



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS

**“Desarrollo de la cartera de servicios para realizar la
gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y
Electrónicos (RAEE)”.**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

PRESENTA:
ING. BRYAN ALEXANDER LUNDBERG JIMÉNEZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. Guillermo Cortés Robles

CO-DIRECTOR DE TESIS:
DR. Victor Ricardo Castillo Intriago

ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

ABRIL 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, **25/marzo/2025**
Dependencia: División de Estudios de
Posgrado e Investigación
Asunto: Autorización de Impresión
OPCION: I

C. BRYAN ALEXANDER LUNDBERG JIMÉNEZ
Candidato(a) a Grado de Maestro en:
INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
P R E S E N T E.-

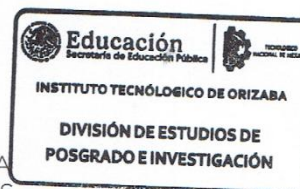
De acuerdo con el Reglamento de Titulación vigente de los Centros e Institutos Tecnológicos Federales del Tecnológico Nacional de México, de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

"DESARROLLO DE LA CARTERA DE SERVICIOS PARA REALIZAR LA GESTIÓN DE
LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE)".

Comunico a Usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

DRA. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



OG-13-F06



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, 16/enero/2023
Asunto: Revisión de trabajo escrito

C. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.

BRYAN ALEXANDER LUNDBERG JIMÉNEZ

La cual lleva el título de:

**"DESARROLLO DE LA CARTERA DE SERVICIOS PARA REALIZAR LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS
DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE)"**

Y concluyen que se acepta y se autoriza su impresión.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DR. GUILLERMO CORTÉS ROBLES

FIRMA

SECRETARIO: DR. VICTOR RICARDO CASTILLO
INTRIAGO

FIRMA

VOCAL: DR. EDUARDO ROLDÁN REYES

FIRMA

VOCAL SUP.: DR. JOSÉ LUIS SÁNCHEZ CERVANTES

FIRMA

TA-09-18



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx



Agradecimientos

A CONAHCYT, por el financiamiento brindado,
que hizo posible esta investigación,
transformando una idea en realidad.

A Bryan, por cada esfuerzo silencioso,
por la dedicación incansable
y la pasión que nunca cedió.

Este logro es la huella de un camino largo,
donde la disciplina y la perseverancia se unieron,
formando la base de lo que hoy es realidad.

Resumen

Esta investigación propone una metodología conceptual para la transición de modelos de negocio orientado a servicios a una transición en software, se decidió utilizar como caso de estudio el modelo de Corona & Cortes, específicamente diseñado para la creación y gestión de servicios de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) ya que, en la última década, los RAEE han crecido de forma exponencial, planteando un desafío significativo en México y a nivel mundial. La capacidad de gestión actual no es suficiente para manejar el volumen anual de estos residuos y se requiere el desarrollo de nuevas alternativas.

La metodología utiliza el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para identificar y priorizar funciones clave dentro de la cartera de servicios, incluyendo actividades como diagnóstico, reparación, segregación, comercialización, donación y mantenimiento. La implementación envuelve el uso de la filosofía programación extrema, para la planificación y diseño hasta la codificación y pruebas del sistema. La validación del modelo se llevó a cabo mediante el índice de similitud de Jaccard, obteniendo un 94% de similitud entre el software obtenido y el modelo de negocio original.

Los resultados confirman que este marco es funcional, proporcionando una solución flexible para la implementación de nuevos modelos de negocio orientados a la gestión de residuos electrónicos, siempre que se respeten las condiciones iniciales establecidas.

Palabras clave: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), economía circular, modelo de negocio, software administrativo.

Abstract

This research proposes a conceptual methodology for transitioning service-oriented business models to software-based solutions. The Corona & Cortes model, specifically designed for the creation and management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) services, was selected as the case study. Over the past decade, WEEE has grown exponentially, posing a significant challenge in Mexico and globally. Current management capacity is insufficient to handle the annual volume of this waste, necessitating the development of new alternatives.

The methodology employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) to identify and prioritize key functions within the service portfolio, including activities such as diagnostics, repair, segregation, commercialization, donation, and maintenance. Implementation follows the principles of Extreme Programming (XP), covering stages from planning and design to coding and system testing. The model was validated using the Jaccard similarity index, achieving a 94% similarity between the developed software and the original business model.

The results confirm that this framework is functional, offering a flexible solution for implementing new business models focused on electronic waste management, provided that the initial conditions are met.

Keywords: Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), circular economy, business model, administrative software.

Contenido

Agradecimientos	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Capítulo 1. Generalidades.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Posicionamiento de la tesis.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	2
1.4 Objetivo general.....	5
1.4.1 Objetivos Particulares	5
1.5 Justificación	5
1.5.1 Ambiental.....	5
1.5.2 Económico	6
1.5.3 Social.....	7
1.5.4 Cultural	7
1.5.5 Tecnológico.....	7
1.5.6 PRONACE CONAHCYT	7
1.6 Propuesta de solución.....	8
1.7 Metodología	8
1.8 Organización de la tesis.....	10
Capítulo 2. Fundamentos teóricos y conceptuales	11
2.1 Herramientas de diseño y arquitectura web	11
2.1.1 Página web vs Aplicación web	11
2.1.2 Extreme programming (XP).....	12
2.2 Servicios web.....	13
2.2.1 MongoDB Atlas	13
2.2.2 UploadThing.....	13

2.2.3	Cloudflare	14
2.3	Stack.....	14
2.3.1	JavaScript	14
2.3.2	React	15
2.3.3	Tailwind CSS	15
2.3.4	Next JS	16
2.3.5	Microsoft Playwright	17
Capítulo 3.	Caso de aplicación: Cartera de servicios para la gestión de RAEE.....	18
3.1	Evaluación y selección estratégica de funciones clave en el modelo de negocio original.....	19
3.1.1	Procedimiento y selección de expertos	20
3.1.2	Construcción del modelo jerárquico	20
3.1.3	Escala de evaluación	21
3.1.4	Construcción de las matrices de comparación	22
3.1.5	Análisis de consistencia lógica.....	23
3.1.6	Análisis de los pesos normalizados y valoración de alternativas.....	23
3.2	Análisis y diseño conceptual del sistema enfocado en el proceso de desmantelamiento	25
3.2.1	Planificación.....	25
3.2.2	Diseño.....	30
3.2.3	Codificación	33
3.2.4	Pruebas	41
3.3	Evaluación comparativa del modelo de negocio original	43
3.4	Escenarios y costos de implementación.....	47
3.4.1	Escenario básico.....	47
3.4.2	Escenario avanzado.....	48
Conclusiones.....		49

Anexos	52
Referencias bibliográficas	56
Productividad académica	61
3.5 Artículos publicados	61
3.6 Divulgaciones científicas	64
3.7 Retribuciones sociales	66
3.8 Registro INDAUTOR	71

Índice de Figuras

Figura 1.1 Crecimiento histórico de los RAEE de 2010 a 2022.....	3
Figura 3.1 Modelo de negocio CANVAS para la cartera de servicios	18
Figura 3.2 Modelo de contexto del negocio al realizar la gestión integral de RAEE.....	19
Figura 3.3 Modelo jerárquico de criterios y subcriterios para la selección de funciones clave	21
Figura 3.4 Diagrama de caso de uso del usuario	26
Figura 3.5 Diagrama de caso de uso del colaborador	26
Figura 3.6 Diagrama de caso de uso del administrador.....	27
Figura 3.7 Diagrama de los datos involucrados en las funciones de desmantelamiento..	29
Figura 3.8 Diseños de interfaz para las ordenes de servicios.....	30
Figura 3.9 Diseños de interfaz para el desmantelamiento	31
Figura 3.10 Representación de la arquitectura del sistema (Cliente – Servidor).....	32
Figura 3.11 Pantalla principal del sistema	34
Figura 3.12 Pantalla del gestor de ordenes	34
Figura 3.13 Pantallas del historial de la orden (dinámico).....	35
Figura 3.14 Pantalla del gestor logístico.....	36
Figura 3.15 Pantallas del gestor de taxonomías.....	37
Figura 3.16 Pantalla para añadir nueva taxonomía	37
Figura 3.17 Pantalla del gestor de servicios mixto.....	38
Figura 3.18 Pantalla del servicio de desmantelamiento	38
Figura 3.19 Lógica de segregación del proceso de desmantelamiento	39
Figura 3.20 Resultados de la simulación en Playwright.....	41

Figura 3.21 Resumen de la prueba de estrés.....	42
Figura 3.22 Velocidad de respuesta de la prueba de estrés	43

Índice de Tablas

Tabla 3.1 Escala fundamental de AHP	22
Tabla 3.2. Construcción de la matriz de comparación de criterios de selección primarios	23
Tabla 3.3 Resultados del análisis de consistencia.....	23
Tabla 3.4. Resultados con la relevancia para cada precepto del servicio y sus factores ..	24
Tabla 3.5 Conjunto de tecnologías y servicios terceros planificados	32
Tabla 3.6 Lista comparativa funcionalidades lógicas del proceso del sistema.....	43
Tabla 3.7 Escenario básico: costos de implementación anual	47
Tabla 3.8 Escenario avanzado: costos de implementación anual.....	48
Tabla 0.1 Resumen de objetivos específicos, evidencia del cumplimiento y obstáculos o beneficios no previstos.....	50

Índice de Ecuaciones

Ecuación 3.1 Formula de Jaccard	46
Ecuación 3.2 Resultado del índice de similitud del sistema	46

Índice de Anexos

Anexo 1 Esquema de criterios primarios basado en los servicios del modelo original	52
Anexo 2 Esquema de criterios secundarios basados en relación a los criterios primarios	53
Anexo 3 Proceso de negocio.....	55

Capítulo 1. Generalidades

1.1 Introducción

En el año 2010 se registró la cantidad de 34 billones de kg de Residuos de Aparatos eléctricos y Electrónicos, solo cuatro años después en el año 2014 esta cifra había aumentado a 41.8 billones de kg (Baldé et al., 2015). Esta relación equivale a un incremento de 22.94%, que, en el año 2019, ya había alcanzado los 53.7 billones de kg (Forti et al., 2020) lo que representa un incremento de 57.94%. Sin embargo, el último estudio realizado por The global e-waste monitor 2024, emitió una nueva cifra historia planteándolo como récord de los 62 billones de kg en el año 2022, lo que equivale a un 82.35% de incremento desde sus comienzos. Al examinar estos números se valida que el problema es amenazador y con una tasa de crecimiento del 6.85% anual en promedio.

Este aumento sostenido, refleja la limitada capacidad de los sistemas actuales para gestionar adecuadamente la disposición final de estos dispositivos. Se especula que los procesos a nivel mundial para la recolección y reciclaje adecuado, menos del 77.7% debe estarse produciendo por los métodos ambientalmente correctos (Baldé et al., 2024).

La implementación de estrategias innovadoras centradas en la gestión de la cartera de servicios del proceso y la gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) se vuelve imperativa. Estas estrategias deben incentivar a un mayor número de individuos a participar del ciclo de la reutilización y la disposición adecuada de sus residuos electrónicos, ofreciéndoles una alternativa más valiosa y equitativa.

De acuerdo con una investigación realizada por Corona & Cortes (2024) presenta un plan sustancial capaz de abordar esta problemática mediante el diseño de un sistema de producción de servicios enfocado en la recuperación, selección y tratamiento de los RAEE. Aunque esta propuesta abre una nueva y viable perspectiva en todos los aspectos, es crucial poder llevarla al siguiente nivel mediante el desarrollo de las bases tecnológicas necesarias, capaces de ejecutar este modelo. Este modelo formula cinco servicios clave: reutilización, reparación, consignación, recolección, donación (Corona & Cortes, 2023).

Esta medida no solo contribuye a la reducción de la contaminación ambiental y los efectos adversos de los residuos electrónicos, sino que también promoverá el desarrollo de una cultura de reciclaje más sólida y sostenible a través de una logística inversa y economía circular. Esto, a su vez, al tiempo generaría nuevas oportunidades de empleo.

Para llevar a cabo esta implementación, se desarrolló un diseño conceptual de software que aporta una metodología al conocimiento teórico-práctico. Esta metodología puede servir como inspiración para adaptar modelos de negocio a soluciones de software. El proceso abarca desde la selección de funciones clave, usando el proceso de análisis jerárquico, hasta la aplicación de la metodología ágil de Programación Extrema (XP) para el desarrollo. Finalmente, se valida el grado de similitud entre el modelo de negocio original y el sistema conceptualizado, utilizando la fórmula de Jaccard. Esta metodología logró su objetivo, ofreciendo una guía clara para transformar modelos de negocio en soluciones de software.

1.2 Posicionamiento de la tesis

La investigación se encuadra dentro de la línea de investigación de **Innovación y Administración del Capital Intelectual (LGAC)**. Su propósito principal radica en el desarrollo de una cartera de servicios para la gestión de residuos eléctricos y electrónicos. Este desarrollo se basa en el modelo de negocio de producción de servicios, el cual fue formulado mediante una investigación que utilizó la simulación como herramienta. En otras palabras, el proyecto se enfoca en recuperar el potencial valor económico de la materia prima a través de la economía circular. Para abordar este desafío, se ha identificado la necesidad de definir los canales de distribución pertinentes. Alineándose de manera efectiva con los objetivos fundamentales de la línea de investigación mencionada.

1.3 Planteamiento del problema

Desde el año 2010 se ha registrado anualmente un incremento en la generación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). En ese año, la cantidad generada fue de 34 billones de kg y solo cuatro años después en el año 2014 esta cifra había aumentado a 41.8 billones de kg (Baldé et al., 2015). Esta relación equivale a un incremento de 22.94%, que, en el año 2019, ya había alcanzado los 53.7 billones de kg (Forti et al., 2020) lo que representa un incremento de 57.94%. Sin embargo, el último estudio realizado

por The global e-waste monitor 2024, emitió una nueva cifra historia planteándolo como récord de los 62 billones de kg en el año 2022, lo que equivale a un 82.35% de incremento desde sus comienzos. Al examinar estos números se valida que el problema es amenazador y con una tasa de crecimiento del 6.85% anual en promedio.

Este aumento sostenido, refleja la limitada capacidad de los sistemas actuales para gestionar adecuadamente el desecho de estos productos. Se especula que los procesos a nivel mundial para la recolección y reciclaje adecuado, menos del 77.7% debe estarse produciendo por los métodos ambientalmente correctos (Baldé et al., 2024) véase figura 1.1.

