

# ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA CREACIÓN DE UN AGENTE RECEPTOR (RAEE) EN EL MUNICIPIO DE PALMIRA PARA EL AÑO 2021

MÓNICA ANDREA BERNAL HERNÁNDEZ<sup>5</sup>  
PAOLA ANDREA SALAZAR VALENCIA<sup>6</sup>

## Resumen

Ante la inminente necesidad de contribuir a corregir la problemática que representa la creciente generación de Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos RAEE y la inadecuada gestión de los mismos, la presente investigación que constituye un estudio de viabilidad técnica y operativa para la creación de un agente receptor de residuos de aparatos electrónicos y eléctricos RAEE, en el municipio de Palmira para el 2021. En ese sentido se constituye un estudio de carácter cualitativo con enfoque inductivo, en el que se desarrollaron las fases estructurales de un estudio técnico. Inicialmente se abordó la localización del proyecto en donde se definen criterios de decisión en la búsqueda de un punto geográfico idóneo para la instalación del

5 Magíster en Administración – [Egresado Posgrado]; [Universidad Pontificia Bolivariana]; [Seccional Palmira]; [Colombia]. E-mail: monica.bernal@upb.edu.co

6 Economista – Especialista en Gerencia – Magister en Administración [Docente del Programa Administración de Empresas]; [Universidad Pontificia Bolivariana]; [Seccional Palmira]; [Colombia]. E-mail: paolaandrea.salazar@upb.edu.co

agente receptor. Posteriormente, se abordó la descripción del proceso productivo donde se detalla el paso a paso del tratamiento de los RAEE en el agente receptor. Seguidamente, se definió el tamaño del agente receptor, en esta fase se determinó la capacidad instalada en planta, basado en proyecciones de demanda futura. A continuación, se describió la organización administrativa que tendrá la empresa, así como cargos y funciones. Después, se define el marco legal que demarca el funcionamiento del agente receptor. Finalmente, como estudio complementario se abordó una aproximación a un análisis financiero que define el presupuesto de inversión del proyecto. Como resultado, se puede concluir que la gestión RAEE tiene un amplio potencial de aprovechamiento.

**Palabras Clave:** *Agente Receptor, Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos, Viabilidad Técnica.*

## **Abstract**

Faced with the imminent need to contribute to correcting the problems posed by the growing generation of Waste from Electronic and Electrical Apparatus WEEE and the inadequate management thereof, this document arises, which constitutes a technical and operational feasibility study for the creation of an agent receiver of waste from electronic and electrical equipment WEEE, in the municipality of Palmira by 2021. Thus constituting a qualitative study with an inductive approach, in which the structural phases of a technical study were developed. First, the location of the project was addressed, where decision criteria are defined in the search for an ideal geographical point for the installation of the receiving agent. Second, the description of the production process was addressed, detailing the step-by-step treatment of WEEE in the receiving agent. Third, the size of the receiving agent was defined, in this phase the installed capacity of the plant was determined, based

on projections of future demand. Fourth, the administrative organization that the company will have, as well as positions and functions, were described. Then, the legal framework that defines the operation of the receiving agent is defined. Finally, as a complementary study, an approach to a financial analysis that defines the project's investment budget was undertaken. As a result, it can be concluded that the project is technically and financially viable.

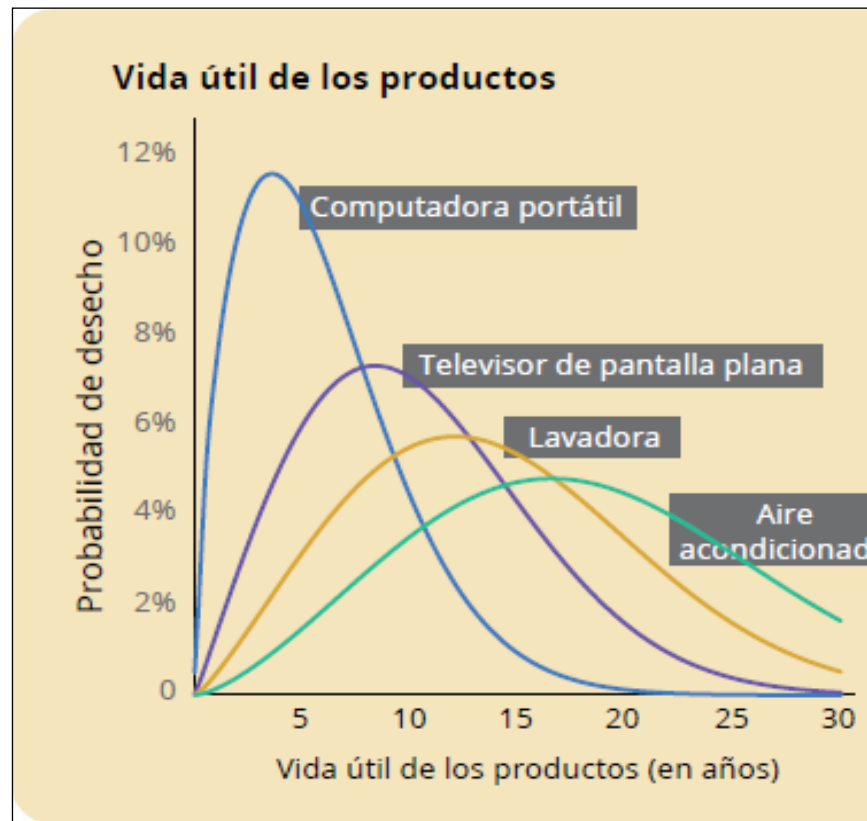
**Key Words:** *Receptor agent, Waste from electronic and electrical equipment, technical feasibility.*

## **Introducción**

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), se han convertido en una herramienta indispensable en la vida de las personas, todos los aparatos electrónicos y eléctricos han sido diseñados para facilitar tareas, acelerar procesos y mejorar las posibilidades de comunicación, educación, desarrollo económico y social, por lo tanto, se han convertido en un objeto de consumo masivo. El progreso tecnológico que llegó con la globalización ha repercutido directamente en el crecimiento de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos, en adelante RAEE, derivado de factores como la adquisición de nuevas tecnologías, la electrificación de algunos utensilios, el acortamiento de los ciclos de sustitución, el desarrollo de la computación, el abaratamiento de tecnologías, o la misma obsolescencia programada que determina la vida útil de un aparato desde el momento de su fabricación y obliga a un constante recambio de equipos e insumos electrónicos a una velocidad cada vez mayor. Como resultado de este comportamiento, las cifras de consumo de estos aparatos son alarmantes y difíciles de visualizar, situación que desemboca en un mundo inundado por basura electrónica (Asociación Nacional De Industriales , 2009)(pág. 1).

Cada uno de los aparatos electrónicos y eléctricos tienen diferentes ciclos de vida, como se muestra en la siguiente gráfica, donde se exponen algunos de los más representativos.

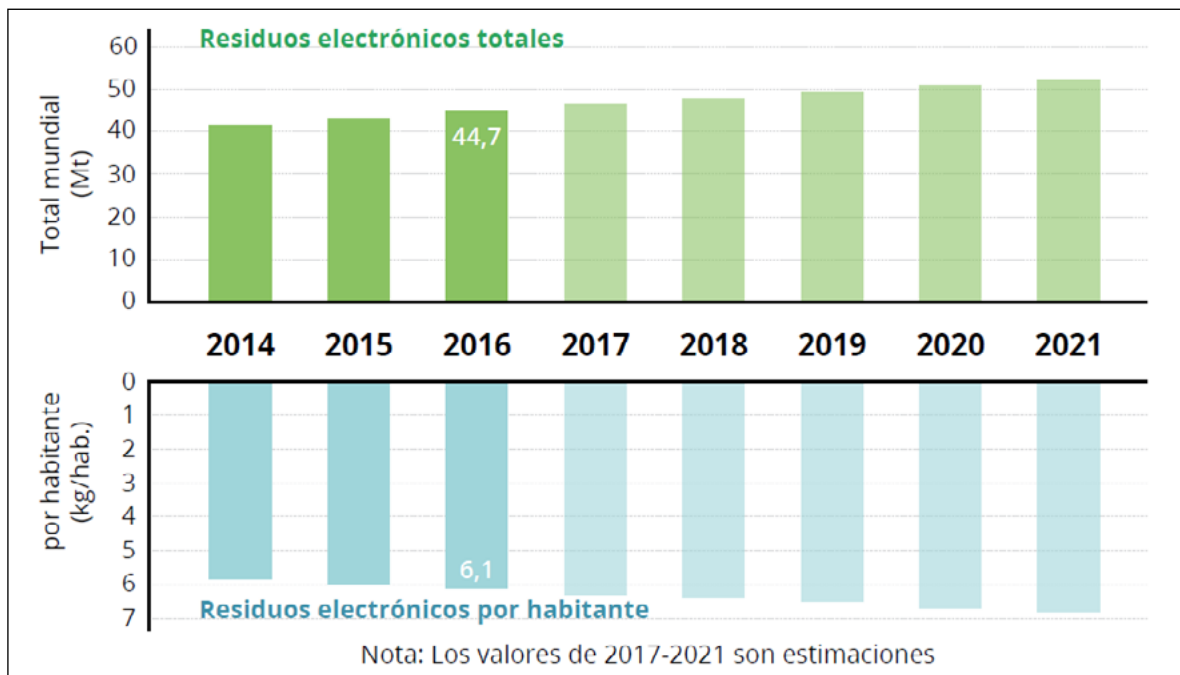
**Gráfica 1.** *Vida útil de los diferentes aparatos electrónicos y eléctricos.*



Fuente: *Baldé, Forti, Gray, Kuehr & Stegmann, OMRE – 2017*

Según Baldé, Forti, Gray, Kuehr & Stegmann (2017), en el mundo, para el 2016 se generaron 44.7 toneladas métricas (Mt) de RAEE, cantidad que equivale a 4500 torres Eiffel y 6,1 kg per cápita, con un crecimiento del 4%. Se estima que en 2021 esta cantidad alcance las 52,2 (Mt). De la cantidad generada en el 2016, solo el 20% fue reciclado a través de canales apropiados.

Estas estimaciones se encuentran representadas en la siguiente gráfica donde se muestran datos del último informe generado por el observatorio mundial de residuos, presentando cifras hasta el año 2017:

**Grafica 2.** *Generación mundial de residuos electrónicos*

Fuente: *Baldé, et al, Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos OMRE – 2017.*

*Nota: Se presentan cifras del 2017 ya que, fue el último informe disponible, generado por OMRE.*

Según el Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible MINAMBIENTE (2016), el potencial que tiene Latinoamérica de generación de este tipo de residuos no se aleja de la realidad global, puesto que, las ventas de computadores, celulares, electrodomésticos y demás aparatos sigue creciendo. En Colombia la situación no es distinta, según la ANDI, resulta apremiante que los gobiernos legislen alrededor de una gestión ya que su crecimiento ha sido exponencial desde el año 2000.

A simple vista los RAEE se perciben como basura ordinaria, sin embargo, un fenómeno que sin duda, redunda en un problema para la sociedad, ya que necesitan un trato especializado, pues contienen materiales tóxicos para el ecosistema y la salud humana. Algunas de las consecuencias de la inadecuada gestión son la contaminación en los vertederos, incineración descontrolada, contaminación de aire y suelo, aumento del efecto invernadero por liberación de gases, son solo algunos de los daños que ocasiona la basura electrónica y el inadecuado tratamiento de los RAEE.

Por otra parte, una variable muy importante a considerar es el beneficio económico potencial que puede suponer la creación de un agente receptor RAEE formal, según Balde et al. (2017) las toneladas generadas de RAEE en el 2016 representan un valor de materias primas que oscila en 55.000 millones de euros, lo que da cuenta del enorme potencial que tiene la explotación controlada de estos residuos. Según Rodríguez, Gonzáles, Reyes y Torres (2013), los retos alrededor de la gestión de estos residuos radican en el beneficio económico que pueden representar algunos componentes como el hierro, cobre, bronce, aluminio, oro y plásticos y la disposición responsable de los que representan alto riesgo para la salud de las personas como el plomo, mercurio y cadmio.

Está claro que la inclusión digital y la expansión de la tecnología trae beneficios que repercuten positivamente en la vida de las personas, sin embargo, es innegable que los residuos de estos aparatos deben recibir un trato especial que proteja el medio ambiente y la salud de las personas, por lo que resulta apremiante realizar acciones que conduzcan a minimizar el impacto de la contaminación, alineada al fomento de estrategias para el procesamiento que se integren a mejorar el medio ambiente

Estos esfuerzos están respaldados por la voluntad de los gobiernos que ya han comenzado a legislar alrededor de esta temática. En el caso particular de Colombia, existe un marco legal que parametriza el manejo de los RAEE. Sin embargo, hace falta integrar de manera transversal las políticas a toda la cadena productiva desde articulación entre la empresa, el estado y la sociedad civil como a través del fortalecimiento del accionar institucional.

Por lo expuesto anteriormente, se identifica una oportunidad de estudiar la viabilidad técnica para la creación de un agente receptor formal que facilitaría la articulación de los eslabones de cadena productiva desde satisfacer la necesidad de darle disposición final a todos estos residuos de manera amigable con el medio ambiente,

a través, de procesos de almacenamiento, clasificación, desensamble, tratamiento y aprovechamiento de RAEE, bajo los criterios establecidos por la ley en la resolución 1524 de 2010, resolución 1297 de 2010, la ley 1672 de 2013 y decreto 2041 de 2015, que delimitaron el estudio técnico.

De esta manera, este estudio responde a la pregunta ¿Es viable técnica técnicamente la creación de un agente receptor RAEE en el municipio de Palmira en el año 2020? Subrayando que un agente receptor formal puede contribuir de manera directa la reducción del impacto negativo en el medio ambiente, dado que, según MINAMBIENTE (2009), en América Latina, el reciclaje formal de los desechos electrónicos, en su generalidad se limita al desensamble. Es decir, el reciclaje y aprovechamiento de los RAEE es un campo inexplorado, afirmación que agrega un componente innovador, a la iniciativa teniendo en cuenta la gran importancia de realizar una adecuada disposición de los residuos RAEE.

## **Metodología**

La presente investigación es de carácter cualitativo descriptivo con enfoque inductivo, que no es generalizador, sino que, se adapta al fin de esta propuesta: realizar un estudio de viabilidad técnica para la creación de un agente receptor RAEE en el municipio de Palmira.

Las técnicas para recolectar y consolidar la información, se focalizó en bases de datos especializadas, tesis y trabajos de grado que se incluyeron en el rastreo bibliográfico.

Se utilizaron métodos de pronóstico de regresión lineal simple para proyectar la demanda futura información que se organizó en tablas, gráficos, diagramas, ilustraciones y se presentó en este documento organizada, analizada y discutida, llegando a sus respectivas conclusiones.

## **Marco Referencial**

El presente marco de referencia se compone de dos partes: estado del arte y marco teórico. En el primero se presentan investigaciones previas relacionadas con los RAEE. En el marco teórico se abordan la conceptualización sobre estudios técnicos y los RAEE. La finalidad de este marco referencial es definir los límites entre los cuales se establecerá el estudio aquí presentado.

### **Estado del arte**

En la exploración de la situación actual de la temática de estudio, se realiza una revisión documental de literatura asociada a la gestión de los RAEE, abordando investigaciones que han profundizado en el tema de estudio y que entregan aportes significativos para el desarrollo de la labor investigativa. Inicialmente se abordaron estudios de viabilidad relacionados con la gestión RAEE para luego dar paso a otro tipo de estudios como planes de manejo de los RAEE, modelos de gestión de los RAEE, desarrollos de software para el manejo RAEE, entre otros.

### **Estudios de viabilidad**

Como punto de partida, se aborda la investigación Trujillo (2014) quien realizó un estudio de viabilidad técnica fundamentado en la problemática en el consumo de nuevas tecnologías de información y comunicación (tic) genera un gran aumento de aparatos de tipo eléctrico y electrónico los cuales, al entrar en desuso, en su mayoría se transforman en residuos conocidos como RAEE. Su conclusión principal se enfoca en determinar que en Bogotá existen pocos agentes receptores que funcionan como empresas formales debidamente acreditadas, por lo que hay gran parte

de la demanda insatisfecha. Sin embargo, Trujillo (2014) indica, la importancia de considerar que los costos de la creación de un agente receptor son muy altos y por lo tanto se requiere financiación, es posible que este sea un factor que incide en que no se desarrollen este tipo de iniciativas.

A continuación, se aborda el trabajo realizado por Hoyos (2011), quien plantea el desarrollo de un modelo de simulación de gestión RAEE y su viabilidad técnica y financiera, el problema de investigación está basado en el reto que constituye la gestión de los RAEE, toda vez que la reducción de vida de los aparatos electrónicos y eléctricos han aumentado la cantidad de basura electrónica. El sistema de gestión propuesto por Hoyos (2011), está fundamentado en el reúso como alternativa principal y el tratamiento responsable como complemento. Aunque concluye que el reúso, es una variable de alta sensibilidad y mucha variabilidad para el modelo de gestión, también es una variable que aporta significativamente a demostrar la viabilidad financiera y otorga importantes beneficios a los países que puedan adaptar el modelo. Además, Hoyos concluye que, a pesar que el estudio no estimó la fase de recolección, se considera una variable muy importante dado que garantiza el flujo de los residuos. El autor sugiere que el desensamble manual otorga valor al proceso por la generación de empleo y cierra diciendo que, si bien la inversión de una planta de tratamiento RAEE es bastante significativa, sus costos fijos se pueden mantener controlados en la medida que se garantice un buen flujo de RAEE.

