 18: Estudios realizados sobre el tratamiento de RAEE (Brú Querol, 2020)</i>	63
<i>Tabla 19: Costo del terreno.</i>	67
<i>Tabla 20: Costo de equipos y maquinaria.</i>	67
<i>Tabla 21: costo de mobiliario y software.</i>	68
<i>Tabla 22: Costos operacionales variables y fijos.</i>	69
<i>Tabla 23: Capital de trabajo.</i>	70
<i>Tabla 24: Costos de inversión.</i>	70
<i>Tabla 25: Flujos para procesamiento.</i>	71
<i>Tabla 26: Porcentajes aleatorios para elementos mayores.</i>	71
<i>Tabla 27: Valores de venta de cada elemento</i>	71
<i>Tabla 28: Contenido metálico e ingresos para placa con alto contenido de cobre.</i>	72
<i>Tabla 29: Contenido metálico e ingresos para placa con alto contenido de níquel.</i>	72
<i>Tabla 30: Contenido metálico e ingresos para placa con alto contenido de zinc.</i>	73
<i>Tabla 31: Contenido metálico e ingresos para placa con alto contenido de estaño.</i>	73
<i>Tabla 32: Ingresos.</i>	73
<i>Tabla 33: Gastos financieros.</i>	74
<i>Tabla 34: Flujo de caja de 0 a 10 años</i>	76
<i>Tabla 35: Indicadores de impuesto.</i>	77
<i>Tabla 36: Índices de rentabilidad económica</i>	77
<i>Tabla 37: Adaptación etapas de operación de puntos limpios (Fundación Chile, 2019)</i>	85
<i>Tabla 38: Destino de RAEE dispuestos en puntos limpios (Fundación Chile, 2019)</i>	85
<i>Tabla 39: Distribución de puntos verdes operados por gestores de RAEE (Fundación Chile, 2019)</i>	87
<i>Tabla 40: Total empresas de transporte de residuos peligrosos autorizadas (Fundación Chile, 2019)</i>	91

<i>Tabla 41: Empresas autorizadas a transportar residuos no peligrosos (Fundación Chile, 2019)</i>	92
<i>Tabla 42: superficies destinadas al almacenamiento de residuos (Fundación Chile, 2019)</i>	96
<i>Tabla 43: Cantidades máximas a almacenar por residuo peligroso y no peligroso (Fundación Chile, 2019)</i>	97
<i>Tabla 44: Superficies destinadas al almacenamiento de residuos (Fundación Chile, 2019)</i>	98
<i>Tabla 45: Unidades máximas a recibir por tipo de residuo (Fundación Chile, 2019)</i>	99
<i>Tabla 46: Destino internacional de los RAEE según país/zona (Fundación Chile, 2019).</i>	100
<i>Tabla 47: Costos de inversión.</i>	116
<i>Tabla 48: Variación de indicadores por costo de electricidad</i>	117
<i>Tabla 49: Variación de indicadores por costo de agua</i>	118
<i>Tabla 50: Variación de indicadores por contenido de oro en placas metálicas.</i>	120

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Resumen barreras minería urbana (Kazançoglu et al., 2020)</i>	22
<i>Figura 2: Métodos de recolección de RAEE usados por personas (Fundación Chile, 2019)</i>	27
<i>Figura 3: Métodos de recolección de RAEE usados por empresas (Fundación Chile, 2019)</i>	27
<i>Figura 4: Diagrama de flujo de los procesos de pretratamiento (E2BIZ, 2019)</i>	33
<i>Figura 5: Esquema de actores relevantes según etapa del proceso de manejo de RAEE (Fundación Chile, 2019)</i>	42
<i>Figura 6: Flowsheet propuesta de recuperación de RAEE (Fuente: Elaboración propia)</i>	66
<i>Figura 7: Partes de un teclado (Fuente: Elaboración propia en base al estudio)</i>	101
<i>Figura 8: Estructura y tipos de teclado (Fuente: Elaboración propia en base a estudio)</i>	103
<i>Figura 9: Partes de un mouse (Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado)</i>	105
<i>Figura 10: Tipos de altavoces (Fuente: Elaboración propia según estudios)</i>	107
<i>Figura 11: Características y partes de una webcam (Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado)</i>	110
<i>Figura 12: Componentes de un cargador (Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado)</i>	112
<i>Figura 13: Partes y otras partes de cargadores de celulares (Fuente: elaboración propia en base a estudio realizado)</i>	114
<i>Figura 14: VAN vs Costo de electricidad</i>	117
<i>Figura 15: TIR vs Costo de electricidad</i>	118
<i>Figura 16: VAN vs Costo de agua</i>	119
<i>Figura 17: TIR vs Costo de agua</i>	119
<i>Figura 18: VAN vs contenido de oro</i>	120
<i>Figura 19: TIR vs contenido de oro</i>	121

1. INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico percibido en los últimos lustros ha permitido a la humanidad avanzar en diferentes áreas como salud, astronomía, mejoras e innovación en procesos productivos, comunicación, construcción, energía, movilidad, y en general en todos los aspectos cotidianos, pero a pesar de obtener grandes beneficios también se han constituido grandes desafíos a medida que avanzamos en tecnología.

Gran parte de estos desafíos son acarreados por la obtención de materia prima para su procesamiento, ya que a medida que las leyes de minerales de interés van disminuyendo por agotamiento de las reservas, se generan desafíos como la mayor cantidad de mineral a procesar para mantener la producción y suplir la demandada por el mercado. Esto implica mayor volumen de material estéril generado el cual requerirá un sitio de depósito y/o almacenamiento.

Otro factor a considerar es el ámbito ambiental, puesto que a medida que se desarrollan mayores y mejores tecnologías, las anteriores van quedando obsoletas, siendo estas últimas desechadas y gran parte de ellas terminadas en vertederos, y una pequeña parte recicladas.

Una causa de no menor importancia radica en la economía lineal la cual se basa en la adquisición-uso-desecho, implicando una grave consecuencia en materia ambiental por el aumento de desechos sin obtener un destino claro, más que su obsolescencia.

Debido a lo anterior, existe la necesidad de transformar una economía lineal a una economía circular basada en el reciclaje-reutilización-reducción de los productos finales para ir disminuyendo la cantidad de desechos producidos por persona/año. Además, es necesario buscar otras fuentes de abastecimiento de materias primas ante la creciente demanda de estas y que sean sustentables ambientalmente, rentables y explotables. Actualmente se observa que distribución de la cantidad de residuos que se generan tienen una dependencia clara de la ubicación geográfica y el grado de desarrollo socioeconómico, teniendo rangos de 200-499 kg/per para Sudamérica y Centroamérica; 500-1100kg/per para Norteamérica; 200-799kg/per para Europa; >200-499kg/per para África; 500-1100kg/per para Asia; 500-799kg/per para Oceanía (Luis & Moncayo, n.d.)

Una respuesta para los retos de manejo de los residuos es la Minería Urbana cuyo eje principal es el reciclaje de desechos los cuales pueden ser: residuos de vertederos, escombros de edificios, vehículos en el final de su vida útil, desechos electrónicos, residuos sólidos urbanos, entre otras

tantas posibilidades, donde están presentes una gran cantidad de compuestos y elementos valiosos como oro, plata, paladio, cobre, tierras raras y otros elementos potencialmente aprovechables (Arora et al., 2017). Ésta permite ampliar el área visible de sustentabilidad alcanzando una nueva etapa debido a que el reciclaje de los desechos anteriormente mencionados permitirá la extracción de minerales claves para el día de hoy, lo que nos conlleva a poder reutilizar los elementos logrando la fabricación de nuevos productos.

Sumado lo anterior y en aras de la visión amigable para con el medio ambiente, el modelo de minería urbana nos permitiría avanzar rápidamente al modelo de la Economía Circular.

Pero como toda solución, existe una serie de inconvenientes a tratar antes de ser implementada o definitiva; para el ámbito Minero-Urbano las principales trabas se encuentran en la educación de la población para con sus desechos, el reciclaje informal, leyes regulatorias, entre otros (Kazançoglu et al., 2020). Si bien estas dificultades pueden solucionarse al mediano plazo, también cabe considerar el factor económico que puede llegar a tener para la economía de un país el reciclaje y recuperación de desechos metálicos, por lo cual es fundamental examinar su factibilidad para aplicar las tecnologías correspondientes para implementar un debido procesamiento de los desechos de manera selectiva y viable desde los diferentes puntos de vista a evaluar (Arora et al., 2017). Para esto se analizará la factibilidad económica en la recuperación de *e-waste* informáticos periféricos.

2. OBJETIVOS

Analizar situación actual de minería urbana y evaluar factibilidad de recuperación de componentes estratégicos de periféricos como una alternativa de implementación de la economía circular que permita dar un manejo responsable a los residuos generados y disminuya el impacto de la producción por medio de minería convencional.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Estudiar los avances en la recuperación de componentes esenciales como cobre, oro y plata en cables utilizados para el traspaso de energía eléctrica, transferencias de datos, entre otros; como también la recuperación de minerales de artefactos informáticos periféricos a través de diversos procesos de concentración y separación de minerales.

Realizar análisis económico para determinar la factibilidad económica de recuperación de este tipo de componentes en los periféricos y artefactos tecnológicos menores.

3. ANTECEDENTES TEORICOS

Antes de examinar a profundidad la realidad actual de la Minería urbana como también su factibilidad, es necesario conocer información básica para contextualizar la Economía Lineal y Circular como también la Minería Urbana para diversos desechos antropogénicos. Es por esto que en este capítulo se realiza un recorrido por el funcionamiento de la Economía Circular y los desafíos presentes para alcanzarla, los estragos causados por la Economía Lineal, la realidad que presenta el mundo en cuanto a desechos o residuos y el punto actual de Chile en cuanto a reciclaje y tratamiento de residuos.

3.1.ECONOMIA LINEAL

En el siglo XX, el modelo de producción creado fue principalmente para el beneficio de los países ricos de occidente. La mano de obra cara como también los abundantes recursos naturales en la Tierra, fueron los principales detonantes de un sistema de tomar-hacer-disponer o también llamada Economía Lineal. En este sistema, la industria se abastecía de recursos, fabricaba productos para su posterior venta, obtenía ganancias y finalmente se deshacía de todo lo que no fuera necesario (Otoni et al., 2020). Bajo este criterio los procesos de reutilización y reciclaje fueron desalentados por el costo de mano de obra y además por la regulación de aquellos años en los cuales no se cobraba a los productores por las externalidades de esos procesos (Ellen MacArthur Foundation, 2013; Sariatli, 2017).

El principio de la Economía Lineal es el desecho de los productos tras su utilización. Esto se debe a que todos los productos tienen un ciclo lineal, el cual es iniciado con la extracción de las materias primas, continúan con el proceso y transformación en productos, se distribuyen y venden, se utilizan, y finalmente se eliminan como residuos. (Falappa et al., 2019). El modelo se fundamenta en dos grandes principios: 1) un crecimiento económico permanente y el consiguiente deterioro medio ambiental y 2) un consumo creciente. (Falappa et al., 2019).

El resultado de esta implementación fue una cultura de consumo, donde el ser humano adquiere bienes de manera constante, reemplazando los desactualizados y obsoletos por nuevos, destinando los anteriores a la basura. Esto genera una masa heterogénea de desechos, materiales biológicos, tecnológicos y otros, los cuales terminan en vertederos sanitarios, incineradores, o incluso abandonados sin regla o legislación alguna. (Falappa et al., 2019)

El modelo en si es rápido a la hora de producir nuevos productos, pero lento de digerir para el planeta debido al consumo desenfrenado del ser humano y fomentado por grandes compañías para así aumentar sus ganancias a costa de externalidades – por ejemplo: ambiental-, lo que lo vuelve insostenible. Lo último se debe a que los recursos naturales no renovables –como es el caso de las fuentes energéticas tradicionales- no son ilimitadas, por ende, tienen un límite de extracción, lo que puede desencadenar en impactos negativos para el ambiente. De seguir el modelo de Economía Lineal, para el año 2050 se necesitarán 3 veces más materiales, 70% más de alimentos, y la necesidad de agua y energía aumentarán en un 40% (Barret et al., 2018).

Además, debido al constante crecimiento de la población mundial es inminente el aumento de la basura o desechos (Mena, et al, 2010) que en el mejor de los casos terminan en rellenos sanitarios, o en su defecto, terminan en botaderos a cielo abierto (Sáez & Urdaneta, 2014; Palacios, 2018). Según Solíz, (2015) en Ecuador se producen 58.829 toneladas de residuos/desechos sólidos anuales, siendo solo un 20% de estos los que terminan en una correcta disposición; el resto termina en botaderos a cielo abierto. Un dato más reciente muestra que Ecuador presentó en el año 2017, un aproximado de 4 millones de toneladas de desechos anuales, con una tendencia a la separación de residuos en hogares del 41,46% (Alarcon, 2017; Palacios Orejuela Iván, 2018). En otro país de la región americana, como es el caso de Colombia, que para el año 2012, se generaron 27 mil toneladas de residuos al día; tan solo el 10% es aprovechado por recicladores informales y el resto acaba en botaderos a cielo abierto o rellenos sanitarios (Vega, 2012). Otro dato más específico, muestra que en Buenos Aires, Argentina se entierran alrededor de 10 mil toneladas de residuos generados por los humanos, de los cuales 4.400 toneladas diarias son enviadas a tratamiento (Bermeo Almeida et al., 2021). Debido al gran aumento de basura electrónica es que se hace imperiosa una alternativa como la Minería Urbana.

Si profundizamos más en el área de la Minería Urbana –y en particular en los desechos de basura electrónica (conocidos en inglés como *e-waste*) que esta genera a través de la economía lineal- existe un aumento en la fabricación consumo y desechos de artefactos eléctricos y electrónicos, ya que entregan beneficios y facilidades al desarrollo de la humanidad en los ámbitos científico, tecnológico e industrial, como también en el confort y seguridad de la misma (Hidalgo, 2010). En contraparte, el aumento de su uso, también implicó en el aumento de sus desechos a nivel mundial, ocasionado por la sustitución, renovación o eliminación –paradójicamente- por el desarrollo de los mismos (Hidalgo, 2010).

Según Martínez (2008) se generan de manera anual entre 20 y 50 millones de toneladas de *e-waste* al año. Otro dato presenta que el volumen de los *e-waste* está creciendo a un ritmo entre 16% y 28% cada cinco años, siendo este el desecho de mayor crecimiento en el último tiempo (Duery, 2007).

Cifras más actualizadas de las Organizaciones de las Naciones Unidas (ONU), indica que para el año 2018 el mundo produjo un total de 48 millones de toneladas de residuos de artefactos eléctricos y electrónicos (RAEE), equivalentes en peso a 260.000 aviones Boeing 747 que no fueron construidos o un total de 4.500 torres Eiffel, lo que podría llenar una superficie aproximada de 60km². De seguir con la tendencia en materia de desechos, se estima que podría existir hasta 130 millones de toneladas de RAEE para el año 2050 (BBC News, 2019; Bermeo Almeida et al., 2021).

En América Latina, según un informe sobre RAEE elaborado por *Global E-waste Monitor* en el año 2017, en dicho lugar se produjeron 4,2 toneladas métricas con una media de 7,1 kilos de chatarra generada por habitante (Bermeo Almeida et al., 2021).

En otro tipo de cifras el sitio web *wwf.es* en el marco del Día de la Sobrecapacidad de la Tierra, detalla que la población humana vive como si tuviera a su disposición casi dos Planetas Tierra (concretamente 1,75 planetas); esto se debe a que en el año 2022 en poco más de 200 días (28 de Julio) se agotó el capital natural disponible para un año natural (365 días), lo cual excede en un 74% la capacidad de los ecosistemas para regenerar los recursos naturales. Si lo llevamos a nivel país, la media cambia abruptamente, por ejemplo: Qatar consume 9 planetas; EE.UU 5,1 planetas; España 2,8 planetas y Yemen 0,3 planetas (World Wildlife Fund, 2022).

El Día de la Sobrecapacidad de la Tierra nos recuerda que el modelo actual de economía (Economía Lineal), de producción y de consumo es una de las principales causas de la crisis climática y la destrucción de la naturaleza. Este día marca la fecha en que la demanda de recursos y servicios ecológicos de la humanidad en un año concreto supera lo que la Tierra puede regenerar en ese año; en otras palabras, es entrar en un déficit ecológico. El cálculo este día lo realiza la *Global Footprint Network* a través de dos parámetros: la biocapacidad (o capacidad de regeneración biológica) y la huella ecológica (nuestra demanda de recursos).

En materia de residuos, según datos de la ONU (Naciones Unidas, 2022), cada año se recolecta en el mundo una cantidad estimada de 11.200 millones de toneladas de residuos sólidos. De los desechos plásticos, solo el 9% se ha reciclado hasta la fecha, mientras que el 12% ha sido incinerado; el 79% restante se ha acumulado en vertederos, basureros o en el medio ambiente. En cuanto a los RAEE

que se generaron a nivel mundial, estos crecieron de 5,3 a 7,3 kilogramos per cápita al año, entre el año 2010 y 2019; en cuanto al reciclaje de estos, el ritmo aumento en menor medida de 0,8 a 1,3 kilogramos per cápita al año.

3.2.ECONOMIA CIRCULAR

La economía circular se basa en los ciclos cerrados, siendo un modelo que satisface las necesidades de las próximas décadas para ayudar a evitar el agotamiento y mitigar el exceso de residuos de la economía lineal. Esta economía considera una “logística cíclica”, es decir, que los productos creados están diseñados para regresar a la cadena productiva en su fase final de vida (Kirchherr et al, 2017). Se deriva de la idea de que todo material presente y su posible residuo es considerado como un insumo potencial para los siguientes pasos de la cadena productiva.

Por lo tanto, los productos fabricados pueden crearse de tal manera que sea fácil desmontarlos y a su vez, los materiales usados sean de fácil separación al momento de desecharlos; o también que estos puedan ser fabricados con materiales de fácil absorción por el Ambiente.

El objetivo de la economía circular es cambiar el enfoque de “ofrecer un producto a ofrecer un servicio” (Naor et al., 2018; Doni et al., 2019). La idea es priorizar la calidad por sobre la cantidad, derivándose el concepto “*Upcycling*” a partir del cual se puede lograr una mejoría en los productos y servicios, y a su vez, los materiales pueden volver a la cadena para generar otros productos con calidad aumentada (Bridgens et al., 2018).

Este sistema destaca la seguridad del producto como premisa importante, puesto que se deben hacer/trabajar mejores productos/servicios con un mínimo contenido de sustancias peligrosas, buscando evitar impactos negativos en sistemas sociales, ambientales y económicos, impidiendo así un contraste con una idea de circuito cerrado en una economía circular.

Para Do Nascimento & Xavier (2018) el objetivo de la economía circular es extender la vida útil de los productos tanto como sea posible mediante la reparación y el mantenimiento; reduciendo así la producción de residuos y creando crecimiento y oportunidades comerciales en el mercado. Desde el punto de vista de gestión de residuos, se busca evitar que estos dañen el Medio Ambiente y la salud humana desde su formación hasta su eliminación.

Se adoptaron los conceptos: prevención de la formación de residuos, reutilización, reciclaje, con tal de reducir al máximo el uso de los recursos naturales (Balde et al., 2017).

3.3. MINERÍA CIRCULAR

Si bien la minería es una actividad humana no sostenible que produce una gran cantidad de residuos y desechos, la pregunta es qué hacer con dichos residuos, ya que estos generan una gran contaminación debido al tratamiento y disposición final que realizan las medianas y grandes empresas en los procesos de obtención de minerales (INAP, 2019; Vergara, 2020).

En resumen, en la mayoría de los casos, el destino final de los residuos es un confinamiento en sitios de disposición como, por ejemplo: tranques de relave u otros (SUBDERE, 2018).

Para dar solución al desafío ambiental generado por la minería, la Corporación Alta Ley (ente destinado a articular capacidades existentes en entidades y organismos públicos y privados en la industria minera) entrega alternativas, a través de iniciativas como programas y proyectos que permitan resolver los desafíos relevantes de las necesidades de la minería, mediante el desarrollo e innovaciones, transferencias tecnológicas y trabajo colaborativo, entre todas las entidades del ecosistema, para así ir mejorando la competitividad y sostenibilidad del negocio minero (Corporación Alta Ley, 2019a). En el año 2019, publicó una Hoja de Ruta Tecnológica con una visión al año 2035; entre los objetivos que menciona, destacan los casos de los nuevos usos del cobre, la minería verde y las exploraciones, con lo que busca avanzar hacia la minería del futuro (Corporación Alta Ley, 2019b).

Para generar un cambio gradual y permanente de la minería hacia un modelo de negocio circular, una solución es la minería verde, puesto que en ella se pueden enfocar los esfuerzos en el corto y mediano plazo con resultados inmediatos (Corporación Alta Ley, 2019b).

La minería verde es un concepto ya desarrollado por países como China, Canadá, Finlandia y Australia, quienes ya definieron sus enfoques o pilares específicos. Esto es en materia de innovación en la gestión de residuos y desarrollo de mejores tecnologías de tratamiento y gestión en el procesamiento, uso y eliminación de residuos, lo que incorpora la economía circular, o bien, actividades relacionadas a eficiencia hídrica y energética. Esto tiene foco en el cierre y rehabilitación de las minas y presenta avances en la reducción del uso de diesel e incorpora el uso de energías renovables, entre otras (Castillo, 2019). Además, este concepto promueve la eficiencia de

materiales, agua y energía, como también permite la recuperación de minerales útiles y minimiza los residuos mineros. El objetivo de la Minería Verde es asegurar la disponibilidad de recursos minerales para su uso en generaciones futuras (Nurmi, 2017), con una minería que reduzca los impactos en el medio ambiente, sea amigable con las comunidades y desarrolle métodos de control y medición enfocadas en las operaciones, la automatización de procesos y establezca prácticas de economía circular en la cultura de las organizaciones.

Para tener una visión más clara de los alcances de la economía circular y promover el cambio de minería lineal a una circular, se deben considerar elementos que se requieren en ella. Es por esto que la fundación Ellen MacArthur, identifico los siguientes elementos (Vergara, 2020):

1. Diseño de economía circular: se debe desarrollar competencias básicas en diseño circular en las empresas, para así facilitar la reutilización, el reciclaje y la conexión en cascada de los productos.
2. Nuevos modelos de negocios: se requieren modelos comerciales innovadores que reemplacen a los existentes o aprovechen nuevas oportunidades. Empresas que poseen capacidades a lo largo de varios pasos verticales en la cadena de valor lineal, podrían impulsar la circularidad en la corriente principal al aprovechar su escala e integración vertical.
3. Ciclos inversos: necesidad de nuevas habilidades para las cascadas y el retorno final de los materiales al suelo o de regreso al sistema de producción.
4. Habilitadores y condiciones favorables del sistema: los mecanismos del mercado deberán desempeñar un papel dominante, sumado al apoyo de políticos responsables, instituciones educativas y líderes de opinión popular, para que la reutilización generalizada de materiales y una mayor productividad de los recursos se conviertan en algo común.

La economía circular se adapta de buena manera al sector minero, pues –si bien presenta grandes desafíos- también se observan oportunidades que permitirán transitar hacia una minera más sustentable (Vergara, 2020).

La Minería Circular se enfoca en la recuperación de elementos de valor, ofreciendo ventajas que en su mayoría se relacionan con el valor añadido de manera económica y productiva, como también en su rentabilidad y en el aporte medioambiental que genera la recuperación de residuos (Corporación Alta Ley, 2019b).

El concepto de circularidad en la minería o Minería Circular, puede ser implementado en los procesos de obtención de mineral. La minería del cobre –en particular- genera en toda la cadena de valor, desde la extracción hasta la fabricación de productos, cuantiosos residuos y desechos en cada una de las etapas de producción. Existen residuos mineros masivos líquidos, sólidos y gaseosos, como estéril o lastre, relaves, escorias, gases metalúrgicos y soluciones de refinación, entre otros, que poseen un potencial de valorización importante; y otros residuos (como neumáticos mineros y de carretera, aceites y grasas, y más de cien desechos menores) que se pueden emplear en las mismas operaciones o en otras industrias. De esta manera, al realizar una correcta gestión de residuos ambientales podría ir en beneficio directo de las comunidades y, a su vez, contribuir a la sostenibilidad futura de la industria minera (Corporación Alta Ley, 2019b).

Con el fin de solucionar los desafíos que presenta una minería circular, en la hoja de Ruta 2.0 de la minería (2019), considera dos soluciones que se deberían implementar, las que se detallan a continuación:

1. Una recuperación de elementos de valor mediante:
 - i) Perfeccionamiento y desarrollo de métodos y modelamientos geológicos y de manejo de nuevos residuos sólidos de valor comercial.
 - ii) Incorporación de tecnologías en los procesos de concentración y refinación.
 - iii) Modelos de operación con criterios técnicos y regulatorios para el desarrollo de minería urbana.
2. La responsabilidad extendida del productor:
 - i) Perfeccionamiento y desarrollo de tecnologías para la recuperación de baterías, neumáticos mineros, aceites, AEE, tecnologías para la recuperación de elementos de valor de relaves.
 - ii) Desarrollo de alternativas superiores y costos eficientes a las actuales operaciones de almacenamientos de relaves húmedos.
 - iii) Desarrollo de materiales y productos a partir de relaves. (Corporación Alta Ley, 2019b).

Otro concepto que ha tomado fuerza para dar una mayor sustentabilidad a la minería urbana, puesto que gran parte de los residuos generados por los humanos o por empresas termina en botaderos o rellenos sanitarios, siendo perjudicial para el medio ambiente debido a la cantidad de componentes

tóxicos que pueden contener. Por lo tanto, según lo anterior el concepto de minería urbana fue forjado y se está desarrollando.

3.4. MINERÍA URBANA

Se refiere como al proceso de recuperación de compuestos, elementos y energía de poblaciones antropogénicas (Cossu & Williams, 2015).

Según Baccini & Brunner (2012), minería urbana son todas las actividades y procesos de recuperación de compuestos, energía y elementos de productos, construcciones y todo desecho generado por la actividad humana/urbana. Además, considera los espacios urbanos como fuente de materiales antropogénicos que pueden ser utilizados, reciclados y reutilizados cíclicamente (Brunner, 2011).

En otras palabras, los materiales de desecho que son liberados durante la etapa de producción y posterior uso se utilizan como fuentes secundarias en lugar de eliminarse creando condiciones que no dañarían el medio ambiente y se recuperaran mediante métodos apropiados (Matilde et al., 2018)

Los residuos que son almacenados en ciudades pueden percibirse como una fuente vital de recursos con concentraciones de elementos/minerales igual o superior a lo encontrado en la naturaleza como materia prima. Específicamente la minería urbana se puede entender desde dos perspectivas: una es que “urbana” significa dentro de los límites de la ciudad; la otra es que la “minería” se entiende como la extracción de recursos secundarios a partir de materiales obsoletos (Krook & Baas, 2013).

A veces el término “urbano” tiende a relacionarse más con desechos generados por el estilo de vida antropogénico (Ej. Desechos electrónicos). Por ende, la minería urbana es similar al reciclaje de residuos, con mayor énfasis en los residuos a nivel mundial de los cuales se podrían reciclar de forma eficiente. Como el factor costo-beneficios es importante, la minería urbana se ha centrado con mayor fuerza e inicialmente en recuperar desechos electrónicos, puesto que contienen una mayor concentración de metales costosos y elementos como tierras raras (Cossu & Williams, 2015).

El concepto “Minera Urbana” ha tomado su desarrollo como un reflejo del cambio de la minería convencional, focalizando su objetivo en la extracción de valor de los desechos producidos en el ámbito antropogénico, lo que permite avanzar hacia una economía circular (Hu & Poustie, 2018). En

China, la minería urbana se basa en desechos materiales de acero y hierro, desechos de metales no ferrosos, desechos de metales de tierras raras, desechos de plásticos y cauchos. (Hu & Poustie, 2018)

Como tenemos distinta cantidad de desechos antropogénicos y variadas características de estos, es necesaria la clasificación de estos, por lo tanto, en el mundo de la minería Urbana podemos encontrar diversas categorías, siendo estas: Minería en vertederos, minas urbanas (*urban mine*), minerales urbanos (*urban ore*) y mineral urbano (*urban mineral*). Estas se detallan a continuación:

- **Minería en vertederos:** extracción y procesamiento de residuos que se han almacenado en antiguos vertederos (Cossu & Williams, 2015).
- **Mina Urbana:** se considera un espacio uniforme que consta de diferentes categorías de desechos.
- **Minerales urbanos:** se define como los productos o desechos al final de su vida útil.
- **Mineral urbano:** se refiere a la industria y al proceso de urbanización del reciclaje de recursos residuales.

3.5.CADENA MINERA

En una cadena minera se extrae la materia prima de la corteza terrestre, luego se enriquece dicha materia, se convierte en producto a través de un proceso de producción, se utiliza, se desecha con la concepción de que ha cumplido su vida útil y se acumula en rellenos sanitarios sólidos salvo una parte limitada. Este proceso provoca el rápido agotamiento de recursos naturales y el aumento de los residuos producidos para satisfacer la creciente demanda de los consumidores (Carvalho, 2017).

3.6.DESECHO O RESIDUO

Definir el concepto desecho aun en muy incierto en la literatura. Autores indican que un producto se convierte en desecho al momento en que el usuario los desecha, tiene intención o se le pide que los deseche (EPA, 1997; EU, 2008).

Según la Real Academia Española de la Lengua (RAE) define como desecho o residuo a: “Parte o porción que queda de un todo; Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo; Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación; Derivado de toda actividad productiva o no productiva”. Según su propia definición, el término se considera

subjetivo y depende de los actores involucrados, de los cuales uno de ellos es el propietario y es quien decide si un objeto continúa siendo útil o no (Vergara, 2020).

Por otra parte, hablar de desechos o residuo es hablar de sinónimos, por ende no existe distinción entre cada uno (Rondón, et al., 2016).