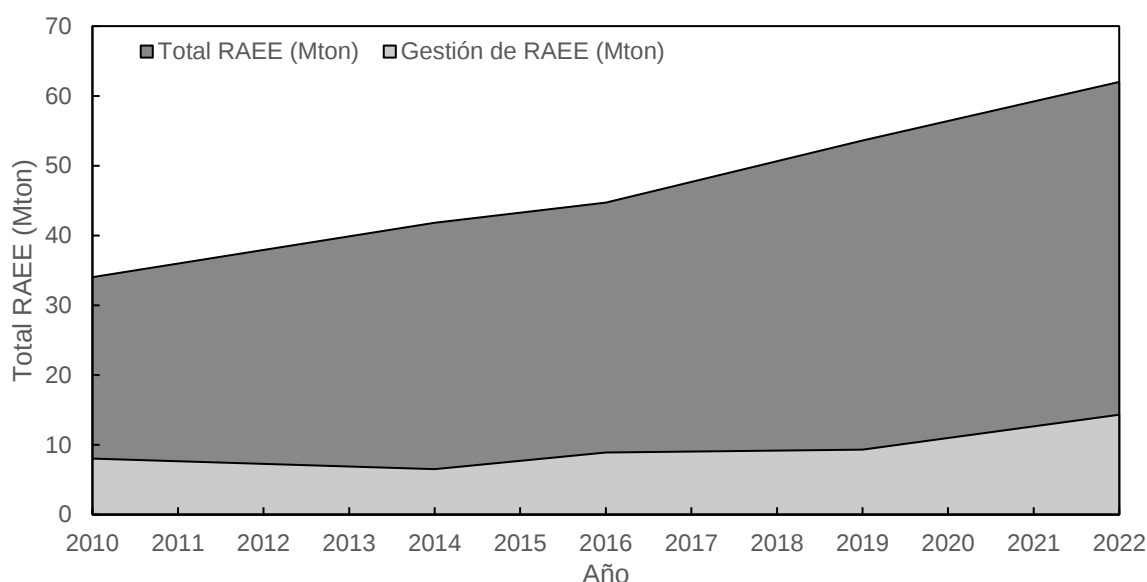


Figura 1.1 Crecimiento histórico de los RAEE de 2010 a 2022.
Fuente: (Lundberg, 2025)

Los obstáculos que deben superarse son las legislaciones ineficientes, las tasas de recolección de residuos bajas, la transportación ilegal de países desarrollados a países en desarrollo, la carencia de diseño de soluciones ecológicas y la presencia de todo el sector informal (Gu et al., 2017).

A nivel mundial han surgido diversas estrategias para mitigar la acumulación de residuos RAEE. No obstante, para lograr una gestión efectiva, es esencial considerar el ciclo de vida completo de estos residuos y fomentar una economía circular (Peiró et al., 2020). En este

contexto se decidió explorar el modelo de negocio propuesto por Corona & Cortes (2024), ofreciendo un enfoque centrado en la producción de servicios. Estos servicios abarcan lo que es: el diagnóstico, comercialización, consignación, mantenimientos, reparaciones, readaptaciones y desmantelamiento correcto de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE). El modelo se distingue por no centrarse únicamente en una reducción directa de residuos, sino su aprovechamiento general ya sea por daño u obsolescencia del dispositivo.

Debido a la amplia variedad de la cartera de servicios, se consideró crucial realizar una prueba de concepto antes de llevar a cabo una implementación verdadera. Esta prueba de concepto incluye el desarrollo de un sistema administrativo capaz de gestionar tanto la red logística como los servicios asociados, garantizando una operación eficiente y coordinada.

Dentro de esta gama de servicios, el más importante, complejo y el que estudiaremos en este artículo es el servicio de segregación o desmantelamiento. El desmantelamiento de estos dispositivos es importante, ya que con frecuencia el mercado no es consciente que aun poseen un potencial económico por la presencia de materiales tales como el oro, la plata, el cobre y otros metales preciosos, en diversas proporciones, los cuales pueden ser extraídos y posteriormente puestos a disposición en el mercado, además otro elemento a consideración en el servicio es la recuperación de componentes para ser examinados y reingresados nuevamente a la cadena de valor, alineándose con características de una economía circular de las 4R: reducir, reutilizar, reciclar, revalorizar (Pan et al., 2022).

Estos componentes se una vez fueron recuperados mediante un desmantelamiento parcial, se envían a un procedimiento especial aquellos dispositivos que ya no tienen un valor utilizable debido a su estado (Arroyo López et al., 2014). Posteriormente, se realiza un desmantelamiento total, en el cual se lleva a cabo una minuciosa separación de los materiales. Este proceso, incluye la clasificación de los materiales en dos categorías principales: materiales normales y materiales peligrosos. Los materiales peligrosos pueden incluir sustancias como cadmio, mercurio, plomo, berilio, selenio, níquel, gases y otros compuestos químicos que requieren una gestión especializada debido a su potencial de causar daños (Terazono et al., 2006).

Con una base sólida de componentes funcionales recuperados por este proceso, se ofrecerían los servicios de comercialización, consignación, reparación y mantenimiento para maximizar la utilidad de estos componentes. Esto no solo facilita la distribución y reutilización de los componentes, sino que también contribuye a una gestión más eficiente de los recursos proporcionando así una alternativa adicional para su disposición final, impulsando una economía circular desde esta perspectiva.

1.4 Objetivo general

Desarrollar la cartera de servicios y definir los canales de distribución necesarios para la implementación de un modelo de negocio centrado en la gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).

1.4.1 Objetivos Particulares

1. Implementar el AHP para definir las funciones clave del modelo de negocio original, permitiendo la identificación y priorización de las funciones a desarrollar en el sistema administrativo.
2. Desarrollar el diseño conceptual de un sistema administrativo que permita gestionar el proceso de desmantelamiento de RAEE.
3. Evaluar el grado de similitud entre el modelo de negocio original y la propuesta obtenida.
4. Desglosar los costos derivados de la implementación del sistema, con el fin de ofrecer una visión integral de los recursos necesarios para su correcto funcionamiento.

1.5 Justificación

La presente investigación tiene un alto potencial para generar impactos significativos en diversas áreas, abarcando dimensiones ambientales, económicas, sociales, culturales y tecnológicas. A continuación, se detallan estos aspectos clave, que evidencian la relevancia de la investigación y su contribución a la solución de problemas contemporáneos en la gestión de residuos electrónicos.

1.5.1 Ambiental

Indudablemente, la constante proliferación de residuos eléctricos y electrónicos descartados en vertederos sanitarios, olvidados de una debida gestión y tratamiento,

conlleva una amenaza sustancial, tanto para la salud pública como para la integridad del medio ambiente. Estos desechos encapsulan una gama de elementos altamente nocivos, entre los que destacan el plomo, el mercurio, el cadmio y el arsénico, los cuales pueden afectar al entorno terrestre y filtrarse a los acuíferos subterráneos, generando una significativa ola de problemas ambientales. No obstante, más allá de las implicaciones sanitarias y la disposición inapropiada de los RAEE repercute también en el agravamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual consolida el fenómeno del cambio climático y el calentamiento global.

No es posible ignorar la ineludible realidad del consumo global de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE). Por ello, la necesidad de nuestra estrategia y estrechar nuevas alternativas se constituye como un deber impostergable. Esta transformación debe emerger en dos ámbitos clave:

1. Empoderar a los consumidores para tomar decisiones concientizadas.
2. Fomentar un canal para la compra y venta de RAEE.

Esta vertiente no solo mitigaría los desafíos medioambientales y de salud pública asociados a la RAEE, sino que también representaría un giro hacia una era más sostenible y responsable en el ámbito de la electrónica de consumo.

1.5.2 Económico

La viabilidad desde un enfoque comercial para los desechos electrónicos emerge como una estrategia cautivadora en virtud del entendimiento que dichos residuos encierran un capital económico sustancial, independientemente de su condición actual. Elementos tales como el oro, la plata, el cobre y otros metales preciosos, presentes en variadas proporciones en estos desechos, pueden ser meticulosamente extraídos y posteriormente puestos a disposición en el mercado, lo que no solo mitiga la huella medioambiental, sino que también plantea una oportunidad económica de envergadura.

Según cifras de la empresa OMEPED, por cada tonelada de estos dispositivos, es posible recuperar más metales preciosos que de una mina convencional. Además, desde una perspectiva energética, este proceso es mucho más eficiente y sostenible en términos de

emisiones de bióxido de carbono. Representando una clara oportunidad de negocio y una base sólida para la implementación de una solución efectiva para el manejo de RAEE (OPEMED, 2020).

1.5.3 Social

Indudablemente, una gestión óptima de estos residuos electrónicos no solo abona al presente, sino que proyecta una significativa contribución al futuro, promoviendo la generación de empleo y el fomento de la innovación en tecnología de reciclaje y recuperación de materiales. Este avance potencia el crecimiento económico a nivel local, desencadenando efectos de amplio espectro en la economía nacional y diversificación económica de gran relevancia.

1.5.4 Cultural

Desde una perspectiva más amplia en la sociedad, la implementación de una solución de esta índole, abre la puerta a la transición hacia una economía circular. Esto inicia una nueva forma de hacer las cosas, donde la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental se convierten en elementos centrales de la cultura empresarial y la sociedad en su conjunto. Fomentar la recuperación y reutilización de dispositivos electrónicos, no solo se reduce la acumulación de residuos per cápita, sino que se da vida a un flujo constante de refacciones y materiales en la actual cadena de valor.

1.5.5 Tecnológico

En un entorno donde el mundo evoluciona a pasos agigantados exige adaptación, y es donde la integración de tecnologías innovadoras en los procesos se convierte en un pilar esencial. En esta perspectiva no solo se mejorará la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), sino que también sienta las bases para soluciones más robustas y sostenibles en un mundo en constante cambio. Afrontando con éxito los desafíos medioambientales y económicos que conllevan los RAEE.

1.5.6 PRONACE CONAHCYT

Implementar una cartera de servicios basado en los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) se alinea con los objetivos del Programa Nacional Estratégico '**Energía y Cambio Climático**'. El manejo adecuado de los RAEE es esencial para abordar

la problemática de la contaminación ambiental, un factor crítico en el fenómeno del cambio climático. A través de la gestión sostenible de estos residuos, la investigación busca mitigar los efectos negativos en el medio ambiente y, al mismo tiempo, fomentar procesos productivos locales.

1.6 Propuesta de solución

La transformación de un modelo de negocio tradicional en una solución basada en software administrativo, establece un marco metodológico aplicable a otros sectores. Este marco teórico-práctico, basado en principios de análisis de procesos y diseño de sistemas, facilita la migración de modelos de negocio hacia plataformas digitales. En el contexto de la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), la implementación de este enfoque metodológico permitirá mejorar el control de los procesos, incrementar la reutilización de componentes y fomentar prácticas más sostenibles.

1.7 Metodología

La investigación plantea un análisis sobre cómo transformar un modelo de negocio en una solución basada en software. Esto nos lleva a cuestionar: ¿Cuáles son los pasos necesarios para lograr esa transformación? ¿Cómo identificar las funciones clave del modelo original? ¿Y de qué manera convertir un modelo de negocio en un sistema administrativo eficiente para su gestión? A partir de estas preguntas, esta investigación se tomó como caso de estudio enfocándose en el diseño conceptual de un sistema para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

Esta metodología tiene las siguientes restricciones para que pueda ser aplicada la digitalización de un modelo de negocio:

- a) Debe existir un modelo de negocio.
- b) Debe estar desarrollado el diagrama operativo (BPMN).
- c) Debe contar con la presencia de un grupo de experto mínimo 3.

A continuación, se presenta un resumen detallado de las etapas realizadas en el proceso de conceptualización, el cual se basó en las aportaciones de Wong (2017), Peiró et al. (2020), y Saaty (1977) resultando en una metodología combinada entre tomas de

decisiones multicriterio, el análisis y formulación de requerimientos de software y la metodología ágil programación extrema:

1. Evaluación y selección estratégica de funciones clave en el modelo de negocio original

En esta fase, se emplea el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) para transformar los preceptos cualitativos del modelo de negocio en decisiones cuantitativas, lo que permite establecer un orden de desarrollo claro para la implementación del sistema.

2. Análisis y diseño conceptual del sistema enfocado en el proceso de desmantelamiento

- a) Planificación:** Esta etapa se centra en la identificación de los actores que interactuarán con el sistema, y se detallan los requerimientos funcionales y no funcionales necesarios para su correcto funcionamiento. Se definen las entidades que compondrán los datos de la aplicación, así como las relaciones entre ellas, proporcionando una base sólida para el diseño de la base de datos.
- b) Diseño:** En esta etapa, se plasman visualmente los elementos clave del sistema, integrando los requerimientos funcionales y no funcionales para crear una representación gráfica de la interfaz de usuario.
- c) Codificación:** Aquí se desarrolla la lógica de negocio del sistema, con un enfoque en la implementación del proceso de segregación, asegurando que cumpla con los requisitos definidos previamente.
- d) Pruebas:** En esta fase, se realiza una simulación del sistema bajo carga para validar su escalabilidad y rendimiento, asegurando que el servicio pueda manejar un aumento en la demanda sin comprometer su estabilidad.

3. Evaluación comparativa del modelo de negocio original

Se presenta una lista comparativa que contrasta el modelo de negocio original con las mejoras implementadas en el sistema actual. Buscando evaluar el grado de similitud

mediante la fórmula de Jaccard. El objetivo es evaluar la transición del modelo de negocio a una implementación en software y verificar los criterios que se mantuvieron.

4. Escenarios y costos derivados de implementación

En esta sección se describen los costos asociados a la implementación, operación y mantenimiento del sistema, divididos en diferentes áreas clave para ofrecer una visión completa de los recursos financieros involucrados.

1.8 Organización de la tesis

El proyecto de tesis que se presenta consta de cuatro capítulos fundamentales, cada uno abordando aspectos específicos de la investigación. A continuación, se ofrece una breve descripción de cada uno de ellos:

Capítulo 1: En este apartado se presentan los aspectos fundamentales que definen el proyecto de tesis. Se abordan el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación, la propuesta de solución y la metodología para su desarrollo.

Capítulo 2: El segundo capítulo abarca el marco que ha servido como base para fundamentar el área de estudio de la investigación de tesis. En este apartado se describen diversos temas, tales como el desarrollo web, metodologías ágiles, frameworks y bases de datos.