Posteriormente, se analiza el estudio de factibilidad realizado por Bohórquez (2017), quien abordó estudios de mercado, técnico, administrativo y financiero para la creación de una recicladora RAEE en Bogotá dedicada a la recolección y tratamiento de RAEE netamente residenciales. Estos estudios le permitieron concluir que hay poca información acerca de los RAEE, lo que se puede manejar como una ventaja, ya que no hay mucha competencia. El estudio técnico puso en evidencia que las ma-

quinarias usadas para el tratamiento de estos residuos son muy costosas y solo están disponibles en otros países, lo que implicaría que para realizar procesos más avanzados como la incineración habría que importar máquinas. Por lo tanto, la empresa recicladora planteada por Bohórquez (2017) solo realizará procesos básicos de recolección, transporte, desensamble manual, reúso, clasificación y disposición final. Concluyendo finalmente que el proyecto es viable desde todas las fases del estudio.

También, se incluyó el estudio de factibilidad para crear una empresa gestora RAEE en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, realizado por Duarte (2016), quien determinó que el crecimiento anual de los RAEE en esta ciudad es del 7%. Sin embargo, el flujo de materias primas depende de la fase de recolección, la que subraya como la más importante en todo el proceso. Por otro lado, Duarte (2016), afirma que existe normatividad vigente relacionada con la gestión RAEE que facilita la creación de la empresa, no obstante, es un tema en el que no se ha avanzado a nivel ciudad.

Seguidamente, se explora el estudio de Hincapié (2018), quien proyecta, analizar la viabilidad en la exportación de RAEE Colombia-China, abordando el contexto de la problemática frente al aumento de desechos RAEE como riesgo contaminante y la oportunidad de negocio que está siendo desatendida. Se considera analizar la exportación a China, ya que Colombia no cuenta con la infraestructura para atender el volumen de desechos generado. El autor, además concluye que, aunque Colombia tiene una estructura legal vigente frente al tratamiento de estos residuos, su alcance es limitado, ya que no cuenta con la tecnología suficiente, ni se ha desarrollado el proceso de concientización cultural, por lo tanto, se considera que la viabilidad en la exportación de estos desechos de Colombia a China, es posible gracias a la rentabilidad y beneficios económicos que puede generar.

## Planes de gestión RAEE

Por otro lado, Quintero, (2014), presenta un plan de manejo para los RAEE en la universidad pontificia Javeriana de Bogotá, para lo que describe los lineamientos y directrices regidos desde el marco regulatorio nacional e internacional afirma que el crecimiento de los RAEE, han pasado de 20 a 50 toneladas entre en el 2010 y 2013 además, afirma que para el año 2010 Colombia generaba diariamente 24.600 toneladas de RAEE. Así mismo, se presenta el hecho que el actual sistema de gestión ambiental de la universidad no está respaldado por una política ambiental que demarque los lineamientos específicos para el manejo de los residuos RAEE. Así pues, Quintero (2014) concluye que “existe un desconocimiento general frente a los riesgos ambientales que trae el inadecuado manejo de los RAEE”. El estudio contribuye de manera significativa con datos que aproximan la realidad del manejo RAEE en Colombia y el crecimiento que han tenido este tipo de residuos en los periodos comprendidos entre el 2010 y el 2013, datos que dan cuenta de un aumento exponencial en la generación RAEE.

Así mismo, la búsqueda de antecedentes incluye el estudio de Amaya (2009), el cual aborda como problema de investigación el hecho que, en Colombia, aun no se ha establecido una infraestructura adecuada para afrontar la gestión de los RAEE y el potencial económico que pueden tener, por lo cual plantea un modelo de gestión de prácticas alrededor de los RAEE que ya han sido implementada en otros países y se pueden adaptar en Colombia. El autor basó su marco teórico en lo estipulado por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial en el decreto número 4741 de 2005, por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral en el cual se condensan diversas definiciones de residuo y las diferentes etapas del manejo. El autor clasifica su estudio en las siguientes categorías: impacto ecológico

y social, marco histórico, marco jurídico, flujo de la gestión ambiental, propuesta de gestión ambiental. También desarrolló su análisis basado en los indicadores de vida útil de un aparato electrónico, análisis costo- beneficio para la medición de los costos ambientales.

Por otro lado, en lo referente a la gestión de los RAEE, Mora (2012) aborda todos los momentos de la cadena productiva, definiendo como problema de investigación que la inapropiada gestión de los residuos está causando impactos ambientales y sanitarios negativos como la explotación sobredimensionada de los recursos naturales, contaminación del aire, agua y suelo. El autor fundamenta sus bases teóricas en la definición de los conceptos de la gestión integral de residuos y sus componentes y concluye que la adecuada gestión de los computadores y los aparatos o dispositivos auxiliares, no solo están asociadas a los beneficios ambientales, sino también a una importante posibilidad de negocio alrededor de la gestión de los mismos.

Adicionalmente, los autores Ayo & Satian (2018), sustentan su problema de investigación en la recolección y debido tratamiento de los residuos eléctricos y electrónicos en Ecuador, ya que, los RAEE se han convertido en un factor de alta peligrosidad para la salud humana y no se han definido criterios claros acerca de cómo administrarlos: El objetivo de su investigación fue diseñar un software para un sistema de gestión de RAEE en Ecuador, facilitando el manejo adecuado de la basura electrónica, con la perspectiva de que el programa cubra todos los eslabones de la cadena productiva RAEE.

Por otra parte, se consideró el estudio realizado por Verón (2017), planteando como problemática central que los hoteles de 4 y 5 estrellas de puerto Iguazú, Argentina carecen de un sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos (SGIRSU), por tal razón los residuos RAEE son tratados como desechos ordinarios. Para desa-

rrrollo de la investigación el autor considera como bases teóricas las definiciones enmarcadas en la directiva 2002/96/ del parlamento europeo y concluye con el diseño de un plan de gestión que garantiza la gestión adecuada de los RAEE por parte de la cadena hotelera de la filian AHT de Iguazú Misiones.

### ***Estudios diversos de la problemática RAEE***

Desde otro punto de vista, Rodríguez, González, Reyes, & Torres, (2013) presentaron un sistema de gestión de RAEE. Los autores fundamentan su análisis en la problemática actual de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE, pues tienen un crecimiento mayor al de otro tipo de residuos, en vista que la demanda de estos aparatos tiende a ser mayor. Los autores plantean el desarrollo de un modelo de gestión basado en la dinámica de los sistemas, a partir del cual se abordan los indicadores de análisis como: N° de años por tiempo en uso de un TV según la tecnología, costo ponderado de reparar un tv dañado, tasa promedio de renovación, frecuencia de recambio de tv precio promedio ponderado de un tv según la tecnología, promedio ponderado del poder adquisitivo de la población bogotana, entre otros. La conclusión fundamental es que, en Colombia gran parte de estos residuos no son reciclados, a causa del estancamiento que vive este tipo de industria en el país.

Desde otra perspectiva, Bartolo & Urbina (2017), plantean como foco de análisis la generación de RAEE a nivel mundial y la influencia de la obsolescencia programada sumado a la falta de consciencia y la poca legislación, repercute en una generación descontrolada de residuos potencialmente perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Concluyendo que Colombia en comparación de muchos países y considerando los acuerdos multilaterales, no atraviesa por una situación crítica como algunos países de Asia y África, sin embargo, debe avanzar en la implementación de una gestión eficiente de estos residuos.

Finalmente, se analiza la guía expedida por MINAMBIENTE (2010) en el cual se identificó la importancia de establecer lineamientos técnicos que orienten el manejo de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos en el ámbito nacional, así como las directrices que deberán establecer las autoridades ambientales para la gestión RAEE. Para tal fin, esta guía tiene como objetivo determinar los aspectos técnicos que se deben considerar en las diferentes etapas del manejo de los RAEE. Inicialmente, describe el panorama global, basado en estudios realizados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), siguiendo con casos de estudio en América Latina, para finalmente abordar la problemática desde el panorama nacional. El estudio considera indicadores tales como: porcentaje de reducción del impacto ambiental con el manejo adecuado de los recursos, número de toneladas de RAEE que se generan por año. Los resultados de este documento son los lineamientos para la gestión RAEE en Colombia, en la que se detallan condiciones de almacenamiento, tratamiento, desensamble, transporte y disposición final de los RAEE, dentro del marco regulatorio nacional e internacional. Así que, se convierte en una herramienta que enmarca y delimita claramente cada uno de los requerimientos técnicos que se deben considerar en el manejo RAEE, sus principales actores y las bases específicas a seguir en la construcción del estudio que pretende llevar a cabo la presente investigación.

Las revisiones de los estudios descritos anteriormente constituyen bases y lineamientos específicos que delimitan una ruta o una orientación para estudiar la viabilidad técnica y operativa para la creación de un agente receptor RAEE, ya que compilan experiencias, datos e información relevante del manejo que se le ha dado a los RAEE en varios lugares del mundo, en diferentes momentos. Las investigaciones abordadas permite concluir que, la legislación colombiana ha tenido avances significativos en el establecimiento de la gestión RAEE, sin embargo la puesta en práctica de esta normatividad evidencia un rezago, a pesar que el marco regulatorio

vigente es representativo, aún no repercute en una aplicación de la normatividad desde acciones concretas que conduzcan a darle un adecuado manejo a los RAEE en Colombia, ya sea por desconocimiento de los principales actores de la cadena productiva o por falta de divulgación de este tipo de políticas que esquematizan el manejo de los RAEE, desde el contexto global, nacional e incluso regional.

Por otra parte, se estiman variables importantes como las afectaciones generadas por los RAEE al medio ambiente y los esquemas de recolección en Colombia no han trascendido de la informalidad a un modelo que integre todos los eslabones de la cadena de abastecimiento. Es importante considerar los beneficios económicos que tiene el aprovechamiento de los materiales recuperables contenidos en estos residuos. También se hace importante mencionar que la mayor parte de los estudios de viabilidad analizados concluyen que la inversión inicial para este tipo de proyectos es bastante significativa y que los costos fijos operacionales son altos, las maquinarias de difícil acceso lo que facilitaría delimitar el alcance dentro del estudio técnico.

## **Marco teórico**

Teniendo en cuenta que la investigación se enfoca en determinar la viabilidad técnica y operativa, también se incluirán descripciones de la conceptualización de un estudio de viabilidad, para que finalmente se llegue a la comprensión conceptual de la estructura que debe llevar el estudio y adoptar un criterio para poder desarrollar la investigación.

Una vez definido el tipo de estudio a realizar se considera pertinente elaborar una descripción conceptual de los RAEE y su gestión desde el contexto internacional, de Latinoamérica y Colombia.

## Estudio Técnico y Operativo

En ese sentido se aborda la propuesta de Rosales (1999), quien afirma que, el estudio técnico consiste en explorar diferentes opciones tecnológicas para la producción de un bien o un servicio, el cual implica analizar aspectos del tamaño, localización, tecnología, ingeniería del proyecto, donde se consideran aspectos de producción, definición de obras e infraestructura y maquinaria y equipo requerido. También, afirma que deben considerarse aspectos administrativos, costos de inversión, costos administrativos, así como aspectos organizacionales de operación y ejecución y aspectos legales.

A su vez Sapag (2007), afirma que, el estudio técnico o estudio de ingeniería es el medio para determinar la función óptima de los recursos, a través, del uso eficiente y eficaz de los mismos. Sapag (2007) considera que las variables obtenidas en el estudio técnico tienen una fuerte incidencia en las decisiones de inversión y por lo tanto no siempre lo que es la solución óptima técnicamente lo es financieramente. Además, aborda el estudio técnico iniciando con la determinación del tamaño, a partir de la definición del proceso productivo donde considera inversiones de equipamiento, inversiones físicas, balance de personal, la optimación del tamaño, economía del tamaño las decisiones de localización, estudios organizacionales del proyecto y la importancia del estudio legal. Algo que se puede apreciar en el modelo de estudio técnico de Sapag (2007), es el alto nivel de conocimientos de ingeniería que implica la aplicación de esta línea teórica en el desarrollo de los estudios técnicos, dado que sus mediciones están basadas en modelos matemáticos de alto nivel de complejidad.

Finalmente, se aborda la propuesta de Baca (2013), quien afirma que: “El estudio técnico o ingeniería del proyecto determina toda la estructura de la empresa, tanto física como administrativa, y cuando se habla de administración, también se habla

en su sentido más amplio, esto es, administración de inventarios, sistemas productivos, finanzas”. Pág. (97). El autor divide el estudio técnico en cinco fases: análisis y determinación del tamaño, análisis y determinación de la localización óptima, identificación y descripción del proceso, determinación de la organización humana y estudio legal que serán descritos a continuación:

### **Identificación y descripción del proceso.**

Esta fase, también conocida como ingeniería del proyecto, Bacca (2013), lo define como todo lo concerniente al funcionamiento de la planta y describe un conjunto de métodos que por el cual puede ser representado el proceso productivo de la empresa, como el diagrama de flujo, diagrama de bloques, diagrama de cursos de proceso, cursograma analítico y diagrama de hilos o de recorrido. Para el desarrollo de esta investigación se utilizará el diagrama de flujo, ya que, según Bacca (2013), es un método apropiado para iniciativas de nuevas instalaciones y no muy recomendado para ampliaciones de capacidad a proyectos ya existentes. También Bacca menciona que, representa uno de los métodos más sencillos para representar un proceso, en donde se muestra un paso a paso de los movimientos internos de la materia prima.

***Determinación de la localización óptima del proyecto.*** Establecer la localización, como su nombre lo indica, busca determinar la ubicación geográfica más apropiada para el desarrollo del proyecto. Para Bacca (2013), existen dos métodos para cumplir con este fin, el primero, es el método cuantitativo por puntos que consiste en asignar atributos cuantitativos a los factores más destacados que podrían incidir en el desempeño óptimo del proyecto y comparar cuál de ellos consigue mayor calificación. El segundo, el método cuantitativo de Vogel analiza la localización desde la evaluación de los costos de transporte, tanto de materia prima como de producto terminado. Ahora bien, aunque, Bacca (2013) describe atributos, desventajas de ambos métodos también aclara que ambos métodos, tanto el de Vogel como el cuan-

titativo por puntos, dejan de lado variables muy importantes como las preferencias de los inversionistas, lo que anularía cualquiera de los dos métodos empleados.

***Determinación del tamaño del proyecto.*** En esta fase debe determinarse la capacidad productiva que tendrá el proyecto, se deberán describir las condiciones de trabajo considerando movimientos o tiempos del proceso, Bacca (2013), afirma que, no existe una metodología estandarizada para la determinación del tamaño del proyecto dada la complejidad y la variabilidad de los procesos en cada empresa. No obstante, indica que los siguientes factores son indispensables al planear tal determinación: cantidad que se puede producir, la intensidad de la mano de obra, turnos de producción, capacidad individual y la optimización de la distribución interna de la planta.

Por su parte Sapag (2007), considera factores como la localización, la demanda, la disponibilidad de insumos y el plan de comercialización, los cuales se interrelacionan y dan como resultado el tamaño óptimo del proyecto.

***Determinación de la organización humana.*** Para Bacca (2013) es una etapa determinante donde se deben definir la organización interna de la empresa y por lo tanto la estructura organizacional. En esta investigación la estructura organizacional estará definida por el modelo de Mintzberg (1980), el cual se denomina estructura en cinco. Para Mintzberg (1980) la empresa debería estar dividida en cinco componentes o subsistemas que deben integrarse armónicamente para lograr la consecución de los objetivos estratégicos, “una organización efectiva es la que logra total coherencia entre sus componentes y no cambia un elemento sin considerar las consecuencias del otro” Mintzberg (2000).

El orden de estos componentes y las posibles combinaciones de estructura de cada empresa originan así la taxonomía organizacional, que estaría compuesta por: el ápice estratégico o cumbre estratégica, la cual está definida por los cargos que tienen

como función definir los planes de la organización y tomar decisiones que orienten el rumbo de la empresa. El segundo componente la línea media conformada por los cargos que tienen como función traducir los planes estratégicos a la ejecución táctica. El tercer elemento el núcleo operativo encargado de ejecutar las labores y el cual se divide entre los cargos que están en contacto con el cliente y quienes están en contacto con el desarrollo del producto.