3.6.1. DESECHOS NO PELIGROSOS Y PELIGROSOS

Otra clasificación de residuos o desechos puede darse según su riesgo, lo cual se cataloga como residuos no peligrosos y residuos peligrosos. Estos últimos se refieren a los residuos o mezcla de ellos que presentan riesgos para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, como consecuencia de presentar características de toxicidad, corrosividad, reactividad e inflamabilidad. (D.S 148/03 del MINSAL, 2016a).

Los residuos no peligrosos (RESNOPEL) corresponden a aquellos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Estos no son inflamables, ni reactivos (no son inestables químicamente) y no cuentan con ninguna de las características de peligrosidad definidas por el D.S. 148/2003 (Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos), por lo cual pueden tener un manejo y resguardo apropiados de acuerdo con sus propias características sin las exigencias establecidas por la norma (Vergara, 2020).

3.6.2. RECURSOS SECUNDARIOS

Se definen como recursos secundarios aquellos que se recolectan después de ser utilizados como materiales de construcción, o cualquier tipo de producto que produzca residuos no biodegradables. Esto supone una resintetización de los materiales que tras el procedimiento específico de reciclaje vuelve a ser un material “nuevo” (Lillo Navarro, 2010)

Otra definición para recursos secundarios se orienta a los residuos generados por la fabricación y los materiales de tierras raras usados, como por ejemplo: catalizadores gastados, baterías gastadas, residuos electrónicos, imanes usados, chatarra de aleaciones y cenizas volantes (Jyothi et al., 2020; Barik et al., 2012).

En resumen se entiende como recursos secundarios a materiales y artefactos eléctricos y electrónicos de origen antropogénico que formaban parte de la sociedad, fueron usados previamente en la

antroposfera, pero se fueron devaluando y se descartaron como inútiles y sin valor; siendo su disposición final en vertederos, vertederos industriales o pilas de minería (Bleicher et al., 2019).

Los recursos secundarios pueden potencialmente resolver los desafíos globales de contaminación ambiental, problemas de vertederos y la creciente demanda de materiales de energía limpia (Jyothi et al., 2020).

3.7. TIPOS DE ECONOMIA

- **Economía Emergente:** Una economía emergente es aquella que se encuentra en una fase de transición entre los países en vía de desarrollo y los países desarrollados; en otras palabras, está creciendo a buen ritmo y no son países del tercer mundo, pero tampoco desarrollados. También se puede entender por economía emergente a un país o países en vías de desarrollo que comienza a crecer con su propio nivel de producción industrial y sus ventas al exterior (Lopez, 2018). Algunas características de las economías emergentes: presentan internacionalización de su mercado; tienen riesgos de inestabilidad política; crecen en situaciones de incertidumbre; sus divisas son volátiles; presentan profundos cambios sociales; hay una gran ausencia de una clase media fuerte; tienen gran potencial de crecimiento (Lopez, 2018).
- **Economía Desarrollada:** Una economía desarrollada es aquella que ha alcanzado un Producto Interno Bruto (PIB) per cápita alto (aunque no hay un mínimo general aceptado), y a su vez muestra buenos resultados en sus indicadores de desarrollo. Así se evalúa el nivel de alfabetización, la cobertura de los servicios médicos, la esperanza de vida, entre otros. De lo anterior se colige que un país o economía se considera desarrollada no solo por el ingreso promedio de sus habitantes, sino también de su calidad de vida; esto abarca aspectos de seguridad, salud y educación (Gutierrez, 2020). También se puede definir como economía desarrollada a un país con un alto nivel de crecimiento económico y seguridad. Para lo anterior los criterios estándar a evaluar son el ingreso per cápita o el PIB per cápita, el nivel de industrialización, el estándar general de vida y el monto de infraestructura tecnológica. Otro factor no económico a considerar es el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el cual cuantifica los niveles de educación, alfabetización y salud de una nación dentro de una sola métrica (Gutierrez, 2020).
- **Economía Subdesarrollada:** Una economía subdesarrollada es aquella que tiene un nivel bajo de PIB per cápita y presenta impedimentos estructurales para su crecimiento económico sostenido, así muestra, por ejemplo, elevados índices de desigualdad y corrupción. En otras

palabras, los países subdesarrollados no solo tienen un bajo ingreso por persona, sino que enfrentan problemas sociales, culturales y políticos que frenan su expansión. De esta forma, se diferencian de los mercados emergentes que sí logran altas tasas de expansión (Westreicher, 2019). Algunas características de países subdesarrollados son: fuerte dependencia de recursos primarios o extractivos como agricultura, minería, entre otros, y poco desarrollo industrial; convivencia de una economía de mercado y de subsistencia; bajos niveles de calidad de vida; presencia de cierto grado de inestabilidad política; PIB per cápita y un producto nacional bruto bajos; Índice de Desarrollo Humano bajo; alta tasa de natalidad y de densidad poblacional (Arrieta, 2018).

4. METODOLOGIA

En el presente capítulo se describirá la metodología utilizada para la búsqueda bibliográfica y para el análisis económico del proyecto.

4.1. METODOLOGIA DE BUSQUEDA

Para la presente memoria investigativa se realizó una revisión bibliográfica en plataformas como WoS (Web of Science), ScienceDirect, Google Scholar, Google, entre otros, utilizando palabras claves como: urban mining, circular economy, e-waste, lineal economy para así obtener un panorama global de la minería urbana, tipos y formatos de economía, tipos de desechos, barreras legislativas y contexto mundial. Posteriormente se profundizo en la realidad local (chilena), utilizando plataformas como Google Scholar y Google con palabras claves como: desechos electrónicos Chile, RAEE generados Chile, entre otras. Luego al analizar la literatura, el enfoque estuvo puesto en aparatos informáticos periféricos, en el cual con la ayuda de sitios web de proveedores para el análisis de sus partes. Finalmente, para el estudio económico se obtuvieron datos de sitios web como lme.com, Cochilco, amazon, alibaba, entre otros y así obtener precios y costos de los diversos actores que se detallan en el capítulo 5.13.

4.2.METODOLOGIA DEL ANALISIS ECONOMICO

El estudio económico se centra en estudiar la viabilidad del proceso de recuperación de metales por vías pirometalúrgicas, en este caso a través de fundición y posterior creación de cátodos y/o lingotes según sea el caso, para aparatos periféricos y/o menores de RAEE en Chile.

Para hacer un estudio de la viabilidad económica del proyecto se asumirá que los periféricos estudiados generan en Chile una cantidad de 1.600 toneladas anuales recuperadas para posterior tratamiento, considerando que la cantidad de RAEE tratados en Chile para artefactos menores/pequeños es de 1.633,73 toneladas al año (Fundación Chile, 2019).

Las estimaciones consideradas para realizar los cálculos son los siguientes:

- Según los estudios realizados por Bru Querol (2020) este determino que los cuatro elementos de mayor presencia en los RAEE son: el cobre, zinc, níquel y estaño; ante dicho resultado, se determinó procesar cuatro flujos, uno para cada elemento, de 400 TPA cada uno, obteniendo un

total de 1600 TPA a procesar. Dichos flujos serán comprados a empresas que tratan y/o pretratan RAEE, para así solo obtener el contenido electrónico.

- Los flujos comprados supondrán un alto contenido de cobre, zinc, estaño o níquel. Además, se obtendrá el flujo de metal con alto contenido, el flujo de escoria o material a desechar y metales preciosos a recuperar. Con ello, el flujo del metal en mayor cantidad (cobre, zinc, níquel o estaño) se dividirá un porcentaje de impurezas y otro de metal puro.
- Para obtener el contenido de preciosos, se tomaron los datos de publicaciones de Mendez (2012) y A. Tuncuk (2012) para así obtener un porcentaje estándar.
- Finalmente, las placas metálicas impuras comercializadas serán de un 50%, 70% y 90% para el primer, según y tercer año respectivamente, mientras se estandarizan procesos, como también proveedores y compradores. Para los siguientes años, se asumirá una comercialización del 100% de las placas metálicas impuras.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1.CONTEXTO MUNDIAL

La minería urbana se ve como una alternativa, especialmente, para las economías emergentes, puesto que estas transfieren las innovaciones a economías en vías de desarrollo a través de métodos como patentes y permisos de producción, siendo este (minería urbana) uno de los procesos claves para el desarrollo de las economías emergentes (Gunarathne et al., 2020). Pero las economías emergentes tienen la característica de la escasa infraestructura formal de reciclaje que recuperen materiales y sustancias que tienen graves impactos en la salud y en el Medio Ambiente; pues muchas (infraestructuras) consisten en pequeñas empresas informales o familiares (Guarnieri et al., 2020).

La remoción y procesamiento de residuos urbanos es una actividad económicamente beneficiosa (Wang et al., 2017). Por esta razón, y en primer lugar, los residuos eléctricos y electrónicos (*e-waste*) que contienen metales preciosos y tierras raras se catalogan bajo el concepto de minería urbana (Izatt et al., 2014; Arora et al., 2017; Wang et al., 2017). Además, se incluye como *e-waste* los televisores, celulares y computadoras antiguas, puesto que estos contienen metales preciosos como Cu, Au y Pt (Cossu & Williams, 2015).

Si bien la minería urbana resulta una actividad económica importante para las economías emergentes, también hay que considerar que otro factor influye en el desarrollo de dicha actividad para que así las economías emergentes logren llegar a la economía circular.

Una revisión bibliográfica realizada por (Kazançoglu et al., 2020) detalló las barreras que tienen las economías emergentes para la realización de la minería urbana. Entre ellas se encuentran las logísticas, sociales, tecnológicas entre otras. El detalle se muestra a continuación.

5.1.1. BARRERAS

- a) **Legal y Administrativa:** Consiste en incentivos y apoyos económicos del gobierno (B1). Esto quiere decir que el sector necesita sustento del gobierno para reactivarse y tener la importancia necesaria (Wübbecke & Heroth, 2014; Arora et al., 2017; Gunarathne et al., 2020; Kang et al., 2020; He et al., 2020; Grünhagen & Parker, 2020). Por otra parte la falta de reglas, leyes y regulaciones fiscales (B2) hace referencia a reglas y regulaciones sobre el procesamiento y eliminación de residuos, exenciones de impuestos como incentivos

económicos y apoyos para promover precauciones de seguridad que resultan ser responsabilidad gubernamental (Baxter et al., 2016; Gunarathne et al., 2020; Do Nacsimento & Xavier, 2018). Otro ítem son las repeticiones y brechas en la distribución de roles y responsabilidades entre diferentes agencias (B3) cubren barreras que incluyen tanto a instituciones gubernamentales y de otro tipo, como agencias, organizaciones no gubernamentales (ONG), cámaras y otras tantas según el lugar. Estas requieren una coordinación adecuada para evitar brechas y repeticiones en el reparto de roles y responsabilidades entre agencias (Baxter et al., 2016; Wübbeke and Heroth, 2014; European Commission, 2019; Gunarathne et al., 2020). Por último, la falta de responsabilidad del productor (B4) que hace referencia al deber de los órganos rectores en desarrollar y poner en práctica un marco legal para definir las responsabilidades de los productores en la gestión de residuos considerando el análisis de fin de vida (EoL) y las evaluaciones de ciclo de vida (LC) (Baxter et al., 2016; Cao et al., 2016; Comisión Europea, 2019).

- b) **Tecnológica y de infraestructura:** Consiste en la falta de conocimiento sobre tecnologías de reciclaje eficaces (B5) la cual hace alusión a que el contenido de la minería urbana cubre el uso de recursos de las áreas de desecho, reciclaje y reutilización de materiales (Arora et al., 2017; Grant; Oteng-Ababio, 2016; Gunarathne et al., 2020; Gutberlet, 2015). Además una infraestructura técnica débil (B6) provoca que no realicen las operaciones necesarias y, a su vez, no se utilicen las tecnologías adecuadas. (He et al., 2020; Matinde et al., 2018; European Commission, 2019).
- c) **Social y ambiental:** cubren aspectos como falta de conciencia sobre la minería urbana (B7) ya que tanto productores como personas en el hogar carecen de una red de apoyo e información adecuada, lo que dificulta el crecimiento de la minería urbana. (Arora et al., 2017; Gunarathne et al., 2020; Koutamanis et al., 2018). También cubre seguridad ocupacional y condiciones de trabajo (B8) donde la liberación de químicos y gases tóxicos surgidos de procesos mineros urbanos amenazan la salud de los trabajadores. (Arora et al., 2017 ; Ferronato & Torretta, 2019). Otro aspecto a considerar es la falta de competencia y educación de los trabajadores (B9) ya que empleados sin educación y/o formación como también la falta de información sobre minería urbana, previenen mejorías en las prácticas mineras urbanas (Grant; Oteng-Ababio, 2016; Izatt et al., 2014; Arora et al., 2017; Muduli et al., 2020; Grünhagen y Parker, 2020). Por último, el impacto ambiental causado por el reciclaje o la recuperación de materiales y procesos (B10) el cual es causado por prácticas o

implementaciones inadecuadas o incorrectas en los procesos de reciclaje y recuperación provocan daños en el medio ambiente (Caravanos et al., 2011).; Parque et al., 2017; Matinde et al., 2018; Ferronato & Torretta, 2019).

- d) **Económica:** implica altos costos de inversión inicial y costos operativos (B11) ya que según lo requiera la industria, se requerirá una alta inversión para generar procesos circulares (Tesfaye et al., 2017; Ferronato & Torretta, 2019). La gestión de residuos y minería urbana requiere sistemas de control como filtrado, control de emisiones y equipos protectores de transporte, entre otros, los cuales son tecnologías costosas para minimizar la contaminación del medio ambiente (Shahbaz et al., 2020). Además, la incertidumbre sobre las condiciones del mercado y falta de datos (B12) contempla la volatilidad de los precios de los metales valiosos, competencia entre productores regulares de metales, demanda fluctuante y falta de datos de mercado (Krook, 2010; Abiodun, 2008; Zeng et al. al., 2018). También, la falta de economías de escala (B13), que refiere a la poca o insuficiente capacidad e incertidumbres sobre cantidad y tipos de metales en los desechos, generan dicho problema, siendo esta otra barrera para inversionistas puesto que impide la decisión inicial a invertir de estos (Stenis & Hogland, 2014; Cossu & Williams, 2015). Por último, el bajo valor de chatarra (B14), pero en minería urbana los altos valores de la chatarra de los desechos son atractivos para inversores, ya que el valor del material de desecho va relacionado directamente con la cantidad de metales valiosos extraídos por los procesos de minería urbana (Stenis y Hogland, 2014).
- e) **Logística y de gestión de la cadena de suministro:** considera la falta de planificación integrada de la cadena de suministro y el diseño de la red (B15) hace alusión al alto costo de transporte para remover materiales de desechos pesados y voluminosos (Burger, 2012; Sharma et al., 2020). Por otro lado, la falta de sistemas de recolección de sólidos y tasas de recolección (B16) indica que la extracción de productos reciclables y la recuperación productiva de materiales como metales valiosos, productos químicos y energía generada a partir de los desechos, son ejemplos principales de una oferta de economía circular (Tesfaye et al. ., 2017 ; Keating, 2018).
- f) **Empresarial y de gestión:** radica en prácticas de mala gestión de residuos (B17), esto impide la recolección de las materias primas necesarias para las operaciones mineras urbanas. Algunos ejemplos son el vertido a cielo abierto y la quema a cielo abierto (Burger, 2012; Keating, 2018). Además, la falta de diseño de productos y el establecimiento de

estándares que fomenten la circularidad (B18) indica que las empresas comerciales no consideran la eficiencia y la eficacia de la minera urbana, poniendo en peligro la mejora de los recursos específicos de los procesos de minería urbana.

En resumen, según el estudio realizado por (Kazançoğlu et al., 2020), se identifican 18 barreras secundarias contenidas en 6 barreras principales. Como resume en la Figura 1:

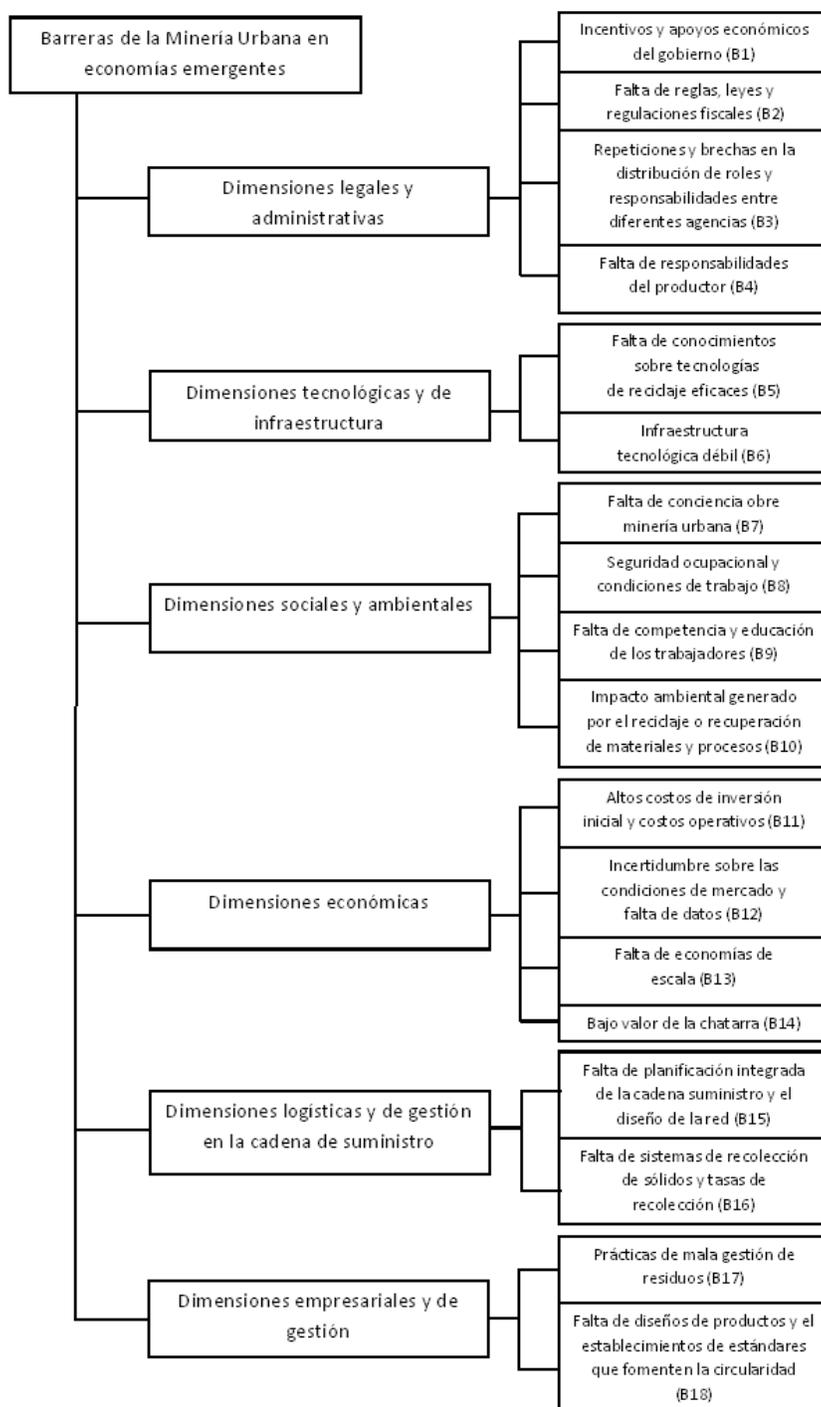


Figura 1: Resumen barreras minería urbana (Kazançoglu et al., 2020)

El marco regulatorio para residuos de artefactos eléctricos y electrónicos (AEE) en la Unión Europea está establecido en la Directiva 2012/19/UE, donde sus principales objetivos son: i) la prevención de RAEE (*e-waste*), ii) reducción de *e-waste* fomentando la reutilización, el reciclaje o la valorización de dichos residuos, y iii) el uso eficiente de los recursos y la recuperación de valiosas materias primas secundarias (Inamuddin et al., 2020; Parlamento Europeo, 2012).

Para lograr lo anterior, se involucra a todos los operadores relacionados con el ciclo de vida de los AEE como por ejemplo: productores, distribuidores, consumidores y quienes recogen y tratan RAEE (Inamuddin et al., 2020; Parlamento Europeo, 2012). Además para cumplir con los ambiciosos objetivos de la política medioambiental de la UE y vigilar el cumplimiento de los países, la Directiva se basa en la cantidad de RAEE generados (*artículo 7*) y la reutilización, reciclaje y recuperación de los RAEE recogidos por separado después de un tratamiento adecuado (*artículo 11*) (Parlamento Europeo, 2012); a su vez en el anexo V de la directiva, esta establece objetivos mínimos cuantitativos de valorización específicos para distintas categorías de RAEE, que evolucionan y aumentan gradualmente con el tiempo (Inamuddin et al., 2020; Parlamento Europeo, 2012).

Con lo anterior, los Estados miembros deberían adaptar sus políticas nacionales sobre la gestión de RAEE para el cumplimiento de los requisitos de recogida y para el logro de los objetivos de reciclado y valorización.

La realidad europea –para economías desarrolladas- se desarrolló en un paquete de economía circular en Julio de 2014, en el cual la Comisión Europea realizó una propuesta que modificaba las aristas sobre residuos, siendo esta corregida en septiembre de 2014. En dicha propuesta se planteaban objetivos como crear 180.000 nuevos empleos y hacer que Europa fuera competitiva en la medida que los pocos recursos naturales eran salvados (Bartl, 2015). Si bien esta idea fue corregida, para Diciembre de 2014, la nueva Comisión Europea se retractó del plan y retiró el paquete antes mencionado (Bartl, 2015).

A pesar de dicha retirada, los intentos y estudios continuaron para lograr dar con una actualidad europea más realista. Con esto un estudio de Narbón & Prior (2019), en materia de gestión de RAEE y su eficiencia, como también en la aplicación de la Directiva 2012/19/UE concluyeron que Europa ha tenido éxito en la implementación de la Directiva RAEE y en la gestión del

reciclaje y recuperación de RAEE, pero en comportamiento y categorías de residuos aún existen diferencias (Parlamento Europeo, 2012), esto quiere decir que hay margen para aumentar el rendimiento, puesto algunos países necesitan una amplia mejoría en gestión de RAEE para cumplir con la Directiva Europea. Si bien hay países que han adoptado cambios en su legislación, aun su impacto es limitado puesto que los objetivos no se cumplen del todo (Inamuddin et al., 2020).

5.2.REALIDAD CHILENA

Chile siendo un país minero basado principalmente en la minería del cobre está dando sus primeros pasos en materia de minería urbana, reciclaje y reutilización de productos de los cuales su vida útil ya fue culminada. Es por esto que el año 2016 el parlamento promulgo la Ley 20.920: “Gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje” con tal de ir disminuyendo la cantidad de residuos generados por los habitantes del país.

En cifras de la Organización de la Naciones Unidas (ONU), Chile es el país que más genera basura electrónica que sus vecinos latinoamericanos, alcanzando 9.9 kilos por persona al año (Del et al., 2011). Esto concuerda con la cantidad de artefactos eléctricos y electrónicos (AEE) que hay en Chile y que ya están instalados en el diario vivir, es más, un hogar en promedio posee alrededor de cuarenta aparatos eléctricos y/o electrónicos. Estudios más recientes detallan que al año 2019 Chile produjo 168 mil toneladas de *e-waste*, de las cuales solo se recicla el 3.4% de ellas (Rep et al., 2021; Silva, 2019).

Por lo tanto la Ley anterior se hace necesaria ya que no es una alternativa adecuada –desde el punto de vista ambiental- que la disposición final de los residuos sea en vertederos o rellenos sanitarios. En base a lo anterior la legislación vigente en Chile obliga a los fabricantes de ciertos productos a organizar y financiar la gestión de los residuos derivados de sus productos (Del et al., 2011; Ministerio del Medioambiente, 2016).

La normativa se enfoca en la prevención y la valorización de los residuos en todos sus aspectos, por ende, todos los productores son importadores de “productos prioritarios” (ver Tabla N°1) deben hacerse cargo de los bienes una vez finalizada su vida útil; esto quiere decir, que una vez que el artefacto cumplió su ciclo de vida, este debe volver a las industrias donde fueron

fabricados o a las bodegas donde comenzó su distribución (Del et al., 2011; Ministerio del Medioambiente, 2016).

Tabla 1: Adaptación listado productos prioritarios y su clasificación (Del et al., 2011)

Producto Prioritario	Consumo masivo	Volumen significativo	Residuo Peligroso	Factible valorizar	Regulación comparada
Aceites Lubricantes	☑	☑	☑	☑	☑
Aparatos eléctricos y electrónicos	☑	☑	☑	☑	☑
Envases y embalajes	☑	☑	☒	☑	☑
Pilas	☑	☒	☑	☒	☑
Baterías	☑	☑	☒	☑	☑
Neumáticos	☑	☑	☒	☑	☑

Para lograr lo anterior, la Ley establece metas de recolección para los “actores” y valorización diferenciada para cada producto; en donde los actores estipulados en la legislación son: empresarios y fabricantes; consumidores de productos prioritarios y a los gestores de residuos de productos prioritarios, siendo estos las empresas y municipios y recicladores de base.

Sumado a lo anterior se detallan las principales obligaciones que deben tener quienes producen y/o importan los productos prioritarios: Registrarse en un catastro público de empresarios y/o fabricantes; Organizar y financiar la recolección y tratamiento de productos recolectados a través de un sistema de gestión; Asegurar que el tratamiento de esos residuos se realice por personas autorizadas; Cumplir las metas de recolección y de valorización de estos productos.

Las obligaciones del consumidor de producto prioritario son: separar y entregar el residuo de un producto prioritario a un gestor de este producto, contratado por un sistema de gestión.

Para los generadores o gestores base las obligaciones son: estar autorizados para el manejo de residuos y declarar la naturaleza, volumen o cantidad, costos, origen, tratamiento y destino de los residuos, a través de un “Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes” según la normativa vigente (Del et al., 2011; Ministerio del Medioambiente, 2016).

Los recicladores de base obtienen beneficios y obligaciones como: contar con una definición especial que les reconocerá como gestores para la “Ley de Fomento al Reciclaje”. Además,

tendrán la obligación de registrarse para participar en la iniciativa por cinco años, y también la necesidad de certificarse en el marco del Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales (Del et al., 2011; Ministerio del Medioambiente, 2016).

Dentro de los actores principales está el Municipio los cuales tienen el rol de poder celebrar convenios con sistemas de gestión y con recicladores de base. Con ello la Ley les permitirá pronunciarse sobre solicitudes de permiso para establecer la instalación y operación de sitios de recepción y almacenamiento de productos. A lo anterior, se le suma que tendrá la obligación de separar los residuos en origen, cuando así lo determine el Decreto Supremo. Finalmente deberán promover la educación ambiental sobre prevención y valorización, diseñar e implementar estrategias de comunicación, sensibilización y medidas de prevención (Del et al., 2011; Ministerio del Medioambiente, 2016).

Un punto a destacar es que la Ley crea la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), donde se reconoce la legislación sanitaria existente en materia de gestión de residuos y establece nuevas competencias al Ministerio de Medioambiente para la gestión de residuos. Las competencias otorgadas son:

- 1) Certificación, rotulación y etiquetado.
- 2) Sistema de depósito y reembolso.
- 3) Ecodiseño.
- 4) Mecanismos de separación en origen y recolección selectiva.
- 5) Mecanismos para manejo ambientalmente nacional de residuos.
- 6) Mecanismos para prevenir la generación de residuos.

Como se les establece nuevas competencias al Ministerio de Medioambiente, este último para aplicar la Ley 20.920 deberá elaborar un reglamento que fije el procedimiento para dictar decretos de metas, implementar y gestionar un sistema de registro y plataforma de información. También, deberá revisar y autorizar planes de gestión, diseñar e implementar programas de educación ambiental, fiscalizar a través de la Superintendencia de Medio Ambiente, entre otras materias. A su vez, se le otorga competencia a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) para fiscalizar y sancionar infracciones en esta materia que incluyen multas y amonestaciones por escrito (Del et al., 2011; Ministerio del Medioambiente, 2016).

5.3.RECICLAJE

La gran mayoría de las actividades de reciclaje se realizan de manera manual, aunque se ha comenzado a incorporar equipos de desarme neumático para hacer más rápida y eficiente la operación. El proceso de reciclaje se inicia con la recolección en origen, seguido de recepción en planta para clasificar y separar los distintos materiales, para luego ser vendidos o exportados por parte, recuperándose una cantidad no despreciable de metales, como también plásticos, hierro y elementos eléctricos que se encuentren en buen estado (condensadores, resistencias, entre otros). Los metales son enviados a Estados Unidos o Europa para ser refinados e incorporados nuevamente a la cadena de producción (Ministerio Medio Ambiente, 2009).

En Chile el proceso de reciclaje se realiza de la siguiente forma: i) Recolección y transporte; ii) Desensamblaje y clasificación, donde los equipos se clasifican en “reciclables”, “residuos no peligrosos” y “residuos peligrosos”; iii) Comercialización, donde los elementos que se pueden reutilizar se comercializan con empresas y los más importantes son enviados a fundición para su reutilización y iv) Tratamiento final de materiales peligrosos, donde los “residuos no peligrosos” (RNP) son enviados a rellenos sanitarios y los “residuos peligrosos” (RP) a disposición final.

5.4.PROCESO DE MANEJO DE RAEE GENERADOS EN CHILE

5.4.1. PROCESOS DE RECOLECCION

Según la Ley 20.920, la recolección se define como: “operación consistente en recoger residuos, incluido su almacenamiento inicial, con el objeto de transportarlos a una instalación de almacenamiento, una instalación de valorización o de eliminación, según corresponda” (Ministerio del Medioambiente, 2016).