Capítulo 3: El tercer capítulo presenta el proceso de selección de las funciones más relevantes y un orden de priorización para ser desarrollado. Esto se llevó a cabo con el instrumento del proceso de análisis jerárquico. También se describe el proceso del desarrollo de la aplicación web, la cual se dio mediante el uso de la metodología ágil Extreme Programming (XP) y se analizan sus etapas: planificación, diseño, codificación y prueba. De mismo modo se incluyen los modelos siguiendo el lenguaje de modelado unificado (UML). Este capítulo también incluye la comparación de grado de similitud mediante la fórmula de Jaccard y finaliza con el análisis de costos derivados del sistema.

Capítulo 2. Fundamentos teóricos y conceptuales

En esta sección se presentan los conceptos y descripciones fundamentales de las decisiones de diseño y metodología tomadas, convirtiéndose en pilares necesarios para poder comprender el desarrollo del proyecto. Así también los softwares utilizados cubriendo el espectro tecnológico.

2.1 Herramientas de diseño y arquitectura web

La construcción de edificaciones y el desarrollo de aplicaciones comparten un principio en común y es la necesidad de una arquitectura bien planificada. Al igual que los edificios requieren un diseño que oriente a los constructores en la elección de materiales y garantice seguridad y estética, el desarrollo de las aplicaciones web dependen de una arquitectura cuidadosa que contemple todas las variables posibles. Este enfoque de trabajo sirve como un plan detallado que va de una especificación de la estructura interna hasta las especificaciones externas que debe contener en el futuro, el principal objetivo de este procedimiento es facilitar a los desarrolladores la comprensión de ambas partes y la comunicación entre ellas. La relevancia de un meticuloso diseño y selección de la arquitectura se manifiesta en su capacidad para abordar problemas y necesidades particulares (Fernández, 2023).

2.1.1 Página web vs Aplicación web

A primera vista una página web y una aplicación web son muy similares que incluso un usuario normal no podría distinguir las características que las diferencia, ya que en términos generales ambas se ejecutan en un navegador, consumen internet y reaccionan a lo que el cliente demanda. Siendo rigurosos esta normalmente mal formulado, una página por sí misma no cumple su función, entonces ampliando el contexto un sitio web es la suma de páginas separadas, pero cuando se interconectan mediante un dominio en común toman sentido congruente. Estas normalmente tienden a ser utilizadas para mostrar información estática, aunque también pueden llegar a ser dinámicas (Ortega, 2022).

Con la evolución en el ramo del desarrollo web surgen las Single Page Application (SPA) siendo sitios web mucho más alto nivel de complicidad, demandando de mayor acceso al usuario para brindar una experiencia personalizada y funcionalidad e interactividad elevada,

dejando claro que la responsabilidad de UI / UX. Es relevante destacar que este tipo de sitio ya no existe bajo un grupo de páginas individuales formando un sitio web entero, sino que es una única página totalmente dinámica capaz de generar en tiempo real desde el lado del cliente todas las renderizaciones de las vistas y las funcionalidades, estas páginas SPA son mucho más eficientes, rápidas y además proyecta una mejor experiencia para el usuario simulando una aplicación casi nativa, de modo de que el navegador nunca realiza un reinicio entre página y pagina, únicamente actualiza el contenido visible del sitio mediante scripts. Este es el punto de inflexión cuando dejan de ser páginas y se convierten en una aplicación web componetizable de mayor complejidad (Lawson, 2022).

Mas tarde alrededor de los años 2020 un nuevo concepto toma auge denominado Server Side Rendering (SSR), se basa en el mismo principio que las SPA, aunque en esta ocasión se desplaza la carga de trabajo de la renderización en el cliente por el cliente, a llevarlo a cabo directamente en el servidor y únicamente se envía al cliente el producto terminado de la vista, reduciendo su carga inicial e incrementando su velocidad de respuesta debido a que acciones o actividades que tienen un impacto de uso con el servidor así como una base de datos se ejecutan más cerca del servidor resultando también en un proceso más efectivo (Segura, 2022).

2.1.2 Extreme programming (XP)

Originalmente, desde una perspectiva orientada a facilitar el desarrollo de productos y abordar las dinámicas cambiantes del desarrollo comercial de nuevos productos en el entorno competitivo actual, Hirotaka & Ikujiro (1986) plantearon un argumento crucial. Ellos destacaron que el énfasis en los nuevos productos como fuente primaria de ventas y ganancias exige un enfoque de gestión distinto al tradicional. En su influyente trabajo de 1986, enfatizaron que, más allá de los conceptos básicos ampliamente aceptados de calidad, costo y diferenciación, es fundamental centrarse en factores como la velocidad y la flexibilidad.

Mas tarde, por la década de los años 90, la metodología ágil denominada “Extreme programming” comenzaba a integrar estos principios como el trabajo en equipo, aprendizaje en grupo, y buen clima laboral, en el desarrollo de software, lo que llevo con el tiempo a ganar popularidad especialmente para proyectos con un alto nivel de situaciones

cambiantes y requisitos imprecisos. Llevarlo a la práctica, es mayormente una actividad de sentido común pero llevadas al extremo, de ahí hace referencia a su nombre y filosofía (Letelier & Penadés, 2006). Sus etapas de esta metodología son: planeación, diseño, codificación y pruebas (Fojtik, 2011).

2.2 Servicios web

De acuerdo con García de Zúñiga (2015), un servicio web en el ámbito del software se define como una tecnología que permite la interacción y la comunicación entre sistemas de software a través de la red, como Internet. La esencia fundamental de los servicios web es posibilitar que las aplicaciones y servicios se comuniquen y compartan datos de manera eficiente, independientemente de la tecnología subyacente que posean. Existen distintos tipos de servicios web, siendo SOAP y REST dos de los enfoques más comunes. SOAP utiliza XML como formato para intercambiar información, mientras que REST sigue un estilo arquitectónico que aprovecha los métodos estándar de HTTP y a menudo utiliza JSON para la representación de datos (García de Zúñiga, 2015).

2.2.1 MongoDB Atlas

Aunque MongoDB es de uso libre, también ofrece un servicio en la nube llamado MongoDB Atlas. Este servicio permite gestionar de manera remota y completa toda la complejidad asociada con la implementación, el alojamiento, la administración y el mantenimiento de las bases de datos. MongoDB Atlas facilita la gestión integral de los servicios involucrados, proporcionando una solución eficiente y simplificada para el manejo de bases de datos.

2.2.2 UploadThing

De acuerdo con Phillips (2024), este servicio se presenta como una solución innovadora diseñada para simplificar la carga de archivos en aplicaciones. A diferencia de otros servicios que intentan mejorar con Amazon S3, UploadThing ofrece una combinación única de propiedad, flexibilidad y seguridad. Este enfoque integral abarca tres aspectos críticos para una experiencia sin interrupciones: alojamiento de archivos, autorización del lado del servidor y experiencia del cliente (Phillips, 2024).

2.2.3 Cloudflare

En los inicios de Internet, cargar un sitio web requería que la solicitud viajara desde el ordenador del usuario hasta un servidor y luego devolviera la página solicitada. Un número excesivo de solicitudes simultáneas podía sobrecargar el servidor, haciéndolo inaccesible. Cloudflare se creó para solucionar estos problemas, ofreciendo a los propietarios de sitios web, aplicaciones y blogs herramientas para asegurar un rendimiento rápido, seguro y fiable. Además, protege las propiedades en Internet contra actividades maliciosas, como ataques DDoS, bots malintencionados y otras amenazas. Proporcionando seguridad y rendimiento a millones de propiedades en Internet, ofreciendo funcionalidades avanzadas como SSL y distribución de contenido a cada sitio web en su red. Sus servicios operan discretamente en segundo plano, garantizando la continuidad y disponibilidad de numerosos sitios web y servicios esenciales (Cloudflare Inc, 2022).

2.3 Stack

El concepto de stack tecnológico se define como el conjunto de lenguajes, frameworks, librerías, bases de datos y herramientas principales involucradas en el desarrollo de una aplicación tanto del lado del cliente como del lado del servidor (Stewart, 2023). Es necesario destacar que existen diversas configuraciones de stacks tecnológicos para el desarrollo web, cada uno puede variar dependiendo los objetivos de diseño y funcionalidad específicos del proyecto (Ramírez, 2023).

2.3.1 JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación en primera estancia diseñado y creado para ser ejecutado únicamente dentro de un navegador, esencialmente para convertir en un inicio las páginas estáticas en páginas dinámicas. Hoy en día cualquier elemento que se mueva o tenga funcionalidad, así como algún gráfico, estará siendo manipulado con ayuda de este lenguaje (Sufiyan, 2021). Aunque con el tiempo han surgido alternativas que te permiten escribir en otro lenguaje y compilar a JavaScript antes de ser usado, la popularidad de JavaScript realmente ha crecido constantemente debido a que sigue siendo la única opción que puede ser interpretada y procesada por los navegadores modernos cuando se busca este tipo de interactividad (Villalobos, 2018). Con el tiempo los usos de JavaScript se extendieron más allá del navegador convirtiéndose en un lenguaje paradigma multipropósito, teniendo presencia tanto en actividades como del cliente así también siendo

capaz de ser utilizado en el desarrollo del lado del servidor en la actualidad es posible utilizar este lenguaje para el desarrollo de aplicaciones web, desarrollo de aplicaciones móvil, desarrollo de juegos, desarrollo de aplicaciones de escritorio y lógica de servidores (Sufiyan, 2021).

2.3.2 React

En el año 2011 React es lanzado, como una biblioteca para simplificar el desarrollo de interfaces interactivas y con dinámicas complejas en el navegador mediante la componetización y esta rápidamente cambio la forma en la que los programadores desarrollarían los sitios web modernas (Herbert, 2022). Deshpande (2023), describe React como una sintaxis que descende de JavaScript y HTML, al combinarse se llega a lo que se conoce como JavaScript XML (JSX), si bien este cambio también tiene sus ventajas, como una lectura más amigable del código y mejor rendimiento al utilizar el DOM virtual en lugar del DOM original el cual es ligeramente más lento y únicamente actualiza los cambios de exactamente el componente que lo necesite en lugar de toda la interface (Deshpande, 2023).

2.3.3 Tailwind CSS

Cuando las páginas surgen en 1991, eran bastante simples y solo contaban con textos, tablas, imágenes no alineadas y un fondo blanco, sin embargo, rápidamente se incorporó en el año 1995 soporte al navegador para el nuevo lenguaje llamado Cascading Style Sheets (CSS) con la intención de mejorar la estética de las páginas. En este momento se revoluciona para siempre la forma de dar vida y color a billones de páginas que existen hoy en día y hacen uso de esto. Sin embargo, el trabajar con CSS trajo sus dificultades cuando los efectos visuales que se buscaban alcanzar eran bastante complejos y cuando había gran cantidad de colaboradores en un mismo proyecto se volvía extraño y dudoso que estilo era el que se necesitaba modificar o si se podía borrar y fue entonces cuando se adoptaron diversas metodologías para lograr estandarizar la forma de escribir CSS atómico (Ballerini, 2021).

Fue hasta 1 de noviembre de 2017 que Adam Wathan y Steve Schoger introducen Tailwind como un marco de trabajo para dar estilos a las páginas web, basándose en la implementación de clases de utilidad como primera opción, resultando en una mejor

experiencia de desarrollo, altamente personalizable, escalable, de rápido desarrollo y con un bajo nivel de necesidad de escribir CSS, y finalmente comportándose en un formato “Just In Time”, solo se empaquetan las clases que se utilizan en producción por lo que lo vuelve liviano y rápido (Wathan, 2017).

Rajkot (2022) hace mención de las ventajas y beneficios encontrados y que puede destacar tras utilizar Tailwind en una serie de proyectos:

- No hace falta formular nombres extraños para cada clase
- La escritura de CSS es mínima
- Se puede utilizar para estilar más rápidamente componentes
- Las páginas son responsivas sin importar la diversa cantidad de dispositivos existentes
- Los cambios se realizan precisamente donde se utiliza
- Los cambios se realizan de forma local sin afectar el rango global
- Curva de aprendizaje baja si ya se conoce el standard CSS

2.3.4 Next JS

Next JS es un marco de trabajo fullstack, es decir está diseñado específicamente para proporcionar un entorno integral tanto el lado del cliente como el lado del servidor en un mismo lugar, simplificando la creación de aplicaciones con mayor facilidad y menor esfuerzo, está basado en React siendo de código abierto ideado por la empresa Vercel, al mismo tiempo que resolviendo problemas subyacentes en el desarrollo de aplicaciones web (Lason, 2023).

Uno de los paradigmas que Next propone son utilizar los Server Side Rendering (SSR), razón por la cual obtiene su tan destacada velocidad al trabajar con este framework. La labor de renderización de la interface existe opcionalmente en el lado del cliente o bien podría también ser ejecutada en el lado del servidor. Esta característica brinda mejores resultados en cuanto a rendimiento y SEO para el desarrollo de páginas modernas (Bellal, 2023).

2.3.5 Microsoft Playwright

Es una herramienta avanzada de automatización de pruebas diseñada para la web, que permite a los desarrolladores escribir pruebas confiables y escalables para aplicaciones web en múltiples navegadores. Ofreciendo soporte para Chrome, Firefox y Safari, así como para sus variantes, y permite realizar pruebas en dispositivos móviles y de escritorio. Una de las características destacadas es su capacidad para simular y controlar entornos de prueba con precisión. Es especialmente valiosa para la realización de pruebas de extremo a extremo, donde se evalúan todas las funciones y flujos de trabajo de una aplicación desde la perspectiva del usuario final (McGovern & Shah, 2023).

Capítulo 3. Caso de aplicación: Cartera de servicios para la gestión de RAEE

Este capítulo muestra la propuesta metodológica, para la transición de modelos de negocio, a una primera implementación en software, a continuación, todo el capítulo, está basado en el modelo de negocio que propone Corona & Cortes (2024), se centra en seis servicios fundamentales: reparaciones, desmantelamientos, mantenimientos, donaciones, consignaciones y comercialización (véase figura 3.1).