Finalmente, Mintzberg (2000), define como últimos componentes, la tecno estructura y staff, los cuales representan los cargos que tienen como función asesorar, recomendar y sugerir aspectos que estén directamente relacionados con la operación de la organización. Estos dos últimos elementos dependen del nivel de desarrollo organizacional de la compañía y por lo tanto del tipo de estructura, que para Mintzberg (2000), son: estructura simple, burocracia mecanicista, burocracia profesional, Ad hoc y de formas divisionales. Estas estructuras, responden a diferentes mecanismos de coordinación que son, supervisión directa, normalización de los procesos, habilidades, procesos de trabajo y procesos de salida.

**Estudio legal.** Para Bacca (2013), por muy rentable que sea un proyecto debe ceñirse y acatar leyes desde el primer momento, por lo tanto, se debe conocer el marco legal del proyecto para lograr la optimización.

Como se describe anteriormente las cinco fases antes descritas componen el estudio técnico que se desarrollará en esta investigación.

### **Definición RAEE**

Una vez descrito el esquema de estudio técnico que define la base de esta investigación, es necesario poner en contexto la gestión RAEE y algunos términos que se utilizaron a lo largo del estudio.

**Definición.** En primer lugar, se entiende como Residuos De Aparatos Electrónicos Y Eléctricos RAEE, “Todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser residuos; este término comprende todos aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto en el momento en que se desecha” (Diario Oficial de la Unión Europea, 2012, pág. 197/42). De igual forma, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2001): “Cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, que haya alcanzado el fin de su vida útil”.

**Categorización.** Según MINAMBIENTE (2010), los RAEE se categorizan en las líneas blanca, marrón, gris y describe cada categoría. En este sentido la línea blanca hace referencia a los grandes y pequeños aparatos de electrodomésticos vinculados principalmente a la cocina y limpieza del hogar. Algunos ejemplos de esta línea son: la nevera, el horno, la estufa, la lavadora o el aire acondicionado. Por su parte la línea gris: relaciona los aparatos y equipos de las TIC incluyendo aparatos como: computadores, celulares, periféricos e impresoras. A su vez, la línea marrón corresponde a los electrodomésticos de consumo como por ejemplo televisores, equipos de sonido, videograbadoras, entre otros.

**Composición y Peligrosidad.** Los RAEE pueden contener, gran diversidad de sustancias, de la cual el 3% puede estar representado por sustancias peligrosas. Por lo general, en los RAEE se encuentran metales ferrosos y no ferrosos, vidrio, tarjetas de circuito impreso, plásticos, madera, cerámica, caucho y otros. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2017), afirma que, según la reglamentación de cada país, se considera potencialmente peligroso un RAEE, cuando contienen materiales como: cromo, plomo, mercurio, berilio, arsénico, cadmio,

selenio, clorofluocarbonos, sustancias halogenadas, bifenilos policlorados, policloruros de vinilo, retardantes de llama, entre otros. Además, afirma que en países poco industrializados como en Colombia, los riesgos de extracción aumentan la peligrosidad de los residuos y las posibles afectaciones a la salud humana.

## **Marco Normativo**

**Internacional.** En el contexto internacional la gestión RAEE estaba regulada inicialmente en el marco de la directiva 2002/96/CE de la Unión europea (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2003), la cual fue reemplazada por la directiva 2012/19/UE de 2012, que tiene como objetivo fundamental la protección del medio ambiente y la salud humana y por lo tanto la reducción de los impactos negativos originados en la generación o inapropiada gestión de los RAEE. Uno de los factores primordiales en los que se basa la directriz, es la responsabilidad extendida del productor que busca incentivar la fabricación de aparatos que faciliten su actualización, reparación y eventualmente su reutilización, además que su desmontaje y reciclado sea financiado por los productores. (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2012).

La Directiva 2002/96/CE de la Unión europea (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2003):

“exige a los productores el cumplimiento de unos objetivos de recolección de los RAEE. Así, a partir de 2016, el índice de recogida que deberá alcanzarse anualmente será, mínimo, del 45 % del peso medio de los aparatos eléctricos y electrónicos introducidos en el mercado en el Estado miembro que se trate, en los tres años precedentes y a partir de 2019 será del 65 % o, alternativamente, del 85 % de los RAEE generados en el territorio de ese Estado miembro”. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017) (pág. 37).

**Nacional.** El marco normativo nacional está enmarcado por Ley 1672 del 19 de julio de 2013, que tiene como objeto, “establecer los lineamientos para la política pública de gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) generados en el territorio nacional”, con un alcance de todo el territorio Colombiano, está basada en principios rectores tales como, responsabilidad extendida del productor, participación activa de productores, comercializadores y usuarios, innovación, ciclo de vida del producto, producción y consumo sostenible.

En ese sentido, se consideran los antecedentes normativos de Ley 1672 del 19 de julio de 2013, los cuales se enmarcan en las siguientes resoluciones: Resolución 1511 de 2010, Resolución 1512 de 2010, Resolución 1297 de 2010, (MINAMBIENTE 2010). También se considera el decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2015).

Al realizar el análisis de la conceptualización de un estudio de viabilidad técnica, se determina que el modelo que mejor se adapta a los requerimientos del presente estudio en términos de los aspectos relacionados con el funcionamiento y la operatividad del proyecto, es el modelo planteado por Bacca (2013) autor reconocido en el área, quien define que se debe analizar la viabilidad técnica de acuerdo a la localización óptima del proyecto, determinación del tamaño, la descripción del proceso productivo y estudio legal.

Al mismo tiempo, dentro de la fase de determinación de la organización Humana, se aplicará el modelo de Mintzberg (2000), descrito con anterioridad

Por otra parte, se desarrolla como estudio complementario la realización de una aproximación al análisis financiero desde variables tales como, determinación de la inversión inicial, la proyección de la demanda, flujo de caja proyectado, VPN,

TMRR. Entendiendo el estudio financiero como un estudio adjunto y derivado de los resultados del estudio técnico tal como lo plantea Sapag (2007), cuando afirma que lo que es técnicamente viable, no siempre lo es financieramente.

## **Marco Legal**

El manejo de los RAEE está en cabeza de la primera autoridad nacional representada por el ministerio del medio ambiente y el desarrollo sostenible a través del Comité Nacional de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), (creado bajo la ley 1672 de 2013), quien trabaja de la mano de los ministerios de turismo, minas y energía, salud y protección social y de telecomunicaciones.

Por su parte, facultada como primera autoridad ambiental regional, está la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca o CVC, que está encargada de administrar los recursos naturales del departamento y propender la conservación del medio ambiente. Así mismo, las exigencias de MINAMBIENTE acerca de la peligrosidad de los residuos están reglamentadas por organismos internacionales como el parlamento europeo y los distintos tratados medio ambientales de orden global, quien coopera con autoridades locales como la secretaria de ambiente.

Siguiendo los reglamentos establecidos por estas instituciones, se establece que el agente receptor debe cumplir con un mínimo de exigencias para la gestión: escritura pública de constitución, certificado de cámara y comercio especificando actividad, registro único tributario, licencia de uso de suelo, licencia ambiental. Estos requerimientos se describen en la siguiente matriz.

Tabla 9. Matriz requisitos legales exigibles.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES EXIGIBLES					
TEMA	ENTIDAD QUE REGULA	NORMA	TITULO	DOCUMENTOS A PRESENTAR	DOCUMENTO A OBTENER
ALMACENAMIENTO TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE RAEE	DIAN	ESTATUTO ÚNICO TRIBUTARIO	Ley 863 de 2003 Registro Único Tributario	Cedula de ciudadanía	Registro Único Tributario (RUT)
	CÁMARA DE COMERCIO	“POR MEDIO DE LA CUAL SE REFORMA EL CÓDIGO DE COMERCIO”	Ley 1727 de 2014	Formulario de inscripción, rut, cedula	Registro mercantil
	MINISTERIO DEL INTERIOR	INSPECCIÓN LOCALITIVA CUERPO DE BOMBEROS	Ley 1796 del 13 julio de 2016, Art. 7º mediante el cual se modifica el artículo 42º de la Ley 1575 de 2012	Cedula de ciudadanía, rut	Certificado de inspección de seguridad
	PLANEACIÓN MUNICIPAL	LEY 232 DE 1995	Por medio del cual se dictan normas para el funcionamiento de los establecimientos comerciales	Formulario de solicitud de uso de suelo	Licencia de uso de suelo
	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Ley 9 de 1989	Por el cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compra venta y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones	Licencia de uso de suelo, solicitud formulario escrito, plano IGAC	PLANO IGAC, localización del proyecto.
	CVC	Decreto 2820 de 2010, Ley 99 de 1993, Ley 2811 de 1974, apoyados en: Ley 253 de 1996, Decreto 4741 de 2005, Decreto 838 de 2005, Ley 1252 de 2008, Resolución 1512 de 2010, Ley 1672 de 2013, decreto 2041 de 2014	Por el cual se reglamenta el título VIII de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales	1. Formato único nacional de solicitud de licencia ambiental 2. Fotocopia de cedula de ciudadanía 3. RUT 4. licencia de uso de suelo 5. Plano IGAC 6. Descripción explicativa del proyecto 7. Autoliquidación de la constancia de pago 8. Estudio ambiental original y medio magnético de plan de gestión de residuos	Licencia ambiental

Fuente: *Elaboración propia.*

Además de los requisitos legales aquí establecidos es necesario que se consideren las leyes que reglamentan el manejo RAEE (ver anexo 2).

- Ley 253 de 1996 “Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación”.
- Ley 1252 de 2008 “Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan”.
- Ley 1672 de 2013 Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones”.

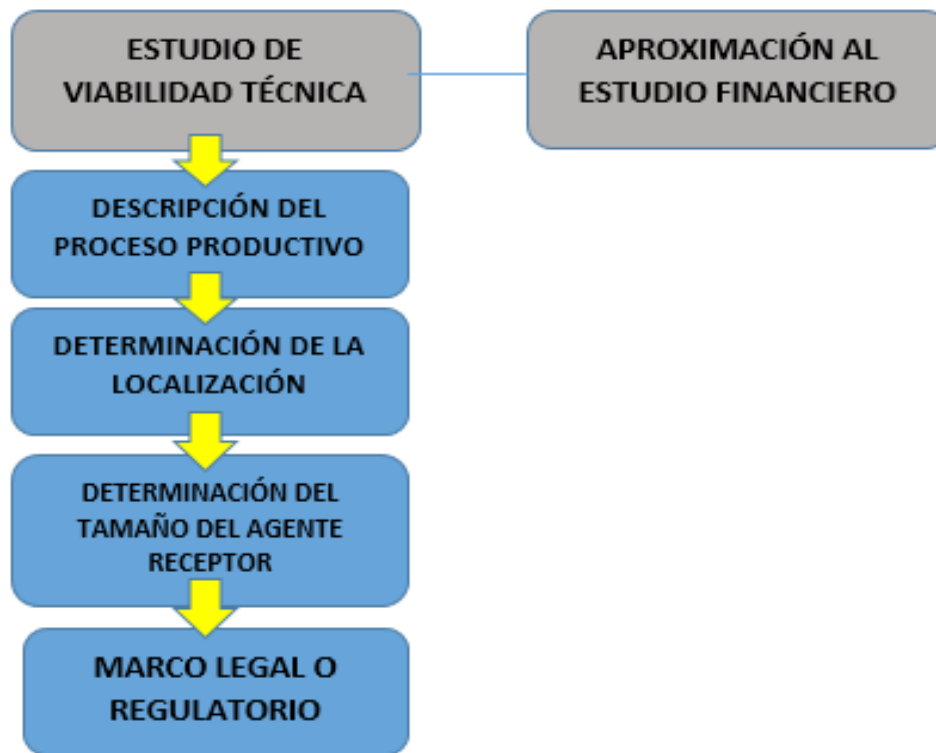
## **Estudio de Viabilidad Técnica basado en el modelo de Bacca Urbina**

El estudio técnico desarrollado en la presente investigación se realizó basado en los parámetros establecidos para la evaluación de proyectos de Bacca (2013), donde se parte de la determinación de la localización óptima del proyecto, seguido de la determinación del tamaño del agente receptor, la organización humana y descripción del proceso productivo y finalmente el estudio legal.

Por otra parte, se considera necesario para evaluar la viabilidad y estimar la recuperación de la inversión del agente receptor, realizar un análisis financiero de la inversión inicial, y la proyección de demanda futuro con el fin de estimar el proyecto en términos económicos y evaluar si es viable.

De esta manera, el siguiente mapa de procesos representa las fases contempladas para el estudio de viabilidad técnica y el análisis financiero como elemento complementario.

**Grafica 3.** Fases del estudio de viabilidad técnica y análisis financiero complementario.



Fuente: elaboración propia basado en el método de evaluación de proyectos técnicos de Bacca (2013)

## Descripción y análisis del proceso

En este apartado se hará la revisión y el análisis del proceso de los RAEE, desde la fase de recolección hasta la fase de alistamiento para la comercialización. El plan operativo del agente receptor consta de los siguientes pasos:

**Recolección.** Este proceso consiste en dirigirse a los puntos de recogida, que en su mayoría se tratarían de empresas que requieran desechar sus excedentes electrónicos industriales, también se planea instalar puntos de recolección con aliados estratégicos que trabajen con aparatos electrónicos y eléctricos a lo que se denominará ecopuntos. Considerando que este eslabón es el más importante de toda la cadena productiva, los RAEE se programaran rutas que garanticen el abastecimiento del agente semanalmente.

Este subproceso se realizará en un vehículo propio con capacidad de 560 kg. Para situaciones donde la carga exceda esta capacidad dependiendo de la distancia se evaluará contratar un servicio de transporte, esta etapa del proceso es considerada la más costosa, ya que, los RAEE en su mayoría son voluminosos y requieren de un embalaje especial. La carga en el vehículo debe estar debidamente empacada, acomodada, estibada, apilada, sujeta y cubierta de tal forma que no presente peligro para la vida de las personas y el medio ambiente (MINAMBIENTE 2014).

**Almacenamiento.** Los RAEE serán llevados hasta la bodega, donde se almacenarán temporalmente mientras se realiza el despiece. La bodega será un lugar techado y protegido que garantice la seguridad de los residuos, una vez clasificados los RAEE serán depositados en canastas metálicas debidamente señalizadas que estarán sobre estibas.

**Grafica 4.** *Forma de almacenar los RAEE*



Fuente: <http://www.gtraee.com/>

**Desensamble.** Antes de este proceso es indispensable determinar qué aparatos pasarán al proceso de reuso (reincorporación a la vida útil), para el cual se pondrán a disposición de una empresa aliada, como Megastore tecnología, ubicada en el municipio de Palmira y que se encargará de la reparación y adecuación de los aparatos electrónicos a los que se les prolongará su vida útil. Aquellos aparatos que no se puedan reusar, pasaran al proceso de desensamble y separación.

En esta parte del proceso se realiza la separación de los materiales peligrosos como mercurio y plomo. Estos materiales deben ser almacenados de manera controlada para facilitar el manejo posterior de los mismos. El desensamble inicialmente se realiza de forma manual donde se empleará mano de obra que será capacitada para el manejo de las sustancias peligrosas, y se estandarizara el proceso dividiéndolo en los siguientes pasos: Tomar un registro del aparato, el estado en el que ingresa e inventariar las piezas antes y una vez terminado el desensamble. Luego se procede a remover carcasa y tornillería, clasificar componentes exteriores e interiores según su composición (por ejemplo: metales, plástico, vidrios, tarjetas de circuito, entre otros), clasificar los materiales aprovechables y no aprovechables para que pasen a la comercialización.

**Gráfica 5.** *Algunos componentes que contienen metales.*



Fuente: <https://www.bienestarcolsanitas.com/articulo/reciclar-aparatos-desechados>

Según MINAMBIENTE el lugar del desensamble deberá contar con extractores para la evacuación de emisiones, detectores de humo y extintores, rampas de acceso, balanzas de pesaje, rutas de evacuación y alarmas de seguridad. Los trabajadores deben cumplir con las normas de seguridad utilizando guantes, lentes, máscaras o respiradores, tapones de oído, overoles de material grueso y casco. Una vez terminados estos procesos se procede a almacenar y luego embalar y preparar para el transporte, estos pueden tener dos destinos, la comercialización o la disposición final controlada que estaría a cargo de las entidades que el gobierno ha autorizado para tal fin.

**Gráfica 6.** *Proceso de desensamble y separación manual de los componentes RAEE*



Fuente: <https://www.bienestarcolsanitas.com/articulo/reciclar-aparatos-desechados>.