En el plano internacional, la literatura enseña distintos métodos de recolección, los cuales se diferencian en el tipo de usuario que entrega los RAEE y el transporte asociado a dichos métodos. Algunas opciones descritas por (van Rossem, 2008), (Jenni Ylä-Mella, 2014) y (EPA, 2016) son: i) Sitios de recolección de residuos municipales, ii) Recogida móvil o puerta a puerta, iii) Recolección en tiendas de *retail*, iv) Recolección en tiendas de *retail* al entregar un nuevo producto, v) Depósitos de recolección operados por PRO's, vi) Devolución directa al productor o reciclador a través del servicio postal, vii) eventos especiales de recolección, viii) Entrega directa a plantas de pretratamiento, ix) Puntos de recolección privados de empresas.

En ámbito nacional se identifican 6 tipos de recolección de RAEE que son usados. La diferencia entre estos métodos está en el tipo de usuario que hace entrega de los RAEE, en los tipos de residuos que se reciben y en los costos asociados. Las figuras 2 y 3 muestran los métodos de recolección usados tanto por personas naturales como por empresas:

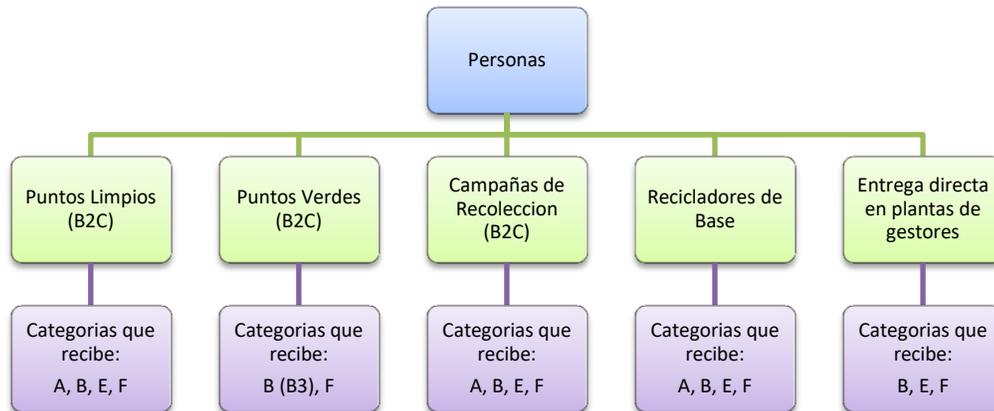


Figura 2: Métodos de recolección de RAEE usados por personas (Fundación Chile, 2019)



Figura 3: Métodos de recolección de RAEE usados por empresas (Fundación Chile, 2019)

Para el caso de personas naturales, hay 3 mecanismos que corresponden al tipo “B2C” (*business to consumers*), en los cuales las empresas/municipalidades crean la infraestructura o instancia necesaria para que los consumidores entreguen sus residuos.

Para empresas y organizaciones, el mecanismo usado es del tipo “B2B” (*business to business*), donde entidades públicas o privadas contratan servicios de intermediarios para la gestión de los residuos directamente.

Para el caso de Puntos Limpios las comunas de Las Condes, Puente Alto, Vitacura, San Miguel, San Fernando y Concepción poseen dicho método de recolección; los Puntos Verdes en Chile están presentes en las 16 regiones del país, totalizando 843 puntos verdes para la recolección de RAEE; la Recolección Mediante Campañas está encargada en su mayoría por las empresas gestoras como DEGRAF; los Recicladores de Base en Chile son personas naturales que llevan los residuos a los centros de acopio respectivos; similar es el caso para la entrega directa por parte de los usuarios a las plantas de tratamiento; para el caso de contrato con empresas, estas contratan un gestor intermediario quien cobrara por sus servicios al retirar los RAEE generados.

En la sección anexos A.1 se detalla cada proceso de recolección.

5.5. TRANSPORTE

Hay distintos mecanismos de recolección de RAEE y según el método que se utilice para recolectarlos. Para el caso de puntos limpios, puntos verdes, campañas y entrega directa en centros de acopio o plantas de tratamiento, el transporte de los RAEE es en forma individual por los usuarios. Por lo tanto, corresponde a medios de transporte terrestre que dependerán del volumen entregado en cada punto y de las alternativas propias que los usuarios dispongan. Ejemplo: vehículos particulares y transporte público. La Tabla N°2 muestra las categorías y los componentes respectivos que se catalogan como peligrosos y como no peligrosos:

Tabla 2: Subcategorías catalogadas como peligrosas en función de sus constituyentes (Fundación Chile, 2019)

Cat.	Sub cat.	Subcategoría	Peligrosos (Componente Lista A. Art. 90 DS 148/2004; Gases a granel Art. 85 DS 78/2010)
A	A1	Aparato eléctrico de intercambio de temperatura CFC, HCFC, HFC, HC o NH3	Gases inflamables
	A2	Otros aparatos eléctricos con gases	Gases no inflamables y no tóxicos
	AE	Aparato eléctrico de aire acondicionado	Gases tóxicos
	A4	Aparato eléctrico con aceite u otro líquido en circuitos o condensadores	Aceites residuales
B	B1	Monitores y pantallas planas	(*) No peligrosos
	B2	Otros monitores y pantallas	Plomo; compuestos de plomo
	B3	Otros monitores y pantallas con pila o batería que no pueda extraerse por el consumidor del AEE	(*) No peligrosos
C	C1	Lámparas de descarga (lámparas con gases en su interior)	Mercurio; compuestos de mercurio
	C2	Lámparas LED	Compuestos orgánicos de fósforo
D	D1	Paneles fotovoltaicos con silicio	(*) No peligrosos
	D2	Panales fotovoltaicos con telurio de cadmio	Cadmio, compuestos de cadmio, telurio, compuestos de telurio
E	E1	Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños	(*) No peligrosos
	E2	Otros grandes aparatos	(*) No peligrosos
F	F1	Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños	(*) No peligrosos
	F2	Otros aparatos pequeños	(*) No peligrosos
	F3	Otros aparatos pequeños con pila o batería que no pueda extraerse por el consumidor del AEE	(*) No peligrosos

(*) No peligrosos: corresponden a residuos no peligrosos de acuerdo a lo declarado en el DS 148/2004 del MINSAL, donde se señala en la Lista B – Residuos No Peligrosos

La cantidad de empresas autorizadas por la SEREMI son 562 empresas para el transporte de sustancias peligrosas, de las cuales 137 cuentan con autorización específica para el transporte de RAEE. De estas, el 13% se encuentra en la Zona Norte del país, el 71% en la Zona Centro y el 16% se localizan en la Zona Sur de Chile.

En la sección anexos A.2 se muestra el detalle por región.

Los vehículos más utilizados en el transporte de RAEE son los camiones $\frac{3}{4}$ y camiones de 5 toneladas, y su uso depende de las cantidades a transportar. Los camiones $\frac{3}{4}$ realizan los retiros dentro de las mismas regiones, en cambio, para traslados regionales, la opción preferible son camiones de 5 toneladas.

Además, se pueden utilizar camiones abiertos como cerrados, siendo estos últimos los que tienen mayor preferencia ya que no requieren de gestión adicional para ubicar de manera adecuada y segura los RAEE a trasladar. Para cantidades bajas de RAEE de pequeño volumen, como es el caso de puntos verdes, pueden utilizarse camionetas o furgonetas; ya para un mayor volumen y/o capacidad de transporte, se usan camiones rampa. La antigüedad de los camiones a usar en el traslado de sustancias es de 15 años como máximo.

5.6. ALMACENAMIENTO

Los DS 148/2004 (Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos) y DS 594/1999 (Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo) son los que establecen las condiciones sanitarias mínimas de seguridad a las que deben someterse el almacenamiento de residuos peligrosos y no peligrosos.

Según el DS, el almacenamiento de los RESPEL no podrá exceder los seis meses, salvo excepciones justificadas por la Autoridad Sanitaria que permita una extensión por seis meses adicionales. Las condiciones para el almacenamiento de RESPEL son:

- Tener una base continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los residuos.
- Contar con un cierre perimetral de a lo menos 1,80 metros de altura que impide el libre acceso de personas y animales.
- Estar techados y protegidos de condiciones ambientales tales como humedad, temperatura y radiación solar.
- Garantizar que se minimizara la volatilización, el arrastre o la lixiviación y en general cualquier otro mecanismo de contaminación del medio ambiente que pueda afectar la población.
- Tener una capacidad de retención de escurrimientos o derrames no inferior al volumen del contenedor de mayor capacidad ni al 20% del volumen total de los contenedores almacenados.

- Contar con señalización de acuerdo a la Norma Chilena NCh 2.190 Of 93.

Según el Art. 8 (DS 148/2004), los contenedores donde se almacenan los residuos peligrosos deben cumplir con ciertos requisitos:

- Espesor adecuado y materialidad resistente y a prueba de filtraciones
- Diseño adecuado para la resistencia a los esfuerzos producidos durante la manipulación la carga, descarga y traslado de los residuos.
- Estar en todo momento en buenas condiciones y sin deterioro de su capacidad de contención.
- Estar rotulados indicando, en forma claramente visible, las características de peligrosidad del residuo contenido el proceso en que se originó el residuo, el código de identificación y la fecha de su ubicación en el sitio de almacenamiento.

En relación al manejo de contenedores estos pueden ser movidos manualmente solo si su peso total (incluye residuos contenidos) no superan los 30 kilos; de lo contrario, su manipulación debe realizarse con equipamiento mecánico.

Por otra parte, la lista B del mismo Art. 90 del DS 148/2004, clasifica a los montajes eléctricos y electrónicos (código B1110 asociado) como no peligrosos, incluyéndose en este grupo los circuitos impresos, componentes electrónicos y cables destinados a una reutilización directa y no al reciclado o la eliminación final. Los RESNOPEL se rigen por el DS 594/1999, en particular al párrafo III Art. 18 que especifica que “la acumulación, tratamiento y disposición final de residuos industriales dentro del predio industrial, local o lugar de trabajo, deberá contar con la autorización sanitaria”.

La tabla N°3 muestra el panorama de destinatarios autorizados a nivel nacional:

Tabla 3: Destinatarios autorizados de Residuos Peligrosos y No Peligrosos (Fundación Chile, 2019)

Zona	Región	Destinatarios de Residuos Peligrosos		Destinatarios de Residuos No Peligrosos	
		Total	Que reciben RAEE	Total	Que reciben RAEE
Zona Norte	Arica y Parinacota	*	*	*	*
	Tarapacá	*	*	*	*
	Antofagasta	*	*	*	*
	Atacama	3	0	8	0
	Coquimbo	*	*	*	*
Zona Centro	Valparaíso	7	1	36	0
	Metropolitana	60	11	319	14
	O'Higgins	1	0	1	0
	Maule	*	*	S/I	0
	Ñuble	*	*	*	*
	Biobío	5	0	83	0
Zona Sur	Araucanía	S/I	S/I	S/I	S/I
	Los Ríos	0	0	5	0
	Los Lagos	*	*	*	*
	Aysén	0	0	0	0
	Magallanes	0	S/I	7	1
	Total general	78	12	459	15

*No se obtuvo información por parte de SEREMIS y no se encontró información pública disponible

5.7.PROCESO DE PRETRATAMIENTO

Estos procesos son realizados por empresas gestoras intermediarias, pudiendo existir varios procesos de pretratamiento por los que pueden pasar los RAEE. Los procesos a realizar dependerán de los acuerdos previos entre la empresa que contrata el servicio –entre ellos-, acuerdos de confidencialidad que resguardan la información existente, baja de activos y protección del uso de marcas y logos de modo que no lleguen a un mercado informal. La figura 4 muestra que los RAEE pueden pasar por más de un proceso de tratamiento:

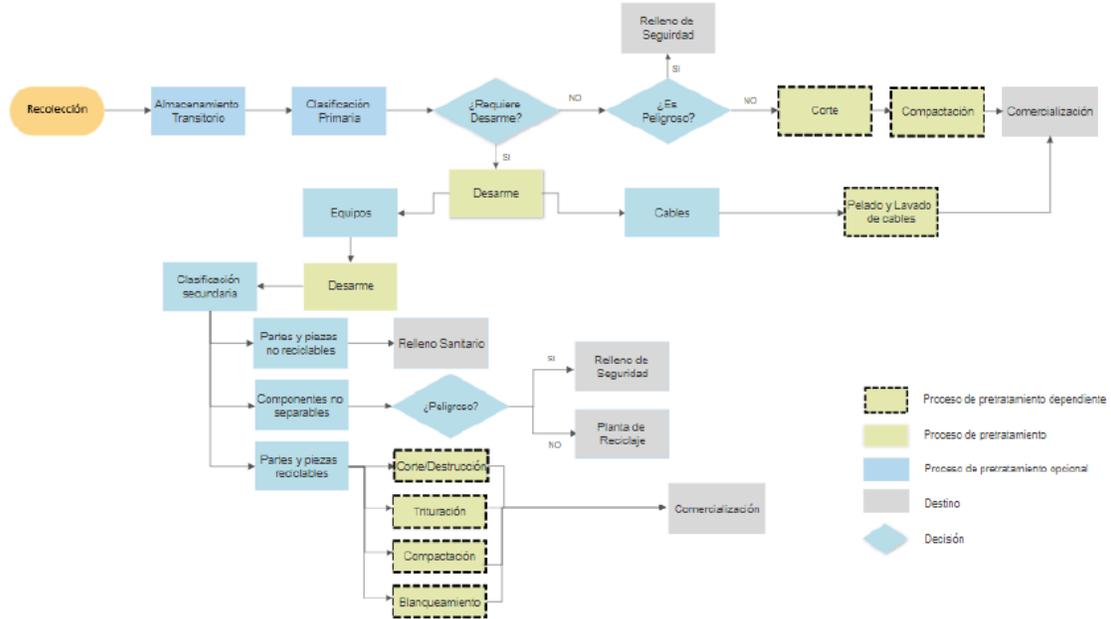


Figura 4: Diagrama de flujo de los procesos de pretratamiento (E2BIZ, 2019)

Los procesos de pretratamiento corresponden a operaciones físicas previas a la valorización o eliminación, tales como: desarme, corte, trituración, compactación, lavado, blanqueamiento, entre otros; destinadas a reducir su volumen, facilitar su manipulación o potenciar su valorización.

La tabla N°4 muestra los distintos pretratamientos que actualmente se realizan en Chile según las subcategorías de interés:

Tabla 4: Resumen de procesos de pretratamiento según realidad nacional (Fundación Chile, 2019)

Categoría	Subcategorías	Pretratamiento					
		Desarme/ Separación	Compactación	Corte/ Destrucción	Lavado	Borrado de datos	Otro/Sin pretratam.
A- Aparatos de intercambio de calor	A1-A2 - Aparatos eléctricos con gases	x		x			
	A3 – Aparato eléctrico de aire acondicionado	x		x			
	A4 – Aparato eléctrico con aceite y otro líquido	x		x			
B- Monitores y pantallas	B1 – Monitores y pantallas planas	x					
	B2 – Otros monitores y pantallas	x					
	B3 – Otros monitores y pantallas con pila o baterías no extraíbles por el consumidor	x					
C - Lámparas	C1 – Lámparas de descarga						x
	C2 – Lámparas LED						x
D – Paneles fotovoltaicos	D1 – Paneles fotovoltaicos con silicio	x					x
	D2 – Paneles fotovoltaicos con telurio de cadmio	x					x
E – Grandes Aparatos	E1 – Equipos de informática y telecomunicaciones	x		x		x	
	E2 – Otros grandes aparatos	x		x			
F – Pequeños aparatos	F1 – Equipos informáticos y telecomunicaciones	x	x	x	x	x	
	F2 – Otros aparatos pequeños	x	x	x	x	x	

5.7.1. PRETRATAMIENTO DE PEQUEÑOS APARATOS ELECTRONICOS

Se centran en el desarme manual y en la compactación en caso de ser necesario para su almacenamiento. Según componentes peligrosos que tenga, la manipulación puede realizarse de distintas formas. Los RAEE que se alimentan de la red eléctrica pasan directamente al almacenamiento para su exportación y posterior tratamiento en refinerías en el extranjero sin previa desmantelación. Esto se debe a la inexistencia de partes de valor que se puedan aprovechar por separado en el país. En caso de existir una etapa de segregación se pueden separar pequeñas piezas de plásticos o acero fácilmente extraíbles.

Un segundo conjunto de pequeños aparatos que se basan en la alimentación energética proveniente de pilas y baterías de todo tipo, pasan por una etapa de segregación sin excepción para separarlos de los residuos peligrosos que le dan funcionamiento durante su vida útil. Ejemplo: separación de equipos celulares, a los cuales se les retira la carcasa y la batería para ser separada y almacenada para su tratamiento.

Luego de la etapa de retiro de RESPEL, los aparatos pueden ser compactados, destruidos y/o cortados, según los acuerdos comerciales y de confidencialidad entre empresas, como también los requisitos establecidos por quienes realizan la fase de tratamiento para la recepción de material. La tabla N°15 enseña los componentes y el porcentaje que contienen los pequeños aparatos.

Tabla 5: Materiales obtenidos en separación manual o desmantelación de pequeños aparatos electrónicos (Fundación Chile, 2019)

Categoría y Subcategoría		Componentes	% promedio referente a composición / peso de pequeño AEE (% referente al peso)
F – Pequeños aparatos	F1 – Equipos de informática y telecomunicaciones	Plástico (separable manualmente)	4
		Electrónico (cuerpo de equipo)	96
		Total	100
	F2 – Otros aparatos pequeños (electrodomésticos pequeños y otros)	Plástico (separable manualmente)	4
		Electrónico (cuerpo de equipo)	96
		Total	100
	F3 – Otros aparatos pequeños con pila o batería que no pueda extraerse por el consumidor del AEE	Batería o pila	9
		Plásticos (separable manualmente)	6
		Electrónico (cuerpo de equipo)	85
		Total	100

El pretratamiento finaliza con la segregación de todos los componentes resultantes, pero debido a la gran variedad de AEE dentro de esta categoría, es que hay un pretratamiento existente exclusivo para equipos de informática y telecomunicaciones que almacenan información. Según las políticas y necesidad existentes, pueden pasar por un proceso de corte, llegando al punto de la destrucción de los circuitos y tarjetas electrónicas para certificar el no funcionamiento y así la extracción de la información, o el borrado y lavado de datos para que el equipo quede sin información a través de empresas chilenas certificadas y que posean la tecnología necesaria.

Así los gestores intermediarios realizan alianzas para sus servicios. Ejemplo: RECYCLA Chile hizo alianza de borrado de datos “*degaussing*” con la empresa KEPLER DATA RECOVERY LTDA el año 2006.

5.8.PROCESO DE TRATAMIENTO

Se realiza luego de todos los procesos de pretratamientos antes detallados para así valorizar al residuo.

Se reconocen 3 procesos de tratamiento resultantes:

- **Reciclaje:** empleo de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo, incluyendo el co-procesamiento, excluyendo la valorización energética.
- **Reutilización:** acción mediante la cual productos o componentes de productos desechados se utilizan de nuevo, sin involucrar un proceso productivo.
- **Valorización energética:** tratamiento térmico que se realiza a los plásticos muy degradados. Es una variante a la incineración en que la energía asociada al proceso de combustión es recuperada con fines energéticos, aprovechando así el poder calorífico de los materiales. Ventaja: aprovechamiento energético; desventaja: producción de gases de efecto invernadero.

MIDAS y REGRAF son gestores intermediarios que ha invertido en maquinaria para tratar residuos en el país, aunque en su mayoría se realiza todo el tratamiento de reciclaje en el extranjero. La Tabla N°6 muestra un resumen de los tratamientos y disposiciones finales realizados en Chile según subcategorías de interés:

Tabla 6: Tabla resumen de los diferentes tipos de valorización y disposición en relleno de seguridad (si es que se aplica) de acuerdo con los componentes resultantes obtenidos del proceso de pretratamiento de los RAEE (Fundación Chile, 2019).

Categoría y subcategoría		Componentes	Reciclaje	Reutilización	Valorización Energética	Disposición R. Seguridad	Exportación
E – Grandes Aparatos	E1 – Equipos de informática y telecomunicaciones	Plástico	x				
		Hierro	x	x			
		Electrónico	x	x			x
		Acero	x				
		Aluminio	x				
	E2 – Otros grandes aparatos	Electrónico	x	x			x
		Plástico			x		
		Vidrio	x				
F – Pequeños Aparatos	F1 – Equipos de informática y telecomunicaciones	Batería o Pila				x	
		Plástico (separable manualmente)			x		
	F2 – otros aparatos pequeños (electrodomésticos pequeños y otros)	Electrónico (cuerpo de equipo)	x	x			x
		Batería o Pila					x
		Plástico (separable manualmente)			x		
	Electrónico (cuerpo de equipo)	x	x			x	

En el proceso de tratamiento de grandes y pequeños aparatos se tiene el mismo flujo operativo y los componentes se pueden reciclar casi en un 100% enviándolos a refinerías en el extranjero, disponiendo solo de baterías/pilas que se encuentran en algunos residuos de categoría F.

Los RAEE de categorías E y F, desmantelados o no para obtener sus componentes y ser tratados en el país, se pueden derivar a 3 tipos de valorización que se detallaran a continuación.

La Tabla N°7 nos muestra el porcentaje de elementos valorizables de los grandes aparatos (E).

Tabla 7: Materiales resultantes del pretratamiento de grandes aparatos (Fundación Chile, 2019)

Categoría y subcategorías		Línea	Componentes	Cuantificación				
				Valorizables	%	No Valorizables	%	
E-Grandes Aparatos	E1- Equipos de informática y telecomunicaciones	Gris	Plástico	x	2,2		-	
			Hierro	x	40,3		-	
			Electrónico	x	57,5		-	
			Total		100		0	
		Marrón	Acero	x	53,5		-	
			Aluminio	x	0,6		-	
			Electrónico	x	18,4		-	
			Total		100		0	
	E2 – Otros grandes aparatos	Blanca	Acero	x	33,5		-	
			Plástico	x	34,8		-	
			Electrónico	x	29,2		-	
			Vidrio	x	2,5		-	
			Total		100		0	

Reciclaje de RAEE

Si bien los primeros gestores intermediarios comenzaron en la década del 2000, en Chile aún no existe la tecnología para poder tratarlos como tal, es decir, retirar de las placas madres los metales y separarlos de los plásticos para poder generar una nueva materia prima. Por lo anterior, los gestores acumulan gran cantidad de RAEE si no poseen RESPEL en sus componentes en áreas de almacenamiento para ser exportados y tratados en Asia, EEUU o Europa.

Los procesos previos de preparación de material están basados en acuerdos comerciales entre empresas productoras, como también en el cumplimiento de la legislación vigente sobre almacenamiento de residuos electrónicos.

Para el caso de reciclaje, los tratamientos realizados en Chile a los componentes resultantes del pretratamiento son:

- Fundición de metales férricos: reciclaje de acero extraído de las carcasas de los electrónicos.
- Molienda de cables eléctricos aislados: a través de un molino es posible separar la fracción plástica del cable eléctrico aislado.
- Fundición de metales no férricos: fundición de cobre, latones o aluminios.

Reutilización de RAEE

CHILENTER basa sus operaciones en la reutilización de RAEE, específicamente de equipos informáticos como computadores, periféricos como pantallas LCD y proyectores. En CHILENTER reacondicionan aparatos en buen estado, cambiando y modificando las partes defectuosas a partir de otros equipos para aumentar su vida útil. Los equipos son entregados mediante comodato a establecimientos educacionales y organizaciones sociales sin fines de lucro que no tienen acceso a tecnología.

Valorización energética

Se considera para los componentes plásticos o gomas, vidrios que se hayan mezclado en ellos o con sustancias que son resultantes del pretratamiento de los RAEE. El objetivo es aprovechar los residuos con características combustibles y/o inflamables. Como un grupo pequeño de RAEE requiere baterías o pilas para su funcionamiento, estos artefactos contienen un componente adicional promedio de un 9% de su peso total que no pueden ser valorizados por ningún método (Tabla N°8).

Tabla 8: Materiales resultantes del pretratamiento pequeños aparatos (Fundación Chile, 2019)

Categoría y Subcategoría		Componentes	Valorización			
			Valorizables	%	No valorizables	%
F – Pequeños Aparatos	F1 – Equipos de informática y telecomunicaciones	Plástico (separable manualmente)	x	4%		-
		Electrónico (cuerpo de equipo)	x	96%		-
		Total		100%		0%
	F2 – Otros aparatos pequeños (electrodomésticos pequeños y otros)	Plástico (separable manualmente)	x	4%		-
		Electrónico (cuerpo de equipo)	x	96%		-
		Total		100%		0%
	F3 – Otros aparatos pequeños con pila o batería que no pueda extraerse por el consumidor del AEE	Batería o pila		-	x	9%
		Plástico (separable manualmente)	x	6%		
		Electrónico (cuerpo de equipo)	x	85%		
		Total		91%		9%

El pretratamiento en Chile se basa en el desarme manual para una futura exportación del residuo electrónico, para una valorización y/o para la disposición de residuos peligrosos. Las exportaciones de residuos electrónicos se deben a que es la manera más factible, puesto que en otros países existen empresas con tecnología para fundir y refinar los metales preciosos de los otros materiales.

5.9. ACTORES RELEVANTES SEGÚN ETAPA DEL PROCESO

No necesariamente los procesos ocurren en la secuencia de recolección, pretratamiento y tratamiento, sino que pueden ser enviados directamente desde los puntos de recolección a empresas de valorización o disposición final. Como se muestra en la Figura 5:

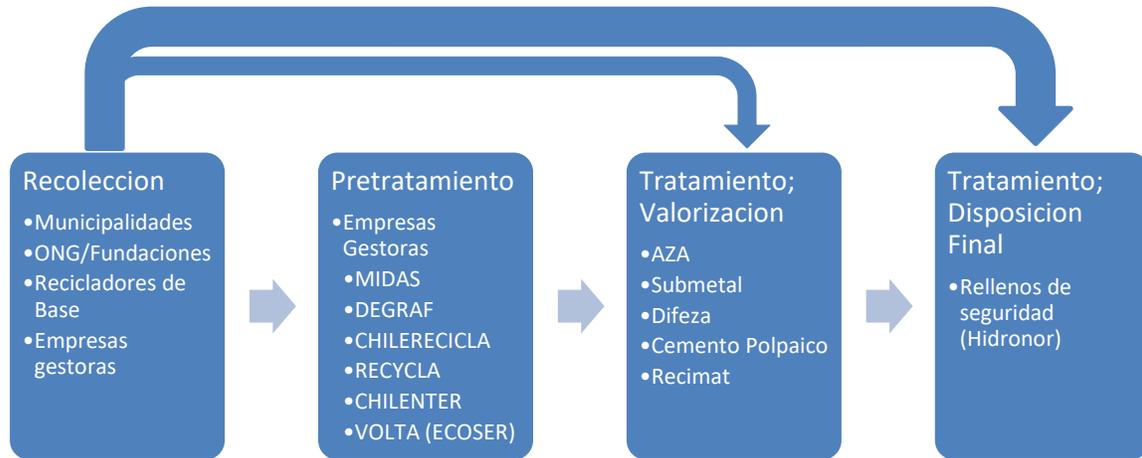


Figura 5: Esquema de actores relevantes según etapa del proceso de manejo de RAEE (Fundación Chile, 2019)

5.10. RECOLECCION

Los actores relevantes en la recolección son: municipalidades, ONG/Fundaciones, recicladores de base y empresas gestoras.

5.10.1. MUNICIPALIDADES

Es responsabilidad de las municipalidades el sistema de recolección y disposición de residuos de sus comunas, contemplando la extracción, transporte y disposición de toda la basura pública (vial) y doméstica de la comuna, y la de los residuos industriales putrescibles, con la única excepción de aquellos residuos con objeción sanitaria a este respecto (Adapt Chile, 2016).

La Ley 20.920 otorga a los municipios la posibilidad de establecer convenios con empresas de gestión y recicladores de base. Además, establece que se deberían incorporar en las ordenanzas municipales, la obligación de separar los residuos en origen y fomentar el reciclaje. A la fecha los municipios han implementado modelos de recolección a través de puntos limpios puntos verdes y campañas de recolección de RAEE.

5.10.2. ONG/FUNDACIONES

Retiran y reciben residuos electrónicos y eléctricos de empresas y personas, pudiendo hacerlo en forma gratuita o realizando un cobro por el servicio de retiro. Además de RAEE, las reciben otros tipos de artículos por ejemplo: libros, ropa y muebles.

El objetivo es el reacondicionamiento de aparatos, principalmente electrodomésticos; en caso contrario, el desarme de equipos para la venta de sus piezas o el reciclaje de sus componentes. Un ejemplo es la fundación REMAR, la cual todo residuo no valorizable va a rellenos sanitarios con el costo asociado por el servicio de disposición.

5.10.3. EMPRESAS GESTORAS

Ofrecen el servicio de instalación de puntos verdes con el correspondiente servicio de retiro y costo asociado. Las empresas que ofrecen esta opción son: RECYCLA, CHILENTER y MIDAS. Las dimensiones y capacidades de las estructuras son su principal diferencia entre empresas, la capacidad de contenedores oscila entre 360 litros y los 770 litros (Fundación Chile, 2019).

5.10.4. PRETRATAMIENTO

En Chile existen seis gestores relevantes a nivel nacional que pueden recibir residuos electrónicos MIDAS, DEGRAF, CHILEREICLA, RECYCLA, CHILENTER y ECOSER (Ministerio Medio Ambiente de Chile, 2009), aunque los equipos de origen domestico aun no entran fuertemente en la industria formal del reciclaje de residuos electrónicos, salvo ciertos puntos de acopio municipales ubicados a lo largo del país, donde los residuos son captados a través de campañas especiales que han desarrollado algunas empresas productoras en alianza con alguna empresa recicladora.