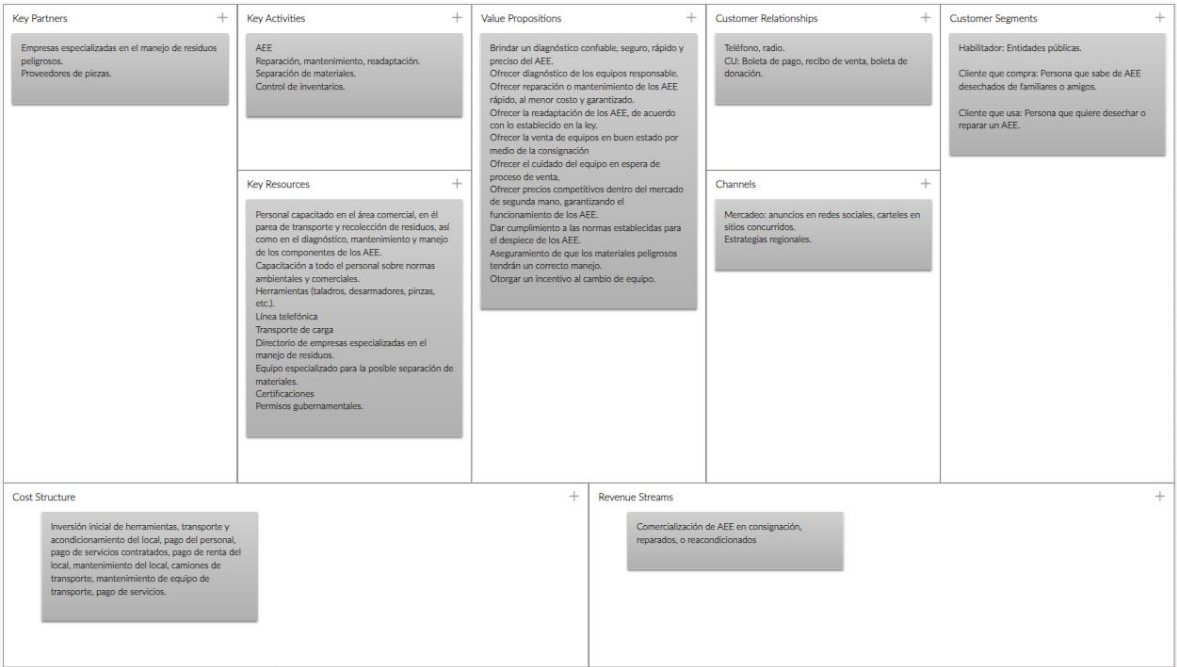


Figura 3.1 Modelo de negocio CANVAS para la cartera de servicios
Fuente: (Lundberg Jiménez & Cortés Robles, 2025)

Debido a la gran complejidad que involucra cada uno de estos servicios para llevar a ser implementado en software, fue necesario utilizar una herramienta para la toma de decisiones multicriterio cualitativo por la naturaleza de esta selección.

El ciclo teórico del negocio está basado en la recuperación de valor potencial a través de la gestión y nueva comercialización de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), véase la figura 3.2.

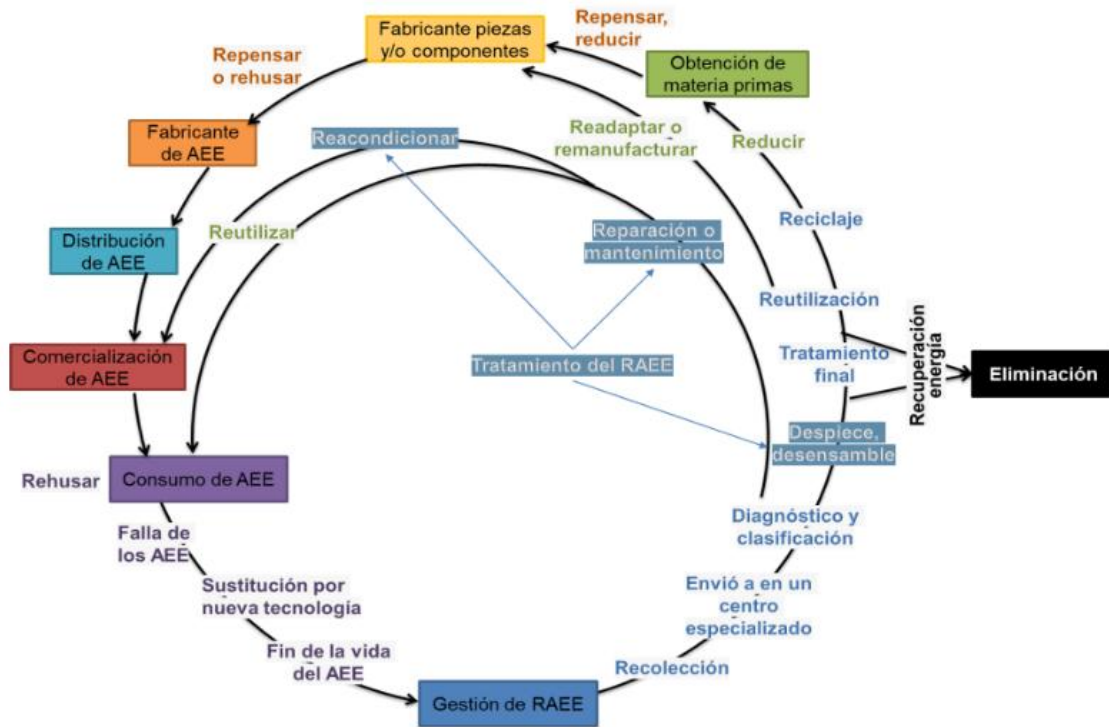


Figura 3.2 Modelo de contexto del negocio al realizar la gestión integral de RAEE
Fuente: (Corona & Cortes, 2023)

Es en este proceso se logran identificar, seis etapas fundamentales como lógicas de negocio que se correlacionan para que el ciclo pueda existir, entre ellos son: diagnóstico, clasificación, despiece, reparación, distribución y comercialización. Aunque todos son procesos aislados, uno de ellos mantiene una presencia permanente el cual es el diagnóstico, de acuerdo con el modelo de negocio original, este servicio siempre se debe realizar a todos los servicios previos.

Aunque el resto de módulos se mencionen. Es importante recordar que este proyecto únicamente aborda la conceptualización del proceso de desmantelamiento de dispositivos y segregación de materiales.

3.1 Evaluación y selección estratégica de funciones clave en el modelo de negocio original

En esta primera etapa de la metodología se presenta el proceso llevado a cabo para realizar una evaluación y selección de la cartera de servicios a priori a desarrollar, así como para dictaminar un orden de implementación de acuerdo con su relevancia. Fue importante identificar estas funciones ya que por la complejidad de cada uno de estos servicios conllevaba era necesario realizar esta definición antes (Lundberg Jiménez et al., 2024).

3.1.1 Procedimiento y selección de expertos

Se realizaron debates semi estructurados dentro de un grupo de tres expertos a modo de generar estos primeros criterios de análisis y la definición en su contexto (Lercher et al., 2024). Estos participantes fue un experto en logística de recuperación, un experto en economía circular y un experto en diseño de servicios.

Se permitió a los participantes expresar sus pensamientos y perspectivas mientras se mantenía la dirección del dialogo ayudándonos a comprender las razones de sus preferencias. Estas respuestas se registraron como votaciones en cada etapa del ejercicio. El enfoque metodológico se estructura en varias fases interrelacionadas.

3.1.2 Construcción del modelo jerárquico

El modelo jerárquico está compuesto por criterios primarios y secundarios de naturaleza cualitativa. Cada uno de estos criterios incluye una definición que facilita su evaluación y comparación dentro del mismo contexto, lo que permite una ponderación más precisa por parte de los expertos que participan en el proceso de evaluación.

Estos criterios fueron desarrollados a partir de las opiniones de los expertos (véanse anexos 1 y 2). Además, los preceptos se presentan de manera ilustrativa para facilitar su consulta, haciendo referencia al nombre del método jerárquico utilizado (véase figura 3.3).

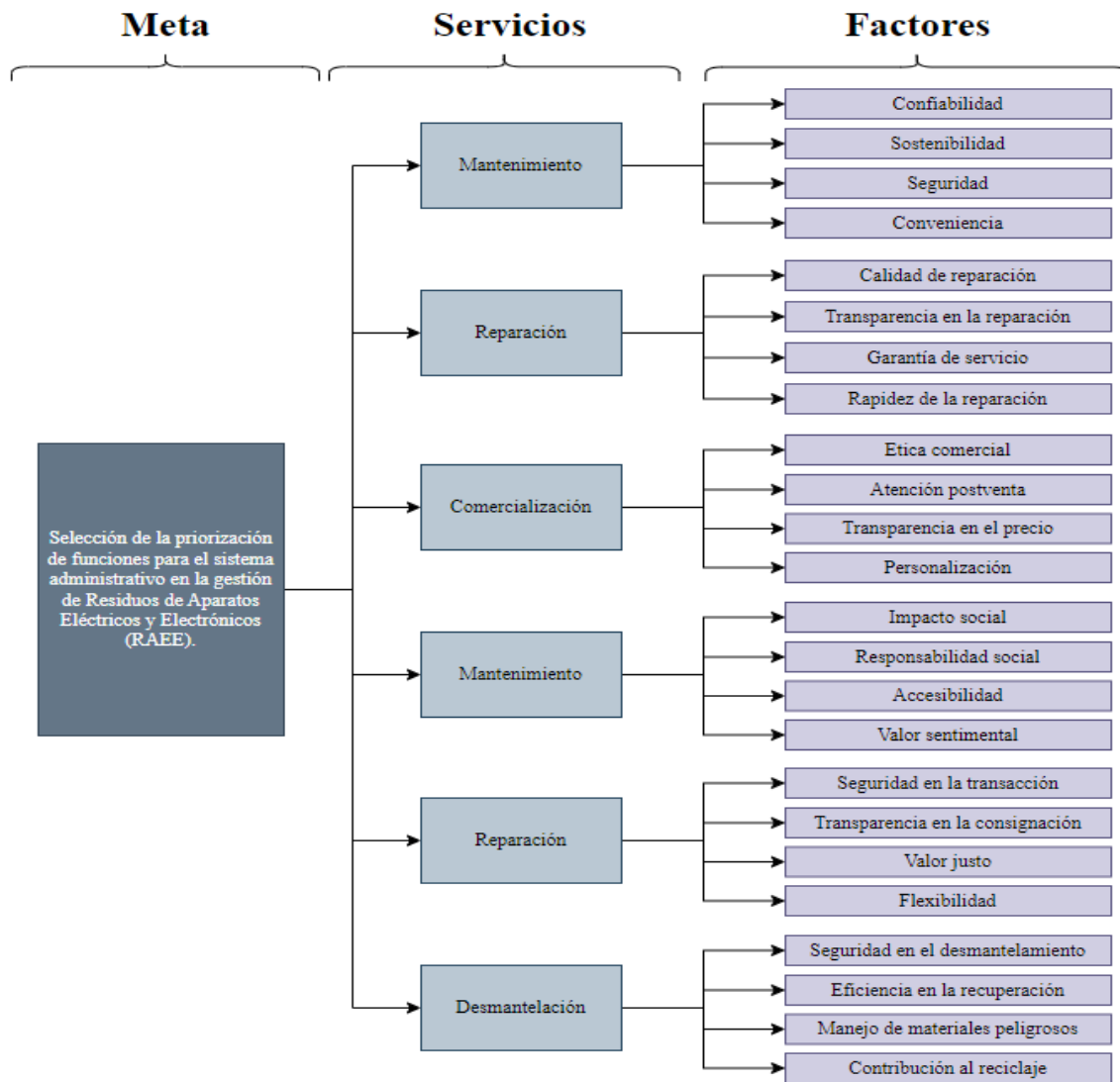


Figura 3.3 Modelo jerárquico de criterios y subcriterios para la selección de funciones clave
Fuente: (Lundberg Jiménez et al., 2024)

3.1.3 Escala de evaluación

A nuestros expertos se les presentó la escala de evaluación diseñada específicamente para el instrumento del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Esta escala, basada en el método propuesto por Saaty (1977), asigna valores numéricos para calificar la importancia relativa entre los diferentes criterios en función de los objetivos establecidos. La escala utilizada abarca desde comparaciones "igualmente importantes" hasta "extremadamente más importantes", proporcionando un marco claro y estructurado para la toma de decisiones en escenarios complejos (véase la tabla 3.1)

Tabla 3.1 Escala fundamental de AHP

Fuente: Elaboración propia, basado en la información de (Vargas & Thomas, 2022)

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Las dos actividades contribuyen igual al objetivo
3	Importancia moderada	La experiencia y juicio es ligeramente a favor de una actividad que la otra
5	Importancia fuerte	La experiencia y juicio es fuertemente a favor de una actividad que la otra
7	Muy fuerte o importancia demostrada	Es una actividad que favorece muy fuertemente sobre la otra, su dominancia está demostrada en la practica
9	Extrema importancia	La evidencia favorece una actividad sobre la otra, es la afirmación valorable más alta.
Recíprocos	Inverso de la comparación	Si se tuviera que forzar la consistencia obteniendo n valores numéricos para abarcar la matriz
Valores intermedios	Valores intermedios (2,4,6,8)	Valores intermedios entre los anteriores, usados cuando se necesita un compromiso.

3.1.4 Construcción de las matrices de comparación

Una vez presentada la escala de evaluación, se procedió a la construcción de las matrices de comparación por pares, que son el núcleo del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). En este paso, se solicitó a los expertos que realizaran comparaciones directas entre los diferentes criterios y subcriterios identificados, utilizando la escala previamente introducida.

Cada criterio fue comparado con los demás en función de su importancia relativa respecto al objetivo general del estudio. Estas comparaciones generaron una matriz cuadrada en la que cada entrada representa la importancia relativa del criterio i sobre el criterio j. Los valores fueron asignados según la escala, y en el caso de comparaciones inversas, se utilizó el valor recíproco (véase tabla 3.2).

Tabla 3.2. Construcción de la matriz de comparación de criterios de selección primarios

	M5	M2	M3	M4	M6	M1
M5	1	1/3	1	1	1/3	1/3
M2	3	1	3	3	1	3
M3	1	1/3	1	1	1/3	1
M4	1	1/3	1	1	1/5	1/3
M6	3	1	3	5	1	1
M1	3	1/3	1	3	1	1
Suma de columna	12.0	3.3	10.0	14.0	3.9	6.7

3.1.5 Análisis de consistencia lógica

Una vez generadas las matrices, se llevó a cabo una revisión de consistencia para asegurarse de que los juicios fueran coherentes. Esto se realizó mediante el cálculo del índice de consistencia (IC) y la razón de consistencia (RC). Una RC inferior al umbral de 0.10 indicaba que los juicios de los expertos eran consistentes; en caso contrario, se solicitó a los expertos que revisaran sus comparaciones, el orden ideal se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Resultados del análisis de consistencia

λ máx.	6.2504
IC	0.0501
RCI	0.0404

3.1.6 Análisis de los pesos normalizados y valoración de alternativas

Una vez verificada la consistencia de las matrices de comparación a través del índice de consistencia relativa (RCI), se procedió al análisis detallado de los pesos normalizados. Estos pesos, derivados de las matrices comparativas, reflejan la importancia relativa de cada criterio dentro del proceso de evaluación jerárquica, y son fundamentales para establecer la influencia que cada criterio ejerce en la valoración final de las alternativas (véase tabla 3.4).