Nota: *No es una imagen real del proceso, es tomada de un artículo para recrear el proceso de desensamble manual.*

**Clasificación.** Como ya se ha mencionado anteriormente, dependiendo de la naturaleza de los residuos y sus componentes los RAEE, deben ser tratados de una manera específica que garantice la protección del medio ambiente mediante prácticas seguras de reciclaje, tal como lo establece MINAMBIENTE (2016) en la guía técnica donde realiza la siguiente clasificación:

**Tabla 1.** Clasificación de RAEE desde una perspectiva de su gestión y manejo

N°	Categorías	ejemplos	Justificación
1	Aparatos destinados a la refrigeración	Neveras, congeladores, otros refrigerantes	Requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento
2	Electrodomésticos grandes y medios( menos equipos de la categoría 1)	todos los demás electrodomésticos grandes	Contienen en gran parte diferentes metales y plásticos que pueden ser manejados según los estándares actuales
3	Aparatos de iluminación	Tubos fluorescentes y bombillos	Requieren procesos especiales de reciclaje, valoración o disposición final
4	Aparatos con monitores y pantallas	Televisores, monitores TRC, monitores LCD	Los tubos o rayos catódicos requieren transporte seguro, (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual
5	Otros aparatos eléctricos	Equipos de informática, oficina, electrodomésticos de consumo	requieren un tratamiento y valorización muy semejante a los anteriores

Fuente: *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.*

*MINAMBIENTE.*

La clasificación descrita en la tabla 7. Es un factor decisivo para la siguiente etapa del proceso el alistamiento y embalaje. Ya que dependiendo de la categoría a la que pertenecen sus componentes varían en porcentaje y peligrosidad, estos serán separados y almacenados de forma controlada.

***Alistamiento y embalaje.*** En esta etapa del proceso deberá hacerse una desinfección general a los componentes que se van a transportar, al igual que al sitio donde se realizó en desmonte, esto para evitar la persistencia de sustancias peligrosas en el sitio. Los aparatos deben estar debidamente empacados, embalados, etiquetados. Para el caso particular de las baterías están deben ir almacenadas en bolsas individuales. *MINAMBIENTE (2009).*

**Transporte.** El transporte como fase final del proceso está reglamentada por MINAMBIENTE (2009) que establece los requerimientos técnicos, tales como:

- ✓ El vehículo debe ser completamente cerrado para evitar exponerlos residuos a la intemperie.
- ✓ Los RAEE solo deben ser tratados por personal autorizado.
- ✓ La carga debe ir sujeta, en sus debidos empaques (cajas de cartón grueso, madera o metálicas), sobre estibas, separada según los componentes.
- ✓ El medio de transporte deberá equiparse con un método de recolección o control de derrames, para el caso particular del transporte de impresoras o algún componente que contenga líquidos.
- ✓ El vehículo deberá estar dotado de dos extintores multipropósito, uno deberá instalarse en el furgón y el otro en la cabina.

Los requisitos antes descritos se encuentran resumidos en la siguiente gráfica

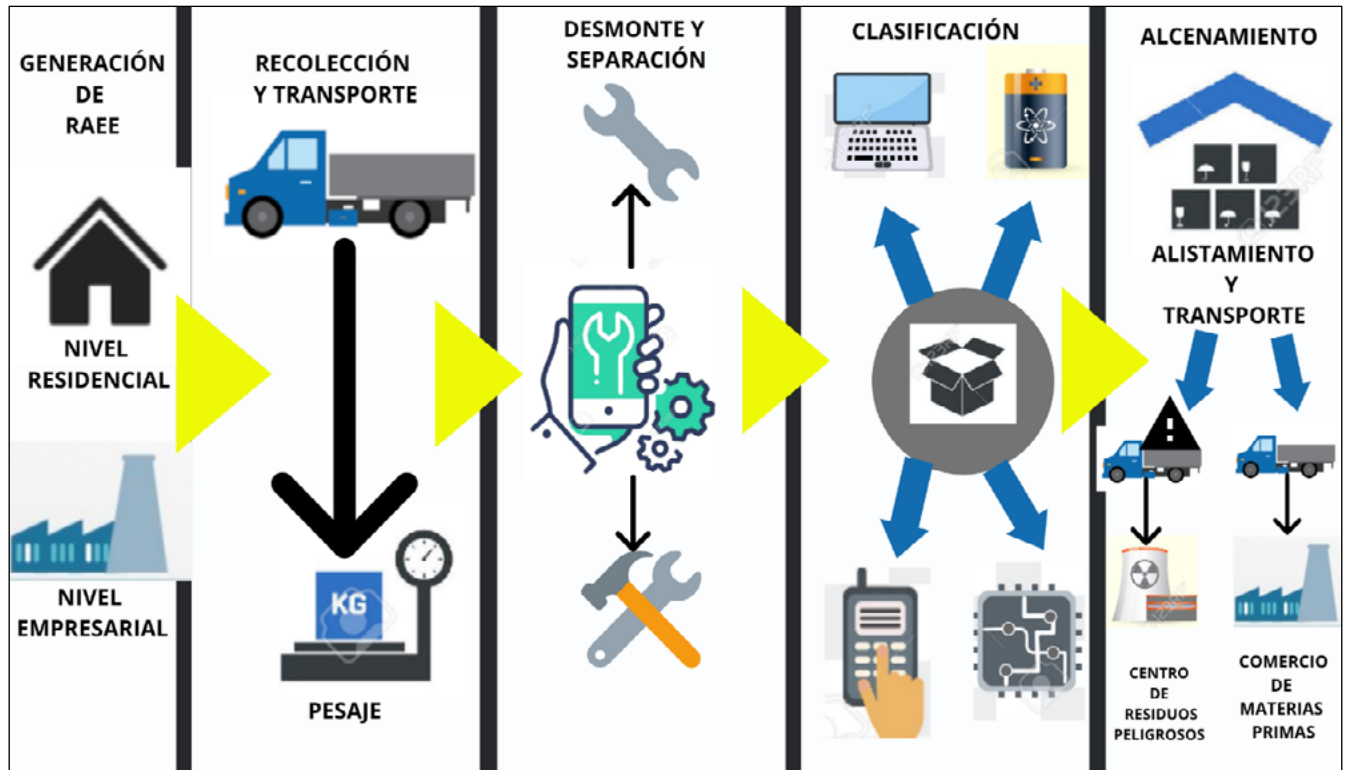
**Gráfica 7.** *Requisitos técnicos de transporte*



Fuente: *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos*

A continuación, se representa la cadena de suministro del agente receptor de RAEE con el siguiente gráfico:

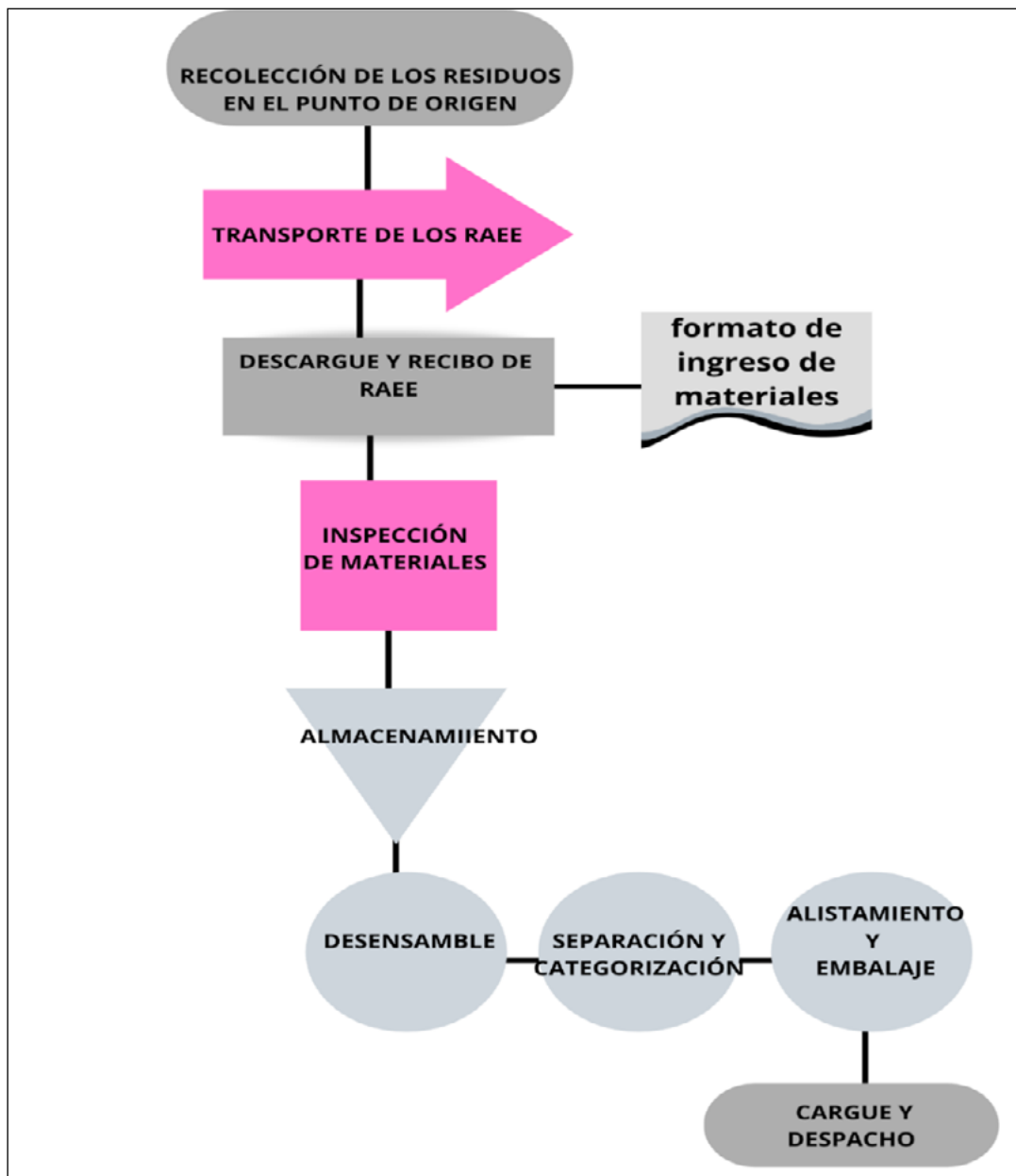
**Gráfica 8. Cadena de suministro RAEE**



Fuente: *elaboración propia*

La cadena de suministro RAEE inicia con los residuos generados por empresas y hogares, los cuales llegarán a la planta a través del programa de recolección que será alimentado por rutas programadas y los ecopuntos instalados en empresas aliadas, estos serán tratados en el agente receptor en el cual pasarán por el proceso descrito en el siguiente flujograma de procesos (ver Gráfica 9).

Gráfica 9. Plan Operativo del agente receptor.



Fuente: *elaboración propia.*

Una vez sometidos a este proceso, los RAEE tendrán dos destinaciones específicas, los residuos peligrosos o de manejo especializado serán entregados a empresas o centros de residuos peligrosos autorizados por MINAMBIENTE. En el caso específico del Valle del Cauca, según lo establecido por MINAMBIENTE (2014) las empresas autorizadas son GESTIÓN AMBIENTAL CONSULTORÍA E INGENIE-

RÍA S.A.S. GEAM S.A.S. y SOLUCIONES DE SANEAMIENTO AMBIENTAL S.A.-SAAM S. A. La otra parte de los residuos descontaminados y debidamente embalados serán llevados a las empresas que compren los materiales.

## **Localización Óptima del agente receptor RAEE**

Para determinar la localización óptima del proyecto se utilizó el método cualitativo por puntos (Baca. 2010), el cual consiste en asignar atributos cuantitativos a diversos factores que se consideran determinantes para elegir el sitio más apropiado para el desarrollo del proyecto asignándoles un peso (importancia), cuya sumatoria no debe ser superior a 1 y una calificación que según la disponibilidad de este atributo o variable en el sitio propuesto se medirá en una escala de 1 a 5, siendo (5 total disponibilidad y 1 mínima disponibilidad). La determinación de los factores críticos de éxito surge a partir del análisis de variables del entorno macro y micro económico descritas a continuación.

### ***Variables Macro económicas***

- ✓ Disponibilidad de mano de obra: hace referencia a la posibilidad de encontrar mano de obra calificada para el trabajo en el agente receptor, lo que se considera un factor de vital importancia para la realización del proyecto, así pues, se le asignó un peso de 0,15.
- ✓ Nivel de desarrollo: esta variable es un factor de decisión en la medida que las ciudades con un mayor nivel de desarrollo económico tienden a tener mayor nivel de consumo de aparatos electrónicos y eléctricos y por lo tanto generan un mayor volumen de RAEE, situación que facilitaría la adquisición de materias primas. A este factor se le asignó un peso de 0,10.
- ✓ Costo de vida: está directamente relacionado a los costos fijos y de infraestructura, en la medida que un sitio con un costo de vida más alto,

implicaría alquileres, servicios públicos, costos de transporte más altos. A este factor se le asignó un peso de 0,10.

- ✓ infraestructura vial: una de las fases más importantes de todo el proceso RAEE es la de recolección y transporte que también al flujo de materias primas en el agente receptor, la infraestructura vial incide en los tiempos de recorrido de puntos de recogida a puntos de acopio, por lo cual se le asignó una importancia de 0,15.

### *Variables Micro económicas*

- ✓ Disponibilidad de materia prima: finalmente es la facilidad de acceder a materias primas lo que garantiza la sostenibilidad del agente receptor, por lo tanto, se le asignó un peso de 0,15.
- ✓ Viabilidad de tramitar la licencia ambiental: el principal requisito legal para la creación del agente receptor es la licencia ambiental que exige la CVC (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca), el trámite debe realizarse en la oficina asignada a la jurisdicción del municipio. A este factor se le asignó un peso de 0,18 siendo uno de los más importantes.
- ✓ Disponibilidad de zona industrial: un requisito para tramitar la licencia ambiental, para obtener el permiso de uso de suelo y en general para poner en funcionamiento el agente receptor RAEE es que este debe estar ubicado en la zona industrial que el municipio haya demarcado en su PBOT (plan básico de ordenamiento territorial). Por lo tanto, es un factor determinante y el más importante de todos con un peso de 0,22.

A continuación, se presentan los factores antes descritos con el peso que se les asignó.

**Tabla 2.** Factores relevantes para determinar la localización óptima

<b>FACTORES RELEVANTES PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA</b>	
<b>FACTOR RELEVANTE</b>	<b>PESO ASIGNADO</b>
Disponibilidad de materia prima	0,15
Disponibilidad de mano de obra	0,10
Costo de vida favorable	0,10
Nivel del desarrollo del municipio	0,10
Infraestructura vial	0,15
Disponibilidad de zona Industrial	0,22
Viabilidad de tramitar la licencia ambiental	0,18
<b>CALIFICACIÓN TOTAL</b>	<b>1</b>

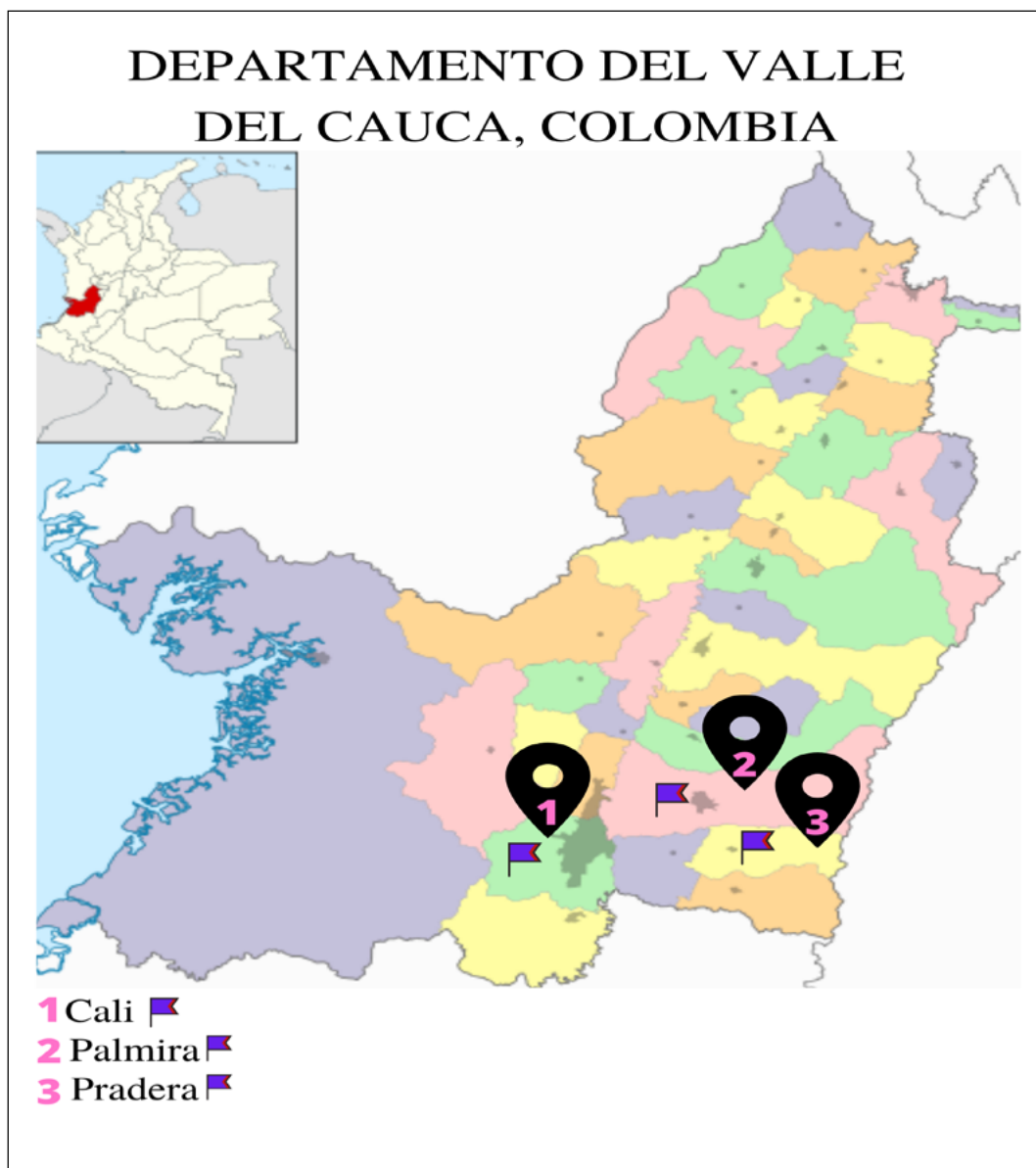
Fuente: *elaboración propia.*

Estas variables fueron analizadas en tres municipios que se consideran estratégicos para el desarrollo del proyecto por todas las variables antes descritas, buscando optimizarlas y orientarlas al mayor beneficio de la iniciativa empresarial aquí analizada. De este modo, se eligieron los municipios de Pradera, Palmira y Cali.