Una de las iniciativas lanzada por la Fundación Chile es Residuos-E, la cual a través de la campaña “Renchúfate” busca sensibilizar a la población sobre la situación actual del país en materia de RAEE. Esta campaña está dirigida a la comunidad escolar y municipios, donde se entrega información para el correcto manejo y disposición de los RAEE, promoviendo la reducción, reparación y reciclaje de residuos, como también informar sobre los riesgos de una mala disposición final de los RAEE. Fundación Chile en alianza con Kyklos (empresa que impulsa la cultura ambiental y la economía circular), abarcan una primera etapa para la comunidad escolar, para luego trabajar con Municipios promoviendo campañas de recolección y una valorización adecuada de los RAEE (Kyklos, 2022). El detalle de las empresas se muestra en el anexo A.3.

5.10.5. TRATAMIENTO

En cuanto a las empresas que actualmente hacen procesos de tratamiento y disposición final de RAEE, se presentan a continuación:

5.10.6. VALORIZACION

Para el proceso de valorización, en la actualidad Chile cuenta con seis empresas dispuestas a realizar dicha labor, entre ellas están: Aza, Sudmetal, Difeza, Cemento Polpaico y Recicladora Ambiental (RAM) – Recimat (Fundación Chile, 2019). En sección anexos A.4 se presenta una descripción detallada de las empresas.

5.10.7. DISPOSICION FINAL

En Chile solo una empresa se identifica a destinar los RESPEL y esta corresponde al relleno de seguridad Hidronor. No solo dispone de componentes o RAEE peligrosos, sino también de una serie de residuos industriales de carácter peligroso (Fundación Chile, 2019). En la sección anexos A.5 se presente una descripción en detalle.

5.11. CUANTIFICACION DE RAEE POR ETAPAS

5.11.1. CANTIDAD DE RAEE RECOLECTADAS

Según la información recolectada por (E2BIZ, 2019) el 78% de los residuos recolectados corresponde a información entregada por los gestores nacionales de RAEE. El resto -22%- corresponde a datos que o fueron proporcionados directamente por parte de los gestores, sino que se obtuvieron por fuentes secundarias, como: páginas web de las empresas y RECT.

En Chile más del 90% de los RAEE que se tratan en la actualidad provienen de empresas u organismos del Estado. El total de RAEE recolectados para el año 2017 en Chile fue de 5.676 toneladas.

En la Tabla N°9 muestra la cantidad de AEE puestos en el mercado versus la cantidad generada y recolectada de RAEE.

Tabla 9: Cantidad de RAEE puestos en el mercado, generados y recolectados al año 2017 (Fundación Chile, 2019).

Subcategoría	AEE puesto en el mercado toneladas	RAEE generados toneladas	RAEE recolectados toneladas	RAEE recolectados/AEE puesto en el mercado	RAEE recolectados/RAEE generados
A1 – A2	79.259	27.976,2	298,9	0,38%	1,07%
A3	8.343	3.596,9	1,4	0,02%	0,04%
A4	29	199,0	21,6	74,48%	10,85%
B1	19.650	10.320,2	110,3	0,56%	1,07%
B2	24	7.417,2	7,9	32,92%	0,11%
B3	68	10,5	0,9	1,32%	8,57%
C1	2.176	2.751,2	222,3	10,22%	8,08%
C2	9.786	535,8	-	-	-
D1	57.668	27,7	-	-	-
D2	3.035	1,5	-	-	-
E1	11.076	9.447,0	3.014,1	27,21%	31,91%
E2	106.389	52.460,4	215,4	0,20%	0,41%
F1	23.676	35.789,3	1.617,5	6,83%	6,27%
F2	35.124	24.614,7	116,2	0,33%	0,47%
F3	12.263	2.968,3	50,5	0,41%	1,70%
Total	368.566	168.115,8	5.676,9	1,54%	3,38%

A nivel de subcategorías se destaca la recolección de grandes aparatos informáticos (E1) con un 31,9% del total de RAEE generado y la subcategoría de aparatos de intercambio de calor con aceite (A4) con un 10,85%.

A continuación, la Tabla 10 muestra el total de residuos desglosados según subcategoría y método de recolección.

Tabla 10: Cantidad de RAEE recolectada por categoría, subcategoría y método de recolección (Fundación Chile, 2019)

Cantidad recolectada (toneladas)								
Cat	Subcat	Punto Limpio	Punto verde	Entrega directa	Campañas Específicas	Convenio c/ empresas	Total	Total (%)
A	A1-A2	-	-	-	5,19	293,76	298,9	5,3%
	A3	-	-	-	-	1,35	1,4	0,0%
	A4	-	-	-	0,32	21,30	21,6	0,4%
B	B1	-	0,06	36,78	2,45	70,98	110,3	1,9%
	B2	-	-	1,66	0,03	6,18	7,9	0,1%
	B3	-	0,00	0,59	0,00	0,30	0,9	0,0%
C	C1	-	-	-	2,52	219,79	222,3	3,9%
	C2	-	-	-	-	-	-	-
D	D1	-	-	-	-	-	-	-
	D2	-	-	-	-	-	-	-
E	E1	-	0,16	196,92	21,61	2.795,39	3.014,1	53,1%
	E2	-	0,19	2,83	6,58	205,78	215,4	3,8%
F	F1	-	0,17	13,57	13,64	1.590,14	1.617,5	28,5%
	F2	-	0,00	0,64	0,75	114,85	116,2	2,0%
	F3	-	4,00	1,18	1,16	44,12	50,5	0,9%
Total		-	4,60	254,17	54,24	5.363,93	5.676,9	100%
Total (%)		-	0,1%	4,5%	1,0%	94,5%	0,1%	

Según la tabla, le método de recolección más importante en Chile –hasta la fecha- corresponde a los contratos entre gestores y empresas, con un total del 94,5% del total recolectado. En relación con las subcategorías, destacan los grandes aparatos informáticos (E1) con un 53,1%, seguido de pequeños aparatos informáticos (F1) con un 28,5%.

5.11.2. FRECUENCIA DE RECOLECCION SEGÚN AREA Y METODO

La tabla 11 muestra la frecuencia con la cual son recolectados los RAEE:

Tabla 11: Frecuencia de recolección por método y área geográfica (Fundación Chile, 2019).

Método de recolección	Frecuencia de recolección	Área Geográfica	Municipalidad/ Comuna	Observación
Punto Limpio	2 a 8 veces al mes	RM	Vitacura Las Condes	La frecuencia depende principalmente de la facilidad para acceder al punto limpio
	2 veces al año (Parra, 2019)	Región del Biobío	Concepción	El 2018 se realizaron dos retiros, pero depende del volumen de residuos recolectados.
Punto Verde	3 a 6 meses (Pfeffer, 2019)	RM	Todas las comunas donde RECYCLA cuenta con Puntos verdes.	Contenedores entre 300 lts y 800 lts
	1 vez al año (Pfeffer, 2019)	Otras regiones		Por temas de logística, se ha acordado con algunas municipalidades el acopio temporal en un único lugar específico que ellos dispongan. En caso de Municipalidades que no cuenten con lugar de acopio, se retira en el punto verde
Entrega directa	No aplica	RM y Región del Biobío	Todas	Puesto que la entrega directa corresponde a entregas específicas de parte de usuarios en las plantas de pretratamiento, no existe una frecuencia asociada a dicho método de recolección.
Campañas específicas	1 vez al año	Nacional		
Empresas privadas (con o sin convenio)	Depende, con un mínimo de dos veces al año	Nacional	Todas	La frecuencia mínima se adecua al DS MINSAL 148/2004, por ejemplo, en el caso de peligrosos no puede ser más de 6 meses. En el caso de residuos no peligrosos, depende de cada empresa, principalmente asociado a políticas internas, espacio del productor y exigencias internacionales.

5.11.3. CANTIDADES ALMACENADAS

En Chile existen seis empresas las cuales poseen un espacio destinado para almacenar RAEE en sus instalaciones, ellas son: Midas, DEGRAF, RECYCLA, CHILENTER, CHILEREICLA y ECOSER. Según el estudio de Fundación Chile (2019), no todas las empresas señaladas notificaron la cantidad de almacenamiento por subcategoría, sino que manifestaron la capacidad total de almacenamiento por categoría o bien no completaron información que solicitaron. Por lo tanto, procedieron a documentos DIA y RCA, como también páginas web corporativas. El detalle de almacenamiento de cada empresa se puede ver en anexos A.6.

5.11.4. CANTIDAD DE RESIDUOS PRETRATADOS

La Tabla N°12 presenta los procesos por los cuales pasan los RAEE según categoría y subcategoría con las cantidades correspondientes.

Tabla 12: Cantidad de RAEE pretratados según categoría, subcategoría y método de pretratamiento (ton) (Fundación Chile, 2019).

Cat	Sub-cat	Clasificar	Desarme	Corte/ Destrucción	Trituración	Lavado de cables	Blanqueamiento	Campactación	Sin Pretratamiento
A	A1-A2	-	298,9	204,2	-	0,1	-	53,1	-
	A3	-	1,4	0,4	-	-	-	0,1	-
	A4	-	21,6	14,9	-	0,0	-	3,9	-
B	B1	56,8	68,8	-	-	-	1,6	7,9	18,6
	B2	-	2,7	-	-	-	-	-	5,2
	B3	-	0,9	-	-	-	-	-	-
C	C1	-	-	-	-	-	-	-	-
	C2	-	-	-	2,8	-	-	-	-
D	D1	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	-	-	-	-	-	-	-	-
E	E1	53,8	2.882,8	1.119,2	-	-	54,7	291,0	42,5
	E2	-	215,4	148,6	-	-	-	31,1	-
F	F1	-	1.617,5	24,4	-	-	334,9	15,8	-
	F2	-	112,6	-	-	-	-	1,2	3,6
	F3	-	50,5	-	-	-	8,1	0,6	-
Total		110,6	5.273,1	1.511,7	2,8	0,1	399,2	404,5	69,9

5.11.5. CANTIDAD DE RESIDUOS TRATADOS

La Tabla N°13 presenta las cantidades de RAEE tratados según método de valorización y destino de eliminación.

Tabla 13: Cantidades de RAEE tratados según categoría, subcategoría y método de tratamiento (Fundación Chile, 2019).

Cat	Subcat	Cantidad tratada (toneladas)						
		Valorización				Eliminación		
		Reutiliza- ción	Recicla destino nacional	Reciclaje Exporta- ción	Valoriza. energética	Incineración	Relleno Sanita- rio	Relleno Seguir- dad
A	A1-A2	-	182,05	21,43	-	-	73,28	22,19
	A3	-	0,82	0,02	-	-	0,34	0,17
	A4	-	13,16	1,37	-	-	5,47	1,61
B	B1	22,85	39,57	30,70	-	-	8,47	8,69
	B2	-	-	0,49	-	-	-	7,37
	B3	-	-	0,89	-	-	-	-
C	C1	-	-	-	-	-	-	222,31
	C2	-	-	-	-	-	-	-
D	D1	-	-	-	-	-	-	-
	D2	-	-	-	-	-	-	-
E	E1	53,77	2.048,24	858,75	-	-	53,52	-
	E2	-	84,09	85,84	-	-	45,46	-
F	F1	-	1.492,26	63,07	-	-	57,61	4,58
	F2	-	107,54	4,02	-	-	4,25	0,43
	F3	-	33,93	9,83	-	-	2,27	4,44
Total		76,62	4.001,67	1.076,40	-	-	250,46	271,80
Total %		1,35%	70,49%	18,96%	0,0%	0,0%	4,41%	4,79%

5.11.6. DESTINO GEOGRAFICO DE RAEE

Los RAEE y sus componentes son dispuestos en territorio nacional e internacional, con predominio nacional y representa un 74% del total tratado. La tabla N°14 muestra el destino de los RAEE

Tabla 14: Destino geográfico de RAEE (Fundación Chile, 2019).

Destino Nac/Intern	Cantidad RAEE (toneladas)	Cantidad RAEE (%)
Nacional	3.134,87	74,44%
Internacional	1.076,40	25,56%
Total general	4.211,27	100,00%

A nivel internacional, el comercio de RAEE se realiza en países de Europa, Asia y Norteamérica. Japón es el país más destacado en cuanto al recibimiento de RAEE, con más del 73% de los RAEE nacionales exportados, seguido de EEUU – Panamá con un 24,42%. El detalle de los tipos de residuos por país se detalla en la sección anexo A.7.

El uso que se les da a los RAEE, es la comercialización directa como materias primas finales o, en forma alternativa, como parte de piezas que aún deben pasar por un proceso de tratamiento en el extranjero. La Tabla N°15 muestra el uso de los RAEE tratados.

Tabla 15: Uso de RAEE tratados (Fundación Chile, 2019)

Destino	Uso	Cantidad RAEE (ton)	Cantidad RAEE (%)
Nacional	Materia prima final	2.320,22	74,0%
	Materia prima que requiere de un proceso de tratamiento	814,65	26,0%
	Sin información	154,87	14,4%
Internacional	Materia prima que requiere ser procesada (puede ser enviada como parte de un AEE o separada del AEE)	921,53	85,6%
Total general		4.211,27	100%

5.11.7. PRECIO DE MERCADO

Los gestores intermediarios de RAEE producen ganancias o costos con todo el material que recolectan según si el material es valorizable o no, tanto a nivel nacional como internacional. En la actualidad se pueden comercializar tres tipos de materiales que son obtenidos por separación de componentes de manera manual como mecánica, ellos son el acero, cobre y aluminio. La empresa más conocida en el mercado del acero a nivel nacional es Aza.

Adicionalmente, el material electrónico resultante segregado de sus componentes peligrosos (si aplica) y componentes valorizables en territorio nacional, es enviado a refinerías en el extranjero quienes realizan el tratamiento de residuos electrónicos para la creación de nueva materia prima. Normalmente se envían exportaciones en contenedores de 40 pies con 18 toneladas como máximo, según el volumen del material enviado.

Según la revisión de la BD Aduanas 2016, se identifican seis empresas a las cuales Chile exporta sus RAEE: Umicore Precious Metals Refining, Jacomij Metalen & Jacomij electronics recycling, Ousei Kankyo Shoji, Hanwa Co. LTD., Kun Wa Enterprises Co. y Sims Recycling Solutions. Estas empresas realizan procesos de fundición y refinación de los materiales con el objetivo de separarlos y obtener los componentes para nuevas materias primas.

Los costos generados se asocian al material peligroso (no valorizable) resultante de la recepción y segregación de los RAEE. Los gestores almacenan los residuos peligrosos para luego enviarlos a rellenos de seguridad para una correcta disposición final, que tiene costos desde 9 UF por tonelada recibida hasta –según la complejidad del tratamiento y peligrosidad- 25 UF.

De los componentes extraídos de los RAEE, las lámparas son las menos provechosas para valorizar y más caras de tratar. Los otros RAEE que tienen costos elevados de tratar son los de categoría A, del cual se requiere retirar el gas refrigerante para el posterior tratamiento de reciclaje.

La Tabla N°16 muestra un listado con los precios de los distintos componentes obtenidos.

Tabla 16: Precios de mercado componentes RAEE (Fundación Chile, 2019).

Componente	Precio Nacional (USD/ton)	Precio Internacional (USD/ton)	Costo relleno sanitario (USD/ton)	Costo Relleno de seguridad (USD/ton)
Acero (delgado)	104	-	-	-
Acero (macizo)	194	-	-	-
Aluminio	597	-	-	-
Batería o Pila	-	-	-	576
Cableado	2.985	8.000	-	-
Cobre	4.478	-	-	-
Compresor (sin gas) (fierro)	194	-	-	-
Compresor (con gas)	-	-	-	823
CRT	-	-	-	370
Electrónico	-	2.000	-	-
Electrónico (cuerpo de equipo ferroso)	104	-	-	-
Fracción de carcasa no ferrosa	746	-	-	-
Gases y/o aceites y líquidos extraídos	-	-	-	576
Hierro	119	-	-	-
Plástico	299	-	31,34	-
Plata	-	-	-	-
Polímeros (goma aislante)	-	-	31,34	-
TCI – CRT	-	-	-	370
Vidrio	30	-	31,34	-
Lámparas de descarga	-	-	-	576
Componentes electrónicos	746	2.000	-	-

5.12. ANALISIS DE PROYECTO

Para determinar la factibilidad económica de la recuperación de elementos tecnológicos menores, nos enfocaremos específicamente en los componentes externos de un computador/laptop, entre ellos se encuentran teclados, mouses, altavoces entre otros. Junto con ellos también se analizará los métodos metalúrgicos más acertados para la obtención de los elementos de interés a recuperar, por ejemplo: cobre, plata, oro, componentes magnéticos, entre otros.

Para precisar en detalle los componentes que contiene cada elemento menor se dispondrá de un análisis de espectrometría de rayos X de cada elemento menor posterior a las separaciones físicas de desensamble manual, trituración y separación magnética. Una vez obtenido los resultados del análisis de rayos X, se determinará el método de recuperación efectivo.

5.12.1. ELEMENTOS MENORES

Existe gran cantidad de elementos menores o artefactos pequeños como RAEE, pero para efectos de esta memoria se tomará un grupo selecto el cual consiste en aparatos informáticos periféricos como: teclado, mouse, entre otros. Dichos aparatos tienen partes en común que contienen metales valiosos a recuperar, estas partes corresponden a: potenciómetros, condensadores, transistores, microcontroladores, bobinas, resistencias. Estas partes poseen metales los cuales podemos recuperar como: cobre, plata, hierro, aluminio, níquel, zinc, y metales valiosos como oro, plata y elementos del grupo platino.

El detalle de las partes que componen los artefactos periféricos se presenta en la sección anexos A.8.

5.12.2. CLASIFICACION DE COMPONENTES

Luego de saber que partes y componentes posee cada artefacto periférico y/o elemento menor, se realizó la investigación a saber que mineral o composición tiene cada una de las partes involucradas; si bien se comprobó a través de la literatura que la cantidad de mineral de cada componentes es variada y esta depende de la antigüedad de la pieza y del productor que realizó dicho trabajo, aunque los elementos químicos presentes –en forma general- son (Brú Querol, 2020):

- Potenciómetros: Fe, Sn, Al, Cu
- Tornillos: acero
- Condensadores: Al, C, Ta, Borax-Aluminio
- Pulsadores: Fe, Al, Cu
- Microcontroladores: Si, Fe, Al, Ga, B
- Transistores: Ge, Si, As, Ga, Al, Fe
- Torres: Al, Cu
- Bobinas: Cu
- Resistencias: Si, Cu, Ni, Zn.

Si bien esta es una composición general basada en el estudio de Brú Querol (2020) para placas madre, nos da un marco general sobre qué elementos disponibles hay en los artefactos menores de una computadora/laptop.

5.12.3. METODOS DE SEPARACION

En la literatura podemos encontrar diversos métodos y procesos para recuperar metales a partir de RAEE, aunque algunas de ellas presentan inconvenientes medioambientales debido a su alta contaminación como otros pueden tener una baja selectividad, lo que desencadena en pérdidas de materiales valiosos.

Las técnicas o procesos usados son propios de la industria metalúrgica, de las cuales se destacan técnicas mineralúrgicas, procesos pirometalúrgicos, hidrometalúrgicos, electrometalúrgicos y biometalúrgicos.

5.12.4. SEPARACION FISICA

La separación física utiliza las propiedades más visibles o físicas de los materiales para realizar la selección de los metales de interés. Dentro de las propiedades físicas encontramos: densidad, el magnetismo, conductividad eléctrica, color.

Si bien estas técnicas no permiten una recuperación total de metales, entregan una agrupación según propiedades similares, lo que ayuda como un tratamiento previo a la aplicación de técnicas pirometalúrgicas o hidrometalúrgicas. En otras palabras, los métodos de separación física suponen más un método de concentración más que uno de separación final.

Tipos de separación física

La separación física de los RAEE se divide generalmente en dos tipos: aquellas que se hacen en presencia de agua (vía húmeda) y aquellas que no necesitan de un medio fluido (vía seca). Dentro de esta clasificación podemos encontrar los siguientes métodos (Brú Querol, 2020):

- Procesos de separación seca:
 - i. Desmantelamiento manual (robótica en el futuro)
 - ii. Trituración de los RAEE hasta el tamaño de liberación de los metales
 - iii. Separación magnética de baja intensidad (Overband) para recuperación de metales ferrosos.

- iv. Separación por corrientes de Foucault para recuperar metales no ferrosos.
 - v. Clasificación óptica para recuperación del circuito impreso o separación del plástico bromado del plástico no bromado.
 - vi. Otras técnicas de separación son: mesa de aire, screening, separación en lecho fluido, procesamiento de imagen, clasificación de Rayos X, clasificación por espectroscopia de ruptura inducida por láser (para la recuperación secundaria de aluminio) o separación electrostática.
- Procesamiento de separación húmeda:
 - i. Separación utilizando medios densos aprovechando la diferencia de densidades de los plásticos y los distintos metales.
 - ii. Flotación para la recuperación de diferentes tipos de plásticos
 - iii. Hidrociclón, jig, mesas vibratorias para separar metales de plásticos; posterior a esto, los productos se tratan para luego purificarlos y reciclarlos.

Etapas de la separación física

Para separar RAEE de manera física, debemos tener a consideración que contempla cuatro etapas: desensamble, fragmentación, clasificación y separación. Estas etapas a su vez combinan los procesos en seco y húmedo (Brú Querol, 2020; Fundación Chile, 2019).

Desensamble

Desmantelamiento manual: Es una labor de gran importancia dentro del tratamiento de los RAEE para evitar pérdidas de material valioso al diluirse con otros, permitiendo así una recuperación directa. Esta etapa actualmente involucra el contacto de personas con sustancias peligrosas y mano de obra intensiva. Hoy en día, las investigaciones se centran en el uso de la robótica para el desmantelamiento de equipos de forma rápida y segura, pero los resultados solo están a escala de laboratorio (Brú Querol, 2020; Muñoz, 2017).

Desmantelamiento mecánico: esta técnica se viene aplicando con el fin de reducir el desmantelamiento manual. Consiste en una trituración inicial para luego realizar una clasificación manual; el material fino es recuperado y son enviados a plantas como Unicore en Bélgica, donde se extraen los metales preciosos a través de técnicas metalúrgicas no ferrosas (Brú Querol, 2020; Muñoz, 2017).

Desmantelamiento autógeno: creado para evitar la trituración de sustancias nocivas. Emplea un equipo llamado *washing machine*, el cual utiliza el impacto autónomo de las piezas para realizar la apertura inicial de equipos sin dañar los componentes peligrosos. Este método reduce el consumo de energía requerida y aumenta la tasa de valorización en un 20-30% (Brú Querol, 2020).

Fragmentación

Trituración: método usado para llevar piezas grandes descontaminadas a tamaños más pequeños. El equipo más usado es la trituradora de rodillo dentado para el aprovechamiento de los RAEE, ya que permite una mejor trituración de plástico y piezas cerámicas debido al accionar por cizalla logrando tamaños entre 1 y 5mm (Brú Querol, 2020; Fundación Chile, 2019).

Molienda: se emplea cuando el tamaño obtenido en la trituración no es suficientemente fino y se requiere una fase posterior para reducir aún más el tamaño de las partículas. La desventaja de este método es la forma en la operación: compresión y abrasión, fuerzas que los plásticos y metales resisten con facilidad, afectando la eficiencia en el tratamiento de RAEE. Existen 3 tipos de molienda: mediante molinos de barras, mediante molinos de bolas y molienda autógena (Brú Querol, 2020; Fundación Chile, 2019).

Clasificación

Cribado: el cribado de flujo procedente de los procesos de conminución es un proceso que permite clasificar diferentes productos por su tamaño. Debido a esto es que su uso puede crear un circuito cerrado que logra casi un 100% de las partículas por debajo del tamaño deseado (Brú Querol, 2020).

Hidrociclón: se basa en el uso de la fuerza centrífuga. Es eficiente en la separación de partículas de tamaño fino especialmente por debajo de los 20 micrones. Este equipo usa corrientes de agua rotativas para la creación de fuerzas centrifugas, afectando de distinta forma a las partículas dependiendo de su densidad. Los hidrociclones se han comenzado a utilizar en distintos procesos de reciclaje de polvos fluorescentes presenten en lámparas, facilitando la recuperación selectiva de tierras raras (Brú Querol, 2020).

Clasificación óptica: utiliza equipos que usan técnicas como la espectroscopia e infrarrojos, detección de color, tamaño de partícula, detección de formas y peso para identificar los distintos materiales. Usa sensores convencionales y de tecnología de reconocimiento de imágenes mediante

Inteligencia Artificial. Esta técnica consigue separaciones por sobre el 90% de eficiencia (Brú Querol, 2020).

Separación

Separación magnética: hace uso de la propiedad para atraer aquellos metales magnéticos como son el hierro. El nivel magnético de un material depende de su susceptibilidad magnética. Cabe destacar que existen materiales ferromagnéticos (Fe, Co, Ni, acero), materiales paramagnéticos (Al, Pd) que poseen un magnetismo levemente inferior y los diamagnéticos (Bi, Ag, Pb) que presentan un magnetismo débil (Brú Querol, 2020; Muñoz, 2017).

Separación por corrientes de Foucault: es la técnica más usada para la recuperación de metales no ferrosos como cobre y aluminio que se encuentra entre metales inertes presentes en residuos sólidos urbanos. Su principio es inducir carga eléctrica a un conductor a través de cambios en el flujo magnético, logrando inducir un segundo campo magnético alrededor de las partículas no ferrosas, que al reaccionar con el campo magnético del rotor son repelidas y expulsadas de la corriente (911 Metallurgist, 2017; Fundación Chile, 2019).

Separación electrostática: usa la diferencia en conductividad de los distintos metales presentes en los RAEE, para que mediante la aplicación de una carga eléctrica se vean repelidos de la superficie donde se encuentran al adquirir estos una carga del mismo signo que la superficie. Para que este sistema tenga una gran funcionalidad el tamaño de partícula debe ser entre 50 micrones y 1mm; además, las variables de control que deben ser reguladas son: voltaje, distancia y posición de electrodos, diámetros del rotor, velocidad y posición de separadores. Estos equipos consiguen separar entre conductores, no conductores y mixtos; a su vez, cabe señalar que para el correcto desempeño las superficies de los materiales deben estar secas y limpias (911 Metallurgist, 2018).

Separación por líquidos densos: usa la diferencia de densidades que tienen los materiales, es decir, si se encuentra un fluido con una densidad intermedia entre las densidades de dos materiales se logra que uno flote y el otro se hunda, permitiendo de esta manera su superación. Para que esta técnica sea efectiva, es necesario que el tamaño de partícula sea menor a 100 micrones, por lo que es necesario eliminar el material fino en primer lugar. Además el porcentaje de sólidos necesario en el medio no debe superar al 35% en volumen (Brú Querol, 2020; Fundación Chile, 2019).

Separación gravimétrica (mesa vibratoria): técnica usada para concentrar metales no férricos como cobre contenido en los RAEE. A través de movimientos de sacudida este equipo separa las partículas según su densidad y tamaño de partícula. Lo ideal para tratar RAEE es que el tamaño de partícula sea lo más homogéneo posible, con partículas entre 70 micrones y 1,5 milímetros. Cabe destacar que estos equipos tienen una capacidad entre 0,5 a 2 t/h (Brú Querol, 2020).

Técnicas de flotación: está basada en las diferencias de hidrofobicidad de la superficie de las partículas. En el tratamiento de REE se aplica para separar distintos tipos de plásticos difíciles de apartar por técnicas de densidad (Brú Querol, 2020).

5.12.5. PIROMETALURGIA

La pirometalurgia es la rama de la metalurgia que utilizan altas temperaturas para transformar los minerales o residuos en metales. En las últimas dos décadas la mayoría de las empresas que se dedican al tratamiento de RAEE utilizan la pirometalurgia como su principal o única vía de tratamiento. En la Tabla N°22 se detallan algunas empresas del sector, los minerales que recuperan y una descripción de los procesos usados (Brú Querol, 2020). ***ENFASIS TERMODINAMICO***

Tabla 17: Procesos pirometalúrgicos del sector (Brú Querol, 2020)

Proceso	Elementos recuperados	Descripción del proceso
Unicore, Belgica	Cu, Ni, As, Pb, Sn, Sb, Bi, Au, Ag, Pd, Pt, Ir, Ru, Rh, In, Se, Te	-Cobre: fundición (Isasmelt), lingotera, refinado, Cu + residuo con PGMs de Cu. -Plomo: alto horno, lingotera, fase fundida speiss (Ni, As), refinado, Pb, Sn, Sb, Bi + residuo con PGMs. -Recuperación de PGMs: residuos del cobre y el plomo, copelación, refinación de PGMs, PGMs + In, Se, Te
Outotec, Finlandia	Zn, Cu, Au, Ag, In, Pb, Cd, Ge	-Fundición (reactor Ausmelt TSL) combinada de RAEE con cobre, plomo y zinc.
Dowa, Japon	Cu, Au, PGMs, Ag, Ga	-Fundición TSL de cobre en combinación con fundición y refinado de plomo/zinc.
Noranda, Canada	Cu, Au, Ag, Pt, Pd, Se, Te, Ni	-Fundición del cobre, convertidor, fabricación de ánodos, afino electrolítico, Cu + PGMs, afino de PGMs, PGMs + Se, Te
Boliden Rönnskär, Suecia	Cu, Ag, Au, Pd, Ni, Se Zn, Pb	-Cobre: fundición, humos de zinc a clinckerización + cobre negro fundido a conversión electrorefino del cobre, Cu + residuos con PGMs, refinado de PGMs, PGMs + Se. -Plomo: horno Kaldo, PMs alimentado al convertidor de cobre + plomo, refinado del plomo, plomo
Aurubis, Alemania	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn, PGMs	-Sistema Kayser de reciclaje: fundición en reactor TSL, cobre negro + plomo de ZnO, convertidor + Horno giratorio Sn-Pb, producción de limo para ánodos (contienen PGMs), refinado de PGMs, PGMs.

La vía pirometalúrgica incluye procesos como la fusión, tostación, conversión, incineración y la sinterización. La característica de estos procesos es su realización a altas temperaturas, por lo cual los equipos usados son específicos como: hornos de fundición (más empleado a nivel global), hornos de reverbero, altos hornos y hornos ISASMELT.