Tabla 3.4. Resultados con la relevancia para cada precepto del servicio y sus factores

Primaria	%	Secundaria	%	Importancia
Mantenimiento	17.88%	Conveniencia	12.20%	0.04
		Seguridad	18.45%	0.05
		Sostenibilidad	30.36%	0.09
		Confiabilidad	38.99%	0.11
Reparación	29.55%	Calidad de reparación	12.81%	0.02
		Garantía de servicio	29.06%	0.04
		Transparencia de servicio	34.06%	0.05
Comercialización	9.85%	Rapidez	24.06%	0.04
		Ética comercial	12.92%	0.01
		Atención postventa	17.92%	0.01
		Transparencia	30.42%	0.02
		Soluciones personalizadas	38.75%	0.03
Donación	7.61%	Impacto social	19.48%	0.02
		Responsabilidad social	25.94%	0.03
		Accesibilidad	31.98%	0.03
		Valor sentimental	22.60%	0.02
Consignación	8.18%	Flexibilidad	11.79%	0.01
		Transparencia en la consignación	15.64%	0.01
		Seguridad de la transacción	25.64%	0.02
		Valor justo	46.92%	0.04
Desmantelamiento	26.93%	Seguridad en el desmantelamiento	8.21%	0.02
		Eficiencia en la recuperación	26.22%	0.07
		Manejo en los materiales peligrosos	19.07%	0.05
		Contribución al reciclaje	46.50%	0.13
		Total		1.00

El análisis de los pesos normalizados muestra que el desmantelamiento es el servicio más relevante, con un peso total del 26.93%, impulsado principalmente por la contribución al

reciclaje (46.50%). Le sigue el servicio de reparación con un 29.55%, destacando la transparencia (34.06%) y la garantía de servicio (29.06%) como factores clave. El mantenimiento ocupa un 17.88%, donde la confiabilidad (38.99%) es el aspecto más valorado.

3.2 Análisis y diseño conceptual del sistema enfocado en el proceso de desmantelamiento

En esta etapa, se presenta el proceso de análisis y generación del plan estratégico constituyendo el núcleo operativo del proyecto. Se hace uso de la filosofía de trabajo programación extrema, el cual abarca sus cuatro etapas principales: *planificación, diseño, codificación y pruebas*. Este proceso se presenta detallando el módulo seleccionado previamente por los expertos el de “desmantelamiento” y/o segregación de componentes y materiales.

3.2.1 Planificación

En esta sección, se enfoca en la planificación metódica de los requisitos, partiendo de la recopilación de casos de uso, requisitos funcionales y no funcionales, así como el modelado de datos.

3.2.1.1 Definición de los casos de uso

Estos casos de uso representan la interacción entre los distintos actores y el sistema, abordando sus necesidades, objetivos y acciones dentro del contexto operativo, delineando sus características, para brindar una visión integral del sistema. En la figura 3.4 se muestran los casos de uso que corresponden al usuario, básicamente únicamente se le permite registrarse, autenticarse y visualizar sus órdenes, entre otros.

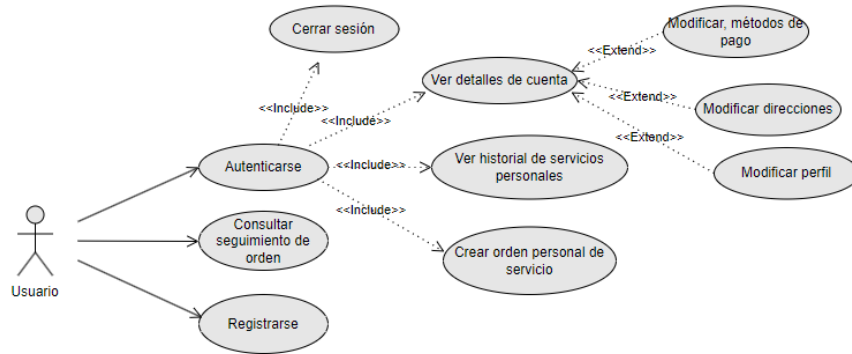


Figura 3.4 Diagrama de caso de uso del usuario

Los casos de uso que corresponden al colaborador, se muestran en la figura 3.5, los cuales corresponden a los mismos que tiene acceso el usuario normal, pero además se le permite acceso a la sección del negocio en el cual ya es capaz de administrar las órdenes y servicios en curso de los clientes.

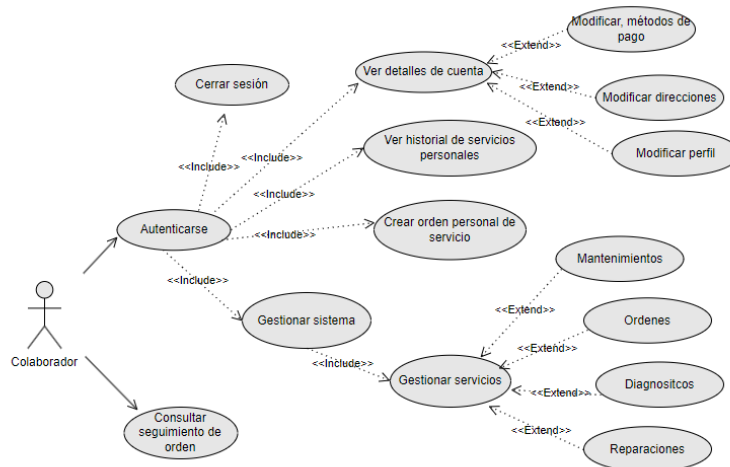


Figura 3.5 Diagrama de caso de uso del colaborador

En la figura 3.6, se muestran los casos de uso que corresponden al administrador, los cuales son los mismos que tiene acceso el colaborador, pero se añaden algunas funcionalidades adicionales, entre las cuales se incluyen la gestión de taxonomías, gestión de colaboradores y visualización de métricas como negocio.

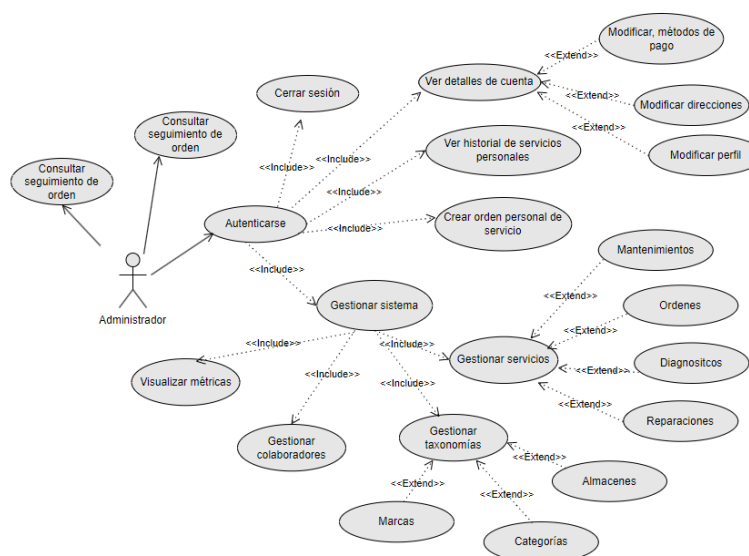


Figura 3.6 Diagrama de caso de uso del administrador

3.2.1.2 Definición de los requerimientos del sistema

Para esta sección se llevó a cabo la identificación y análisis de los requerimientos funcionales que regirán el desarrollo y la implementación del sistema en cuestión derivados de los casos de uso y las necesidades del modelo.

Funcionales:

- Módulo de autenticación y autorización
- Módulo de usuarios y gestión de usuarios
- Módulo de órdenes y gestión de órdenes
- Módulo de búsqueda avanzada y filtrado
- Módulo de gestión de colaboradores
- Módulo de gestión de taxonomías
- Módulo de gestión de servicios
- Módulo de gestión de despieces (desmantelamientos)
- Módulo de gestión de componentes
- Módulo de gestión de materiales

No Funcionales:

Usabilidad

- Tiempos de respuesta rápidos para la interfaz de usuario.
- Compatibilidad con múltiples navegadores y dispositivos.
- Interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar.
- Presentar mensajes informativos al usuario sobre una acción realizada en caso de que presente un error.
- Navegación eficiente a través del catálogo.

Eficiencia

- El sistema debe responder correctamente a las solicitudes del usuario y que los tiempos de respuesta sean cortos.

Mantenibilidad

- Sistema disponible las 24 horas, 7 días a la semana.
- Plan de respaldo y recuperación ante fallas.
- Capacidad para escalar el sistema según el crecimiento del negocio.
- Documentación clara y completa del sistema.

Seguridad

- Cumplimiento con leyes de comercio electrónico y protección del consumidor.
- Encriptación de datos sensibles, como contraseñas.

3.2.1.3 Modelado de la estructura de datos

En este punto se definió las entidades y relaciones que existirían en la aplicación, este aspecto se realiza utilizando la herramienta UML (Lenguaje unificado de modelado) que ayuda a capturar mediante un conjunto de símbolos y diagramas a comunicar la idea de un sistema (Hamza & Hammad, 2019). Plasmándose conceptualmente datos estructurados, la definición de las colecciones, consta de 11 entidades.

El modelado implicó la definición de documentos y colecciones en lugar de tablas y relaciones tradicionales (véase figura 3.5). En esta fase, se realizó el modelado de las estructuras de datos utilizando MongoDB, una base de datos NoSQL. Las entidades son:

- **Users (usuarios):** Se utilizaron para reflejar los usuarios en el sistema.
- **Labels (etiquetas):** Se utilizaron para gestionar una taxonomía dinámica que incluye modelos, marcas, bodegas, entre otros.

- **Orders (órdenes):** Se utilizaron para la gestión completa de las órdenes, abarcando desde su generación y aprobación por parte del área comercial, pasando por el diagnóstico técnico, hasta su eventual procesamiento en el área de desmantelamiento. Además, permiten el seguimiento y control del estado de cada orden, asegurando que cada paso del proceso se cumpla de manera eficiente y conforme a las normativas establecidas.
- **Items (elementos):** Se utilizaron para administrar de manera agrupada todos los recursos recuperados durante el desmantelamiento, permitiendo su catalogación como componente o material.
- **Alerts (alertas):** Se utilizaron para crear un historial completo de trazabilidad del proceso en general.

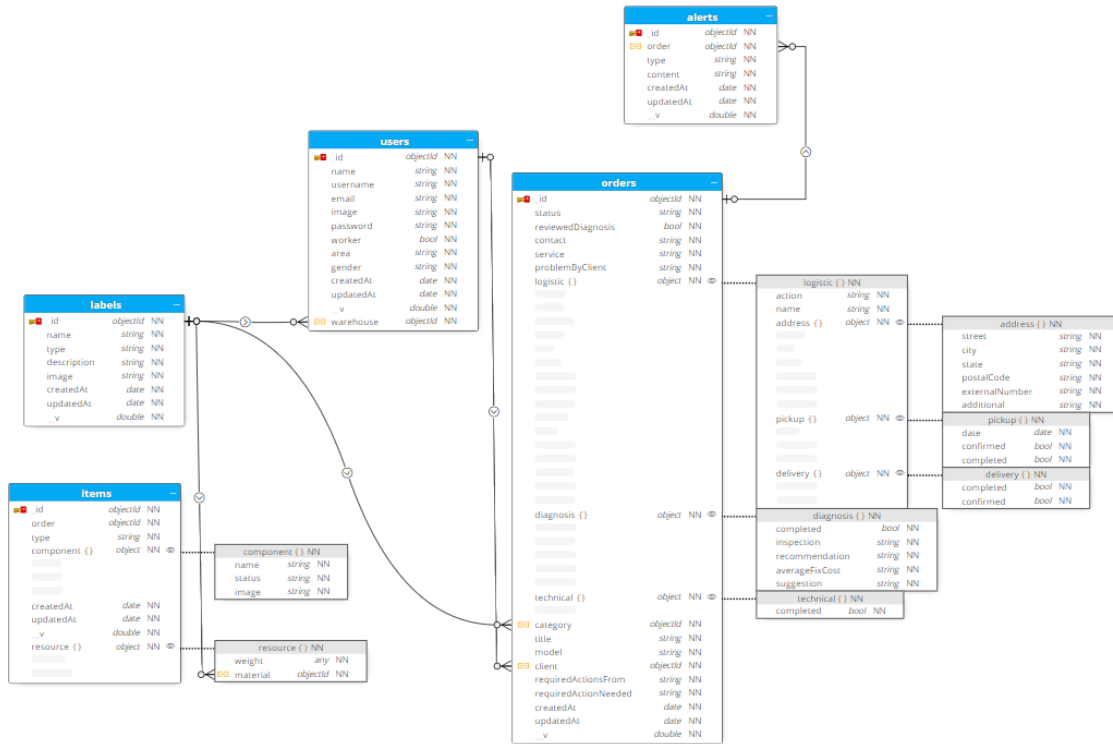


Figura 3.7 Diagrama de los datos involucrados en las funciones de desmantelamiento

3.2.2 Diseño

En la etapa de diseño, se han desarrollado los wireframes y se ha conformado el ecosistema de la aplicación. Este proceso ha sido fundamental para establecer una representación visual clara y coherente de las interfaces en conjunto con los requerimientos recolectados previamente.

3.2.2.1 Maquetado de interfaces (wireframes)

Como explica Ruzza et al. (2017) el diseño de una aplicación web influye dramáticamente en la experiencia de usuario y en su percepción de la calidad. En consecuencia, el diseño de los wireframes se realizó para definir la estructura visual y la disposición de las diferentes pantallas del sistema integrando los requerimientos previamente definidos.

En la figura 3.8 se muestra el módulo de órdenes. Luego, se presentan los wireframes correspondientes a los servicios, destacando el de diagnóstico, una etapa clave en el proceso.