Pradera el cual se caracteriza por ser un corredor estratégico comercial por su comunicación con el departamento del Cauca y con otros municipios del Valle como Palmira, Florida y Candelaria. Palmira como municipio donde se origina la iniciativa que por su nivel desarrollo e infraestructura vial facilitaría considerablemente el transporte y recolección de los residuos. Finalmente, se consideró Cali, la capital

del Valle como un posible punto de localización del agente receptor, en la medida que podría representar importantes oportunidades para la empresa, por su nivel de industrialización y densidad poblacional. Como ya se mencionó estos municipios pertenecen al departamento del Valle del Cauca, los cuales se encuentran demarcados en el siguiente mapa:

**Gráfica 10.** Mapa Geográfico del Valle del Cauca.



Fuente: <https://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/60137/mapas-y-territorios/>

Una vez seleccionadas las posibles localizaciones se procedió a elaborar la siguiente matriz de localización Óptima:

**Tabla 3.** Método cualitativo por puntos localización proyecto para la creación de Agente receptor RAEE

MATRIZ DE LOCALIZACIÓN ÓPTIMA							
FACTOR RELEVANTE	PESO ASIGNADO	PALMIRA		PRADERA		CALI	
		CALIFICACIÓN	PONDERADO	CALIFICACIÓN	PONDERADO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
Disponibilidad de materia prima	0,15	5	0,75	4	0,6	5	0,75
Disponibilidad de mano de obra	0,10	4	0,4	3	0,3	5	0,5
Costo de vida favorable	0,10	4	0,4	5	0,5	1	0,1
Nivel del desarrollo del municipio	0,10	4	0,4	3	0,3	4	0,4
Infraestructura vial	0,15	5	0,75	4	0,6	5	0,75
Disponibilidad de zona Industrial	0,22	5	1,1	1	0,22	5	1,1
Viabilidad de tramitar la licencia ambiental	0,18	5	0,9	3	0,54	3	0,54
<b>CALIFICACIÓN TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>4,7</b>		<b>3,06</b>		<b>4,14</b>

Fuente: *Elaboración propia, basado en Método cualitativo por puntos (Baca. 2010, pág. 110).*

Con base en este análisis se concluyó que el proyecto estará ubicado en el municipio de Palmira, localizado en el sur del Valle del Cauca, ya que tiene mayores atributos para el desarrollo del proyecto, como un costo de vida favorable, factor que marcó la diferencia frente a Cali.

Según disposiciones municipales y normas urbanísticas, Palmira adoptó en el plan básico de ordenamiento territorial la concentración de la zona industrial en el corregimiento de la Dolores ubicada a 20 minutos del casco urbano de Palmira, lugar en el cual deberá desarrollarse el proyecto según lo reglamentado por la CVC.

A continuación, se describen las principales características del municipio donde estará ubicado el agente receptor.

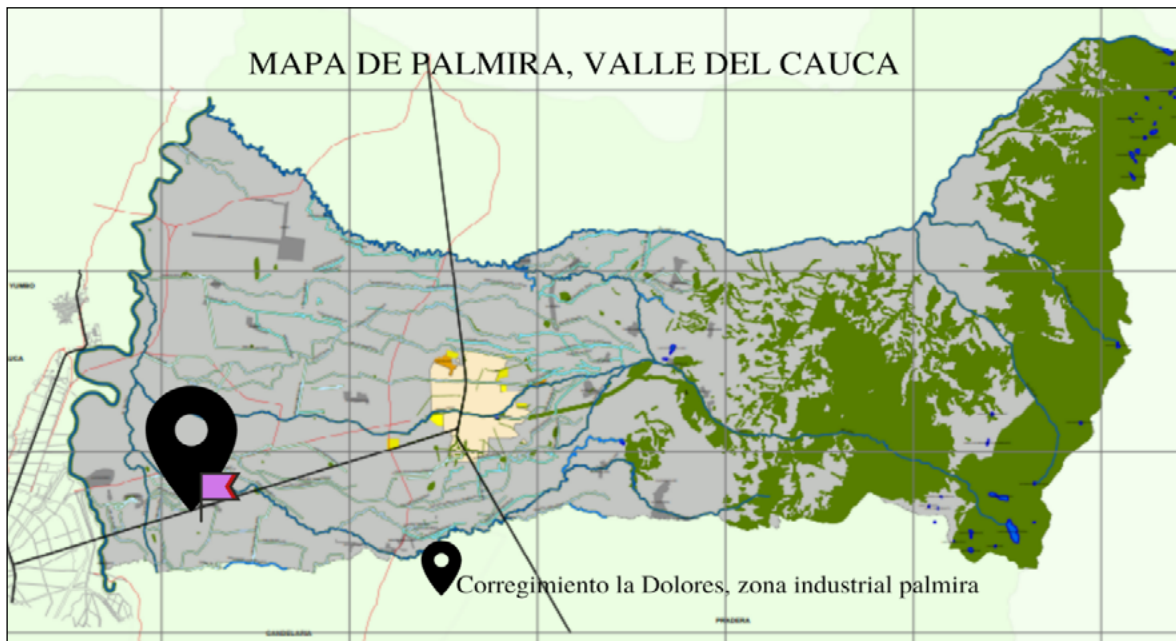
**Tabla 4.** Ficha técnica Palmira – Valle del Cauca

PALMIRA- VALLE DEL CAUCA	
•	Extensión territorial: 1.123 Km <sup>2</sup> , dividido en 16 comunas.
•	Clima: temperatura media 23°C aproximadamente.
•	Número de habitantes: 302,642 habitantes.
•	Principal actividad económica: Agricultura, Ganadería, Centro Comercial, Industrial y Agrícola, Comercio y Minería
•	Comunicaciones y transporte.
•	Carreteras: Recta Cali - Palmira, carretera Amaime- Buga, acceso a Panamericana, carretera Palmira- Pradera
•	Aeropuertos: 1
•	Parques industriales: zona franca del pacifico, parque industrial la Dolores.

Fuente: *elaboración propia.*

A continuación, se presenta el mapa geográfico del municipio de Palmira.

**Grafica 11.** Mapa de Palmira.



Fuente: [https://ccpalmira.org.co/anuario-estadistico/.](https://ccpalmira.org.co/anuario-estadistico/)

En el mapa anterior se muestra el municipio de Palmira y se señala la ubicación del corregimiento de la Dolores, lugar que ha sido designado por el gobierno local como la zona industrial del municipio.

**Gráfica 12.** *Micro localización del proyecto, Mapa geográfico del corregimiento de la Dolores, en el municipio de Palmira, Valle del cauca.*



Fuente: Tomado de <https://earthmaps-co.com/co>.

En conclusión, la decisión de instalar el agente receptor RAEE en el municipio de Palmira nace frente una necesidad del mercado que se encuentra insatisfecha, ya que, hasta el momento, no existe un agente receptor formal de residuos RAEE en el municipio, y se consolida por medio del método de ponderación aplicado. De igual manera, se determina que el proyecto debe estar en la zona industrial, por la naturaleza del ejercicio de la empresa y según los lineamientos de las autoridades ambientales, que en este caso es el corregimiento de la Dolores.

## **Determinación del tamaño del agente receptor RAEE**

El tamaño del agente receptor dependerá fundamentalmente de la cantidad de RAEE que el agente receptor esté en capacidad de procesar, por lo tanto, es neces-

rio realizar una proyección de la demanda futura, esta información será crucial para fijar el determinar la viabilidad.

## Proyección de la demanda

Para elaborar el respectivo análisis de la demanda y la capacidad de la planta del agente receptor se tomarán en cuenta los datos de MINNAMBIENTE (2016), en los que se asegura que el crecimiento de los residuos RAEE es exponencial con una tendencia de 5% anual. Así mismo la generación RAEE por habitante equivale a 5 kg per cápita por año (Baldé, 2017). En ese orden de ideas y basados en el último censo del DANE en el 2017 que establece una densidad demográfica para el Valle del Cauca de 3.789.874 habitantes se estaría hablando de 18.949.000 kg, equivalentes a 18949 toneladas métricas de RAEE generadas por año solo para el departamento. De esta forma y tomando en cuenta la información suministrada por MINAMBIENTE (2017), donde establece que solo el 26% del total de los residuos generados a nivel nacional son recuperados de **manera formal**, lo que hipotéticamente conduce que se están recolectando solo 4926,74 toneladas de RAEE por año en el Valle del Cauca.

La Corporación autónoma del Valle del cauca en adelante, CVC en el informe correspondiente al año 2019 (ver anexo 1) lista 38 empresas autorizadas con licencia ambiental para el tratamiento de residuos, de las cuales 1 de ellas están facultadas para el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y recuperación de RAEE (MINAMBIENTE, resolución 0076 de 2019). Con base en esta información podría ser válido afirmar que en promedio las empresas recolectan 259 toneladas por año cada una, lo que representa un porcentaje de participación individual del 5,3% del total de materiales recuperados y un 1,4% de la demanda total de residuos generados en el departamento.

Basado en la cantidad promedio abarcada de manera individual por las empresas existentes, el agente receptor que plantea este estudio esperaría cubrir al menos 1,4% de la demanda total del departamento, lo que equivale a 259 toneladas por año.

Para pronosticar la demanda se utilizó el método de pronóstico por regresión lineal simple, partiendo de los datos históricos de generación RAEE por habitante, para el año 2017 y se realizó una estimación al crecimiento que según MINAMBIENTE (2017), sería del 5% anual.

La siguiente tabla muestra un estimativo de la cantidad de material por año que estaría en capacidad de recuperar y procesar la planta, expresada en toneladas.

**Tabla 5.** Datos base para pronóstico de la demanda.

<b>DATOS BASE PARA PRONOSTICAR LA DEMANDA</b>	
Crecimiento anual según (MINAMBIENTE 2016)	5%
Número de habitantes según (DANE 2017)	3789874
Kg/ habitante según MINAMBIENTE (2017)	5Kg
Kilogramos generados en el Valle	18949370
Numero de toneladas métricas	18949, 37

Fuente: *Elaboración propia con base en datos de MINAMBIENTE (2017)*

Nota: Todos los datos expresados en la anterior tabla corresponden al 2017, ya que son los últimos informes disponibles para Colombia.

En la siguiente tabla se usaron los datos suministrados por el MINAMBIENTE (2017) como datos históricos hasta el año 2020, del año 2021 en adelante, se aplica el método de regresión lineal simple para pronosticar la demanda futura. Con la siguiente ecuación lineal  $y = 830,27x + 17595$   $R^2 = 0,9616$

**Tabla 6.** Pronostico de la demanda por método de regresión lineal.

PRONOSTICO DE LA DEMANDA PARA EL VALLE DEL CAUCA		
DATOS POR AÑO	PERIODO	RESIDUOS GENERADOS POR AÑO VALLE DEL CAUCA (TON)
HISTÓRICO 2017	1	18949
HISTÓRICO 2018	2	19896
HISTÓRICO 2019	3	20891
HISTÓRICO 2020	4	21936
PRONÓSTICO 2021	5	22907
PRONÓSTICO 2022	6	23902
PRONÓSTICO 2023	7	24898
PRONÓSTICO 2024	8	25893
PRONÓSTICO 2025	9	26889
PRONÓSTICO 2026	10	27884

Fuente: *Elaboración propia*

La tabla anterior describe la demanda proyectada para el departamento del Valle del Cauca, los años 2021 en adelante se pronostican con el método de regresión lineal simple, mientras que los datos anteriores se toman de históricos basados en las proyecciones de MINAMBIENTE (2017).

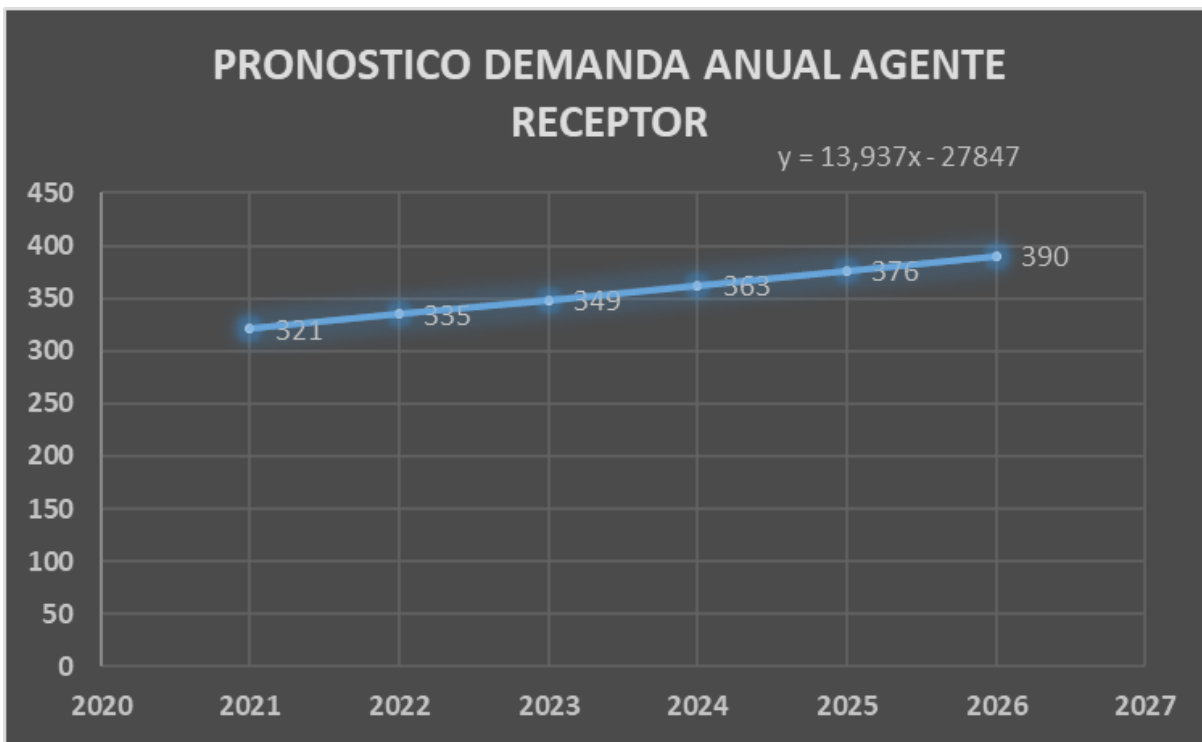
**Tabla 7.** Pronóstico de la demanda cubierta por la empresa.

PRONÓSTICO DE LA DEMANDA AGENTE RECEPTOR			
DATOS POR AÑO	PERIODO	RESIDUOS GENERADOS POR AÑO VALLE DEL CAUCA (TON)	1,4% DE LA DEMANDA TOTAL DEL DPTO.
2020	4	21936	307
PRONÓSTICO 2021	5	22907	321
PRONÓSTICO 2022	6	23902	335
PRONÓSTICO 2023	7	24898	349
PRONÓSTICO 2024	8	25893	363
PRONÓSTICO 2025	9	26889	376
PRONÓSTICO 2026	10	27884	390

Fuente: *elaboración propia.*

De manera similar la Tabla 7. Muestra la proyección de la demanda. En este caso incluye la demanda individual del agente receptor, calculando aprovechar el 1,4% de la demanda total del departamento, basado en que este es el volumen promedio procesado por las empresas autorizadas por la CVC para el tratamiento de los RAEE.