Procesos pirometalúrgicos para el tratamiento de RAEE

Fundición: uno de los métodos más usado en la recuperación de metales no ferrosos en los RAEE. En dicho proceso los metales como el Pb, Sn, Sb y los metales del grupo platino se unen a la fase madre del cobre, formando ánodos que luego son refinados por electrometalurgia obteniendo una pureza de cobre del 99,9%. Por su parte los lodos anódicos quedan enriquecidos de Pb, Sn, Sb y metales del grupo platino; y el Fe y Al son oxidados y recolectados en la escoria. Una desventaja de este proceso es recuperar los componentes orgánicos y el cristal, puesto que se compromete la sostenibilidad ambiental del proceso (Brú Querol, 2020; Fundación Chile, 2019)

Incineración y combustión de RAEE: este método ha sido muy difundido para la eliminación de plásticos, aunque la combustión de RAEE puede generar altas concentraciones de metales pesados. Además los retardantes de llama bromados (BRF), usados para inhibir la combustión de materiales orgánicos en artefactos eléctricos y electrónicos, pueden causar problemas en el consumo energético debido a las propiedades que poseen, además pueden crear problemas de polución muy graves asociados a la producción de compuestos bromados, dioxinas y furanos (Brú Querol, 2020; Fundación Chile, 2019; Muñoz, 2017).

Pirólisis: esta técnica produce la descomposición de la materia orgánica calentando a altas temperaturas (450-1100°C) en ausencia de oxígeno produciendo una reacción química irreversible que cambia la composición química y la fase física, formando moléculas de bajo peso atómico. Los gases, aceites y productos carbonizados que aparecen como residuo, tienen interés económico como combustible o materia prima para la industria química. La pirolisis es interesante para tratar circuitos impresos ya que no se encontraron compuestos Cu-Br en los productos de pirolisis, aunque se emiten gases bromados y clorados que deben ser tratados para evitar daños medioambientales (Brú Querol, 2020).

Proceso de sal fundida: este proceso emplea mezcla de sales inorgánicas como el sulfato de sodio (NaSO_4); carbonato de sodio (NaCO_3); mezclas eutécticas como el hidróxido de potasio (KOH), hidróxido de sodio (NaOH) o el cloruro de litio (LiCl); cloruro de potasio (KCl). Se usan a altas temperaturas (300-1100°C) dependiendo de la temperatura de fundición de la sal, permitiendo recuperar metales valiosos, ya sea por pirolisis o por oxidación (Brú Querol, 2020).

Desafíos

Existen imitaciones asociadas a las operaciones de fundición en las cuales se presentan los principales desafíos para los métodos pirometalúrgicos (Brú Querol, 2020).

- Debido a las altas temperaturas en las que se opera, los polvos de las chimeneas pueden contener Zn, Pb, Sn, Cd y Hg. Se debe investigar para recuperar esas fracciones.
- Los métodos actuales tienen problemas para tratar productos complejos como el CRT y los PBC, debido a la gran variedad de materiales presentes.
- Los metales solo se pueden separar parcialmente por esta vía, por lo que complementarla con procesos hidrometalúrgicos es clave para aumentar las tasas de recuperación de metales preciosos.
- Se generan emisiones peligrosas como dioxinas cloradas y bromada, aunque los reportes indican que están bajo el límite permitido, aún hay pocos datos al respecto.
- Se requiere mayor inversión para mejorar la eficiencia y monitoreo de las emisiones.
- Las fundiciones no son capaces de recuperar componentes orgánicos presentes en la alimentación. Estos funcionan como aporte energético.
- El hierro y aluminio se recuperan como óxidos que terminan como parte de la escoria. Deben ser tratados posteriormente por procesos hidrometalúrgicos.

5.12.6. HIDROMETALURGIA

La hidrometalurgia es un método que utiliza un medio acuoso para lograr la extracción de los metales. Para lograr lo anterior se basa en la concentración de los distintos iones metálicos presentes en disolución mediante el uso de sus distintas propiedades fisicoquímicas y la utilización de reacciones reversibles. Como resultado de este método se obtiene una solución enriquecida en el metal de interés que luego se recupera mediante precipitación (Brú Querol, 2020).

Etapas de la hidrometalurgia en el tratamiento de RAEE

Los procesos hidrometalúrgicos para la recuperación de RAEE constan de dos pasos:

Lixiviación: En este proceso el metal deseado pasa a la fase acuosa acompañado de otros materiales indeseados. Debido a esto es necesaria una segunda etapa de purificación. La eficiencia del proceso depende del pH, temperatura, el tiempo de resiliencia, la agitación, la relación sólido/líquido y otros.

La viabilidad económica se garantiza con un bajo uso de reactivos, como también sean de bajo costo, y una velocidad de lixiviación elevada en condiciones normales (1 atm y 25°C). Para realizar la lixiviación se realizan baños de ácido o caustico. Según el metal objetivo se trabaja en unas condiciones de presión, temperatura y pH específicos, así como también se usan reactivos concretos.

Algunos de los disolventes más usados para conseguir disolver los metales preciosos son el cianuro, el agua regia, el tiosulfato y la tiourea, entre otros. Sin embargo, los metales base son más sencillos de disolver por lo que se pueden usar ácidos como el sulfúrico o el clorhídrico para su recuperación.

Purificación/Concentración: es la segunda etapa para separar el metal de interés del resto de elementos no deseados. Existen tres métodos:

Precipitación: es útil cuando se puede realizar una precipitación selectiva de los metales deseados en distintas etapas, permitiendo recuperar metales de manera secuencial.

Extracción con solventes orgánicos: esta técnica consiste en el uso de una molécula orgánica presente en una fase orgánica (ej.: Kerosene), que al aplicarse en contracorriente a la disolución con el metal de interés es capaz de captar este y separarlo del resto de elementos.

Intercambio iónico: se usan resinas formadas por polímeros sintéticos que contienen uniones de grupos funcionales que actúan como uniones físicas o químicas y que son capaces de intercambiar o capturar determinados iones. Una vez capturados los iones o intercambiados, muchos de ellos tienen la capacidad de revertir su funcionalidad. Algunos ejemplos de resinas usadas: resinas carboxílicas, resinas fosfóricas, resinas aminofosfóricas (pH ácido), resinas iminodiacéticas, resinas de ácidos fuertes, resinas de bases fuertes, resinas bis-picolilamina. A la hora de elegir una resina es adecuado contactar al productor y consultar cual es la más óptima para el intercambio iónico que se quiere realizar y en qué condiciones debe ser utilizada.

A continuación, en la tabla N°18 se detallan algunos procesos realizados con el fin de recuperar elementos de los RAEE

Tabla 18: Estudios realizados sobre el tratamiento de RAEE (Brú Querol, 2020)

Metal recuperado	Características principales del proceso	Producto principal	Año
Au	Chip de computadores tratados con HNO ₃ para disolver metales base; lixiviación con agua regia, precipitación valores de oro con sulfato ferroso.	Au	2007
Au y Ag	Chatarra electrónica menor a 0,5mm tratada con KI y I ₂ o NaCl, extracción por solventes para recuperar oro y plata.	Au y Ag	2007
Au(98%), Pd(96%), Pt(92%), Ag(84%)	Disolución de metal base con H ₂ SO ₄ y MgCl, disolución de metales preciosos con HCl e iones de bromuro, cementación de oro con polvo de zinc.	Au y grupo del platino en polvo	2006
Cu, Ag(93%), Pd(99%), Au(95%)	Lixiviación del cobre con ácido sulfúrico, lixiviación del paladio con cloro, lixiviación de oro y plata con tiourea, absorción de oro y plata y paladio con carbón activado.	AgCl, Cu, Pd, Au	2005
Cu(98%)	Disolución del cobre con H ₂ SO ₄ y agua regia; electroobtención del cobre.	Cu	2006
Au	Lixiviación de chatarra electrónica con soluciones básicas de NaCl, CuCO ₃ y HCl	Au residual	2004
Sn, Pb	Disolución de soldaduras con soluciones acidas de Ti, titanio y plomo recuperados por electrolisis	Sn y Pb	2003
Cu, Pb, Sn	Lixiviación de tarjetas electrónicas con HNO ₃ , electrolisis para metales base	Cu, Pb, Sn	2002
Au	Tratamiento térmico, lixiviación de oro con agua regia, extracción por solventes para el oro con malonato de dietilo, sulfato ferroso para precipitar el oro	Au metálico	1997
Au	Tratamiento alcalino en autoclave a temperatura 80-190°C para remover el aluminio, tratamiento en autoclave a baja presión de oxígeno para remover los metales no ferrosos.	Concentrado rico en valiosos	1993
Ni y Au	Lixiviación de metales base con ácido sulfúrico y con reductor de sulfato férrico, agua regia para lixiviar metales preciosos	Ni y Au en solución	1992

5.12.7. BIO METALURGIA

Este proceso ha ido ganando popularidad en los últimos años para la recuperación de metales de los RAEE, esto se debe a que los microorganismos tienen la capacidad de unirse a iones metálicos

presentes en el entorno externo de la superficie celular o para su transporte en la célula hacia distintas funciones intracelulares. Esta interacción podría promover la selectividad o no en la recuperación de los metales (Luda, 2011). La interacción bacterias-metales incluye sorción, reducción, oxidación y precipitación de sulfuro. Encontramos dos métodos principales: la biolixiviación y la biosorción (Ilyas & Jae-chun, 2015).

Biolixiviación

La biolixiviación se usa en aplicaciones industriales con el fin de lixiviar el concentrado de metal a partir de minerales, especialmente uranio y cobre. Se usan microorganismos que obtienen su energía de la oxidación de compuestos inorgánicos y que viven en condiciones extremas: pH ácido < 3 , aireación, temperaturas bajo 45°C y altas concentraciones de metales. Los microorganismos usados mayoritariamente son *Acidithiobacillus ferrooxidans* y *Acidithiobacillus thiooxidans*. Estos procesos se llevan a cabo en un tanque de acero inoxidable de gran tamaño, equipado con agitadores mecanizados y con la introducción de aire por ventiladores, lo que asegura la disponibilidad de oxígeno y dióxido de carbono para los microorganismos (COCHILCO - Comisión Chilena del Cobre, 2009).

Biosorción

La biosorción se refiere a la captación de metales que lleva a cabo una biomasa completa (viva o muerta), a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico. Este proceso involucra una fase sólida (sorbente) y una fase líquida (solvente, agua) que contienen las especies disueltas que van a ser sorbidas (sorbato, e.g iones metálicos). Como hay gran afinidad del sorbente por el sorbato, este último es atraído hacia el sólido y enlazado por diferentes mecanismos. El proceso continúa hasta que se establece un equilibrio entre el sorbato disuelto y el sorbato enlazado al sólido (a una concentración final o en el equilibrio). La afinidad del sorbente por el sorbato determina su distribución entre las fases sólida y líquida. La calidad del sorbente depende de la cantidad de sorbato que atraiga y retenga en forma inmovilizada.

Los hongos, tienen atención especial en la biosorción de metales, en particular la biomasa fúngica como la del ascomiceto *Aspergillus niger*, la cual se origina como subproducto de diferentes fermentaciones industriales. En general se usan reactores de cama empacada para pequeños volúmenes o fluidizada para grandes volúmenes, aumentando así la resistencia mecánica y

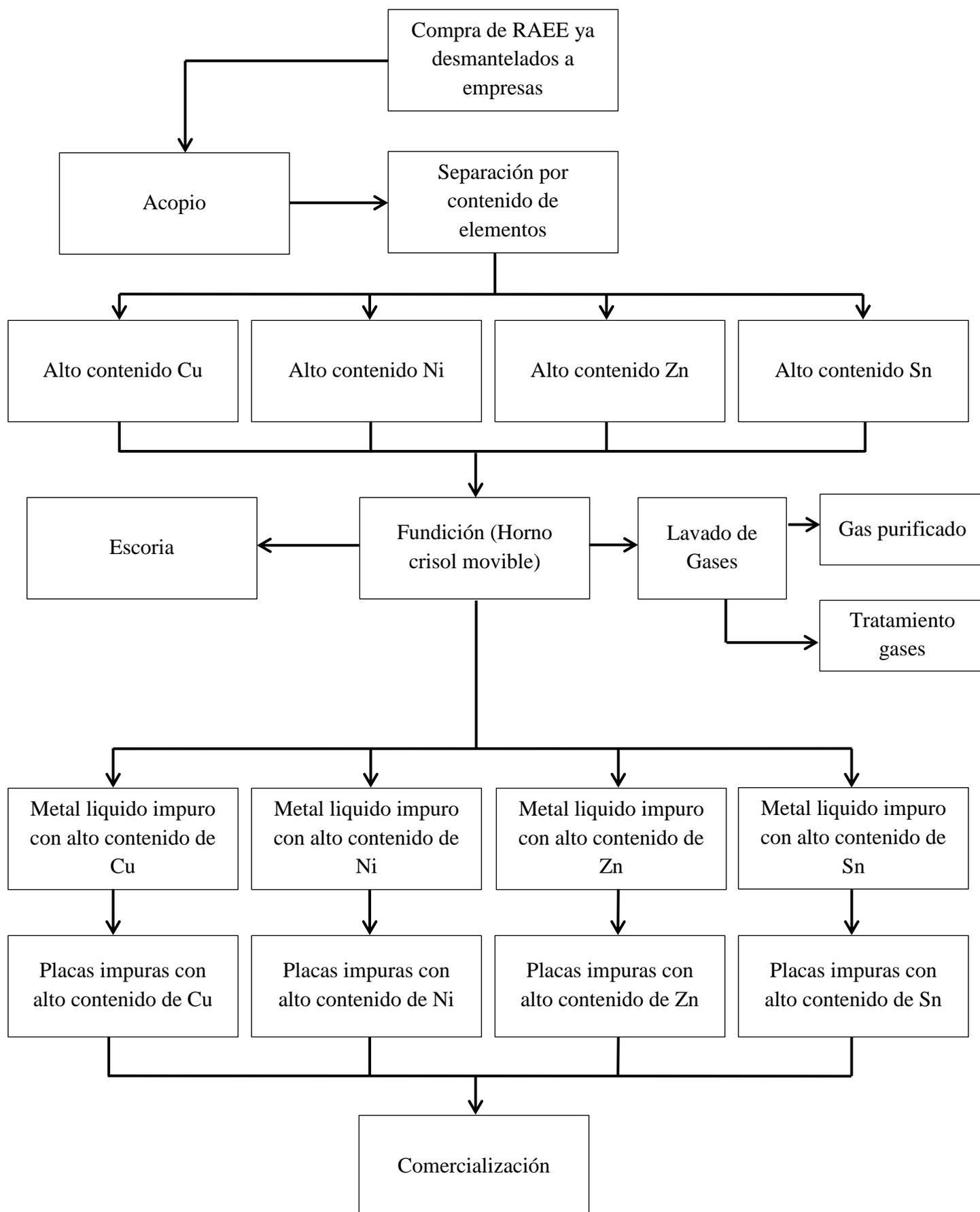
disminuyendo la dificultad para separar la biomasa del efluente. (Tapia, y otros, 2011) (Cañizares Villanueva, 2000).

Los procesos biometalúrgicos de los RAEE tienen una serie de ventajas sobre los métodos tradicionales, incluyendo bajos costos de operación, la minimización del volumen de lodos biológicos y/o químicos para ser manipulados y la alta eficiencia en los efluentes de desintoxicación; y como desventajas, estos procesos tienen una velocidad de reacción lenta y presencia de metales pesados (Zeljko, Korac, & Ranitovic , 2011).

5.12.8. FLOWSHEET FINAL

Según los análisis del estudio de Bru Querol (2020), se decidió es coger los 4 elementos de mayor cantidad, siendo estos cobre, zinc, estaño y níquel. Luego considerando todos los procesos que hay en materia de reciclaje, reutilización y otros de RAEE, se llegó al siguiente diagrama de flujo para obtener placas metálicas impuras para la comercialización.

Figura 6: Flowsheet propuesta de recuperación de RAEE (Fuente: Elaboración propia)



5.13. ESTUDIO ECONOMICO

5.13.1. ESTIMACION DE COSTOS

I. TERRENO

El terreno en el cual se emplazará la planta será un terreno rural de aproximadamente 2.000 m² para realizar la construcción de la planta de fundición de metales recuperados de materias primas, puesto que esta vía tiene una cinética de reacción más rápida que por la vía hidrometalúrgica, como también se edificara lo correspondiente en materia de administración. Este terreno estará ubicado a las afuera del plano urbano de la comuna a edificar. En cuanto al precio del metro cuadrado para dicha localidad, se ha hecho una estimación según lo expuesto en Servicios de Impuestos Internos de Chile, el cual tendrá un costo de US\$ 845.000 (Valores & Terreno, 2021).

Tabla 19: Costo del terreno.

Superficie [m ²]	Precio del m ² (US\$)	Costo total (US\$)
2.000	422,5	845.000

Fuente: elaboración propia.

II. EQUIPOS Y MAQUINARIA

La maquinaria industrial para hacer el proceso de tratamiento de RAEE desde su recepción a la venta en forma de cátodos y/o lingotes se indica en la Tabla N°20:

Tabla 20: Costo de equipos y maquinaria.

EQUIPOS	Cant.	Valor unitario US\$	Valor US\$	Valor + IVA
Hornos de inducción móvil + crisol	1	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 95.200
Crisoles	3	\$ 1.200	\$ 3.600	\$ 4.284
Lavadora gases residuales	1	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.785
Horquillas	1	\$ 7.500	\$ 7.500	\$ 8.925
Tractores	2	\$ 9.800	\$ 19.600	\$ 23.324
Cargadora	1	\$ 17.500	\$ 17.500	\$ 20.825
Total				\$ 138.174

Fuente: Datos obtenidos de Alibaba España, Mercado libre, Cousinoltda.

III. MOBILIARIA Y SOFTWARE

Este apartado va destinado al gasto de mobiliario de oficina, vestuario y software informático para controlar el proceso monitorizarlo. Esto se explica en la Tabla N°21:

Tabla 21: costo de mobiliario y software.

Mobiliario	Cantidad	Valor unitario US\$	US\$
Escritorio	7	\$ 594	\$ 4.156
Ordenadores	10	\$ 1.180	\$ 11.800
Estanterías	10	\$ 175	\$ 1.750
Software	1	\$ 23.000	\$ 23.000
Internet	1	\$ 695	\$ 695
Teléfono	1		
Casilleros	50	\$ 34	\$ 1.710
Sillas	7	\$ 208	\$ 1.457
Total			\$ 44.568

Fuente: Entel, IBM, Microsoft, Amazon.

IV. COSTOS OPERACIONALES

Los costos asociados al funcionamiento de la planta son los relacionados a costos fijos y variables. Para caso de costos variables, estos corresponden a cuyo valor depende de la cantidad diaria de material a valorizar; en cambio, los costos fijos son aquellos que son independientes de la cantidad de material a valorizar.

Para la estimación de estos costos se considera como insumos: agua, electricidad, RAEE. Además, el costo de mantención equivaldrá a un 7% del costo de los equipos y el costo por imprevistos será una 5% de los costos operacionales (fijos y variables). La Tabla N°22: presenta dichos valores

Tabla 22: Costos operacionales variables y fijos.

COSTOS VARIABLES				
Item	Consumo	Consumo anual	Costo unitario	Costo anual
	Unidad/día	(Unidad/año)	(US\$/unidad)	(US\$/año)
Agua (m3/seg)	3.000	1.020.000	\$ 1,45	\$ 1.479.000
Electricidad (kWh)	25.000	8.500.000	\$ 0,15	\$ 1.275.000
RAEE (ton)	4,71	1.600	\$ 746,00	\$ 1.193.600
Total costos variables				\$ 3.947.600
COSTOS FIJOS				
Item	Cantidad	Costo mensual	Costo mensual	Costo anual
		(US\$/persona)	(US\$)	(US\$/año)
Supervisores	4	\$ 1.400	\$ 5.600	\$ 67.200
Operadores	20	\$ 1.100	\$ 22.000	\$ 264.000
Administradores	2	\$ 800	\$ 1.600	\$ 19.200
Mecánicos	4	\$ 875	\$ 3.500	\$ 42.000
Equipo mantención	4	\$ 813	\$ 3.252	\$ 39.024
Metalurgistas	2	\$ 2.100	\$ 4.200	\$ 50.400
Prev. Riesgos	2	\$ 1.300	\$ 2.600	\$ 31.200
Gerente	1	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 42.000
Seguridad	2	\$ 680	\$ 1.360	\$ 16.320
Mantención (7% costo equipos)				\$ 9.672
TOTAL COSTOS FIJOS				\$ 581.016
TOTAL COSTOS (CF + CV) SIN IMPREVISTOS				\$ 4.528.616
Imprevistos (5%)				\$ 226.431
TOTAL COSTOS OPERACIONALES				\$ 4.755.047

Fuente: Elaboración propia

V. CAPITAL DE TRABAJO

Corresponde a los costos asociados al comienzo del funcionamiento de la planta, en este caso se consideró el capital para 12 meses, considerándose 2 jornadas de 7 horas cada una, en un turno de 5x2. Además, cabe considerar que para los consumos de agua y electricidad se consideró el consumo para 1 tonelada métrica de cobre fino para los procesos de fundición, refinería y servicios (Montes & Garay, 2023; Rosana Brantes & Jorge Cantallopts, 2016). El sitio web cl.talent.com nos entrega una referencia de las remuneraciones mensuales. Los datos se muestran en la Tabla N°23:

Tabla 23: Capital de trabajo.

Capital de trabajo	Costo mensual (US\$)	Costo 3 meses (US\$)	Costo anual (US\$)
Agua	\$ 122.800	\$ 365.400	\$ 1.461.600
Electricidad	\$ 105.000	\$ 315.000	\$ 1.260.000
Supervisores	\$ 5.600	\$ 16.800	\$ 67.200
Operadores	\$ 22.000	\$ 66.000	\$ 264.000
Administradores	\$ 1.600	\$ 4.800	\$ 19.200
Mecánicos	\$ 875	\$ 2.625	\$ 10.500
Equipo mantención	\$ 813	\$ 2.439	\$ 9.756
Metalurgistas	\$ 4.200	\$ 12.600	\$ 50.400
Prev. Riesgos	\$ 2.600	\$ 7.800	\$ 31.200
Gerente	\$ 3.500	\$ 10.500	\$ 42.000
Seguridad	\$ 1.360	\$ 4.080	\$ 16.320
	\$ 269.348	\$ 808.044	\$ 3.232.176

Fuente: elaboración propia

VI. COSTO DE INVERSION

La inversión inicial de construcción y puesta en marcha de la planta corresponde a US\$ 1.708.355; los costos asociados a este ítem se desglosan en la Tabla N°24, ver sección anexos A.9 para costos al detalle:

Tabla 24: Costos de inversión.

Equipo	Unidades		Total (US\$) + IVA
Horno inducción movible + crisol	1		\$ 95.200
Crisol	3		\$ 4.284
Lavadora gases residuales	1		\$ 1.785
Maquinaria pesada	4		\$ 53.074
Ruedas de moldeo	1		\$ 83.300
Costo total equipos			\$ 446.964
Costo equipos instalados		1,5	\$ 670.446
Costo instrumentación	7	0,07	\$ 46.931
Costo edificación	50	0,5	\$ 223.482
Auxiliares	5	0,05	\$ 22.348
Costo total físico de la planta			\$ 963.207
Ingeniería y construcción	45	0,45	\$ 433.443
Contingencias	10	0,1	\$ 96.321
Terreno			\$ 845.000
Costos mobiliarios y EPP			\$ 69.568
Costo total inversión			\$ 1.708.355

Fuente: elaboración propia

VII. ESTUDIO INGRESOS OPERACIONALES

Los ingresos que se perciben con el proyecto corresponden a la venta de placas metálicas impuras con alto contenido de cobre, zinc, estaño y níquel. El cálculo se efectúa para el año 1, considerando los valores promedio de metales para el año 2023. Además, para determinar el valor para las placas, se determinó los valores según el contenido metálico presente en ellas.

Tabla 25: Flujos para procesamiento.

Concepto	Toneladas
Flujo anual total	1600
Flujo por elemento	400
Flujo diario por elemento	1,1765

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla N°26 muestra el porcentaje del elemento metálico de mayor cantidad que tendrá cada flujo, sin contar elementos preciosos.

Tabla 26: Porcentajes aleatorios para elementos mayores.

Elemento metálico	%
Cobre	47,86
Níquel	22,39
Zinc	19,82
Estaño	9,93

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Tabla N°27 muestra el precio de comercialización de cada elemento metálico.

Tabla 27: Valores de venta de cada elemento

Metal	Precio (US\$/ton)
Cobre	\$ 8.565
Níquel	\$ 21.830
Zinc	\$ 2.375
Estaño	\$ 28.975
Oro	\$ 61.727.647
Plata	\$ 723.371
Grupo Pt	\$ 37.968.933

Fuente: Cochilco, LME y preciooro.com

Las Tablas N°28, 29, 30 y 31 muestran el contenido metálico de cada placa con su respectivo ingreso por concepto de comercialización.

Tabla 28: Contenido metálico e ingresos para placa con alto contenido de cobre.

Concepto	%	Tonelaje diario	Tonelaje anual	Precio (US\$/ton)
Flujo diario cobre		0,5631	191,4400	
Flujo estéril		0,6073	206,4744	
Escoria	4,0000	0,0225	7,6576	
Cobre	96,0000	0,5405	183,7824	\$ 1.574.096
Oro	0,0217	0,0003	0,0868	\$ 5.357.960
Plata	0,0307	0,0004	0,1227	\$ 88.733
Grupo Platino	0,0048	0,0001	0,0191	\$ 723.941
Estéril	51,6186	0,6073	206,4744	
Gases y/u otros	0,3500	0,0041	1,4000	
		1,1751	399,5429	\$ 7.744.731

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Contenido metálico e ingresos para placa con alto contenido de níquel.

Concepto	%	Tonelaje diario	Tonelaje anual	Precio (US\$/ton)
Flujo diario níquel		0,2643	89,5600	
Flujo estéril		0,9069	308,3544	
Escoria	4,0000	0,0105	3,5820	
Níquel	96,0000	0,2529	85,978	\$ 1.876.891
Oro	0,0217	0,0003	0,0870	\$ 5.357.960
Plata	0,0307	0,0004	0,1230	\$ 88.733
Grupo Platino	0,0048	0,0001	0,0190	\$ 723.941
Estéril	77,0886	0,9069	308,354	
Gases y/u otros	0,3500	0,0041	1,400	
		1,1751	399,543	\$ 8.047.525

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Contenido metálico e ingresos para placa con alto contenido de zinc.

Concepto	%	Tonelaje diario	Tonelaje anual	Precio (US\$/ton)
Flujo diario Zn		0,2332	79,28	
Flujo estéril		0,9372	318,6344	
Escoria	4,0000	0,0093	3,1712	
Zinc	96,0000	0,2238	76,1088	\$ 180.758
Oro	0,0217	0,0003	0,0869	\$ 5.363.721
Plata	0,0307	0,0004	0,1227	\$ 88.733
Grupo Platino	0,0048	0,0001	0,0191	\$ 723.941
Estéril	79,6586	0,9372	318,6344	
Gases y/u otros	0,3500	0,0041	1,4000	
		1,1751	399,5430	\$ 6.357.154

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: Contenido metálico e ingresos para placa con alto contenido de estaño.

Concepto	%	Tonelaje diario	Tonelaje anual	Precio (US\$/ton)
Flujo diario estaño		0,1168	39,72	
Flujo estéril		1,0535	358,1944	
Escoria	4,0000	0,0047	1,5888	
Estaño	96,0000	0,1122	38,1312	\$ 1.104.852
Oro	0,02170	0,0003	0,0868	\$ 5.357.960
Plata	0,03067	0,0004	0,1227	\$ 88.733
Grupo Platino	0,00477	0,0001	0,0191	\$ 723.941
Estéril	89,5486	1,0535	358,1944	
Gases y/u otros	0,35	0,0041	1,4000	
		1,1751	399,5429	\$ 7.275.486

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se agrupan todos los flujos de ingresos para obtener el total final, pero como son palcas impuras se le agrega un concepto de penalización del 50%. Los ingresos finales se presentan en la Tabla N°32.

Tabla 32: Ingresos.

Total ingresos	Penalización	Ingresos con penalización
\$ 29.424.896	50%	\$ 14.712.448

Fuente: Elaboración propia.

5.13.2. GASTOS FINANCIEROS

Se estima que para llevar a cabo la empresa se necesita una inversión inicial de US\$ \$. Esta inversión se logrará a través de un banco o algún otro ente financiero y se estima que se pague a 10 años a un interés real del 10%. Por lo tanto los gastos anuales que implican subsanar la deuda financiera adquirida se muestran en la Tabla N°33:

Tabla 33: Gastos financieros.

Periodo	Cuota	Interés	Cuota amortización	Capital amortizado	Capital vivo
0					\$ 6.463.402
1	\$ 1.051.889	\$ 646.340	\$ 405.549	\$ 405.549	\$ 6.057.853
2	\$ 1.051.889	\$ 605.785	\$ 446.104	\$ 851.652	\$ 5.611.750
3	\$ 1.051.889	\$ 561.175	\$ 490.714	\$ 1.342.366	\$ 5.121.036
4	\$ 1.051.889	\$ 512.104	\$ 539.785	\$ 1.882.152	\$ 4.581.250
5	\$ 1.051.889	\$ 458.125	\$ 593.764	\$ 2.475.915	\$ 3.987.487
6	\$ 1.051.889	\$ 398.749	\$ 653.140	\$ 3.129.056	\$ 3.334.346
7	\$ 1.051.889	\$ 333.435	\$ 718.454	\$ 3.847.510	\$ 2.615.892
8	\$ 1.051.889	\$ 261.589	\$ 790.300	\$ 4.637.810	\$ 1.825.592
9	\$ 1.051.889	\$ 182.559	\$ 869.330	\$ 5.507.139	\$ 956.263
10	\$ 1.051.889	\$ 95.626	\$ 956.263	\$ 6.463.402	\$ 0,00

Fuente: Elaboración propia

5.14. FLUJO DE CAJA

Para el análisis del flujo de caja se deben entender ciertos criterios y analizar comportamiento de estos, los cuales son descritos a continuación:

- Valor actual neto (VAN): es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. Este indicador se calcula sobre la base de todos los flujos de caja futuros asociados a una alternativa, convirtiéndolos a valores de dinero presentes.
- Tasa de descuento: tasa de interés utilizada para calcular el valor presente de un flujo futuro, Este al ser un proyecto privado, se utiliza una tasa entre el 9-12%
- Tasa interna de retorno (TIR): es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión, o también definida como el valor de la tasa de descuento que hace el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado. Su función es señalar la tasa a la cual recuperamos la inversión inicial de nuestro negocio transcurrido cierto tiempo.