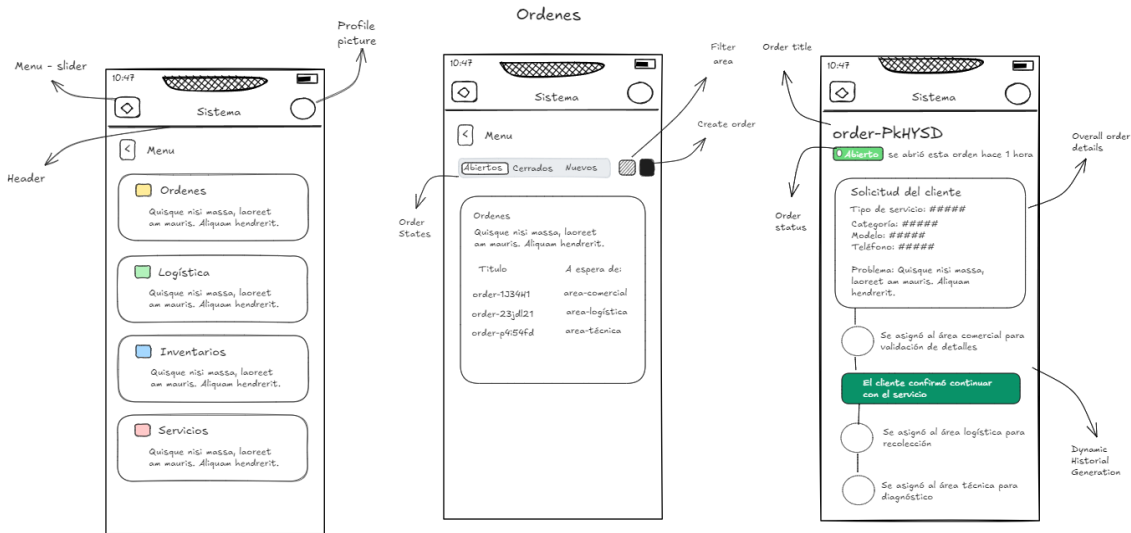


Figura 3.8 Diseños de interfaz para las ordenes de servicios

Finalmente, se ilustra el wireframe del desmantelamiento, mostrando cómo se añadirían nuevos componentes y materiales al sistema de forma estructurada y eficiente (véase figura 3.9).

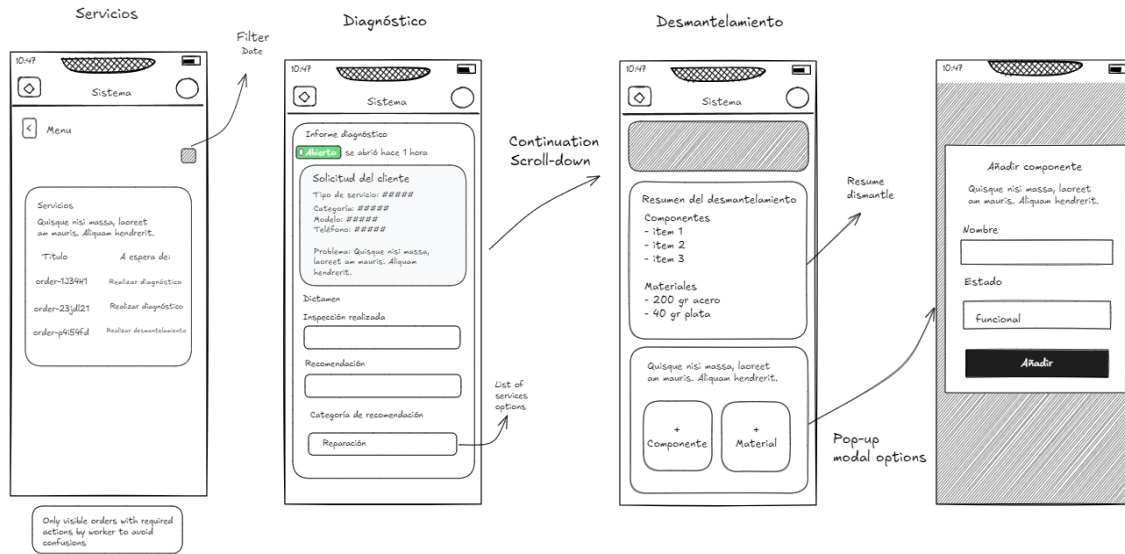


Figura 3.9 Diseños de interfaz para el desmantelamiento

Durante esta etapa, se analizó la perspectiva del usuario final que interactuará con el sistema y se empatizó con la experiencia que se busca ofrecer. En nuestro estudio, el usuario final es el técnico colaborador del área de desmantelamiento. Este técnico debe primero acceder al módulo de pedidos u órdenes, para luego interactuar con los wireframes correspondientes a los servicios. En particular, se destaca el servicio de diagnóstico, una etapa clave. Finalmente, se presentan las pantallas relacionadas con el proceso de desmantelamiento, ilustrando claramente cómo se incorporan nuevos componentes y materiales al sistema de manera estructurada. Este enfoque asegura que la experiencia del usuario sea intuitiva y adaptada a las necesidades específicas del técnico, enriqueciendo tanto la navegación como la funcionalidad del sistema.

3.2.2.2 Definición del ecosistema de la aplicación

La aplicación web sigue un enfoque de Single Page Application (SPA) con renderizado híbrido, donde las interfaces se pre-renderizan en el servidor, mientras que las interacciones dinámicas se manejan en el cliente para una experiencia más ágil.

En lugar de utilizar una capa de API RESTful tradicional, la arquitectura se basa en Server Actions de Next.js, lo que permite ejecutar funciones directamente en el servidor sin

necesidad de endpoints intermedios. Esto simplifica la interacción entre el cliente y el servidor, mejorando el flujo de datos (véase figura 3.10).

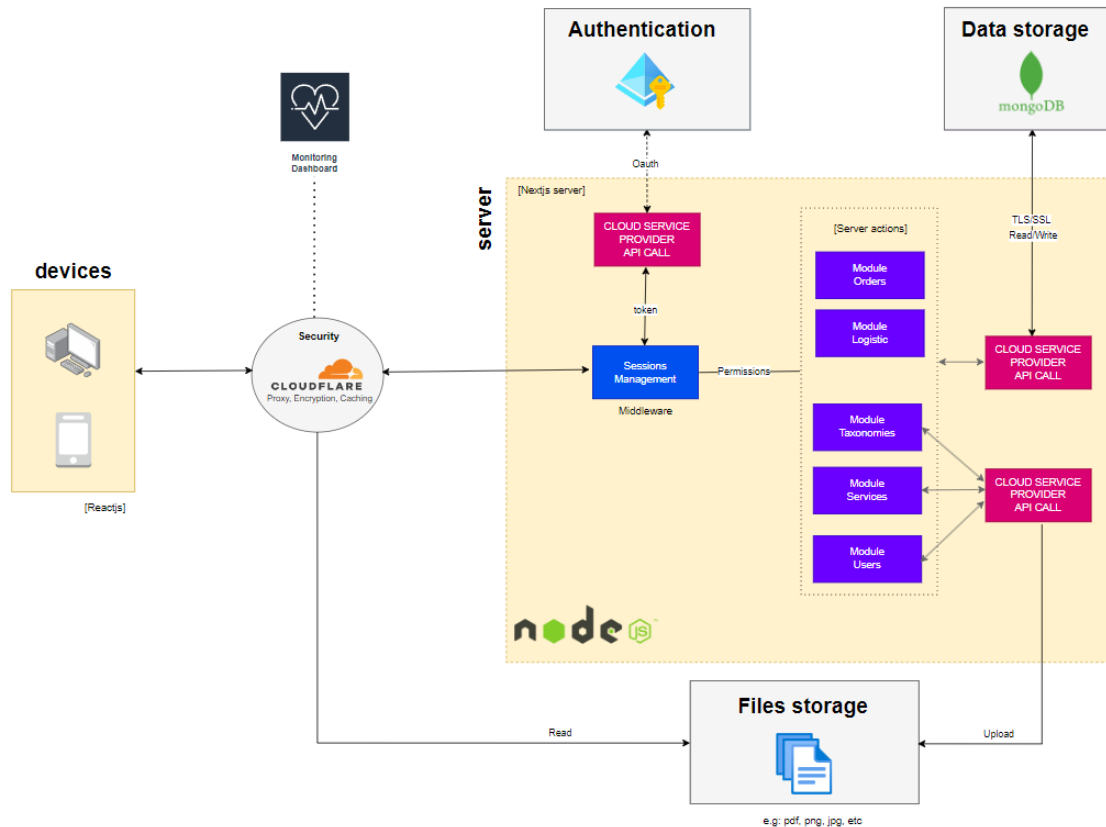


Figura 3.10 Representación de la arquitectura del sistema (Cliente – Servidor)
Fuente: (Lundberg Jiménez & Cortés Robles, 2025)

La Tabla 3.5 presenta una selección detallada de las tecnologías y herramientas que se eligieron para conformar el ecosistema de desarrollo del proyecto. Estas tecnologías se escogieron teniendo en cuenta criterios clave como facilidad de integración y compatibilidad con los requisitos del sistema.

Tabla 3.5 Conjunto de tecnologías y servicios terceros planificados

Componente	Descripción
JavaScript	Lenguaje de programación principal utilizado para la implementación de la lógica del cliente.

TypeScript	Superset de JavaScript que añade tipado estático, facilitando el desarrollo robusto y mantenible.
Next.js	Framework React para la creación de aplicaciones web, proporcionando renderizado del lado del servidor y optimización del rendimiento.
MongoDB	Base de datos NoSQL utilizada para el modelado y almacenamiento flexible de datos.
Server Actions	Funciones del lado del servidor implementadas para gestionar la lógica de negocio y las operaciones de datos, sustituyendo una estructura backend de tipo API REST.
Despliegue del servidor (Koyeb)	Servicio de despliegue de servidores que facilita la implementación y gestión de aplicaciones en la nube.
Almacenamiento en la Nube (UploadThing)	Solución para la carga y gestión de archivos en la nube, facilitando el acceso y almacenamiento escalable.
Autenticación (Google Cloud)	Servicio de autenticación integrado con Google Cloud para asegurar el acceso y gestión de usuarios.
Alojamiento Base de datos (MongoDB Atlas)	Plataforma de MongoDB en la nube que proporciona gestión y escalabilidad remota de bases de datos.

3.2.3 Codificación

Esta sección detalla cómo se implementaron los requisitos funcionales del producto, describiendo la codificación del proyecto en su conjunto. El desarrollo se basó en el diseño conceptual y los wireframes previamente elaborados, adoptando además la metodología ágil de programación extrema (XP) para mejorar la gestión del trabajo en equipo y facilitar la flexibilidad en el desarrollo, aplicando una filosofía de trabajo más eficiente (Fojtik, 2011).

3.2.3.1 Módulo de navegación

El sistema se dividió principalmente en seis rutas estratégicas para administrar las diversas responsabilidades de los diversos actores que interactúan en el sistema, está la ruta para las ordenes, logística, inventarios, servicios, colaboradores y taxonomías (véase figura 3.11).

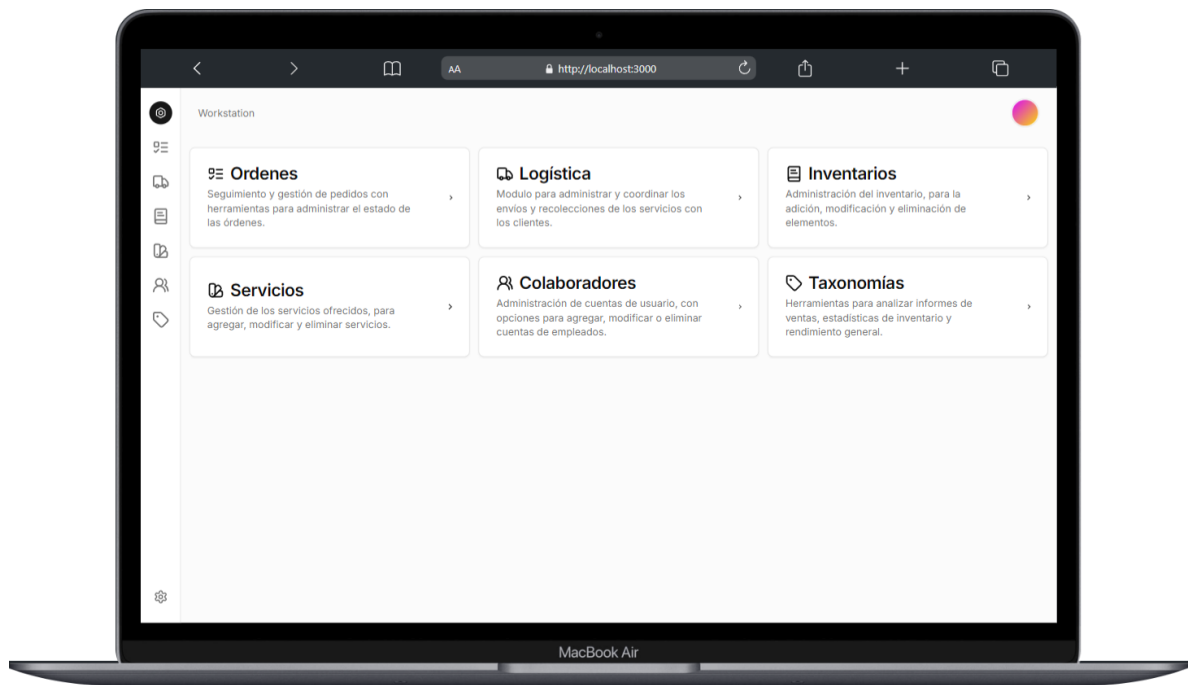
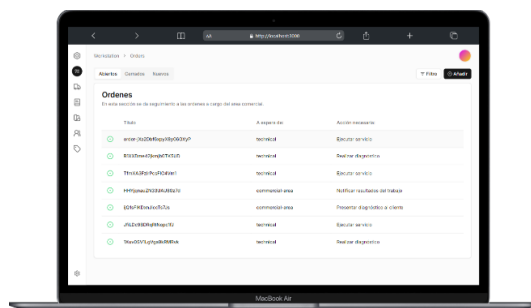


Figura 3.11 Pantalla principal del sistema

3.2.3.2 Módulo de gestión del área comercial

El punto de partida fundamental en el negocio es la existencia de una orden. A partir de ello, se establece el flujo del sistema para el seguimiento de dichas órdenes. En la figura 3.12 se muestran las pantallas correspondientes a este proceso, las cuales permiten al usuario visualizar un listado detallado de todas las órdenes generadas. También se incluyen funciones para filtrar las órdenes en dos categorías: abiertas y cerradas, facilitando así el monitoreo del estado actual de cada solicitud y permitiendo una gestión más eficiente de los procesos asociados.

a)



b)

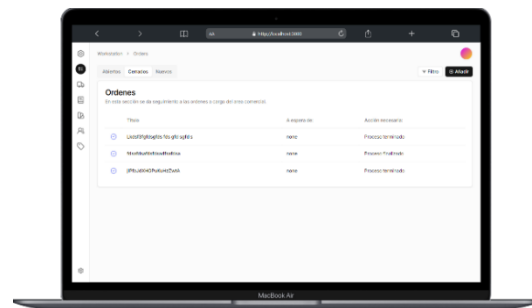


Figura 3.12 Pantalla del gestor de ordenes

En la figura 3.13, se muestra lo que es algunos de los estados que puede representar el sistema dando ejemplo a lo que es la trazabilidad de la orden y presentar al usuario como es que se va desglosando en tiempo real los cambios durante el proceso dependiendo en cada departamento en el que se encuentra el dispositivo.