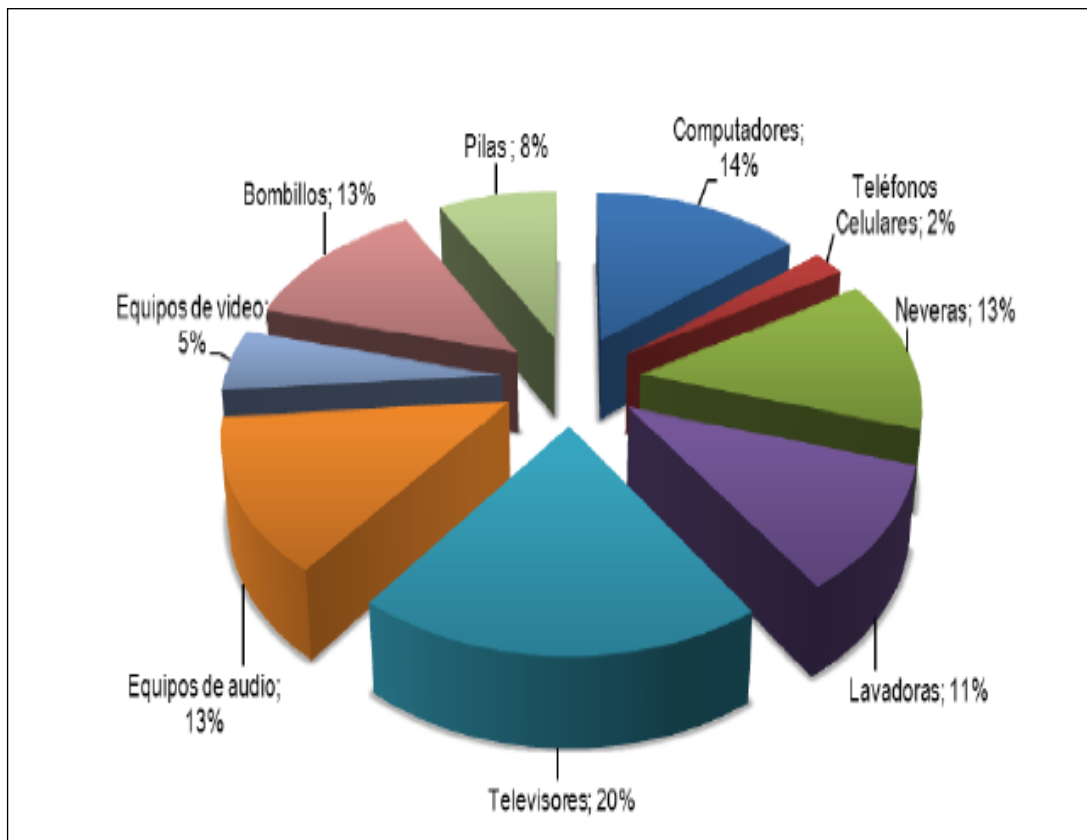
**Gráfica 13.** Gráfico de tendencia demanda futura abastecida por la empresa.



Fuente: *Elaboración propia*

Una vez definido el volumen de residuos que se trataran en el agente receptor, es necesario estimar el volumen de RAEE, por cada línea de cada categoría de RAEE, para así proyectar la distribución interna de la planta. Según el gráfico de participación por categoría elaborado por MINAMBIENTE (2014), la distribución se daría así:

**Gráfica 14.** Gráfico de participación por categoría MINAMBIENTE (2014)



Fuente: *Política nacional para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), MINAMBIENTE (2017).*

Según la información antes descrita, se espera que el esquema de la demanda abastecida por la empresa para el 2021 sean 321 ton/ año (ver Tabla 7.), los residuos estarían distribuidos por categoría como se muestra a continuación:

**Tabla 8.** *Kilogramos RAEE tratados al día por categoría.*

CATEGORÍA	APARATOS DE CADA CATEGORÍA	PORCENTAJE QUE REPRESENTA CADA CATEGORÍA	TON/AÑO POR CATEGORÍA (2021)	KGS/AÑO POR CATEGORÍA	KGS/MES POR CATEGORÍA	KGS/ DIA POR CATEGORÍA	Kgs Tratados por hora (TURNOS DE 8 HORAS)
LÍNEA BLANCA	Neveras, hornos, lavadoras, estufas	24%	77	76966	6414	214	27
LÍNEA MARRÓN	Televisores, equipos de sonido, video	38%	122	121863	10155	339	42
LÍNEA GRIS	Pc's, periféricos, celulares, etc.	38%	122	121863	10155	339	42
<b>TOTALES</b>			<b>321</b>	<b>320693</b>	<b>26724</b>	<b>891</b>	<b>111</b>

Fuente: *elaboración propia con base en estadísticas MINAMBIENTE (2017).*

En ese orden de días el agente receptor estará activo 312 días al año por lo que se tratarán alrededor de 830 kg/día, teniendo en cuenta que cada hora se procesarán 103 kg de material, en turnos de 8 horas diarias, abarcando la totalidad del proceso propuesto desde el ingreso de los residuos hasta el alistamiento para la comercialización de los mismos.

En ese orden de ideas, se espera que cada operario del área de desensamble pueda desmontar 111 kg por hora, es decir, la cantidad de aparatos equivalentes a este peso, en un tiempo de trabajo por turno de 8 horas. Según MINAMBIENTE (2017), en la guía para el desensamble manual de refrigeradores y aires acondicionados, un operario se tarda en promedio 3 horas en el desensamble total de una nevera por el método manual, por tal razón, entendiendo que la nevera es uno de los aparatos electrónicos y eléctricos más voluminoso (en promedio puede pesar 52kgs) y complejo en su desensamble por los gases contenidos, se calcula que para la línea blanca se deberán disponer de dos operarios para cubrir los 27 kg por hora que plantea la proyección de la demanda.

Para las líneas marrón y gris se dispondrá de un operario para cada línea quienes procesarán en promedio 42 kgs por hora, en pasar desde el área de mantenimiento al desensamble, para finalmente pasar al alistamiento para la comercialización. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, dada la variabilidad de los RAEE, estas estimaciones se deben ajustar a la realidad, cuando el agente receptor entre en fase de operatividad. De este modo, se dispuso que se tendrán 4 operarios en total en el área de desensamble (2 en la línea blanca, 1 en la línea marrón y 1 en la línea gris) y 2 más en el área de almacenamiento y embalaje, quienes controlarán el almacenamiento y en su debido momento también harán el embalaje de los pedidos, se recibirán camiones dos veces por día, que deberá cumplir con la meta de recoger 891 kg diarios.

**Requerimientos para el proceso productivo.** De la misma manera y según los cálculos desarrollados anteriormente se proyectan los siguientes requerimientos.

- a. Mano de obra requerida: para el proceso operativo, se requiere mano de obra de 6 operarios, que trabajaran en turnos de 8 horas diarias, de lunes a sábado.
- b. Maquinaria y equipo: basculas industriales de piso, contenedores o canastas metálicas, estibas, herramientas, muebles de oficina, equipos de informática y software, sistema cerrado de seguridad.
- c. Microbús tipo van con capacidad máxima de 560Kgs.

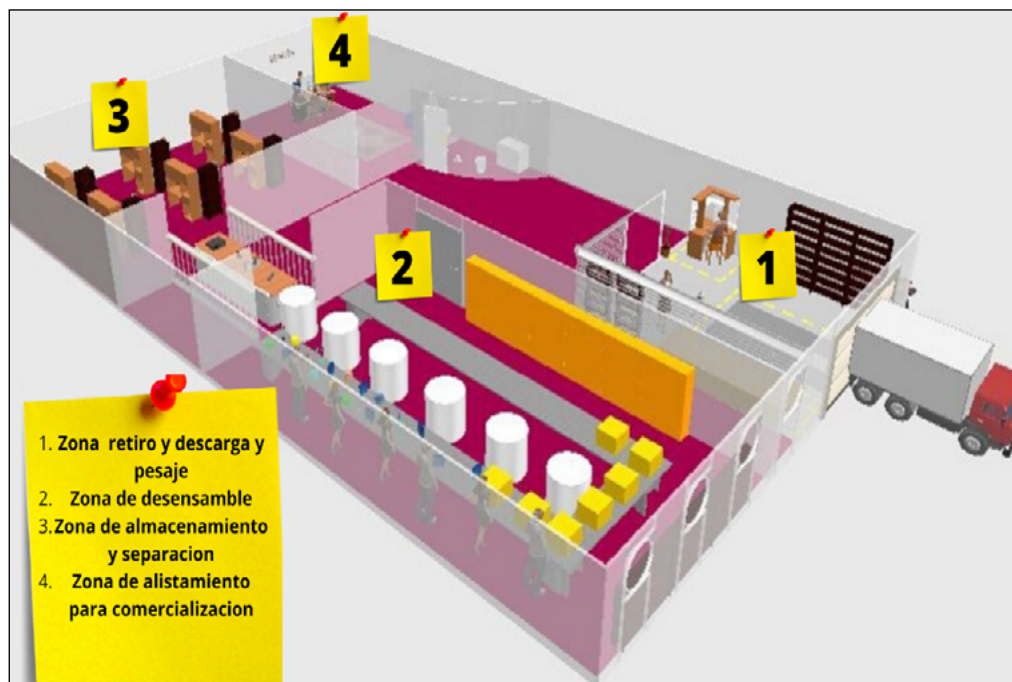
**Requerimientos físicos de la bodega.** Las características técnicas de la bodega están determinadas por los lineamientos técnicos definidos por el MINAMBIENTE (2010), donde se especifica que:

- a. La bodega debe instalarse en un lugar techado, protegido de la intemperie.
- b. Debe contar con un sistema de control y vigilancia para evitar hurtos.

- c. Los RAEE deberán ser depositados sobre contenedores que deberán estar instalados sobre estibas que los separen del suelo y los protejan de una posible humedad.
- d. El piso debe ser impermeables para evitar contaminación de los suelos.
- e. El área de la bodega deberá estar definida por la capacidad que se proyecta atender en el agente receptor, lo que se definirá en el siguiente capítulo.

De acuerdo a los requerimientos antes descritos se espera que la planta tenga la siguiente distribución interna simulada con un plano 3D elaborado con la herramienta Sweet home 3D .

**Gráfica 15.** *Plano 3D de distribución interna de la planta*



Fuente: *elaboración propia con sweet home 3D.*

**Gráfica 16 .** *Distribución interna de la plata vista 2.*



Fuente: *elaboración propia con sweet home 3D*

**Gráfica 17 .** *Distribución interna de la plata vista 3*



Fuente: *elaboración propia con sweet home 3D*

## **Organización humana del agente receptor**

Para la creación del agente receptor y la definición de la organización humana se tomó como referencia el modelo de Mintzberg (2005). En este modelo se describirá el tamaño de la organización en donde se describirán los atributos y funciones de cada cargo y su respectiva asignación salarial, la estructura organizacional, los componentes o subsistemas del modelo y los mecanismos de coordinación.

### **Tamaño de la organización**

Teniendo en cuenta la determinación del tamaño del agente receptor descrito en el apartado anterior, el proyecto iniciaría con un total de nueve colaboradores vinculados por la empresa y los servicios de seguridad serían subcontratados. Los nueve cargos requeridos para el funcionamiento del agente receptor serán: Gerente, administrador, representante de servicio al cliente, 6 operarios y un guarda de seguridad contratado a través de un tercero, los cuales deberán contar con ciertas habilidades y competencias que les permitan desempeñar sus funciones de manera eficiente.

Como se puede observar en la matriz descrita a continuación en donde se detallan las funciones, habilidades y asignación salarial correspondiente a cada uno de los cargos necesarios para el funcionamiento del agente receptor.

Tabla 8. Matriz de descripción de cargos.

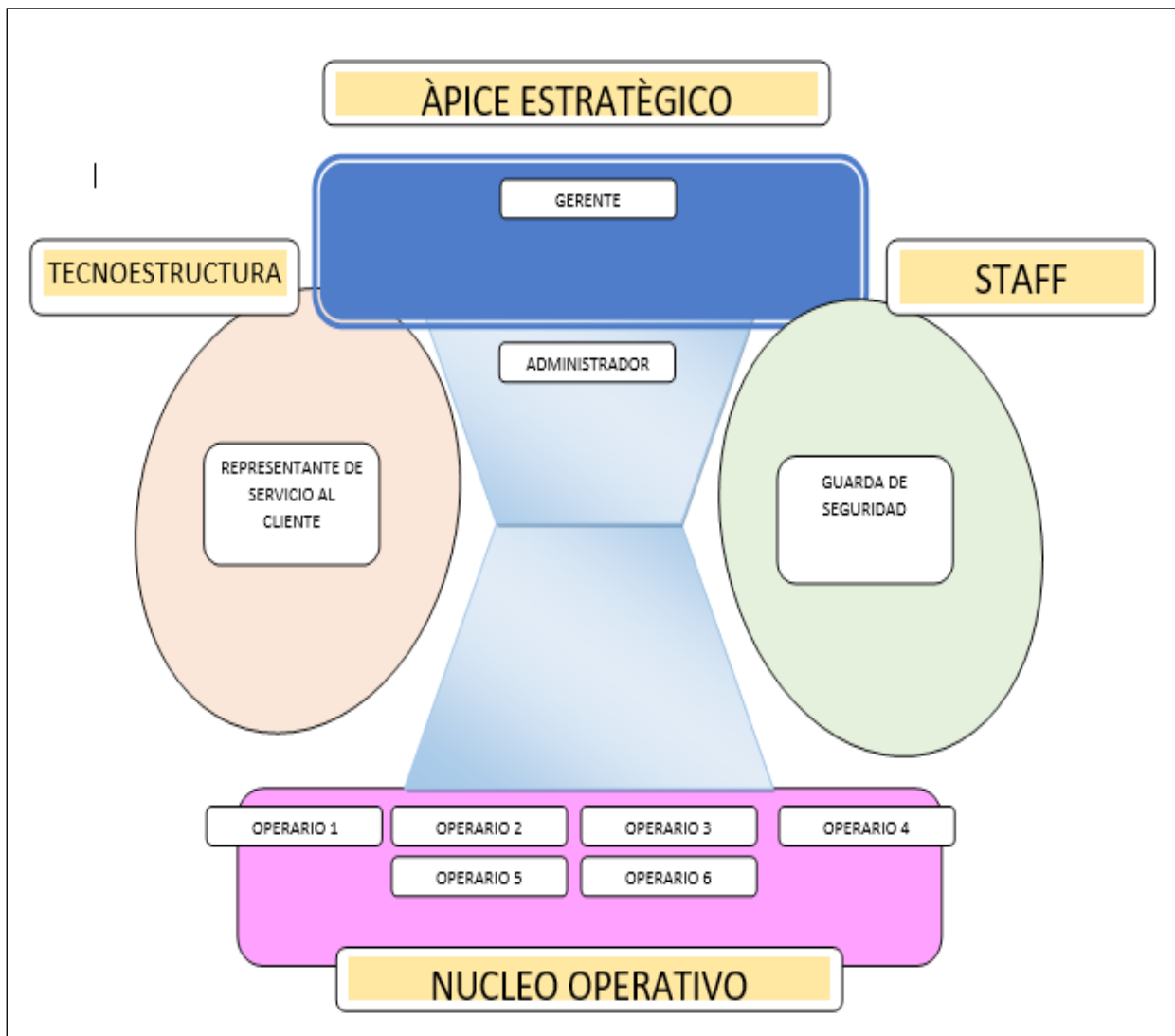
DESCRIPCIÓN DE CARGOS			
CARGO	HABILIDADES	FUNCIONES	ASIGNACIÓN SALARIAL
GERENTE	Habilidades comunicativas, cognitivas, amplitud perceptual, liderazgo, gestión del cambio y adaptabilidad	Diseñar la planeación estratégica que permita a la empresa posicionarse en el mercado y alcanzar los niveles de efectividad deseados	\$ 2.800.000
ADMINISTRADOR	Habilidades comunicativas, cognitivas, amplitud perceptual, liderazgo, adaptabilidad, conocimientos técnicos, agilidad	Tomar decisiones, gestionar inventarios, negociar compras y ventas de materias primas, gestión del personal, control de los procesos	\$ 1.900.000
SERVICIO AL CLIENTE	Habilidades comunicativas, amabilidad, empatía, iniciativa, empoderamiento y autocontrol.	Recepcionar a los clientes, atender los canales de comunicación, resolver PQR'S, gestión documental	SMMLV
OPERARIOS	Habilidades comunicativas, cognitivas, proactividad, habilidades técnicas, precisión, agilidad, eficiencia, eficacia	Recepción de materiales, recolección, almacenamiento, desensamble, embalaje, cargue y descargue de materiales.	SMMLV
GUARDA DE SEGURIDAD	Habilidades comunicativas, liderazgo, proactividad, responsabilidad, autocontrol, eficiencia y eficacia.	control de inventarios, gestionar la seguridad, mitigar y enfrentar el riesgo inherente a la operatividad de la empresa	SALARIO OTORGADO POR LA EMPRESA QUE LE CONTRATA

Fuente: elaboración propia

## Estructura organizacional

La estructura organizacional será de tipo simple, con tintes mecanicistas, propia de pequeñas y jóvenes compañías, la cual estaría gráficamente representada en la estructura de Mintzberg (2005) de la siguiente manera.

**Gráfica 18.** Estructura organizacional del agente receptor según modelo de Mintzberg



Fuente: elaboración propia basado en Mintzberg, H. (2005). La estructuración de las organizaciones.