- Índice de exceso de valor actual neto (IVAN): se define como la razón entre el VAN y la inversión. Este indicador muestra la relación entre la ganancia expresada en el VAN y la inversión inicial.
- Valor impuesto a la renta: corresponde al impuesto que se les aplica a las empresas debido a las utilidades generadas. De acuerdo con lo indicado en el Servicio de Impuestos internos, para el año comercial 2023, este valor corresponde a un 25%.

Para el comportamiento de la relación de estos criterios, se debe considerar que:

- Si la tasa interna de retorno (TIR) es mayor a la tasa de descuento se dice que el proyecto es rentable y factible económicamente
- Para el VAN, lo que se debe cumplir es que si:
 - $VAN > 0$: el proyecto es rentable
 - $VAN = 0$: el proyecto también es rentable ya que está incorporado la ganancia de la TD.
 - $VAN < 0$: el proyecto no es rentable

El flujo de caja para el proyecto se realizó para un periodo de 10 años, cuyo desglose se presenta en la Tabla N°34:

Tabla 34: Flujo de caja de 0 a 10 años

Periodo en años	0	1	2	3	4	5
Ingresos (+)		\$ 7.356.224	\$ 10.298.713	\$ 13.241.203	\$ 14.712.448	\$ 14.712.448
Costos operacionales (-)		\$ -4.755.047	\$ -4.992.799	\$ -5.242.439	\$ -5.504.561	\$ -5.779.789
Depreciación (-)		\$ -13.516	\$ -13.516	\$ -13.516	\$ -13.516	\$ -13.516
Valor libro (-)						
Utilidad antes del impuesto		\$ 2.587.661	\$ 5.292.398	\$ 7.985.248	\$ 9.194.371	\$ 8.919.143
Impuesto Royalty (32%)		\$ -828.052	\$ -1.693.567	\$ -2.555.279	\$ -2.942.199	\$ -2.854.126
Cuota préstamo		\$ 1.051.889	\$ 1.051.889	\$ 1.051.889	\$ 1.051.889	\$ 1.051.889
Utilidad Neta (después impuesto)		\$ 707.721	\$ 2.546.942	\$ 4.378.080	\$ 5.200.283	\$ 5.013.128
Depreciación (+)		\$ 13.516	\$ 13.516	\$ 13.516	\$ 13.516	\$ 13.516
Valor libro (+)						
Inversión inicial (-)	\$ -1.708.355					
Capital de trabajo (-)						
Flujo de caja (neto)	\$ -1.708.355	\$ 721.236	\$ 2.560.458	\$ 4.391.595	\$ 5.213.799	\$ 5.026.644
Flujo de caja (acumulado)	\$ -1.708.355	\$ -987.119	\$ 1.573.339	\$ 5.964.935	\$ 11.178.734	\$ 16.205.377
VAN	-1.708.355	-1.052.686	1.063.395	4.362.866	7.923.961	11.045.111

Periodo en años	6	7	8	9	10
Ingresos (+)	\$ 14.712.448	\$ 14.712.448	\$ 14.712.448	\$ 14.712.448	\$ 14.712.448
Costos operacionales (-)	\$ -6.068.779	\$ -6.372.218	\$ -6.690.829	\$ -7.025.370	\$ -7.376.639
Depreciación (-)	\$ -13.516	\$ -13.516	\$ -13.516	\$ -13.516	\$ -13.516
Valor libro (-)					
Utilidad antes del impuesto	\$ 8.630.153	\$ 8.326.714	\$ 8.008.103	\$ 7.673.562	\$ 7.322.293
Impuesto Royalty (32%)	\$ -2.761.649	\$ -2.664.549	\$ -2.562.593	\$ -2.455.540	\$ -2.343.134
Cuota préstamo	\$ 1.051.889	\$ 1.051.889	\$ 1.051.889	\$ 1.051.889	\$ 1.051.889
Utilidad Neta (después impuesto)	\$ 4.816.615	\$ 4.610.277	\$ 4.393.621	\$ 4.166.133	\$ 3.927.271
Depreciación (+)	\$ 13.516	\$ 13.516	\$ 13.516	\$ 13.516	\$ 13.516
Valor libro (+)					\$ 135.158
Inversión inicial (-)					
Capital de trabajo (-)					
Flujo de caja (neto)	\$ 4.830.131	\$ 4.623.793	\$ 4.407.137	\$ 4.179.649	\$ 4.075.944
Flujo de caja (acumulado)	\$ 21.035.508	\$ 25.659.301	\$ 30.066.438	\$ 34.246.087	\$ 38.322.031
VAN	13.771.594	13.771.594	18.200.293	19.972.872	21.544.325

Las Tablas N°35y N°36 detallan los indicadores de impuestos y los índices de rentabilidad económica respectivamente.

Tabla 35: Indicadores de impuesto.

Indicadores	%
Impuesto primera categoría	27
Royalty (IEM)	5
Tributo total	32
Factor actualización ingresos	1
Tasa descuento	10,00
Interés cuota banco	10

Fuente: elaboración propia en base datos de SII y banco.

Tabla 36: Índices de rentabilidad económica

Item	
VAN	21.544.325
TIR	98%
IVAN	3,3332

Fuente: elaboración propia

De la Tabla N°34 se aprecia que el valor actual neto (VAN) para una tasa de descuento de 10,00% es de US\$ 21.544.325 aproximadamente, evaluando el proyecto en un periodo de diez años, obteniéndose un TIR de 98% a la tasa de descuento, entonces se dice que el proyecto es rentable y factible, por lo tanto se puede llevar a cabo.

5.15. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Al realizar un estudio económico de un proyecto existen variables de incertidumbre que es necesario evaluar para determinar el comportamiento e influencia de los indicadores económicos determinados.

Para ello se realizó un análisis de sensibilidad de las variables (energía eléctrica, agua y contenido de oro en placas metálicas) que pueden afectar más el proyecto mediante el análisis del VAN y TIR.

El resultado arrojado indica que, a pesar de cambios drásticos en los valores de energía eléctrica, agua y contenido de oro, el VAN y el TIR siguen siendo favorables y positivos. La excepción es para un contenido de oro de 0,0260%, el cual vuelve al VAN negativo y con ello inviable el proyecto. Ver anexo A.10, A.11 y A.12.

6. CONCLUSIONES

Según revisión bibliográfica realizada en la presente memoria, la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en el mundo alcanza aproximadamente los 50 millones de toneladas, de las cuales solo un 20% aproximadamente es recuperado y la otra se desecha. Esto quiere decir que una cantidad importante de metales contenidos en estos artefactos que no se está recuperando, lo cual implica que hay una oportunidad para recuperar metales en dichos artefactos.

Ante dicha situación, Chile no se exime de esa realidad. En el país se genera una cantidad de 5.679 toneladas anuales de desechos electrónicos o RAEE, de los cuales 1.783,7 toneladas corresponden a pequeños aparatos y/o periféricos informáticos, lo cual indica una clara oportunidad para recuperar los metales encontrados en dichos objetos, más aun los metales valiosos como oro, plata, platino, entre otros.

A partir del análisis económico realizado y de los datos recopilados se necesitan tan solo 12 meses, procesando un total 1.600 toneladas en el transcurso de ese tiempo, para generar ganancias a la industria y retornar la inversión inicial. Además el proyecto realizado a 10 años indica con claridad que el proyecto es altamente viable según los indicadores estudiados para dicho fin.

RECOMENDACIONES

Para dar con resultados más exactos para verificar la factibilidad económica de este proyecto, se recomienda generar una muestra significativa de los periféricos informáticos y verificar la cantidad exacta de metales que contienen a través de análisis químicos respectivos.

BIBLIOGRAFIA

- 911 Metallurgist. (2017). *Separacion por corrientes de Foucault*. Obtenido de <https://www.911metallurgist.com/blog/magnetic-separation-method>:
<https://www.911metallurgist.com/blog/magnetic-separation-method>
- 911 Metallurgist. (27 de Agosto de 2018). *Separacion electrostatica*. Obtenido de <https://www.911metallurgist.com/electrostatic-separation/>:
<https://www.911metallurgist.com/electrostatic-separation/>
- Alarcon, I. (17 de Abril de 2017). *Ecuador tiene un déficit en reciclar basura*. Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-deficit-reciclar-basura-contaminacion.html>
- Arrieta, E. (2018). *Paises desarrollados y paises subdesarrollados*. Obtenido de Diferenciador: <https://www.diferenciador.com/paises-desarrollados-y-paises-subdesarrollados/>
- Concepto ABC. (s.f.). *Teclado*. Obtenido de Concepto ABC: <https://conceptoabc.com/teclado/>
- Gutierrez, I. (19 de Marzo de 2020). *Qué es una economía desarrollada y cuáles son sus características*. Obtenido de Muy financiero: <https://muyfinanciero.com/conceptos/economia-desarrollada/>
- Ing. Giovanni Monroy Combariza. (21 de Julio de 2019). *Componentes del mouse óptico*. Obtenido de Ing. Giovanni Monroy Combariza: https://www.youtube.com/watch?v=ReD7H51fOE4&ab_channel=Ing.GiovanniMonroyCombariza
- Ing. Giovanni Monroy Combariza. (24 de Julio de 2019). *El teclado y sus partes [video]*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=SnkbtLjfRyw&ab_channel=Ing.GiovanniMonroyCombariza
- Lopez, J. F. (28 de Mayo de 2018). *Mercados emergentes*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/mercados-emergentes.html>
- Luis, R. J. (06 de Enero de 2020). *Altavoces o parlantes | Que son, tipos y como funcionan*. Obtenido de 247 tecno: <https://247tecno.com/altavoces-parlantes-tipos-como-funcionan/>
- Michaud, D. (24 de Junio de 2015). *Metodo de sepracion magnetica*. Obtenido de 911metallurgist: <https://www.911metallurgist.com/blog/magnetic-separation-method>
- Partes de la computadora. (2023). *¿Que es y para que sirve una camara web?* Obtenido de Partes de la computadora: <https://partesdelacomputadora.org/externas/camara-web/>

- Partes del. (2019). *Partes de un cargador laptop*. Obtenido de Partes del: https://www.partesdel.com/partes_del_cargador_de_laptop.html
- Partesdel.com. (2017). *Partes del mouse*. Obtenido de Partesdel.com: <https://www.partesdel.com/mouse.html>
- Profesional review. (2011). *Altavoces para PC: todo lo que debes saber*. Obtenido de Profesional review: <https://www.profesionalreview.com/altavoces-pc/>
- Sugest.es. (2023). *Como se llama partes de un cargador de celular*. Obtenido de Sugest.es: <https://sugest.es/como-se-llama-partes-de-un-cargador-de-celular/>
- Universidad de Murcia, Diccionario de Neologismos del español actual. (s.f.). *Economía emergente*. Obtenido de Universidad de Murcia: <https://www.um.es/neologismos/index.php/v/neologismo/6641/economia-emergente#:~:text=Definici%C3%B3n,y%20sus%20ventas%20al%20exterior>
- Vega, O. A. (2012). Efectos colaterales de la obsolescencia programada. *Facultad de Ingeniería*, 55-62.
- Vergara, K. *Diseño de un modelo de Negocios basado en economía circular de un residuo generado por empresas mineras productoras de cobre, en la región de ataca, Chile, 2020 [Tesis de pregrado, Universidad de Atacama]*. Repositorio institucional.
- Westreicher, G. (14 de Septiembre de 2019). *Pais subdesarrollado*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/pais-subdesarrollado.html>
- World Wildlife Fund. (2022). *Día de la sobrecapacidad de la tierra*. Obtenido de World Wildlife Fund: https://www.wwf.es/nuestro_trabajo/informe_planeta_vivo_ipv/huella_ecologica/dia_de_la_sobrecapacidad_de_la_tierra/
- Arora, R., Paterok, K., Banerjee, A., & Saluja, M. S. (2017). Potential and relevance of urban mining in the context of sustainable cities. *IIMB Management Review*, 29(3), 210–224. <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2017.06.001>
- Bartl, A. (2015). Withdrawal of the circular economy package: A wasted opportunity or a new challenge? *Waste Management*, 44, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.08.003>
- Bermeo Almeida, O. X., Rea Sánchez, V. H., & Guevara Arias, V. I. (2021). Destino y situación actual de los desechos tecnológicos. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4), 28–41. <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.168>
- Bleicher, A., David, M., & Rutjes, H. (2019). When environmental legacy becomes a resource: On the making of secondary resources. *Geoforum*, 101(April 2018), 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.02.018>
- Brú Querol, Á. (2020). Recuperación de metales a partir de residuos de aparatos eléctricos y

- electrónicos. Medellín (Colombia). *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 108.
https://oa.upm.es/63541/1/TFG_ALVARO_BRU_QUEROL.pdf
- Del, E., No, I., & Meter, D. C.-. (2011). *Universidad de las américas*. 1–79.
- Diseño de un modelo de negocios basado en economía circular, de un residuo generado por empresas mineras productoras de cobre, en la región de atacama, chile*. (2020).
- E2BIZ. (2019). Antecedentes para la elaboración de análisis económicos de metas de recolección y valorización para “Aparatos Eléctricos y Electrónicos.” *E2Biz Investigacion*.
<https://fch.cl/iniciativa/residuos-electronicos/%0Ahttps://fch.cl/wp-content/uploads/2019/09/situacion-aee-y-raee-en-chile.pdf>
- Falappa, M., Lamy, M., & Vazquez, M. (2019). *De una Economía Lineal a una Circular , en el siglo XXI* . 44. https://ediunc.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/14316/falappa-fce.pdf
- Fundación Chile. (2019). Antecedentes para la elaboración de análisis económicos de metas de recolección y valorización para “Aparatos Eléctricos y Electrónicos.” *E2Biz Investigacion*.
<https://fch.cl/iniciativa/residuos-electronicos/%0Ahttps://fch.cl/wp-content/uploads/2019/09/situacion-aee-y-raee-en-chile.pdf>
- Hidalgo, L. (2010). Electronic Waste and Environmental Pollution. *Universidad Tecnológica Equinoccia*, 46–61.
<http://www.ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/16/15>
- Hu, Y., & Poustie, M. (2018). Urban mining demonstration bases in China: A new approach to the reclamation of resources. *Waste Management*, 79, 689–699.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.032>
- Inamuddin, Asiri, A., Khan, A., & Asiri, A. M. (2020). E-waste Recycling and Management. In *E-Waste Recycling and Management: Present Scenarios and Environmental Issues* (Vol. 33).
<http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-14184-4>
- Jyothi, R. K., Thenepalli, T., Ahn, J. W., Parhi, P. K., Chung, K. W., & Lee, J. Y. (2020). Review of rare earth elements recovery from secondary resources for clean energy technologies: Grand opportunities to create wealth from waste. *Journal of Cleaner Production*, 267, 122048.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122048>
- Kazançoglu, Y., Ada, E., Ozturkoglu, Y., & Ozbiltekin, M. (2020). Analysis of the barriers to urban mining for resource melioration in emerging economies. *Resources Policy*, 68(February), 101768. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101768>
- Kyklos, D. (2022). *Relacionados*. 12–14.
- Lillo Navarro, M. (2010). Reciclaje de infraestructuras obsoletas. *Arché. Publicación Del Instituto de Restauración Del Patrimonio de La UPV* , 4–5, 341–348.
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/31136/2010_04-05_341_348.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Luis, F., & Moncayo, G. (n.d.). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title*.

- Ministerio del Medioambiente. (2016). Ley 20920. *Diario Oficial*, 17–20.
- Montes, C., & Garay, V. (2023). *Water demand projections in the copper mining industry*. <https://www.cochilco.cl/Listado Temtico/Proyección de demanda de agua en la minería del cobre.pdf>
- Muñoz, V. (2017). Recuperación de cobre a partir de los residuos de tarjetas de circuitos integrados de aparatos eléctricos y electrónicos. *Universidad Eafit*, 1, 2–98.
- Otoni, M., Dias, P., & Xavier, L. H. (2020). A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 261, 120990. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120990>
- Palacios Orejuela Iván. (2018). Evaluación multicriterio para la ubicación de un relleno sanitario en la ciudad de Macas, a través de la ponderación de sus variables con el proceso analítico jerárquico, ahp. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, III(3, 2018), 83–94.
- Parlamento Europeo. (2012). DIRECTIVA 2012/19/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). *Diario Oficial de La Unión Europea*, 38–71.
- Rep, L. L., Financiero, D., Monitor, G. E., Lagos, G., Extendida, R., Volker, K., Energ, E., Rep, L., & Lagos, G. (2021). *Efecto REP*. 1–3.
- Rosana Brantes, & Jorge Cantallopts. (2016). *Proyección del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre 2016-2027*.
- Silva, U. (2019). Guía para Comunicadores y Periodistas Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) En el marco de la Ley 20.920 y la Responsabilidad Extendida del Productor (REP). *Plataforma RELAC*, 1–38.
- Valores, T. De, & Terreno, U. De. (2021). *Concepción Concepción*.

ANEXOS

A.1. PROCESOS DE RECOLECCION

- **Punto limpio:** Un punto limpio es una instalación fija o móvil, ubicada en lugares de acceso público que cuentan con personal permanente para la atención del público, destinada a recibir selectivamente residuos entregados por la población, para su almacenamiento, posible tratamiento y envío a centro de acopio o a instalaciones de valorización o eliminación. Estos son gestionados por las municipalidades y se caracterizan por recibir –también– otros productos prioritarios: envases y embalajes, pilas, *catridge*, *toner*, medicamentos y ropa. Lo anterior permite a los poseedores finales de los RAEE devolver gratuitamente estos residuos. El modo de almacenamiento de los residuos difiere según el municipio. Se pueden encontrar *containers* metálicos abiertos de capacidad de 15 a 20 m³, contenedores de plásticos ubicados en espacios techados o estructuras más simples de dimensiones pequeñas. Si bien se requiere contar con autorización sanitaria para operar, no siempre debe someterse al SEIA, para esto requiere que atienda a una población inferior a los 5 mil habitantes.

La operatividad de los puntos limpios puede ser responsabilidad de privados o de municipios. Para el caso municipal, la supervisión del funcionamiento y servicio está a cargo de la Dirección del Medio Ambiente, Aseo y Ornato de los municipios. En general, dependerá del caso si los operarios de los puntos limpios son funcionarios municipales o personal dispuesto por las empresas que se adjudican las licitaciones de aseo de la comuna.

Los puntos limpios, puntos verdes y centros de acopio deben cumplir con la normativa sanitaria y la Norma Chilena NCh3376, la cual establece en forma transversal las características de los contenedores de residuos, requisitos generales de diseño de las instalaciones de recepción y almacenamiento de residuos y requisitos de señalización e información. Para puntos limpios en específico, deben contar con: Área de recepción de residuos, área de clasificación, para de pretratamiento para efectuar compactación y enfardado, área de almacenamiento o acopio y área de estacionamientos.

Para que puedan operar los puntos limpios, estos deben contar con un manual que describa: i) Los procedimientos de operación, ii) el plan de retiro de residuos, ii) el plan de limpieza y control de vectores, iv) plan de seguridad, v) destino de los residuos recolectados y vi) programa de capacitaciones acordes a la normativa vigente. La Tabla N°37 muestra las etapas para puntos limpios:

Tabla 37: Adaptación etapas de operación de puntos limpios (Fundación Chile, 2019)

Etapas	Descripción
Recepción	Referido a la recepción de los residuos separados, limpios y secos. Durante la recepción se indica además el tipo de información que deberá ser entrada a los usuarios por parte del personal del punto limpio.
Clasificación y pretratamiento	En caso de realizar clasificación y pretratamiento, el personal del punto limpio deberá revisar el material recibido y corregir en caso de que el material no fuese depositado de manera adecuada. En caso de utilizar maquinas que realicen los procesos de compactación y enfardado, estas deberán ser operadas de acuerdo a los manuales de fabricantes.
Almacenamiento	Los residuos deberán ser almacenados en forma ordenada e identificados adecuadamente, estableciendo para ellos un sector de accesos restringido al público en general
Retiro	Los residuos deberán ser retirados de acuerdo a la frecuencia establecida, pudiendo ser pesados en el punto limpio o en el lugar de destino

No existe impedimento alguno para que cualquier persona pueda disponer sus residuos en cualquier punto limpio, en otras palabras, cualquier persona puede entregar sus residuos de manera gratuita, independiente de la comuna en que resida.

El destino de los RAEE almacenados es la derivación a distintas organizaciones y empresas, pudiendo también ser entregados a recicladores base. La Tabla N°38 muestra el destino de los RAEE recibidos en puntos limpios:

Tabla 38: Destino de RAEE dispuestos en puntos limpios (Fundación Chile, 2019)

Comuna	RAEE	Destinatario
Vitacura	TV y pantallas	HIDRONOR
	Otros	KDM
Las Condes	Todos	Fundación REMAR
Puente Alto	S/I	S/I
San Miguel	Todos	Reciclador de Base y Relleno sanitario
San Fernando	Todos	S/I
Concepción	<i>E-waste</i>	RECYCLA

No necesariamente los residuos son dispuestos en empresas de reciclaje y disposición final, sino que también pueden ser gestionados por organizaciones y recicladores.

- **Puntos verdes:** Los puntos verdes corresponden a uno o más contenedores, fijos o móviles, ubicados en lugares de uso o acceso público destinados a recibir residuos específicos entregados por la población, para su almacenamiento y envío a instalaciones de valorización o eliminación.

Los RAEE recibidos en puntos verdes corresponden a estructuras destinadas a la recepción de celulares y accesorios (cables, cargadores, audífonos, etc.), cartuchos de tinta y *toner*, pilas, baterías y discos compactos. Las dimensiones de las estructuras varían, pero según datos de CHILENTER y RECYCLA, la capacidad de los mismos oscila entre 360 litros y 770 litros, alcanzando su máxima capacidad cada 3 y 6 meses respectivamente (Fundación Chile, 2019)

La primera iniciativa regional fue en el Región Metropolitana en el año 2009 en las estaciones de Metro, donde se dispuso de contenedores para la recepción de celulares y residuos electrónicos (manos libres, cargadores, baterías y pilas). La campaña la realizó Claro y Metro, teniendo como empresa gestora a DEGRAF. Para el año 2011 la campaña había logrado recolectar 100 mil unidades de celulares. La iniciativa primaria a nivel nacional de instalación de puntos verdes corresponde al programa “100 contenedores para Chile”, siendo gestionada el año 2016 a través de una alianza entre la Fundación RECYCLAPOLIS y las empresas ENTEL y Masisa, siendo patrocinadas por el Ministerio del Medio Ambiente y la Intendencia Metropolitana. En su inicio, los contenedores se instalaron en establecimientos educacionales, instituciones públicas y privadas. Actualmente, los contenedores son instalados por empresas gestoras de residuos como: RECYCLAPOLIS, CHILENTER, DEGRAF y MIDAS.

A continuación, se muestra la Tabla N°39 con la distribución geográfica de los puntos verdes:

Tabla 39: Distribución de puntos verdes operados por gestores de RAEE (Fundación Chile, 2019)

Región	RECYCLA	DEGRAF	CHILENTER	Total
I	25	0	0	25
II	0	0	0	0
III	70	0	0	70
IV	60	0	0	60
V	100	0	0	100
RM	120	1	32	153
VI	70	0	0	70
VII	40	0	0	40
VIII	100	0	0	100
IX	70	0	0	70
X	40	0	0	40
XI	25	0	0	25
XII	25	0	0	25
XIV	40	0	0	40
XV	25	0	0	40
Total	810	1	32	843

En la actualidad el programa “100 contenedores para Chile” pasó a denominarse “Reciclaje electrónico para Chile” y se encuentra en su 15° etapa.

- **Recolección mediante campañas:** Las campañas de recolección realizadas por los municipios, instituciones y empresas, representan uno de los métodos con mayor alcance geográfico y con mayor difusión en la población. Estas campañas corresponden a iniciativas puntuales que son coordinadas y realizadas en conjunto con empresas gestoras (CHILENTER, MIDAS, REGRAF, CHILERECICLA, entre otras) las cuales tienen como misión la valorización de los aparatos.

La duración de las campañas varía, pudiendo realizarse en días o en semanas; a su vez abarcan una gran cantidad de territorio nacional debido a su cobertura. En general, la cobertura de estas campañas está determinada por los costos asociados a la realización de campañas, los cuales son determinantes, y no por la capacidad de empresas gestoras. En cuanto a la cobertura de subcategorías, muchas veces las campañas se enfocan en un residuo en particular, lo cual depende de la entidad que financie la campaña y también de los residuos que pueda recibir el gestor.

En todas las campañas existe un cobro asociado, el cual puede ser incurrido por los municipios o por empresas a través de su área de Responsabilidad Social Empresarial, siendo estas últimas quienes contratan el servicio de los gestores.

En cuanto a la operación de los servicios, los gestores se encargan de la logística de la valorización de los residuos, pudiendo dejar el proceso de desafiación a cargo del municipio.

- **Otros operativos de Recolección Municipal (voluminosos):** En diversos municipios, la recolección de RAEE se realiza por medio del retiro de residuos voluminosos, los cuales se hacen de forma periódica según la comuna. Esta recolección está enfocada en residuos voluminosos (muebles y electrodomésticos, por ejemplo), aunque hay una parte que corresponde a RAEE. En la actualidad no hay registro de los RAEE que se recolectan del total de residuos recibidos.

Los municipios que trabajan con organizaciones, fundaciones o recicladores de base, son estos quienes realizan la separación de los RAEE del resto de voluminosos, por ende el destino final es el reciclaje o reacondicionamiento. Para el caso contrario los residuos voluminosos son trasladados a rellenos sanitarios.

El tiempo de recolección de los residuos es variable, pudiendo hacerse de forma planificada en puntos específicos de la comuna o en función de las necesidades de la ciudadanía.

- **Entrega directa en centros de acopio o plantas de tratamiento:** Las plantas de tratamiento y centros de acopio reciben RAEE de personas naturales que hacen entrega de estos de manera voluntaria. Si bien los gestores de pretratamiento cobran un monto por RAEE recibido, para personas naturales no lo hacen efectivo debido a que prima la voluntad de reciclar y por la baja cantidad de productos.

Normalmente las entregas se hacen mediante vehículos particulares y sus residuos son de aparatos informáticos de categoría E1 (computadores, impresoras domésticas, CPU) o categoría F1 de pequeños electrodomésticos

- **Recicladores de Base:** Corresponden a “persona natural que, mediante el uso de la técnica artesanal y semi industrial, se dedica en forma directa y habitual a la recolección selectiva de residuos domiciliarios o asimilables y a la gestión de instalaciones de recepción y almacenamiento de tales residuos, incluyendo su clasificación y pretratamiento. Sin perjuicio

de lo anterior, se considerarán también como recicladores de base las personas jurídicas que estén compuestas exclusivamente por personas naturales registradas como recicladores de base, según artículo 37”.

Los “RdeB” son independientes y se desenvuelven en el mercado informal y dentro de un esquema social de exclusión. Sus ingresos provienen de la venta de materiales reciclables entregados a empresas recuperadoras, intermediarios o centros de reciclaje, además de la venta de residuos reutilizables en mercados y ferias libres.

Para obtener el material reciclable, los RdeB recorren las calles recogiendo residuos y en rutas de trabajo asociadas principalmente a zonas atractivas desde el punto de vista de la generación (cantidad y calidad) de residuos reciclables. Se estima que hay alrededor de 60.000 recicladores en el país y unas 180.000 personas que viven de esta actividad, según el documento “Política de Inclusión de Recicladores de Base 2016-2020”. La mujer representa un papel clave en este oficio, alcanzando a representar más del 60% del total de recicladores en algunas comunas (MMA, 2016)

Los RdeB pueden recolectar varios productos, pero su enfoque está en papel, cartón, vidrio, chatarra y aluminio. Solo la empresa valorizadora de reciclaje Aza cuenta con un catastro de recicladores, lo cual asciende a un total de 2.000, que proveen a dicha empresa metal férreo para la fabricación de aceros en la Región Metropolitana y en la Región de Valparaíso.

El movimiento Nacional de Recicladores de Base, informo que todos los recicladores se dedicarían a la comercialización de estos aparatos o residuos en baja escala si se considera que no solamente existen labores de procesamiento/desmantelamiento de RAEE, sino que también la comercialización de AEE reparados y vendidos en ferias libres.

Las actividades en torno a los desechos electrónicos más comúnmente reportadas fueron: el reciclaje (62%), la recolección (34%), la reparación (31%) y el desecho de chatarra (25%). Los participantes indicaron su papel principal en los procesos de desechos electrónicos como recicladores (46%), recolectores (42%), reparadores (34%) y chatarra (10%).

En cuanto a los métodos de recolección, existen rutas definidas por los recicladores, pero también utilizan la entrega directa de RAEE de parte de viviendas. En ese sentido, los recicladores pueden darse a conocer a la comunidad en forma asociativa o individual mediante la visita a las viviendas de distintas comunas, entregando información respecto de los posibles residuos a recibir.