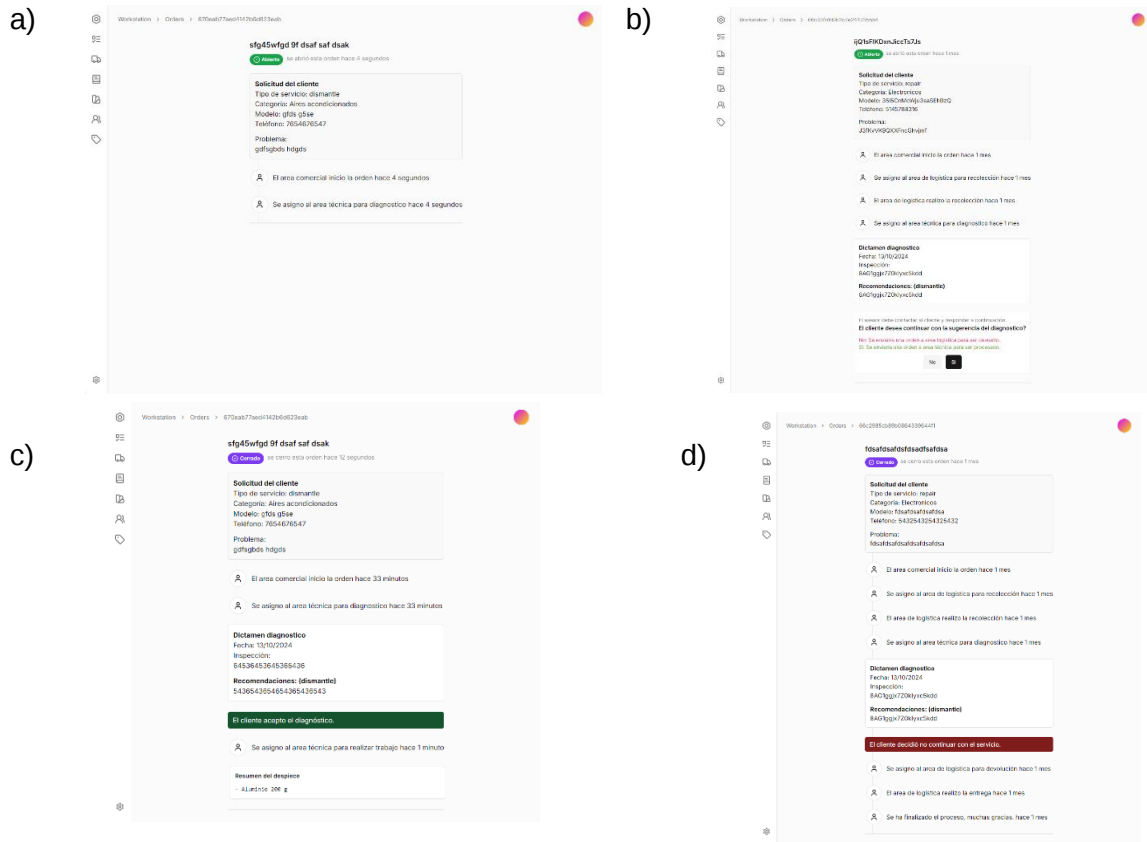


Figura 3.13 Pantallas del historial de la orden (dinámico)

3.2.3.3 Módulo de gestión del área logística

El sistema de seguimiento logístico está diseñado para gestionar de manera efectiva el tránsito y la entrega de los pedidos. A través de este módulo, los clientes pueden rastrear en tiempo real el estado y ubicación de cada envío, desde la recolección inicial hasta la entrega final. Las pantallas correspondientes, como se muestra en la figura 3.14, permiten una visualización clara de las rutas para los colaboradores, y cualquier incidencia en el proceso.

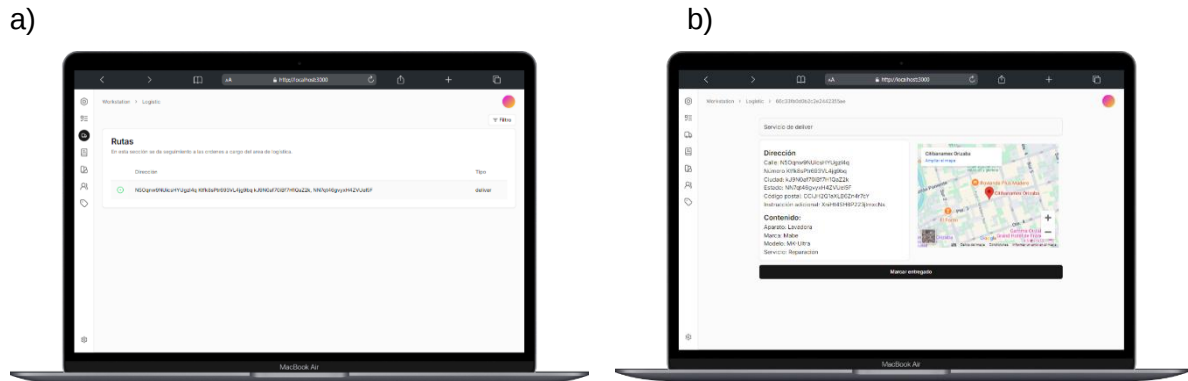
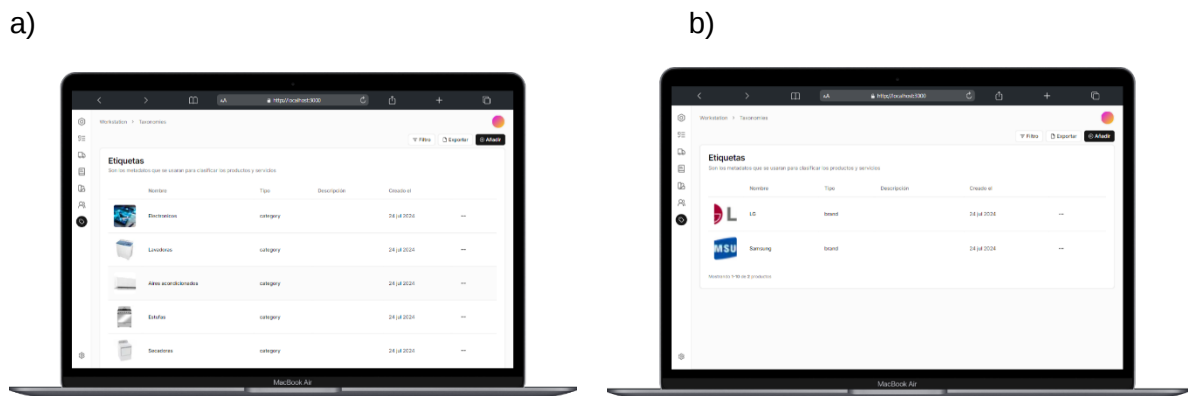


Figura 3.14 Pantalla del gestor logístico

3.2.3.4 Modulo para la gestión de taxonomías

El gestor de taxonomías permite organizar y clasificar de manera estructurada los diferentes elementos del sistema (almacenes, categorías de dispositivos, materiales, marcas). La lógica se basa en la creación, modificación y eliminación de categorías, asegurando que cada elemento esté correctamente asociado según su naturaleza y relación (véase figura 3.15).



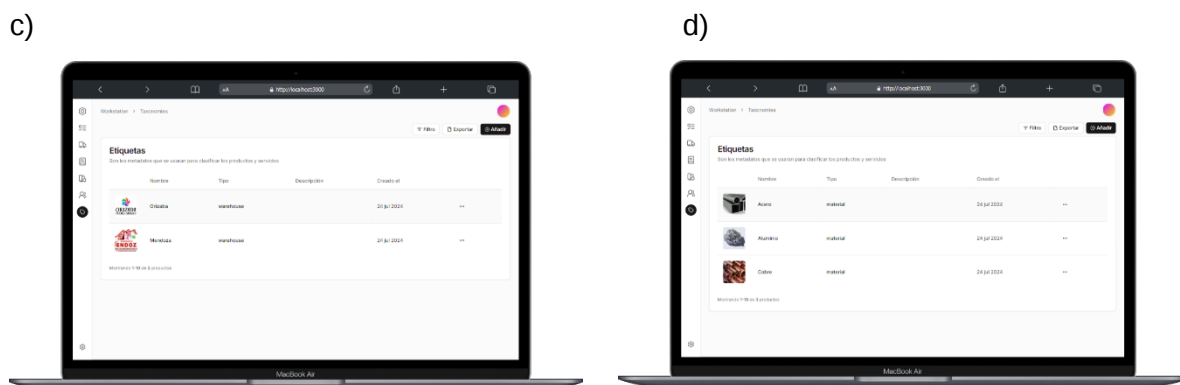


Figura 3.15 Pantallas del gestor de taxonomías

El sistema maneja las dependencias entre categorías, permitiendo la clasificación en niveles múltiples. Además, incluye validaciones para evitar duplicados o inconsistencias en la estructura taxonómica. Las interacciones del usuario con este gestor se realizan de manera intuitiva, facilitando la actualización y reorganización de las taxonomías sin comprometer la integridad de los datos. El diseño está orientado a garantizar flexibilidad, permitiendo agregar nuevos tipos de elementos conforme evolucionen las necesidades del sistema (véase figura 3.16).

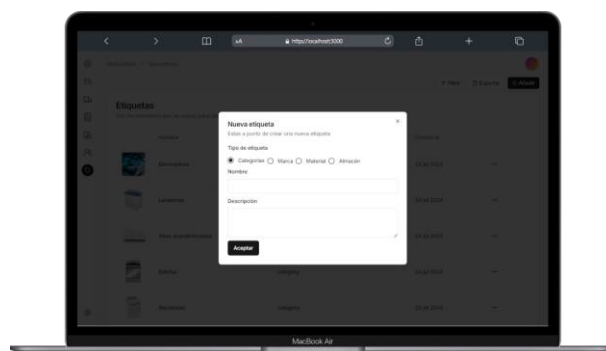


Figura 3.16 Pantalla para añadir nueva taxonomía

3.2.3.5 Modulo para la gestión de servicios diversos

La gestión de servicios agrupa las principales funcionalidades del sistema relacionadas con diagnóstico, mantenimiento, reparación y desmantelamiento. Cada servicio sigue un flujo lógico independiente, aunque integrado bajo una estructura común que permite su administración (véase figura 3.17).

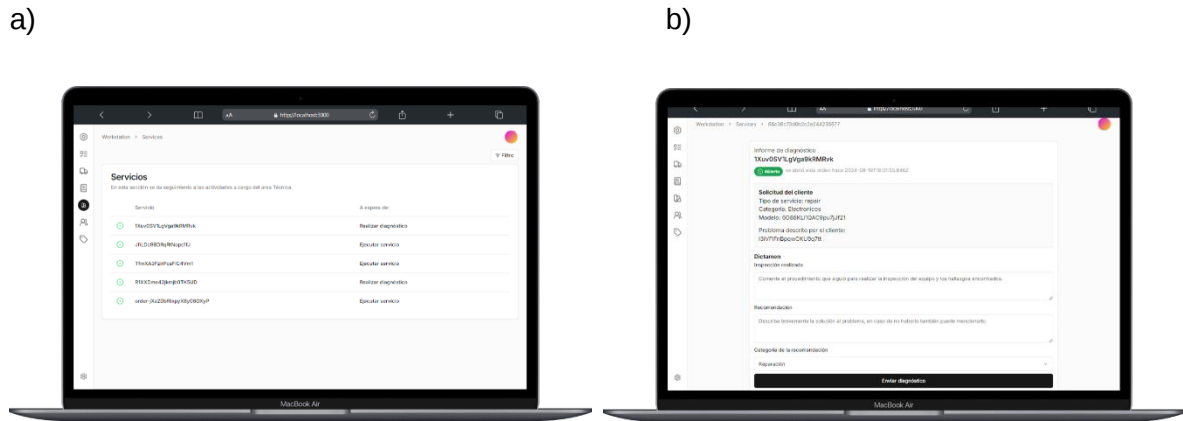


Figura 3.17 Pantalla del gestor de servicios mixto

En la figura 3.18, se muestra lo que es la interfaz que el colaborador utilizaría para llevar a cabo el servicio de desmantelamiento, en esta interfaz de cuenta con una sección genérica en la parte superior que brinda información general sobre el dispositivo como modelo, marca, falla reportada, y observaciones asociadas al diagnóstico recibido previamente. En la parte inferior se cuenta con un menú para que el colaborador pueda añadir piezas recuperadas o bien en caso de segregación añadir por material recuperado colocando el gramaje y seleccionando el tipo de material basado en una lista predefinida por el administrador.