Como su nombre lo indica las estructuras simples tienden a tener alta flexibilidad y las líneas jerárquicas son casi inexistentes, donde los cargos del ápice estratégico ejercen el control de manera directa, por lo tanto, es válido aclarar que se deben supervisar los procesos y no las personas para que el modelo organizacional se integre de manera armónica y facilite el buen desempeño de los colaboradores desde el empoderamiento y un alto sentido de pertenencia.

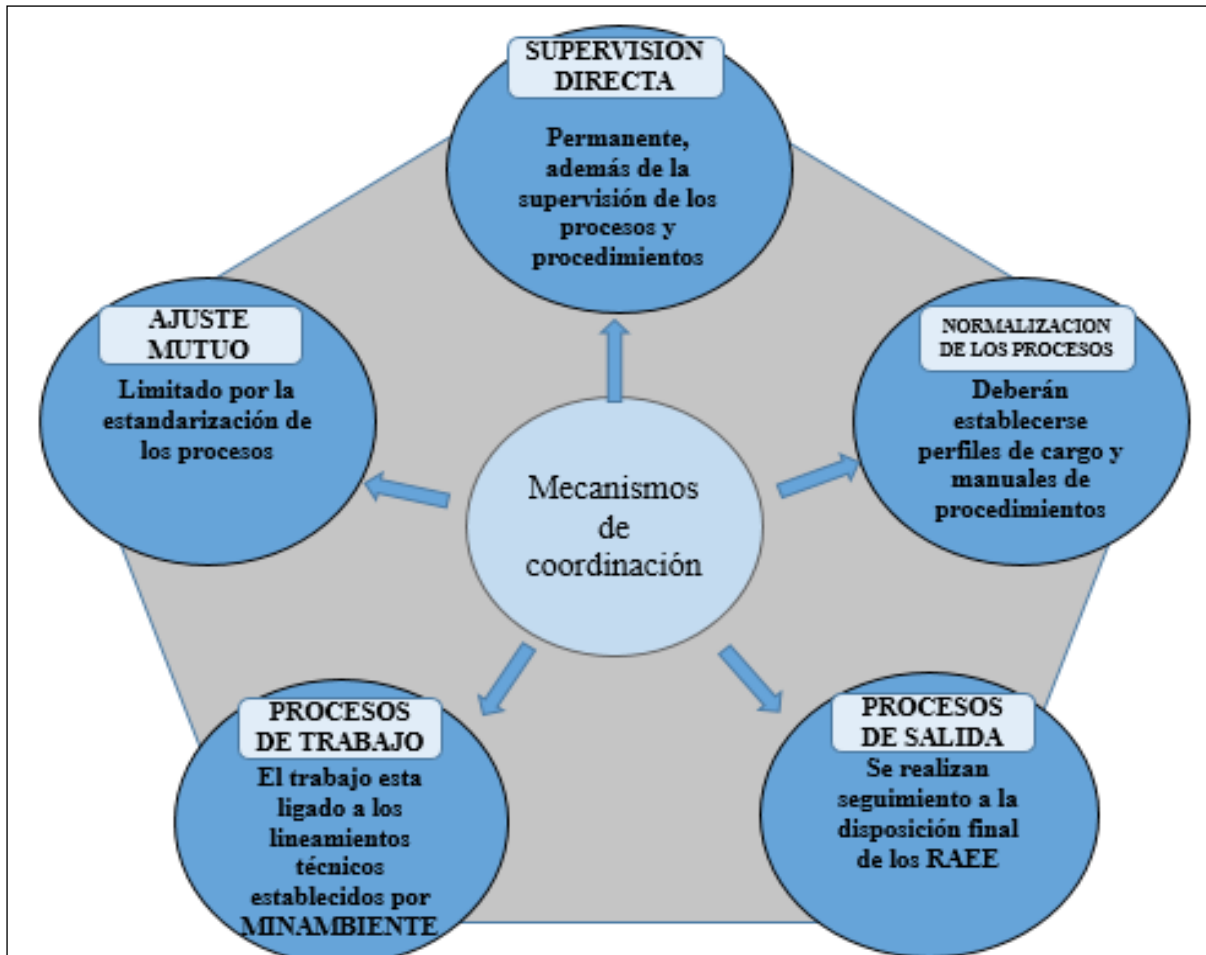
**Tabla 9.** Componentes o subsistemas modelo organizacional

MODELO DE MINTZBERG		
COMPONENTES O SUBSISTEMAS		TIPO DE ORGANIZACIÓN
		ESTRUCTURA SIMPLE
1.	ÁPICE ESTRATÉGICO	Muy bien definido dentro de una jerarquía muy marcada.
2.	LÍNEA MEDIA	Su papel es el de asignar las tareas a aquellos cuyo papel es la ejecución de las mismas con el objeto de alcanzar los objetivos definidos por sus superiores. Se encuentra muy delimitada
3.	NÚCLEO OPERATIVO	la mayor parte de los colaboradores se encuentran en el núcleo operativo, compuesto por técnicos, auxiliares, profesionales, analistas, coordinadores.
4.	TECNOESTRUCTURA	Establecida por cargos que apoyan la correcta ejecución de los procesos
5.	STAFF	Representada por los cargos que apoya, este caso el guarda de seguridad que juega un papel indispensable en la organización

Elaboración propia, basado en Mintzberg, H. (2005).

Por otro lado, en el siguiente gráfico se observan los diferentes mecanismos de coordinación aplicables a la organización los cuales son: supervisión directa, ajuste mutuo, normalización de los procesos, procesos de trabajo y procesos de salida.

**Gráfica 19.** *Mecanismos de coordinación aplicables a la empresa.*



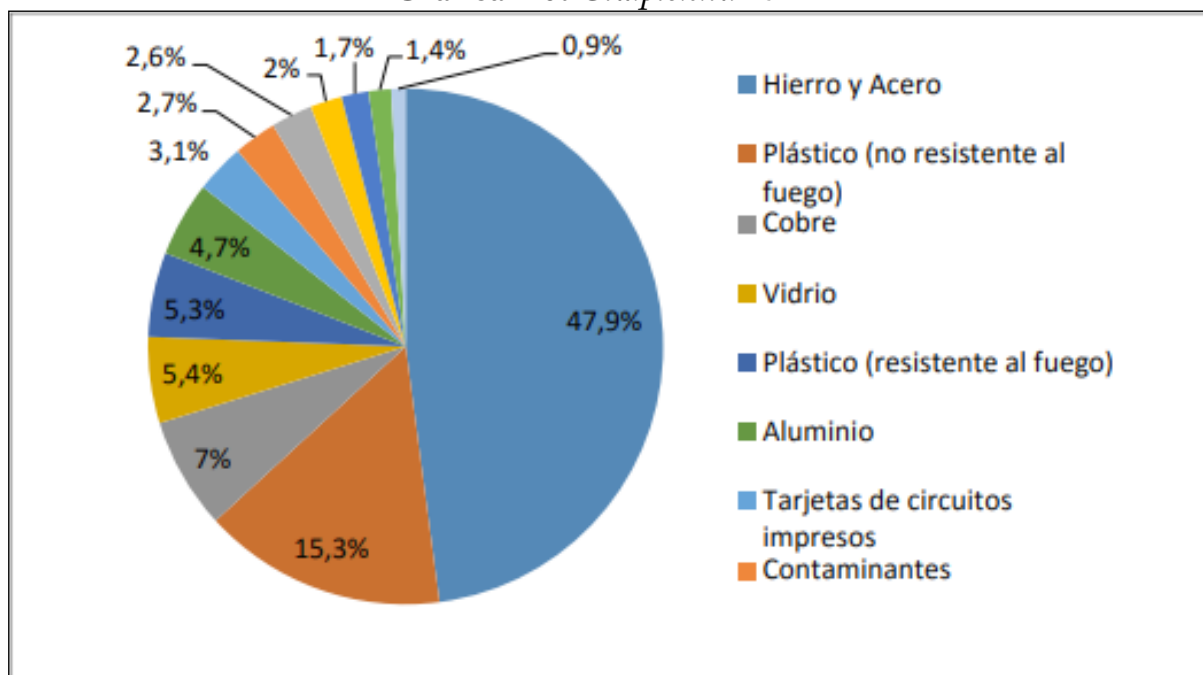
Elaboración propia, basado en Mintzberg, H. (2005).

De esta manera con la integración de los diferentes elementos antes descritos se espera que el modelo organizacional del agente receptor RAEE, logre integrar el talento humano de la organización desde la generación de una visión compartida que se traduzca en productividad para la compañía y genere un clima laboral propicio para la satisfacción de los colaboradores.

## Aproximación al Análisis financiero

Evaluando la necesidad de determinar los costos financieros de la inversión inicial y los posibles ingresos puede generar se consideró necesario analizar algunos de los elementos del estudio de viabilidad financiera ligado a la información que arrojó el estudio técnico. Para el análisis, se tomó como referencia la comercialización del hierro y el acero dado que según Widmer, Oswald-Krapf, Sinha-Khetriwal, Schnellmann, & Böni, (2005), es el componente con mayor representatividad en los RAEE y resulta de fácil comercialización. No es posible basar el análisis sobre todos los componentes dada la variabilidad de los elementos en un RAEE y no se desarrollarán en este apartado por el nivel de profundidad que esta labor requiere. Por lo tanto, en este apartado se plantea únicamente realizar una aproximación de la capacidad de generación de ingresos del agente receptor con lo que se planteó en el estudio técnico. Así pues, se podría considerar abordarse en detalle el análisis financiero de cada componente en estudios futuros

Grafica 20. Composición RAEE



Fuente: Widmer, Oswald-Krapf, Sinha-Khetriwal, Schnellmann, & Böni, (2005)

*El punto de partida de la aproximación al análisis financiero será la evaluación de la inversión inicial, luego se hará una proyección de la demanda del hierro y el acero lo que servirá de base para realizar el flujo de caja proyectado. Más adelante, se evaluará VPN, TIR y costo de capital.*

**5.1 Inversión inicial.** Utilizando la base tradicional de análisis de la información financiera, el agente receptor inicia con una inversión inicial que evalúa gastos pre operativos, de infraestructura, maquinaria y equipo y estimación de costos. Esta inversión inicial se divide en un aporte social de 25% y se espera financiar el 75% del proyecto, a través, de Bancoldex, entidad financiera miembro de la iniciativa UNEP FI del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2018), quien apalanca iniciativas que tengan un componente de innovación y estén orientadas al desarrollo sostenible, esta entidad ofrece una tasa de 12% EA, lo que representaría una deuda de \$117.507.750 en capital.

**Tabla 10.** *Matriz de inversión inicial*

<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	
<b>DETALLE</b>	<b>\$</b>
<b>GASTOS PREOPERATIVOS</b>	<b>\$</b>
Elaboración de la escritura pública por la notaria	\$ 250.000,00
suscripción de la escritura publica	\$ 13.000,00
registro mercantil	\$ 116.000,00
Estudio ambiental	\$ 2.500.000,00
Permiso de uso de suelo	\$ 98.000,00
Estudios de viabilidad	\$ 6.000.000,00
Licencia ambiental	\$ 3.000.000,00
<b>TOTAL GASTOS PREOPERATIVOS</b>	<b>\$ 11.977.000,00</b>
<b>DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA CIVIL</b>	
Adecuaciones locativas e infraestructura	\$ 30.000.000,00
<b>TOTAL GASTOS DE INFRAESTRUCTURA</b>	<b>\$ 30.000.000,00</b>
<b>PROPIEDAD PLANTA Y EQUIPO</b>	
Microbús tipo VAN	\$ 27.000.000,00
Basculas industriales de piso	\$ 10.000.000,00

contenedores o canastas metálicas	\$ 9.500.000,00
Estibas	\$ 3.000.000,00
Herramientas	\$ 6.000.000,00
Muebles de oficina	\$ 10.000.000,00
Equipos de informática y software	\$ 10.000.000,00
Sistema cerrado de seguridad	\$ 3.000.000,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	<b>\$ 78.500.000,00</b>
<b>ESTIMACIÓN COSTOS (MES)</b>	
<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>\$ 17.000.000</b>
MATERIAS PRIMAS	\$ 11.000.000
INSUMOS INDIRECTOS	\$ 4.000.000
RECOLECCIÓN DE MATERIAL	\$ 2.000.000
<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>\$ 19.200.000</b>
ADMINISTRACIÓN	\$ 2.000.000
NOMINA	\$ 13.200.000
ARRENDAMIENTO	\$ 4.000.000
<b>TOTAL INVERSIÓN INICIAL</b>	<b>\$ 156.677.000,00</b>
<b>Aporte de los socios 25% de la inversión inicial</b>	<b>\$ 39.169.250,00</b>

*Proyección de la demanda de Hierro y acero.* Para realizar la proyección financiera de los ingresos se tomó el precio comercial del hierro y acero como uno de los principales materiales recuperables que representan un material valioso y fácil de comercializar, el cual se vende a \$2.000.000 la tonelada y se compra a \$450.000 la tonelada según el DANE (2018).

De las 256 toneladas por año que se contemplan abarcar en el estudio técnico y teniendo en cuenta que según Widmer, et al (2005) el hierro y el acero representan el 47,9% del total del material reciclado, se espera recibir 122, 6 toneladas de hierro y acero por año.

**Tabla 11.** Datos de la demanda proyectada de hierro y acero

<b>DATOS DE LA DEMANDA PROYECTADA DE HIERRO Y ACERO</b>	
Años proyectados	5
Toneladas Hierro/acero (1 año)	122,60
precio venta unitario TON	\$ 2.000.000
ingresos anuales por venta hierro	\$ 245.200.000
ingresos por venta mensuales	\$ 20.433.333
Crecimiento de ventas * año	5%
Crecimiento PV	3%

Fuente: *Elaboración propia*

Con los datos presentados en las tablas de inversión inicial y demanda proyectada se procede a elaborar el flujo de caja proyectado a 5 años.

**Tabla 12.** Flujo de caja proyectado

<b>FLUJO DE CAJA PROYECTADO A 5 AÑOS</b>					
	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
SALDO INICIAL aporte socios		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
INGRESOS VENTA HIERRO/ACERO	\$ 245.200.000	\$ 259.912.000	\$ 275.506.720	\$292.037.123	\$ 309.559.351
DISPONIBLE	\$ 245.200.000	\$ 259.912.000	\$ 259.912.000	\$ 259.912.000	\$ 259.912.000
EGRESOS	\$ 36.100.000	\$ 37.327.400	\$ 38.596.532	\$ 39.908.814	\$ 41.265.713
INTERESES	\$ 5.828.818	\$ 4.987.525,23	\$4.146.232,23	\$3.304.939,23	\$ 2.463.646,23
ABONO A CAPITAL	\$ 7.010.775	\$ 7.010.775	\$ 7.010.775	\$ 7.010.775	\$ 7.010.775
IMPUESTOS	\$ 50.817.795	\$ 54.399.269	\$ 58.190.989	\$ 62.205.843	\$ 66.457.498
INVERSIÓN	\$ 156.677.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL EGRESOS	\$ 256.434.389	\$ 103.724.969	\$ 107.944.528	\$ 112.430.370	\$ 117.197.632
SUBTOTAL	-\$ 11.234.389	\$ 156.187.031	\$ 151.967.472	\$ 147.481.630	\$ 142.714.368
PRÉSTAMO	\$ 117.507.750	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
SALDO FINAL	\$ 106.273.361	\$ 156.187.031	\$ 151.967.472	\$ 147.481.630	\$ 142.714.368

Fuente: *elaboración propia*

Los datos aquí presentados son un estimativo de ingresos producidos por la venta de hierro y acero que se manejaría en la empresa considerando la demanda inicial del año uno, se decide proyectar un crecimiento de las ventas del 5% por año basados en el porcentaje de crecimiento de los residuos a nivel mundial, también se estima un crecimiento del precio de venta basados en las proyecciones de la inflación para los siguientes años.

**VPN Y TMRR.** Con la información antes expuesta se procedió a calcular el VPN con resultado positivo de lo cual se deduce que el proyecto es viable ya que supera la TMRR (Tasa mínima de rentabilidad requerida establecida por los socios), de la misma forma la TIR evidencia viabilidad en la medida que el proyecto supera lo que cuesta financiarlo

La tasa mínima de retorno requerida o TMRR se calculó basado en los criterios de: tasa de inflación, riesgo de la inversión y la rentabilidad promedio de los RAEE. Para la tasa de inflación se tuvo en cuenta el último dato anual publicado por el DANE (2019), donde muestra una inflación del 3,8% para el año 2019.

**Tabla 13.** Series IPC total nacional e inflación

Año(aaaa)- Mes(mm)	Índice	Inflación anual %	Inflación mensual %	Inflación año corrido %
2017-12	96,92	4,09	0,38	4,09
2018-12	100,00	3,18	0,30	3,18
2019-12	103,80	3,80	0,26	3,80
2020-01	104,24	3,62	0,42	0,42
2020-02	104,94	3,72	0,67	1,09
2020-03	105,53	3,86	0,57	1,67
2020-04	105,70	3,51	0,16	1,83
2020-05	105,36	2,85	-0,32	1,50

Fuente: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ip>

En segundo lugar, para el riesgo de la inversión (i R) se utilizó el último mapa de riesgo publicado por el consultor AON corporation (2018) que clasificó a Colombia como un país de nivel medio para los inversionistas, lo que implica que todas las personas que inviertan en Colombia tendrán una retribución que puede estar en un rango de entre el 6% y el 10% por la confianza que deposite en la inversión.