- **Contrato del servicio de valorización en empresas gestoras:** Existen Gestores Intermedios para aquellas empresas que cuenten con los medios para contratar servicios de valorización de residuos. El modelo de negocios de las empresas gestoras contempla el cobro de una tarifa por kilo o tonelada de material recibido, motivo por el cual, en su mayoría, los clientes que contratan estos servicios corresponden a grandes compañías en Chile.

Los gestores intermediarios son empresas encargadas de canalizar y preparar los residuos para su valorización. En el caso de los RAEE hay varias empresas privadas que ofrecen los 3 tipos de valorización (reutilización, reciclaje y valorización energética), como también ofrecen una fundación de derecho privado sin fines de lucro perteneciente a la Dirección Sociocultural de la Presidencia de la Republica, fundada el año 2002 llamada CHILENTER. El mercado encargado del pretratamiento de los RAEE se concentra en la ciudad de Santiago, con empresas que cumplen con las autorizaciones y permisos requeridos como: MIDAS, REGRAF, CHILENTER, RECYCLA y ECOSER.

Hay otros casos de gestores intermediarios que cuentan o están *adportas* de la obtención de los permisos como CHILERECICLA (Biobío) y en la región de Antofagasta Solarix e Hidronor (influenciados por la actividad minera).

Según las necesidades de las empresas que contratan estos servicios y recursos destinados a estas actividades, ha aparecido un mercado informal importante que reciben gran parte de los residuos valorizables sin costo por su gestión, usando el residuo como una fuente de recursos adicional y centran su mercado en el negocio en la chatarra y en la reventa de partes.

Las variables que inciden en este tipo de servicios se relacionan con: 1) el grado de responsabilidad social y ambiental que tenga la empresa; 2) el conocimiento de su personal interno en el área ambiental y de gestión de residuos; 3) los recursos disponibles para la financiación de los servicios y; 4) la influencia de las filiales internacionales en caso de ser empresas con casas matrices fuera del país.

A.2. TRANSPORTE

Las Tablas N°40 y N°41 muestran la cantidad de empresas que cuentan con autorización para el transporte de RESPEL y RESNOPEL:

Tabla 40: Total empresas de transporte de residuos peligrosos autorizadas (Fundación Chile, 2019)

Zona	Región	Empresas autorizadas a transportar Residuos Peligrosos	Empresas autorizadas a transportar RAEE	Cantidad de vehículos para transporte de RAEE	Participación flota por zona geográfica
Zona Norte	Arica y Parinacota	3	1	S/I	13%
	Tarapacá	17	8	116	
	Antofagasta	64	S/I	S/I	
	Atacama	12	-	-	
	Coquimbo	1	-	-	
Zona Centro	Valparaíso	58	25	181	71%
	Metropolitana	188	81	448	
	O'Higgins	12	S/I	S/I	
	Maule	5	-	-	
	Ñuble	21	-	-	
	Biobío	83	S/I	S/I	
Zona sur	Araucanía	13	5	6	16%
	Los Ríos	22	10	29	
	Los Lagos	19	S/I	S/I	
	Aysén	5	-	-	
	Magallanes	36	7	109	
	Total general	562	137	889	

Tabla 41: Empresas autorizadas a transportar residuos no peligrosos (Fundación Chile, 2019)

Zona	Región	Empresas autorizadas a transportar Residuos No Peligrosos	Empresas autorizadas a transportar RAEE	Cantidad de vehículos para transporte de RAEE	Participación flota por zona geográfica
Zona Norte	Arica y Parinacota	11	0	0	3%
	Tarapacá	78	1	S/I	
	Antofagasta	30	2	17	
	Atacama	47	S/I	S/I	
	Coquimbo	40	S/I	S/I	
Zona Centro	Valparaíso	*	*	*	87%
	Metropolitana	803	100	502	
	O'Higgins	S/I	S/I	S/I	
	Maule	S/I	0	0	
	Ñuble	*	*	*	
	Biobío	151	S/I	S/I	
Zona sur	Araucanía	1	S/I	S/I	10%
	Los Ríos	*	*	*	
	Los Lagos	*	*	*	
	Aysén	32	S/I	S/I	
	Magallanes	59	2	59	
	Total general	1.205	105	578	

*Sin respuesta de SEREMI o sin información pública disponible

A.3. EMPRESAS QUE REALIZAN PRETRATAMIENTO DE RAEE EN CHILE

- **CHILENTER:** es una fundación sin fines de lucro que recibe artefactos eléctricos y electrónicos (AEE) en desuso, lo revisan y lo reciclan o reacondicionan. Su objetivo es que luego del segundo uso, vuelvan al proceso de reciclaje no terminen en vertederos. Desde 2019 al 2018 han procesado 1.650 toneladas de *e-waste* a nivel nacional e internacional (Fundación Chile, 2019)

Otro objetivo que tiene la fundación es valorizar las piezas, dando una nueva utilidad a los materiales extraídos, tales como oro, plata, cobre entre otros. Según lo indicado por (veo verde , 2015) 2.8 toneladas de lectores de DVD/CD, 6.7 toneladas de fuentes de poder, 1.6 toneladas de floppy, 2.7 toneladas de discos duros y 3.1 toneladas de diferentes tipos de

cables fueron enviados a Rotterdam por Chilenter para ser reciclados en Holanda (Del et al., 2011).

- **CHILE RECICLA:** Empresa ubicada en Chillan, Región de Ñuble, en convenio con un proyecto inmobiliario “Santa Elena de Chicureo”, realizo en Abril de 2017 una campaña de reciclaje de *e-waste* para la comunidad residente permitiendo que más de 850 familias lograran deshacerse de forma programada de sus artefactos en desuso (Fundación Chile, 2019).

Los e-waste recolectados se trasladados a la planta de tratamiento de Chilerecicla. En dicho lugar se procesan, de manera manual y mecánica, aparatos para obtención de metales ferrosos, no ferrosos, plásticos y circuitos integrados. Estos últimos son enviados a Bélgica para la recuperación de metales preciosos como oro, plata, paladio; además de cobre; garantizando un reciclaje seguro y amigable con el medio ambiente (Del et al., 2011).

- **DEGRAF:** Es un gestor integral de residuos industriales con especialización en residuos electrónicos y eléctricos (RAEE), residuos peligrosos (RESPEL) y residuos metálicos ferrosos y no ferrosos. En la actualidad presta servicios de reciclaje de AEE, destrucción certificada de datos y activos, disposición/valorización segura de activos informáticos (ITAD) y gestión integral de residuos peligrosos y no peligrosos a empresas, corporaciones, organismos estatales, municipales e instituciones con o sin fines de lucro.
- **CODEC:** Empresa autorizada para el tratamiento de computadores y electrónicos en desuso. Se sustenta con el servicio de retiro de equipamiento de desuso, cumpliendo con la norma chilena de reciclaje. Además cuenta con personal de transporte para realizar su gestión y servicios.
- **VOLTACHILE ECOSER:** Especialistas en recolección de residuos peligrosos, asimilables a domiciliarios y reciclables.
- **RECYCLA:** Planta que se hace cargo del manejo integral y responsable de los RAEE, tales como equipos de fax, impresoras, computadores, celulares, entre otros. Además, reciclan productos de línea blanca como lavadoras, hornos y cocinas, respetando la legislación nacional actual. Al mismo tiempo, reciben diferentes tipos de metales ferrosos en su mayoría en forma de chatarra, siendo clasificados, limpiados de impurezas y reciclados.

A.4. EMPRESAS QUE REALIZAN TRATAMIENTO/VALORIZACION DE RAEE EN CHILE

Aza

En la actualidad posee operaciones industriales en 14 países, cuenta con más de 45 mil colaboradores y una capacidad de producción instalada sobre 25 millones de toneladas de acero reciclado al año. Produce acero para la industria de la construcción, metalmecánica y minera fundamentalmente. Cuenta con una capacidad instalada de 520.000 toneladas anuales y además posee dos plantas ubicadas en la RM y con tres centros de reciclaje en Antofagasta, Concepción y Temuco.

Su producción de acero se basa exclusivamente en el reciclaje de chatarra ferrosa y es la mayor empresa recicladora del país. En 2017 transformaron más de 500 millones de kilos de chatarra en acero nuevo. La chatarra proviene de descartes de acero de la industria nacional, así como de automóviles y electrodomésticos, evitando su acumulación en vertederos y la contaminación ambiental. Además hay aporte de recicladores de base.

Sudmetal

Participa en el sector regional de reciclaje de metales no ferrosos desde 1996. Los metales valorizados corresponden a excedentes de aceros inoxidable en todos los grados aleaciones refractarias base níquel, cromo y molibdeno, aleaciones de aluminio y aceros al carbono de construcción mecánica y estructural. Las cantidades procesadas al año corresponden a 2.000 toneladas.

Difeza

Los productos y servicios que ofrece Difeza son:

- Compra de productos al detalle y al por mayor de:
 - Chatarra de fierro pesada, liviana, viruta.
 - Cartón y papel.
 - Metales no ferrosos en todas sus variedades (cobre, bronce, aluminio, acero inoxidable)
- Venta de productos:

- Material de reemplazo al detalle, productos en buen estado y reutilizables.
- Venta al por mayor de los demás productos.
- Servicios
 - Destrucción certificada de activos estratégicos
 - Retiro y transporte de chatarra, para el cual cuentan con la empresa Transrecicla, la cual realiza el servicio de retiro de chatarra sin costo para el usuario. Recolecta tanto de clientes mayoristas como minoristas.
- Realiza además la selección y clasificación de los materiales, para luego pasar al proceso de trituración y compactación de la chatarra. La chatarra resultante es comercializada en plantas siderúrgicas, tales como AZA.

Cemento Polpaico

La planta Coactiva permite sustituir combustibles tradicionales por energía térmica generada a través del co-procesamiento de residuos en el horno de la Planta de Cerro Blanco. Los residuos que recibe la Planta Coactiva provienen de importantes empresas del país, pertenecientes a distintos rubros. Dentro de los residuos se encuentran plásticos provenientes de RAEE en desuso.

Recicladora Ambiental (RAM) – Recimat

Empresa de reciclaje que transporta, almacena y recicla residuos peligrosos de plomo, tales como borras anódicas y ánodos de plomo en desuso. Desde el 2007 da disposición final adecuada a las baterías de plomo ácido fuera de uso. Es la única empresa en Chile con permisos y tecnología para reciclar las baterías, separar sus elementos y darle un nuevo uso.

A.5. EMPRESAS QUE REALIZAN DISPOSICION FINAL DE RAEE EN CHILE

Hidronor

Cuentan con tecnología que permite tratar residuos industriales y dar disposición final adecuada a residuos peligrosos, los cuales son enviados por empresas generadoras de residuos o también por gestores de RAEE.

Plantas con que cuenta Hidronor:

- Planta de revalorización: procesa residuos de tipo orgánico (con o sin presencia de sustancias peligrosas) que tienen gran poder calorífico como lubricantes usados, fluidos hidráulicos etc.
- Planta de tratamiento de Riles: residuos industriales líquidos que requieren de un tratamiento.
- Planta de tratamiento de Inertización: tratamiento de residuos sólidos, semi sólidos, pastosos como son fangos de tratamiento, borras, arenas, escorias, suelos contaminados, polvos generadores en el control de emisiones, etc.
- Depósito de seguridad: permite confinar los residuos previamente tratados.

A.6. CANTIDAD ALMACENADA DE RAEE POR EMPRESAS EN CHILE

MIDAS

Posee una superficie total emplazada de 5.600m², de los cuales 2.720m² corresponde a superficie construida. Cuenta con 348m² para el almacenamiento de RESPEL, los cuales pueden ser almacenados como máximo a 4,4 metros de altura. En cuanto a RESNOPEL la empresa no tiene un detalle de la cantidad almacenada por tipo de residuo, pero como cuentan con espacio limitado de almacenamiento, los RESPEL que son almacenados llegan a la cantidad de una carga de camión para luego derivar a planta de reciclaje o disposición final.

DEGRAF

La empresa DEGRAF presenta un total de superficie de 2.400m², de los cuales 1.604m² son de superficie construida. La tabla N°42 muestra la superficie destinada a almacenamiento.

Tabla 42: superficies destinadas al almacenamiento de residuos (Fundación Chile, 2019)

Categorías	Área [m²]	Altura Máxima [m]
E – grandes equipos	72	2
F – Pequeños equipos	66	2
Residuos peligrosos	55	1

La tabla N°43 muestra las cantidades máximas a almacenar por RESPEL y RESNOPEL

Tabla 43: Cantidades máximas a almacenar por residuo peligroso y no peligroso (Fundación Chile, 2019)

Tipo de residuo	Categoría MMA asociadas	Cantidad máxima a almacenar (ton)
Peligroso		
Circuitos impresos o integrados	A: A1-A2, A3, A4 B: B1, B2, B3 D: D1, D2 E: E1, E2 F: F1, F2, F3	25
Baterías y pilas	-	1
Baterías plomo-acido (sin electrolito)	-	10
Conectores	-	0,2
Pantallas de imágenes y tubos de rayos catódicos	B: B2	5
Condensadores	-	0,2
Catridge de tinta y toner	-	0,5
No peligroso		
Chatarra de plomo	B: B2	-
Acero inoxidable	A: A1-A2, A3, A4 B: B1, B2, B3 C: C2 E: E2	25
Bronce	-	5
Cobre	A: A1-A2, A3, A4 B: B1, B2, B3 D: D1, D2 E: E1, E2 F: F1, F2	30
Aluminio	A: A3 B: B1 C: C1, C2 D: D1, D2 E: E2	25
Fierro	E: E1	50
Plásticos	A: A1-A2, A3, A4 B: B1, B2, B3 C: C2 D: D1, D2	3

	E: E1, E2 F: F1, F2	
Vidrio	A: A1-A2, A4 C: C1 D: D1, D2 E: E2	5
Papeles y cartones	-	1

RECYCLA

RECYCLA cuenta con un terreno de 1.958m² para el desarrollo de actividades, de los cuales la superficie construida corresponde a 1.267m². A continuación la tabla N°44 muestra la superficie destinada a almacenamiento:

Tabla 44: Superficies destinadas al almacenamiento de residuos (Fundación Chile, 2019)

Sector	Categorías asociadas	Área [m ²]
Bodega techada	A, B, E, F	600
Sector de almacenamiento de residuos peligrosos	B	45
Almacenamientos plásticos, fierros	A, B, E, F	89,25
Almacenamiento temporal residuos electrónicos	A, B, E, F	174,34

CHILENTER

Posee una superficie de 1.792m² de zona de almacenamiento. En la tabla N°45 se muestra la cantidad de unidades que recibe CHILENTER por tipo de residuo.

Tabla 45: Unidades máximas a recibir por tipo de residuo (Fundación Chile, 2019)

Residuo	Categoría MMA	Unidades/mes	Unidades/año
Pantalla LCD	B	10.000	120.000
CPU	E	19.835	238.020
Notebooks	B	3.000	36.000
Celulares	F	10.000	120.000
UPS	E, F	1.200	14.400
Servidor	E, F	500	6.000
HUB/Switch			
Router			
Firewall			
KVM			
Modem			
Media converter			
Equipos de comunicaciones			
Centrales telefónicas			
Plantas telefónicas			
Fax			
Fotocopiadoras			
Telones			
Proyectores			
Impresoras	F	1.700	20.400
Periféricos	F		
Fuentes de poder	F	55.000	660.000
Lectores	F		
Discos duros	F		
Circuitos impresos	B, E, F		

CHILERECICLA

Según lo señalado en la página web de la empresa, esta cuenta con un terreno de 2,5 hectáreas para el almacenamiento de RAEE, además cuenta con una bodega de 1.200 m². No es posible identificar las autorizaciones de almacenamiento de la empresa, debido que no posee registro de la empresa en el SEIA.

A.7. DESTINO GEOGRAFICO DE RAEE

Tabla 46: Destino internacional de los RAEE según país/zona (Fundación Chile, 2019).

Lugar de destino	Componente	Cantidad RAEE	Cantidad RAEE	Cantidad RAEE (%)
Asia	Cable	0,33	5,28	0,05%
	Fracción de carcasa no ferrosa	4,95		
Bélgica	Acero	0,03	0,49	0,05%
	Cableado	0,01		
	CRT	0,29		
	Plástico	0,11		
	TCI – CRT	0,05		
EEUU – Panamá	Cable	0,82	262,89	24,42%
	Electrónico	249,84		
	Fracción de carcasa no ferrosa	12,24		
Japón	Acero	25,86	792,21	73,60%
	Aluminio	0,12		
	Cable	0,03		
	Electrónico	649,62		
	Electrónico (cuerpo de equipo)	67,51		
	Fracción de carcasa no ferrosa	0,47		
	Hierro	19,90		
	Plástico	27,38		
	Plástico (separable manualmente)	0,57		
	Vidrio	0,73		
Japón y Corea del Sur	Acero	2,65	13,66	1,27%
	Aluminio	0,03		
	Batería o pila	0,11		
	Cableado	0,05		
	Electrónico (cuerpo de equipo)	8,34		
	Plástico	1,48		
	Plástico (separable manualmente)	0,38		
	TCI – CRT	0,63		
Sin información	Fracción de carcasa no ferrosa	1,86	1,86	0,17%
Total general		1.076,40	1.076,40	100%

A.8. ELEMENTOS MENORES

A.8.1. TECLADO

Los teclados son dispositivos de entrada capaz de introducir información al software en forma de caracteres o símbolos, además es el medio de interacción entre el usuario y la interfaz del sistema operativo. Por lo anterior se le considera uno de los dispositivos más importantes de todo ordenador. La regla general de todo teclado radica en su función, la cual consta de introducir caracteres, códigos, controles de función u órdenes de desplazamiento; cada función está dada por microcontroladores que ordena cada tecla.

Casi todos los teclados, ya sean de interruptores electrónicos, palancas o sensores, poseen una estructura similar, por ende se pueden dividir en partes internas y externas, las cuales se muestran en la Figura 7 (Ing. Giovanni Monroy Combariza, 2019; Concepto ABC).

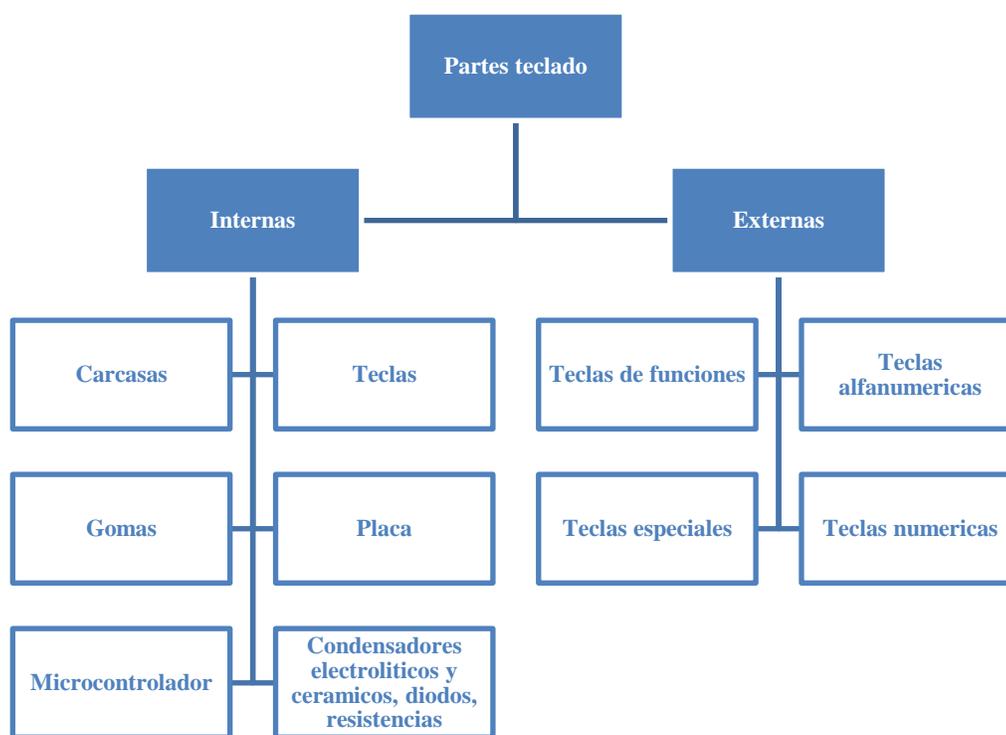


Figura 7: Partes de un teclado (Fuente: Elaboración propia en base al estudio)

Parte internas

- **Carcasas:** es la contención rígida que sostiene todas las piezas. Protege al teclado de los golpes. También dota al dispositivo de la flexibilidad en el caso de los teclados de goma.

- **Teclas:** son botones que están dispuestos en cada hendidura de la carcasa. Permiten la interacción con la interfaz mediante la introducción de caracteres.
- **Gomas:** se encuentran bajo cada tecla, dando comunicación a estas palancas, sensores, interruptores electrónicos, entre otros. También cumple la función de devolver la tecla a su lugar después de cada pulsación.
- **Placa:** comunica todas las palancas mecánicas y sensores con el microcontrolador. Se logra mediante circuitos integrados por buses.
- **Microcontrolador:** chip el cual asigna un valor número a cada botón. Envía esta información al ordenador que interpreta dicho valor en forma de carácter o función.
- Además, cada teclado tendrá condensadores electrolíticos y cerámicos, diodos y resistencias, como también su respectivo cable con un puerto (USB o PS/2).

Partes externas

- **Teclas de funciones:** teclas que se encuentran en la parte superior y central del teclado. Se identifican con una F mayúscula y un número. Van desde F1 a F12 y ejecutan funciones específicas de los programas.
- **Teclas alfanuméricas:** bloque más grande de botones; se encuentra en la porción central e izquierda del teclado. Cada tecla tiene asignado una letra del abecedario o un número específico.
- **Teclas especiales:** rodean al bloque alfanumérico; tienen inscritas su función o un símbolo que representa la misma. También incluyen botones de “flechas” o de desplazamiento.
- **Teclas numéricas:** solo se encuentran en teclados con disposición extendida. Están apartadas a la derecha del teclado. Las teclas corresponden a los números arábigos, símbolos matemáticos y algunas teclas de función como “*Enter*”.

Estructura

La estructura de un teclado no siempre tiene la misma disposición, algunos cambian según el idioma o la función que trabaje el usuario. Normalmente el orden de las teclas imita al de las antiguas máquinas de escribir. Existen variedades en la estructura, la Figura 8 muestra cuales son.



Figura 8: Estructura y tipos de teclado (Fuente: Elaboración propia en base a estudio)

Estructura

- **QWERTY:** es el más común en occidente. Su nombre viene dado por las primeras seis letras del bloque alfanumérico del teclado.
- **Variantes QWERTY:** poseen pequeñas variaciones a la estructura QWERTY. Un ejemplo es la adición de la “Ñ”.
- **Dvorak:** también conocido como teclado simplificado. Diseñado para brindar ergonomía en la escritura en inglés. Permite mayor velocidad de tecleo y menos errores mecanográficos.
- **Colemak:** en esta estructura se ordenaron las teclas más usadas en el idioma inglés bajo los dedos más fuertes de las manos. Esto brinda mayor ergonomía y velocidad de tecleo.

Tipos de teclado

- **Convencional:** más común, posee una disposición QWERTY en sus teclas. Los bloques de las teclas están alineados perpendicularmente unos con otros. Tiene una carcasa rígida poco flexible lo que le da estabilidad y dureza
- **Inalámbrico:** su principal característica es su comunicación al ordenador mediante un conector de rayos infrarrojos, *bluetooth* o más raramente por conexión de WiFi. Permite una mayor movilidad del teclado el cual se puede apartar a cierta distancia del ordenador.

- **Virtual:** es un programa de software, el cual da la función de un teclado físico dentro de la interfaz del monitor. Se interactúa mediante pulsaciones del cursor o del táctil sobre la imagen del teclado convencional.
- **Ergonómico:** cambia la forma y disposición de las teclas con el fin de mejorar la comodidad del usuario que lo maneje.

A.8.2 MOUSE

Es a través de este *hardware* que el usuario puede interactuar con el ordenador a través de su puntero o indicador, el cual puede visualizarse directamente en la pantalla. A su vez, la función principal de este es controlar todas las funciones que el usuario llega a ordenar a través de la computadora, donde mover el *mouse* en una determinada superficie automáticamente se moverá el puntero en la pantalla, lo que permite seleccionar cualquier aplicación o acción que se desee hacer en el ordenador.

Son elaborados en base a plástico, los cuales contienen un mecanismo especial que permite detectar en dos dimensiones el movimiento por el usuario, ya sea movimientos en avance o retroceso, o uno desde el eje X y el eje Z. Cualquier movimiento realizado en la superficie se verá reflejado en el monitor por medio de un cursor, puntero o flecha (Partesdel.com, 2017; Ing. Giovanni Monroy Combariza, 2019). La Figura 9 muestra las partes de un mouse..

Partes Mouse

Boton derecho
Boton izquierdo
Conectividad
Rueda de desplazamiento
Cubierta
Control de navegacion
Deslizadores
Cable
Receptaculo para baterias
Emisor de ondas
Sensor optico
Conmutadores
Controlador de hardware
Sensores CMOS, condesadores, diodos, resistencias, circuito impreso

Figura 9: Partes de un mouse (Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado)

Partes

- **Botón derecho:** ubicado al lado derecho del *mouse*. Con él se logra acceder a ciertas opciones de menús especializados, como también a diversas opciones de forma más rápida y sin tener que buscarlas en la barra de herramientas situada en la zona superior de la pantalla.
- **Botón izquierdo:** con él se interactúa y selecciona los programas, las funciones del ordenador y las páginas web de internet. Al pulsar dos veces este botón, se le indica al ordenador que abra un determinado programa. Además, se puede arrastrar cualquier ventana o icono de un lado a otro. Su función principal es indicar y a la vez ejecutar cualquier selección que el usuario realice, es decir, abrir, cerrar, mover, entre otras funciones.
- **Conectividad:** se refiere al cable que conecta a la computadora. Para un mouse inalámbrico, su conectividad se hace a través de señales infrarrojas las cuales mantienen la comunicación con el equipo.
- **Rueda de desplazamiento:** también conocido como *scroll*. Se encuentra ubicado entre el botón derecho e izquierdo del mouse. Gracias a esta rueda, la pantalla se puede mover de abajo hacia arriba y viceversa a gran velocidad. Además permite mover el cursor en la página, y a la vez mantiene el mouse parado

- **Cubierta:** también denominada como cuerpo o caparazón. Es la parte superficial del mouse que llega a proteger a todos los circuitos internos del mouse. Además influye en la belleza de este.
- **Control de navegación:** ubicada en la zona inferior del mouse que logra mover el puntero por toda la pantalla, y a la vez logra interactuar y selección ciertos objetos. Se puede presentar como laser óptico o como una pelota de goma dura.
- **Deslizadores:** a través de estos el mouse logra moverse mucho más rápido y fácil sobre cualquier superficie lisa.
- **Cable:** parte del mouse donde toda la alimentación es recibida y posteriormente lleva señales en dirección al puerto del computador.
- **Receptáculo para baterías:** corresponde al sitio en el cual las pilas de alimentación del mouse son introducidas. Corresponde principalmente a mouse inalámbricos.
- **Emisor de ondas:** irradia señales infrarrojas o señales de radio a la hora de crear una comunicación con el usuario que está conectado en el ordenador.
- **Sensor óptico:** logra determinar el lugar del mouse en una determinada superficie, lo cual lo realiza a través de la luz (comúnmente LED). Esta posición es trasformada en el monitor en coordenada.
- **Conmutadores:** se encarga de recibir los impulsos cuando el usuario oprime el botón izquierdo o derecho del mouse.
- **Controlador de hardware:** encargado de procesar todas las señales creadas por el mouse o ratón, y posteriormente la transporta al emisor de onda.
- Además, podemos encontrar sensores CMOS, tarjeta principal o controladora, condensadores cerámicos y electrolíticos, resistencias, diodos y un circuito impreso.

A.8.3. ALTAVOCES

Para explicar cómo funcionan los altavoces, primero definiremos lo que es sonido: vibración que percibimos en el aire (o líquido, o resonancia en la materia sólida). Con esto aclarado, los altavoces funcionan de la siguiente manera: dentro del altavoz se encuentra un imán, en cuyo interior hay a su vez una bobina que recibe la corriente eléctrica. La electricidad mueve la bobina, por lo que la membrana del diafragma vibra y genera ondas sonoras en distintas frecuencias según la intensidad

del movimiento de la bobina (Luis, 2020; Profesional review, 2011). La Figura 10 muestra los tipos de altavoces existentes.

Tipos de altavoces	Tipos
	Dinamicos
	Electrostaticos
	Piezoelectricos
Segun fuente de energia	Pasivos
	Activos
Segun frecuencia principal	Tweeter (agudo)
	Squaer (medios)
	Woofers (graves)
	Subwoofer (subgraves)
Segun Materiales	Celulosa
	Polimeros
	Metales
	Carbono depositado
Segun conexion	Jack 3,5mm
	USB
	Inalambricos

Figura 10: Tipos de altavoces (Fuente: Elaboración propia según estudios)

Tipos

- **Dinámicos:** son los más polivalentes y difundidos de la actualidad. Se les denomina de esa forma debido a que el sonido se genera mediante el movimiento de la bobina. Se suelen fabricar con forma de cúpula para los *tweeters* y con forma de cono para los *woofers*.
- **Electroestáticos:** también llamado altavoz de condensador. Funciona mediante tres placas metálicas con cargas eléctricas opuestas. La placa central es móvil y cambia de posición según el magnetismo generado por el voltaje que recibe, haciendo vibrar el diafragma.
- **Piezoeléctricos:** funcionan mediante la fricción de cristales, generalmente cuarzo, poliéster o cerámica, que se deforman al recibir una corriente eléctrica y generan sonido. Se encuentran en la fabricación de *drivers* de *tweeters*.

Según su fuente de energía:

- **Pasivos:** funcionan sin necesidad de conectarlos a la red eléctrica

- **Activos:** son aquellos que necesitan conectarse a la corriente además de nuestro ordenador.