Finalmente, en tercer lugar, se tuvo en cuenta la rentabilidad promedio que según la central informativa Sectorial (2016) la rentabilidad del hierro y acero oscilan en el 7%, de esta manera se obtuvieron las variables que dieron como resultado la TMRR.

$$TMRR = IPC + i R + \text{rentabilidad promedio hierro y acero}$$

$$TMRR = (0,038 + 0,10 + 0,7) \star 100 = 21\%.$$

A Continuación, se calculan dos de variables de rentabilidad que darán cuenta de los beneficios que estaría en capacidad de generar el proyecto.

**Tabla 14.** Resultados TIR y VPN

<b>TIR</b>	39,36%
<b>VPN</b>	\$ 245.241.781,19
<b>TMRR</b>	21%

Fuente: *elaboración propia.*

Por otra parte, se realizó un análisis de la relación Costo/Beneficio que pretende evaluar la conveniencia del proyecto, basado en los valores de flujo neto que el proyecto arroja para los 5 años.

Tabla 15. Análisis relación costo/beneficio

RELACIÓN COSTO BENEFICIO			
TMR	21%		
PERIODOS EN AÑOS	FLUJO NETO	VP	VP ACUM
0	-156677000	-156677000	-156677000
1	106273361,3	\$ 87.829.224	-\$ 68.847.776
2	156187031,1	\$ 106.677.844	\$ 37.830.068
3	151967472,1	\$ 85.781.676	\$ 123.611.744
4	147481629,5	\$ 68.801.269	\$ 192.413.013
5	142714367,7	\$ 55.022.567	\$ 247.435.580

Fuente: *elaboración propia*

**Costo de financiación del proyecto CKT.** La empresa tendría un costo de capital de 12,05% antes de imponenta y del 13% después de imponenta lo que significa que los gastos financieros representan el 13% de los ingresos de la empresa en el primer año. No se plantean por el momento nuevas formas de financiación con proveedores, en vista que ya se han puesto a consideración alternativas como el leasing, pero no se encuentra ninguna empresa que alquile el tipo de maquinarias que se manejaran en el agente receptor, estas se podrían plantear una vez entrando en marcha la empresa como proyecto de expansión.

Tabla 16. Costo de financiación del proyecto antes de imponenta

COSTO DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO CKT ANTES DE IMPORRENTA					
TASA NOMINAL	FUENTES DE FINANCIACIÓN	MONTO (\$)	PESO(%)	TASA EFECTIVA	PONDERACIÓN
	Proveedores	\$	0	0,00%	0,00%
	Crédito Rotatorio Corto Plazo	\$	0	0,00%	0,00%
9,07% E.A.	Crédito Largo Plazo	\$ 117.507.750	0,75	9,07%	6,80%
4,85% E.A.	Leasing	\$	0	0,00%	0,00%
21% E.A.	Aportes Socios	\$ 39.169.250	0,25	21,00%	5,25%
	Total Inversión Requerida	\$156.677.000	1		<b>12,05%</b>

Fuente: *elaboración propia.*

A continuación, se presenta el costo de financiación después de imporrenta.

**Tabla 17.** Costo de financiación del proyecto después de imporrenta

COSTO DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTOS CKT DESPUÉS DE IMPORRENTA					
TASA NOMINAL	FUENTES DE FINANCIACIÓN	MONTO (\$)	PESO(%)	TASA EFECTIVA	PONDERACIÓN
	Proveedores	\$	0	0,00%	0,00%
	Crédito Rotatorio Corto Plazo	\$	0	0,00%	0,00%
9,07% E.A.	Crédito Largo Plazo	\$ 117.507.750	0,75	7,28%	5,46%
4,85% E.A.	Leasing	\$	0		0,00%
21% E.A.	Aportes Socios	\$ 39.169.250	0,25	18,75%	4,69%
	Total Inversión Requerida	\$156.677.000	1		<b>10,14%</b>

Fuente: *elaboración propia.*

**Indicadores de rentabilidad y generación de valor agregado.** La relación óptima de rentabilidad se cumple en el caso del ROA que es el excedente económico atribuible al core business o actividad principal que en todos los años es superior a el CKT y a la TMRR.

**Tabla 18.** Indicadores de rentabilidad

INDICADORES DE RENTABILIDAD Y GENERACIÓN DE VALOR AGREGADO					
RESULTADOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
ROA	0,98	0,82	0,89	0,97	1,05
RAI	0,95	0,79	0,87	0,95	1,04
RNA	0,69	0,58	0,63	0,69	0,76
RPAI	1,07	1,08	1,10	1,11	1,13
RNP	0,77	0,79	0,80	0,81	0,82

Sin embargo, se evidencia que la rentabilidad del patrimonio RPAI, está por encima de la rentabilidad de los activos lo que podría originarse en que el patrimonio es muy inferior al volumen de activos por lo que se recomendaría ampliar el capital social, aunque la rentabilidad del patrimonio cumple con lo que los socios esperan de su inversión.

De la misma forma, la relación óptima de la rentabilidad se cumple en la medida que el hecho que el patrimonio rente más que los activos no resulta desalentador solo habría que revisar la ecuación patrimonial y posiblemente hacer una inyección de capital al patrimonio para hacer que los activos empiecen a rentar por encima del mismo.

En conclusión, el proyecto es viable en la medida que la TIR es mayor a la TMRR y el VPN es positivo, con lo que se puede aseverar que el proyecto es aconsejable ya que deja un remanente a los inversionistas siendo atractivo.

## **Resumen ejecutivo**

El estudio técnico tuvo como resultado que el agente receptor estará ubicado en el municipio de Palmira, en el corregimiento de la Dolores, zona industrial definida en el plan de ordenamiento territorial. Se ha determinado que el agente receptor tendrá un tamaño para atender aproximadamente el 1.4 % de la demanda total de residuos generados por los hogares y empresas vallecaucanas, lo que equivale a 259 toneladas de residuos por año. Para tal fin se emplearán un total de nueve personas en sus inicios, de las cuales seis serán operarios y estarán a cargo de los procesos de manipulación de los RAEE desde la etapa de recolección hasta la etapa de despacho. Es necesario generar un programa de capacitación al personal antes de iniciar la fase de operatividad que les permita conocer la categorización y el tratamiento adecuado para cada RAEE según sus componentes y el nivel de peligrosidad de los mismos.

Los RAEE una vez salgan del agente receptor serán conducidos a dos destinos, una parte se irá a la comercialización, por lo que habrá que apoyarse del desarrollo de un plan estratégico de comercialización que consiga aliados comerciales con los cuales

se pueda negociar los RAEE y sus componentes valiosos. La otra parte cumplirá el proceso de reciclaje controlado por parte de las instituciones autorizadas para darle tratamiento a las piezas que tienen bajo o nulo porcentaje de recuperación y que representan un riesgo importante para el medio ambiente o la salud humana como es el caso de las baterías, los condensadores o capacitores presentes en las tarjetas de circuito.

A su vez, el marco legal determinó que se deben cumplir unos requisitos mínimos de constitución entre los cuales se considera un elemento indispensable la consecución de una licencia ambiental que otorga la CVC.

Al finalizar el estudio técnico, se tomó la decisión de abordar un análisis financiero que pueda servir como una herramienta complementaria de la información obtenida. En este, se definió que la inversión inicial del proyecto representa un monto de **\$ 156.677.000**. También se realizó una proyección de la demanda de hierro y acero, teniendo en cuenta que son los materiales que mayor representatividad tienen en los RAEE, con lo que se pudo determinar que de las 256 toneladas por año que se contemplan abarcar en el estudio técnico, se espera recibir 122, 6 toneladas de hierro y acero por año, lo que estaría en capacidad de generar una utilidad neta de **\$106.273.361** en el primer año, con un crecimiento del 5% en las ventas para el año siguiente.

Por otra parte, se estableció que la TMRR esperada por los inversionistas será del 21%, basado en el porcentaje de inflación sumado al porcentaje de riesgo de la inversión y la rentabilidad del hierro y el acero. A continuación, se procedió a calcular el VPN que arrojó un resultado positivo de \$245.241.781,19 y la TIR de 36,3%, medidas de rentabilidad que determinan que el proyecto genera beneficios de inversión ya que la TIR supera la TMRR.

En el caso particular de la rentabilidad operacional del activo ROA, en todos los años proyectados da una cifra cercana a 1, lo que traduce que los activos utilizados en la actividad principal de la empresa son capaces de generar los rendimientos esperados. A su vez la rentabilidad del patrimonio RPAI es superior a la rentabilidad del activo ROA, lo que puede originarse en que el proyecto inicia con una contribución del 25% como capital de los socios, por lo que se recomienda inyectar capital propio al proyecto para lograr que los activos renten por encima de la rentabilidad del patrimonio.

El estudio técnico presentado anteriormente da como resultado la viabilidad técnica y financiera desde las perspectivas aquí analizadas, sin embargo, es importante aclarar que se dan ambas viabilidades en la medida que la inversión inicial está considerada únicamente para el desensamble manual, sin mayor incorporación tecnológica al proceso de tratamiento de los residuos en los primeros años de vida del proyecto.

## Conclusiones

A partir de la información consultada en el marco referencial, se pudieron apreciar estudios que presentaron datos e información significativa relacionada con la gestión RAEE. Las investigaciones abordadas permiten concluir que en Colombia existe un marco regulatorio muy bien delimitado, sin embargo, la aplicación real a nivel de la cadena productiva, no es lo suficientemente representativa, esto podría darse por la debilidad institucional de los entes regulatorios, por lo que el mayor nivel de recuperación de residuos RAEE, está concentrado en el sector informal. Por lo tanto, un avance hacia el fortalecimiento de la concientización y una adecuada gestión de los RAEE es divulgar la información en todos los eslabones de la cadena productiva para darle el manejo apropiado a cada RAEE y así minimizar la afectación al medio ambiente y la salud de las personas.

Por otra parte, se pudo concluir que algunos de los estudios de viabilidad abordados ultimamente indican que la inversión inicial para la creación de un agente receptor RAEE es representativa y que los costos fijos operacionales son altos y las maquinarias que en su mayoría deben ser importadas son de difícil acceso.

La localización definitiva del proyecto, supone un fácil acceso por el nivel de infraestructura vial del municipio de Palmira y sobre todo por la ubicación geográfica de la zona industrial, ya que, el corregimiento de la Dolores está sobre la recta Cali-Palmira, considerada la principal vía de acceso a ambos municipios.

La determinación del tamaño del agente receptor dio como resultado que frente al crecimiento exponencial de los residuos RAEE, se garantizaría disponibilidad de materias primas para la operatividad de la empresa, iniciando con una demanda promedio de 321 toneladas métricas en el año 2021.

La descripción del proceso arroja como resultado siete subprocesos fundamentales para garantizar el proceso productivo en el agente receptor, los cuales son: recolección, almacenamiento, desensamble, clasificación, alistamiento, embalaje y transporte. Todos estos subprocesos están delimitados por los lineamientos técnicos establecidos por MINAMBIENTE (2009). Adicionalmente, se debe subrayar la importancia de la fase de recolección que es una etapa decisiva en el proceso de los RAEE, por lo que el estudio técnico deberá apoyarse de un plan estratégico logístico que permita optimizar esta fase del proceso productivo y respalde el abastecimiento del agente receptor, en la medida que, si bien la generación de residuos es creciente lo que finalmente garantiza la llegada de residuos al agente es una recolección efectiva.

Por otra parte, dado el alto porcentaje de variabilidad entre los componentes de los RAEE, cada uno de ellos debe tener un tratamiento especializado lo que podría

dar como resultado un nuevo estándar de tiempo que podría repercutir en nuevos requerimientos de mano de obra o a futuro automatizar los procesos para agilizar el proceso de tratamiento, hecha esta salvedad se concluye que el estudio técnico servirá como línea base para la operatividad del agente receptor, así que al ejecutar el proyecto es posible que requiera ser ajustado a las necesidades y requerimientos que la operatividad exija.

Si bien, la inversión inicial es representativa con un monto de \$ **156.677.000** considerando que el agente receptor empezaría con un nivel de automatización relativamente bajo se considera que es un paso importante para la futura ejecución del proyecto de creación del agente receptor. De igual forma el análisis financiero se realizó basado en la comercialización del hierro y el acero únicamente, dado la amplia gama de componentes de los RAEE y su diversa valorización, sin embargo, da cuenta del potencial de generación de ingresos de la gestión de los RAEE

Se puede concluir que el proyecto es técnica y financieramente viable, en la medida que basado en los datos expuestos lo largo del estudio es posible observar que el agente receptor está en capacidad de generar rentabilidad a los inversionistas, no obstante, es muy importante sugerir adelantar un plan estratégico de comercialización que permita que la generación de esos ingresos sea permanente, así como un plan de logística orientado a el abastecimiento del agente receptor.

Se puede concluir que la gestión RAEE se ha ido incorporando a un paso lento en la legislación colombiana y la aplicación práctica aún es incipiente. Este estudio se focalizó en los beneficios ambientales y económicos que puede representar la creación de un agente receptor que resulta viable técnica y financieramente. No obstante, el estudio aquí presentado es solo una pieza del engranaje la viabilidad, de este modo, sienta las bases para adelantar las demás fases de la viabilidad, los cuales son estudio de mercado, estudio económico, estudio ambiental y profundizar en el estudio de viabilidad financiera.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amaya Cruz, F. A. (2009). Aproximación a una gestión ambiental para el manejo de los residuos de aparatos celulares con énfasis en el tratamiento y su viabilidad económica (*Master's thesis*, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales).
- Ayo Vasconez, D. P., Chafra, S., & Antonio, M. (2018). Diseño de software para un sistema de gestión integral de Raees, en el marco del mecanismo Rep y cálculo del eco valor para el Ecuador (Bachelor's thesis).
- Bacca Urbina, g. (1998). *Evaluación de Proyectos*. Santa Fe de Bogotá.
- Baldé, C.P., Forti V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P.: Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos – 2017, *Universidad de las Naciones Unidas* (UNU), Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), Bonn/Ginebra/Viena.
- Bartolo Pinzón, J., & Urbina Guerra, J. K. (2017). Estado De La Gestión De Residuos De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos En Colombia Atendiendo Al Marco De Convenios, Acuerdos Y Estrategias De Gestión En El Contexto Internacional.
- Blaser, F. (2009). Gestión de residuos electrónicos en Colombia. diagnóstico de electrodomésticos y de aparatos electrónicos de consumo. Bogotá DC, Colombia: *EMPA, ANDI, CNPML*.
- Bohórquez Contreras, Y. M. (2017). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa recicladora de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Bogotá (*Bachelor's thesis*, *Fundación Universidad de América*).

- Congreso de la República de Colombia. (27 de noviembre de 2008). Ley 1252 “por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones”. Obtenido de Secretaría General del Senado República de Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (19 de julio de 2013). Ley 1672 “por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones”. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Diario Oficial.
- Duarte Mendoza, H. A. (2016). Estudio De Factibilidad Para El Montaje De Una Empresa Gestora De Residuos De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos (Raee) En La Ciudad De Cucuta-Norte De Santander (*Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Estudios Industriales Y Empresariales*).
- Hincapié, E. C. (2018). Viabilidad en la exportación de RAEE (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) Colombia-China. Oportunidad de negocio. En-Contexto *Revista de Investigación en Administración, Contabilidad, Economía y Sociedad*, 6(9), 107-118.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-Universidad Nacional de Colombia. (2008). Informe de Caracterización: gestión de residuos posconsumo de fuentes de iluminación, pilas primarias y secundarias. Convenio De Cooperación Científica Y Tecnológica Para Desarrollar Actividades Relacionadas Con La Gestión De Los Residuos Posconsumo De Fuentes De Iluminación, Pilas Primarias Y Secundarias. Bogotá: autor.

- Ministerio del Medio Ambiente. (agosto de 1997a.). Política Nacional de Producción Más Limpia. Obtenido de *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009). Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2017). Guía para el desensamble manual de refrigeradores y aires acondicionados: lineamientos para el uso en el contexto colombiano. Bogotá, Colombia.
- Mintzberg, H. (1980). *Structure in 5's: A Synthesis of the Research on Organization Design*. *Management science*, 26(3), 322-341.
- Rodríguez, L., Gonzáles, N., Reyes, L. & Torres, A. (2013). Sistema de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Enfoque de dinámica de sistemas. *Revista S&T*, 11(24), 39-53
- Sapag, N. S. (2007). *Proyectos de inversión: formulación y evaluación*. Pearson Educación.
- Sectorial central informativa.(2016), Colombia <https://www.sectorial.co/hierro-y-acero>
- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., & Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *ELSEVIER*, 436 – 458.