Según su frecuencia principal:

- **Tweeter (agudo):** son los más pequeños y son infaltables en un altavoz. Oscilan con frecuencias altas entre 2000 y 20000hz dependiendo del modelo. Suelen tener una estructura de cúpula y pueden encontrarse de cúpula blanda o cúpula rígida:
 - Cúpula blanda: se emplean materiales textiles, como la seda u otras fibras. Su sonido es muy natura
 - Cúpula rígida: fabricados con metales como el titanio o el aluminio, como también cerámicos. El material usado afectara el sonido de manera intima, por lo tanto, un tweeter de titanio no sonara igual que uno de aluminio.
- **Squaer (medios):** Es el segundo más común y a menudo simula os sonidos más graves a falta de un *woofer* dedicado. Tamaño intermedio y trabaja en frecuencias de 1000 a 4000 Hz. Tienen forma de cono o cúpula según el fabricante
- **Woofer (graves):** Se mueven en frecuencias menores a 4000Hz, normalmente rondan entre los 40 y 1000Hz.
- **Subwoofer (subgraves):** se le conoce tradicionalmente como una caja de bajos cuando viene por separado. Se mueve en frecuencias de 20 a 200 Hz y es más profundo de toda la escala. Se pueden encontrar dos modalidades en el mercado:
 - Integrado en el altavoz: ocurre en los altavoces de tres vías, estos tienen un driver específico para frecuencias graves y aquellos con frecuencias más bajas pueden ser catalogados como *subwoofers*.
 - Caja de bajos: son los modelos más comunes. Suelen encontrarse conectados en serie junto a dos altavoces o comprarlos por separado.

Según sus materiales: las características que estos materiales deben presentar son rigidez y ligereza, puesto que afecta al sonido según el material del que esté formado el diafragma. Se pueden agrupar en tres grupos diferentes:

- **Celulosa:** papel tratado con barnices para aumentar su resistencia y rigidez. Altamente usado en todos los tamaños. El papel es menos resistente, pero posee un buen rendimiento en un espectro de frecuencias amplio.

- **Polímeros:** son los materiales sintéticos. Ofrecen mayor rigidez que el papel y más longevidad.
 - Polipropileno: muy ligero y algo más rígido que el papel. Recomendable para altavoces de pequeño a medio tamaño.
 - Polimetilpenteno: más ligero y rígido que el polipropileno. Indicado para frecuencias medias.
 - Fibra de carbono: rigidez y absorción muy altas. Este material es excelente para graves y el mejor con diferencia.
 - Kevlar: ideal para altavoces muy potentes debido a su resistencia al deterioro y gran rigidez, aunque resta calidad al sonido.
- **Metales:** el tipo de metal usado siempre afecta al sonido final.
 - Aluminio y magnesio: estos metales poseen características muy similares. Tienen alta rigidez y en general otorgan un sonido bastante natural, pero con un toque metálico de fondo. Se encuentra en altavoces de pequeño tamaño.
- **Carbono depositado:** consiste en cubrir un material base como celulosa o polipropileno con carbono. Tiene características sonoras a medio camino entre la cúpula rígida y blanda, pudiendo acercarse más a una u otra rama según la proporción del carbono.

Según su conexión: hace referencia al cableado que poseen.

- **Jack 3,5 mm:** es el de toda la vida y a día de hoy aún muy utilizado. Se habla de un posible reemplazo por el puerto USB, pero aún se le considera un estándar en la industria del sonido y casi todos los dispositivos cuentan con este puerto.
- **USB:** introducido recientemente, viene a representar el avance del sonido digital. Ofrece mayor comodidad de conexión al momento de usar altavoces conector al ordenador.
- **Inalámbricos:** conectados vía *bluetooth*, lo cual nos permite el ahorro de cables.

En resumen, del interior hacia el exterior de un altavoz podemos encontrar: una placa posterior, imán, junta, placa frontal, bobina móvil, campana, “araña”, cono, suspensión, asiento externo y tapa contra polvo.

A.8.4. WEBCAMS

Son cámaras digitales que se pueden conectar al ordenador para enviar imágenes en directo a cualquier parte del mundo a través de Internet. Se le puede considerar como los ojos de una computadora y son las que permiten ver lo que sucede; además existen monitores de computadoras y laptops que ya traen integrada su cámara web.

En lenguaje técnico se le define como un periférico de entrada, el cual permite al usuario introducir información en la computadora como lo hace el teclado, el mouse, el escáner u otros periféricos. La información otorgada solo puede ingresar en forma de imagen y videos, sin embargo hay modelos que poseen un micrófono integrado lo que permite grabar sonidos.

El uso preferente que se les da a las webcams son videos chats, un ejemplo de ello es una conversación por Skype (Partes de la computadora, 2023). La Figura 11 muestra las características y partes que contiene una webcam.



Figura 11: Características y partes de una webcam (Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado)

Características

- Resolución: indica las dimensiones con las que se puede grabar, normalmente las resoluciones de una cámara web son bajas debido a la economía del dispositivo. Una resolución aproximada es de 640x480.
- Diseño: este es un factor importante, ya que el usuario puede necesitar realizar movimientos que una cámara web fija no podría seguir. Por lo tanto, hay cámaras que permiten girar desde los 180° hasta los 360°, incluso algunas no necesitan cables para conectarse a la PC.
- Micrófono integrado: son suficientes para cualquier tipo de tarea que el usuario requiera, aunque si es una persona profesional se le recomienda un micrófono independiente.
- Software: la mayoría posee un programa por defecto, permitiendo al usuario realizar tareas que necesite con el dispositivo.

Partes

- Lente óptico: su misión es captar las imágenes que se pueden grabar o transmitir en la computadora.
- Base: depende del modelo, pero permite colocar el dispositivo en el lugar y posición que el usuario necesite.
- Tipo de conexión: normalmente es a través de un cable USB, aunque hay modelos que permiten la conexión por WiFi
- Cubierta o carcasa: es la armadura de la cámara web, cubriendo los componentes importantes y circuitos internos que posee el dispositivo.
- Circuito CMOS o CDD.

A.8.5. CARGADORES

Es la herramienta empleada para suministrar una corriente eléctrica, en sentido opuesto a la de la corriente de descarga, o a una pila recargable, para que este recupere su carga energética. Otra función que posee es la de convertir la corriente alterna en directa de voltaje bajo (Partes del, 2019). La Figura 12 muestra los componentes presentes en cargadores.

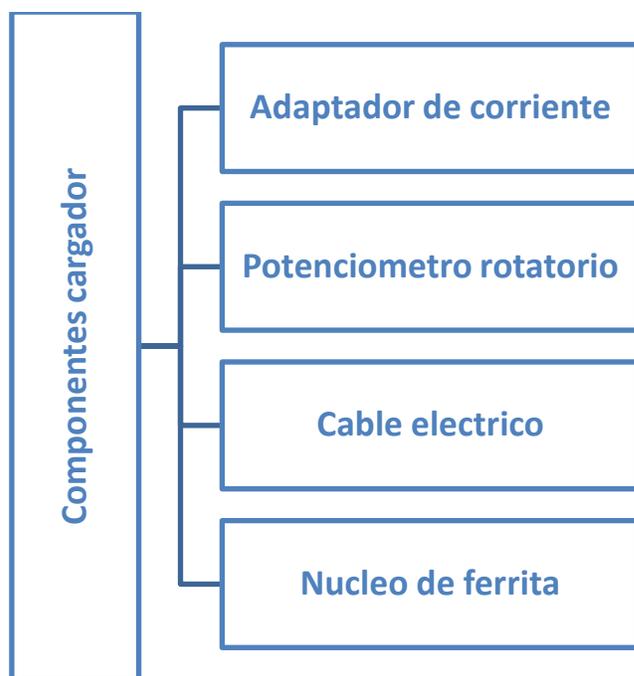


Figura 12: Componentes de un cargador (Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado)

Componentes

- **Adaptador de corriente:** se creó para su empleo en la industria de las telecomunicaciones y laboratorios. Integrado con una salida de tensión fija o ajustable, o bien una salida de tensión; así mediante los aparatos alimentadores puede verse limitado el voltaje o la corriente en cierta manera con el objetivo de que los circuitos que sirven de prueba no sean destruidos.
- **Potenciómetro rotatorio:** ajusta los parámetros antes mencionados; además posee una doble función, esto quiere decir que los reguladores de la fuente de alimentación tienen un ajuste fino y grueso. Por lo tanto, con el adaptador de corriente se permite un ajuste muy concreto de voltaje y corriente.
- **Cable eléctrico:** consiste en una herramienta que tiene como fin conducir la electricidad. Suele estar creado con cobre (alto nivel de conductividad) o aluminio (más económico que el cobre). Conformados por el conductor (diseñado con un o más hilos que conducen la corriente), aislamiento (que envuelve el conductor para que la corriente eléctrica no se desplace por fuera del cable), la capa de relleno (material aislante que facilita la conservación de la forma circular del conglomerado) y la cubierta (materiales que resguardan al cable de las inclemencias del clima).

- **Núcleo de ferrita:** también denominados filtros de interferencias electromagnéticas (EMI). Funciona como un filtro de corrientes parasitas e impide que se pierda la energía en los cables. En otras palabras facilita que los cargadores sean mucho más eficientes y que las maquinas se carguen mucho más rápido. Una característica más esencial es disminuir las interferencias de radiofrecuencias (EMI y RFI), puesto que los cilindros conservan la energía que se desplaza por los cables y funciona como barrera de los picos de tensión; a su vez, son más eficientes mientras más cercano estén a la fuente de electromagnetismo, por eso es normal ver este pieza en los extremos de los cables. Otra característica de este componente es su función como inductores que impiden los sonidos de alta frecuencia en los circuitos electrónicos; dicho filtro tiene diversos compuestos cerámicos, procedentes de óxidos y óxidos de diferentes metales de transición.

A.8.6. CARGADORES DE CELULARES

Los cargadores de celulares nos permiten recargar la batería del teléfono. Dicho elemento es muy usado en la actualidad, como también puede deteriorarse con rapidez debido a un manejo negligente del usuario. Las partes que posee un cargador de celulares son (Sugest.es, 2023). La Figura 13 muestra las partes que posee un cargador de celulares.

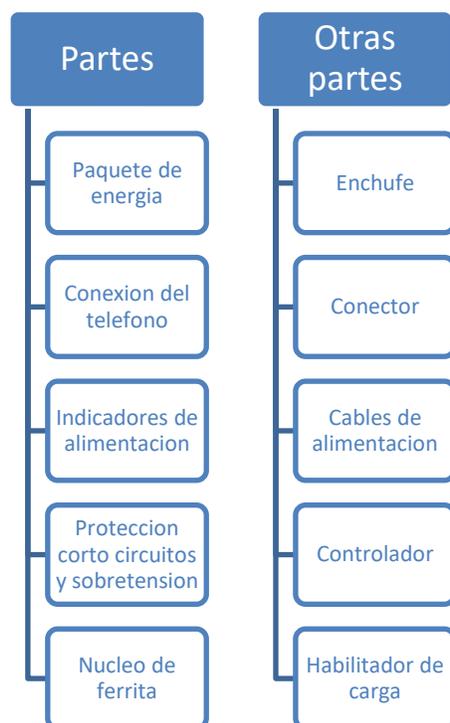


Figura 13: Partes y otras partes de cargadores de celulares (Fuente: elaboración propia en base a estudio realizado)

- **Paquete de energía:** responsable de proporcionar la corriente eléctrica al teléfono. Formado por baterías recargables o bien puede ser alimentada por la línea de electricidad principal.
- **Conexión del teléfono:** son los Bornes a los que se acopla el enchufe del teléfono para que realice la conexión y empiece la recarga.
- **Indicadores de alimentación:** normalmente son luces LED que sirven para indicar a condición de la batería y cuando el teléfono está conectado listo para cargar.
- **Protección cortocircuitos y sobretensión:** permite detectar y disminuir las sobrecargas o picos de corriente, garantizando la seguridad del dispositivo
- **Núcleo de ferrita:** permite que nuestros cables sean más eficaces y también impide que nos molesten las interferencias. Al mismo tiempo, el núcleo de ferrita nos ayuda a controlar la corriente eléctrica.

Como todo artefacto eléctrico y electrónico, los cargadores de celulares tienen partes internas. En dicha parte se encuentra la circuitería capaz de reducir el voltaje de la corriente doméstica transformándola en corriente continua para que la batería logre retener la carga gracias al proceso químico que se produce en el interior del componente.

La circuitería consta de: circuitos impresos, transistores, condensadores, resistencias, diodos y en algunos casos, circuitos integrados; a su vez, también contiene un sistema de aislamiento mediante el cual la corriente eléctrica de la red no llega directamente a los elementos conectados al cargador, reduciendo daños causados por cortos circuitos, sobrecargar u otros accidentes derivados.

Otras partes son:

- **Enchufe:** es el primer punto de contacto entre el dispositivo electrónico y el suministro de energía que provee el cargador. Compuesto por dos o tres pines metálicos, los cuales son los responsables de transferir la energía eléctrica entre el dispositivo y la fuente de alimentación. Se caracteriza por ser el elemento más visible del cargador, siendo a menudo identificado por marcas y colores.
- **Conector:** elemento que conecta el enchufe del cargador con el dispositivo. Permite la conexión entre el dispositivo electrónico y el punto de alimentación. Es una parte móvil –

normalmente- y su forma universalmente aceptada permite la conexión universal entre una amplia gama de dispositivos electrónicos.

- **Cables de alimentación:** responsables del transporte de la energía eléctrica entre el dispositivo y el punto de alimentación. Por lo general están hechos de conductor de cobre recubierto por un material flexible para asegurar la resistencia, transporte y protección de la energía.
- **Controlador:** conocido como circuito integrado, es un dispositivo electrónico que contiene una variedad de dispositivos como diodos, transistores, entre otros; tiene las funciones de regular el flujo de energía entre el punto de alimentación y el dispositivo, es decir, garantiza una carga segura y controlada.
- **Habilitador de carga:** su propósito es unificar la señal de carga entre los diferentes dispositivos electrónicos. Contiene tres ajustes: la velocidad, la corriente y el voltaje, con el fin de asegurar la correcta transferencia de corriente entre el dispositivo y el punto de alimentación.

A.9. COSTO DE INVERSION

Tabla 47: Costos de inversión.

COSTOS EQUIPOS COMPRADOS				
Equipo	Unidades	Costo unidad (US\$)	Costo + IVA (US\$)	Total (US\$)
Horno de inducción con crisol móvil + crisol	1	\$ 80.000	\$ 95.200	\$ 95.200
Crisol	3	\$ 1.200	\$ 1.428	\$ 4.284
Lavadora gases residuales	1	\$ 1.500	\$ 1.785	\$ 1.785
Tractores	2	\$ 9.800	\$ 11.662	\$ 23.324
Grúas Horquillas	1	\$ 7.500	\$ 8.925	\$ 8.925
Cargadora	1	\$ 17.500	\$ 20.825	\$ 20.825
Ruedas de moldeo	1	\$ 70.000	\$ 83.300	\$ 83.300
Costo total equipos				\$ 446.964
Costo equipos instalados		1,5		\$ 670.446
Costos instrumentación				
Alguna (7%)	7	0,07		\$ 46.931
Costo Edificios				
Outdoor - indoor	50	0,5		\$ 223.482
Auxiliares				
Incorporar algo faltante	5	0,05		\$ 22.348
Costo total físico de la planta				\$ 963.207
Ingeniería y construcción	45	0,45		\$ 433.443
Contingencias	10	0,1		\$ 96.321
Terreno				\$ 845.000
Costos mobiliarios y EPP				
Material de oficina				\$ 21.568
Software	1			\$ 23.000
EPP				\$ 25.000
Costo total inversión				\$ 1.708.355
Costos operacionales + capital de trabajo				\$ 4.755.047
Costo total inversión + capital de trabajo + costos operacionales				\$ 6.463.402

Fuente: elaboración propia

A.10. VARIACION PRECIO ENERGIA ELECTRICA

Un parámetro importante que considerar para la sensibilidad del proyecto, es la variación en el costo de la electricidad con respecto a los principales indicadores, como se aprecia en la Tabla N°48:

Tabla 48: Variación de indicadores por costo de electricidad

Valor Electricidad	VAN	TIR
0,15	\$ 21.541.507	97,529%
0,2	\$ 18.837.646	83,491%
0,3	\$ 13.429.924	56,789%
0,45	\$ 5.318.341	16,238%

En las Figuras 14 y 15, se detalla gráficamente la sensibilidad que presenta el indicador VAN y TIR respectivamente. En ambos casos los indicadores dan resultados positivos a pesar de la variación sufrida.

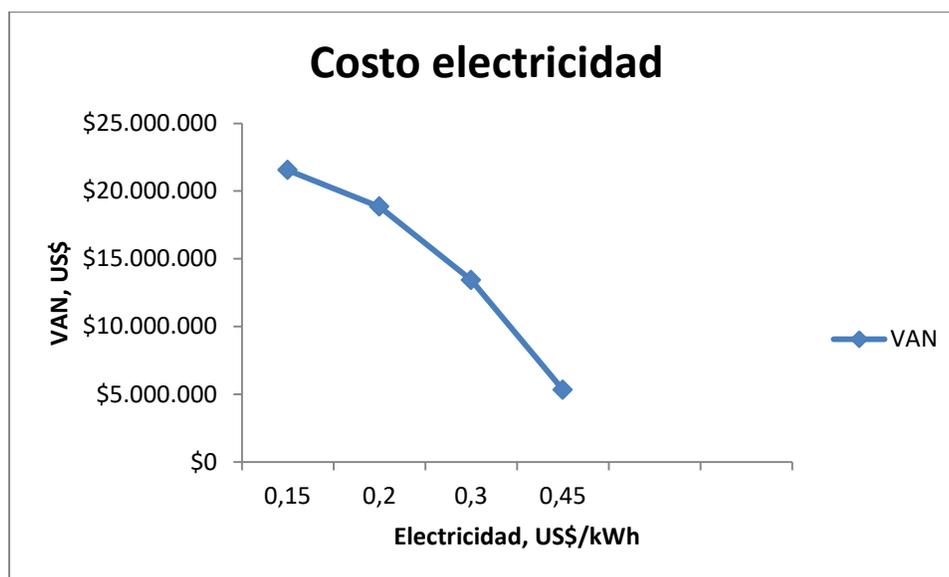


Figura 14: VAN vs Costo de electricidad

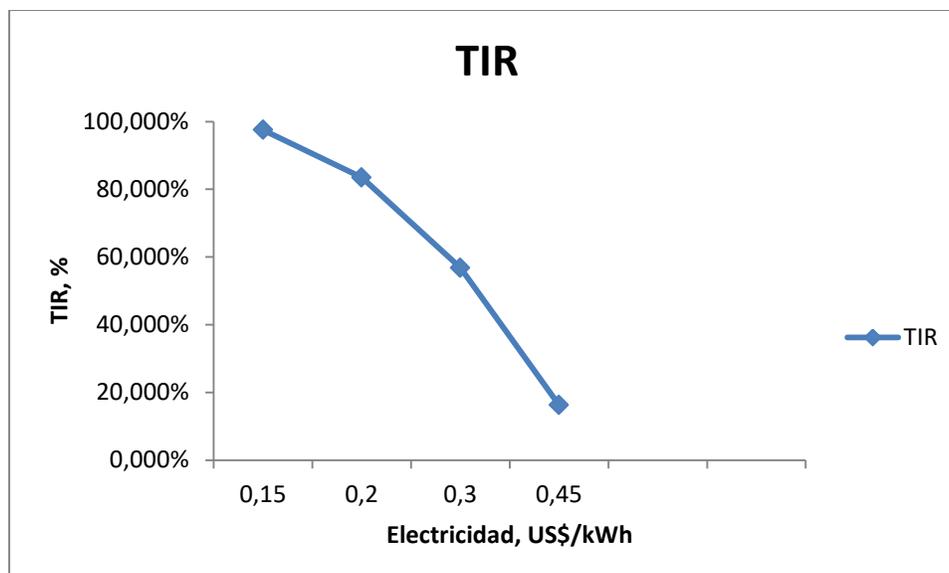


Figura 15: TIR vs Costo de electricidad

A.11. VARIACION PRECIO AGUA

Otro parámetro a considerar es el costo del agua en Chile, a sabiendas de la escasez actual del país, este bien se vuelve cada vez máspreciado. En la Tabla N°49 vemos cómo afecta el valor de esta en los indicadores económicos:

Tabla 49: Variación de indicadores por costo de agua

Valor agua	VAN	TIR
1,45	\$ 21.541.507	97,529%
1,65	\$ 20.243.654	90,724%
1,8	\$ 19.270.264	85,701%
1,9	\$ 18.621.337	82,390%
2	\$ 17.972.411	79,107%
2,2	\$ 16.674.557	72,623%

En las Figuras 16 y 17, se detalla gráficamente la sensibilidad que presenta el indicador VAN y TIR respectivamente para variaciones sufridas por costo de agua. En ambos casos los indicadores dan resultados positivos a pesar de la variación sufrida.

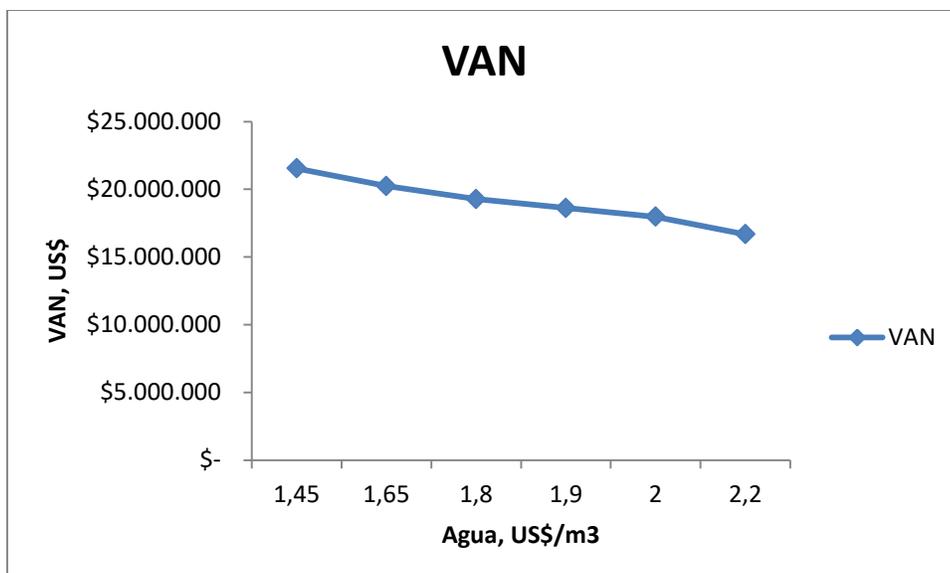


Figura 16: VAN vs Costo de agua

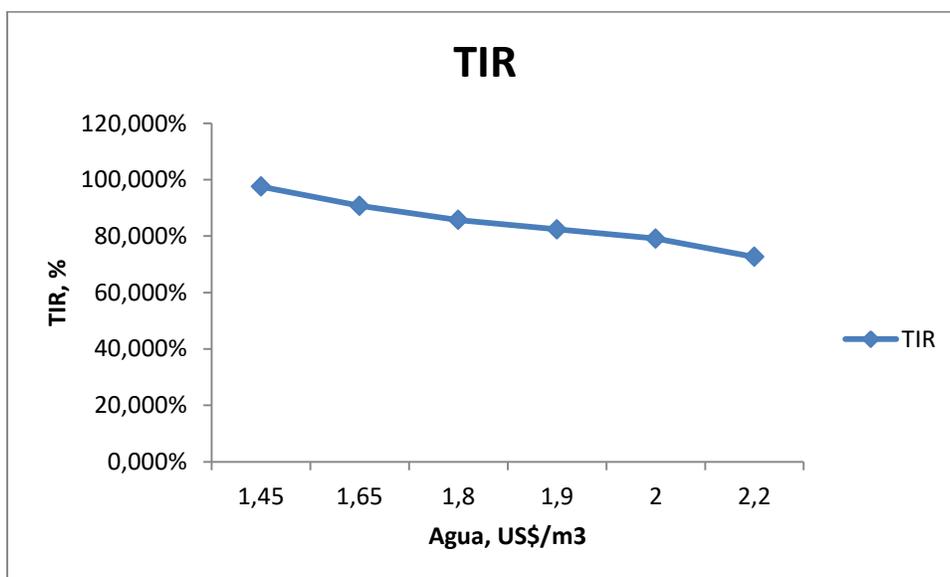


Figura 17: TIR vs Costo de agua

A.12. VARIACION % DE ORO CONTENIDO

Otro parámetro a considerar es el porcentaje contenido de oro en las palcas metálicas, pues este puede variar. En la Tabla N°50 vemos cómo afecta el valor de esta en los indicadores económicos:

Tabla 50: Variación de indicadores por contenido de oro en placas metálicas.

% Oro contenido	VAN	TIR
0,0651	\$ 21.541.507	98%
0,0521	\$ 13.718.354	63%
0,0456	\$ 9.806.777	45%
0,0391	\$ 5.895.200	25%
0,0260	\$ -1.927.954	

En las Figuras 18 y 19, se detalla gráficamente la sensibilidad que presenta el indicador VAN y TIR respectivamente para variaciones sufridas por cambio en el contenido de oro en placas metálicas. En este caso, nuestro VAN se vuelve negativo para un contenido de oro de 0,0260% en placas metálicas, haciendo inviable el proyecto.

Figura 18: VAN vs contenido de oro

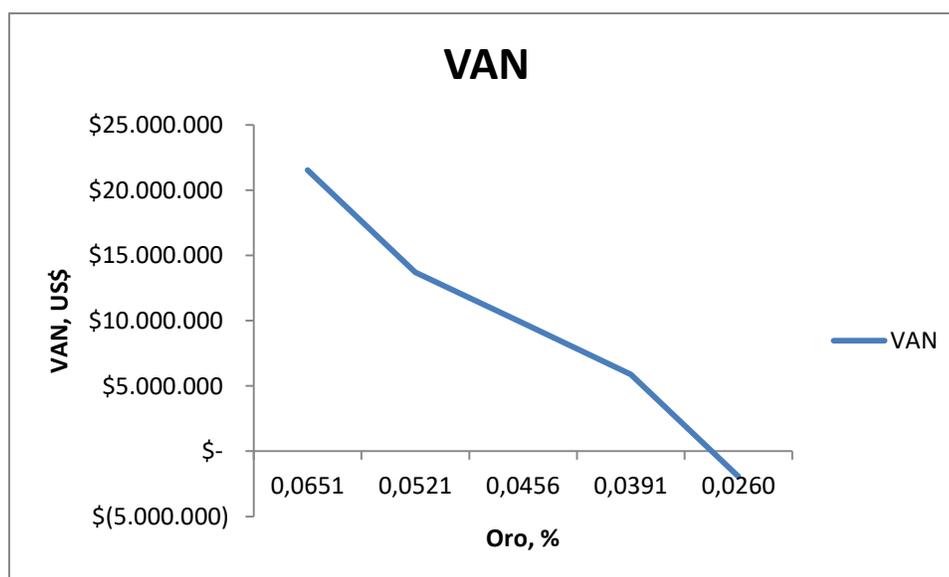
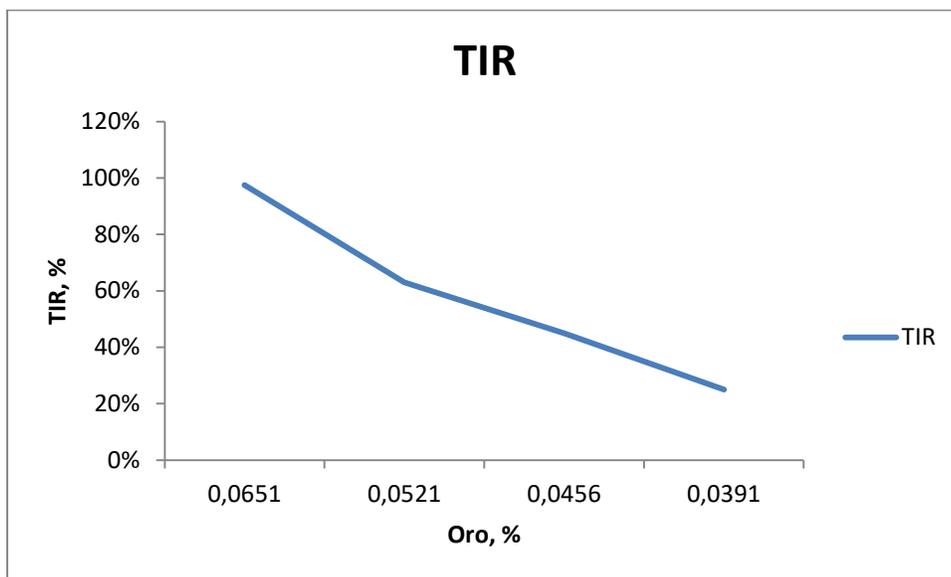


Figura 19: TIR vs contenido de oro



B.1. HOJA DE RESUMEN

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN – FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Metalúrgica

Hoja Resumen Memoria de Título

Título: Minería Urbana – Realidad actual
Nombre Memorista : Franco Stephan Roca Villanueva

Modalidad		Profesor(es) Patrocinante(s)
Concepto		
Calificación		
Fecha	23.08.2023	
Prof. Eugenia Araneda H.		Ingeniero Supervisor:
		Institución: Universidad de Concepción

Comisión (Nombre y Firma)	
Prof. Fernando Parada L.	Prof. Luver Echeverry V.

Resumen
El objetivo de este trabajo fue establecer las realidades mundiales como nacional para los procesos de recuperación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos generados en dichos lugares, para ello se realizó una revisión en la literatura para encontrar diversas oportunidades que esta nos entrega. Una vez definida la oportunidad de recuperación, se determinó realizar un análisis y factibilidad económica a través de la vía pirometalúrgica para la recuperación de metales.