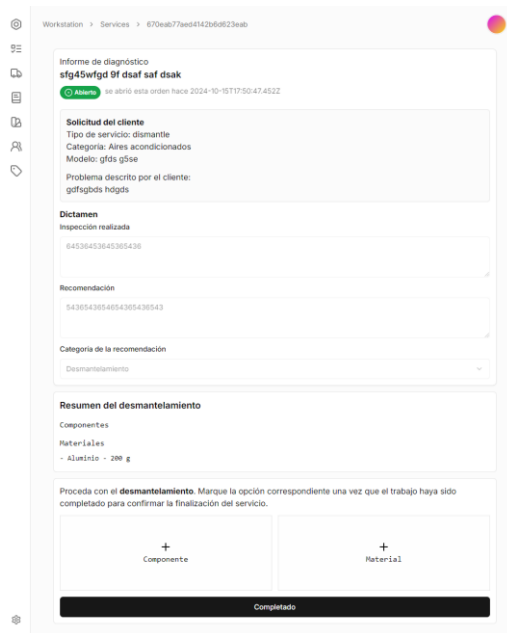


Figura 3.18 Pantalla del servicio de desmantelamiento

3.2.3.6 Lógica para el desmantelamiento y categorización

El proceso de segregación implementado en el servicio de desmantelamiento se basa en una lógica de clasificación ontológica según el enfoque propuesto por (Cabrera & Hernández, 2010). Este método inicia con la identificación de la clase principal a partir de la entidad correspondiente a la orden del servicio. Entre las propiedades que contiene dicha entidad, la marca y el modelo del dispositivo, ingresadas en la fase comercial, son de particular relevancia para esta etapa. Estas propiedades son heredadas en la fase de desmantelamiento, permitiendo así una trazabilidad efectiva a lo largo del proceso. La figura 3.19 ilustra el flujo del proceso en el área de desmantelamiento.

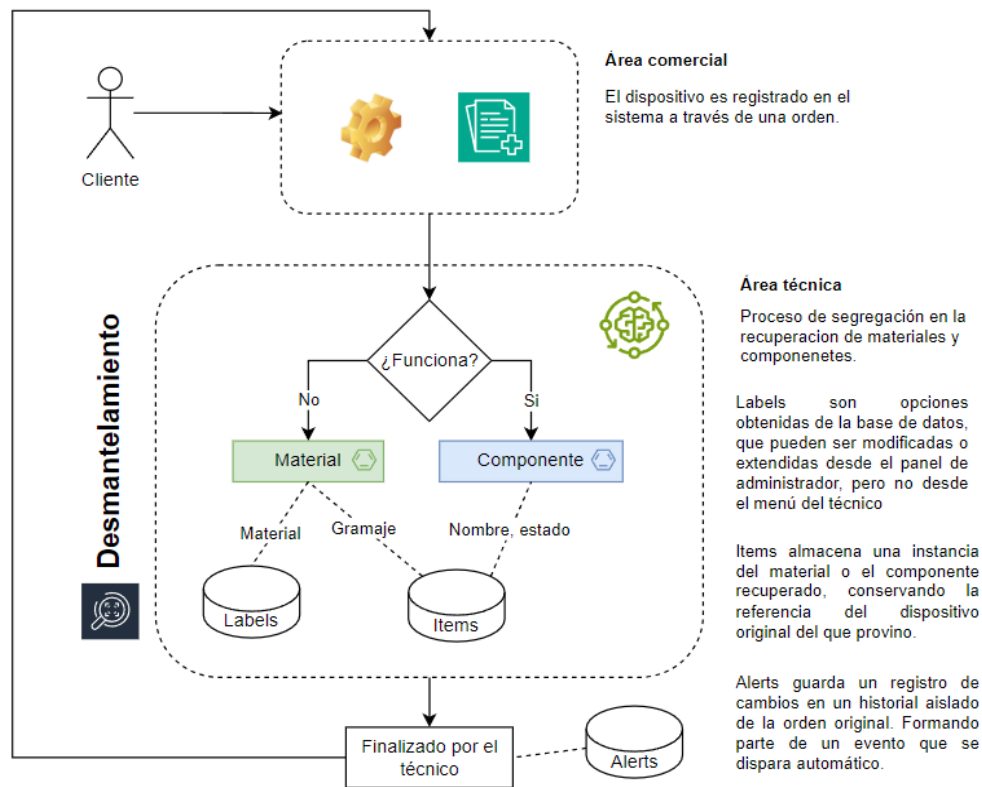


Figura 3.19 Lógica de segregación del proceso de desmantelamiento

Una vez que el dispositivo es recibido por el área técnica con la orden de proceder al desmantelamiento, el técnico debe plantearse una pregunta clave: ¿existe algún componente funcional? El objetivo de esta fase es identificar y recuperar aquellos componentes que aún sean utilizables para ser reaprovechados en otros procesos del

modelo de negocio. En caso de encontrar un componente funcional, el técnico debe registrar en el sistema el nombre del componente y su estado (nuevo, seminuevo o funcional). Si, por el contrario, el componente no es funcional, se procede a su segregación registrando únicamente el material y su peso (gramaje).

Es importante señalar que, una vez que las órdenes son generadas por el sistema y confirmadas por el área comercial, estas quedan permanentemente vinculadas a todos los metadatos generados. Si en algún momento la orden es actualizada, todos los materiales o componentes extraídos, así como su procedencia, serán también actualizados. Esta vinculación de datos se justifica por la necesidad de mantener una taxonomía descendente, que es más práctico en este contexto que una taxonomía ascendente.

Búsqueda tradicional:

Categoría > Subcategoría > ... > [Pieza] >> Componentes (todos)

El sistema de búsqueda tradicional sigue un camino jerárquico que parte de categorías generales hacia componentes específicos. Si bien este método es adecuado para identificar un amplio rango de componentes dentro de una categoría o subcategoría, no garantiza que los resultados sean compatibles con el dispositivo específico en cuestión. El técnico, en este caso, tendría que filtrar los componentes con mayor especificación, más no asegura una compatibilidad, y tampoco si verdaderamente está buscando la pieza (componente) adecuada.

Propuesta de segregación:

Desmantelamiento origen > [Modelo] > [Marca] >> Componentes (compatibles)

Este enfoque simplifica y optimiza el proceso, ya que se centra directamente en el modelo del dispositivo como el punto de partida. Al iniciar la búsqueda con el modelo y, si es necesario, la marca, el sistema puede garantizar que los componentes

recuperados o almacenados sean completamente compatibles con el dispositivo. Esto elimina la necesidad de una búsqueda exhaustiva y reduce el riesgo de solicitar refacciones no adecuadas al área de inventario.

De este modo nos aseguramos que los componentes que necesita el técnico son realmente útiles para ser reutilizados. El sistema almacena y hereda la información del dispositivo registrada en la fase comercial (como la marca y el modelo) y la vincula con los componentes extraídos. De este modo, cuando el técnico necesita buscar piezas o refacciones para un dispositivo similar, puede acceder de inmediato a una lista de componentes compatibles sin tener que introducir información adicional o tener amplia experiencia.

3.2.4 Pruebas

Para garantizar el correcto funcionamiento de la aplicación web y los diversos flujos de trabajo en los que los usuarios podrían interactuar, se llevaron a cabo una meticulosa simulación de actividades a través de pruebas de extremo a extremo (E2E). Utilizando la poderosa herramienta de automatización de Microsoft Playwright, para este propósito.

Para esta simulación se desarrollaron seis flujos de usuario que fueron los que se sometieron a prueba. (véase figura 3.20). Autenticación, crear un servicio nuevo, visualizar los detalles de un servicio mediante su clave única, modificar el estatus de un servicio, visualizar el historial de ordenes de un cliente, añadir componentes y materiales en el proceso de desmantelamiento.

```
PS C:\Users\bryan\Documents\workspace\Vexon> npx playwright test

Running 6 tests using 4 workers
  6 passed (9.2s)

To open last HTML report run:

  npx playwright show-report
```

Figura 3.20 Resultados de la simulación en Playwright

Estas pruebas E2E verificaron que todos los componentes de la aplicación funcionen correctamente en conjunto, desde la interfaz de usuario hasta la lógica subyacente. Durante este proceso, se recreó de manera fiel el comportamiento esperado de los usuarios, abordando diversas situaciones y escenarios para garantizar la estabilidad y la fiabilidad del sistema asegurando una experiencia fluida y satisfactoria para los usuarios finales.

3.2.4.1 Simulación y prueba de estrés

Para evaluar la capacidad del sistema bajo condiciones de carga extrema, se realizó una simulación de pruebas de estrés. Se emplearon pruebas automatizadas con Playwright, que permitieron capturar y almacenar secuencias de acciones de usuarios reales mediante pruebas End to End (E2E). Estas secuencias reflejan la interacción típica del usuario con la aplicación, lo que garantiza que las pruebas sean representativas del uso en un entorno real. Estas pruebas se combinaron con la herramienta Artillery para generar una simulación masiva de usuarios virtuales. El objetivo de la simulación fue replicar un escenario de alta demanda en un período breve, emulando una situación donde la aplicación se enfrenta a un número creciente de usuarios en un corto lapso (véase figura 3.21).

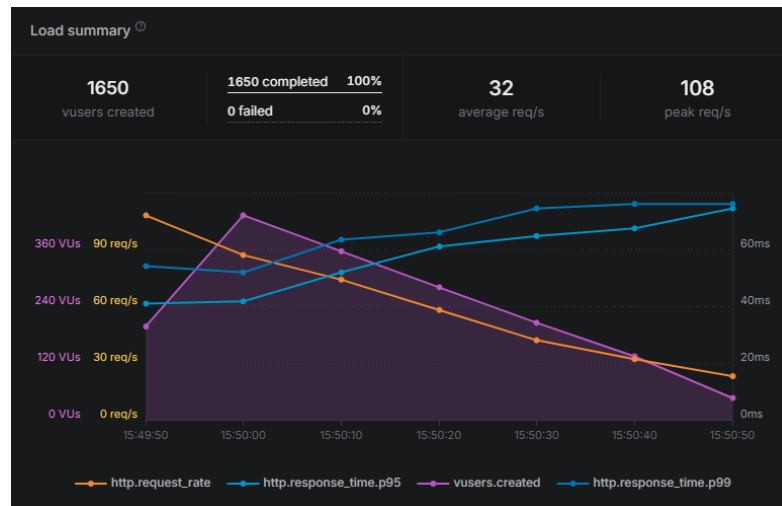


Figura 3.21 Resumen de la prueba de estrés

La simulación se diseñó para durar 60 segundos, durante los cuales se introdujeron progresivamente 50 nuevos usuarios virtuales cada segundo. Cada uno de estos usuarios ejecutó secuencias de acciones previamente almacenadas con Playwright, generando una carga de trabajo aleatoria pero coherente con el uso real de una aplicación. Esto permitió

someter el sistema a un estrés significativo, similar al que podría ocurrir en situaciones de uso intensivo o picos inesperados de tráfico. Finalmente, los tiempos de respuesta se muestran en la figura 3.22.

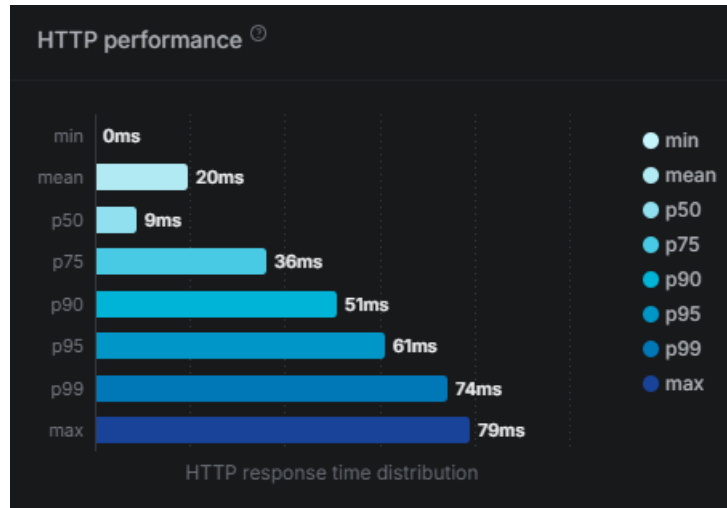


Figura 3.22 Velocidad de respuesta de la prueba de estrés

3.3 Evaluación comparativa del modelo de negocio original

En la tabla 3.6, se presenta una lista comparativa que contrasta el modelo de negocio original con las mejoras implementadas en el sistema actual. El objetivo es evaluar el proceso final de la transición del modelo de negocio a una implementación en software y verificar cual de todos los aspectos se han mantenido. La lógica de negocio del proceso original se muestra en el anexo 3, es de ahí de donde surgen estos criterios.

Tabla 3.6 Lista comparativa funcionalidades lógicas del proceso del sistema

Criterio	Se cumple	Observaciones
Disponible contactar a la empresa y solicitar informes.	Si	
Si decide ocupar los servicios está disponible solicitar una recolección o llevar el equipo al local personalmente.	Si	
Si solicita recolección, el sistema solicita al cliente Domicio, dimensiones y tipo de tratamiento.	Si	
El sistema es capaz de ofrecer tres fechas disponibles para la recolección.	Si	

El sistema es capaz de programar la fecha de recolección.	Si	
El sistema es capaz de generar una orden desde el área comercial.	Si	
El sistema es capaz de elegir entre los diversos tratamientos (donación, mantenimiento, reparación, consignación y despiece).	Si	
El sistema es capaz de admitir/emitir pagos por los aparatos eléctricos y electrónicos.	No	Se determino como un factor de baja prioridad.
El sistema es capaz de emitir actas de reconocimiento, recepción, entrega.	No	El modelo original, no presento los formatos necesarios para ser incluidos.
El área comercial mantiene registro sobre una confirmación previa, antes de su recolección	Si	
El área de logística mantiene registro sobre los servicios pendientes.	Si	
El área técnica es capaz de registrar en el servicio la sugerencia de tratamiento (Mtto, despiece, reparación, consignación).	Si	
El área de inventario, registra en cual bodega quedo el dispositivo recibido.	Si	
El área técnica puede brindar recomendaciones para cambios en el pedido	Si	Estos cambios emiten la orden al área comercial para contactar al cliente y confirmar la modificación.
El área técnica puede añadir diagnósticos al sistema, específicamente a la orden del servicio.	Si	
El sistema informa al cliente cuando el diagnostico se ha completado.	Si	
En caso de consignación, el sistema indica montos por el cual se venderá el AEE.	No	No se aborda el módulo de consignación

El sistema informa al cliente cuando el proceso termino.	Si	
En caso de consignación, el sistema informa cuando su dispositivo se vendió.	No	No se aborda el módulo de consignación
El sistema permite registrar fecha de entrega de los servicios finalizados.	Si	
El sistema permite registrar mantenimientos finalizados.	Si	
El sistema permite registrar reparaciones finalizadas.	Si	
El sistema permite registrar despiece / segregaciones finalizadas.	Si	
El sistema permite registrar piezas recuperadas provenientes del desmantelamiento.	Si	
El sistema permite registrar materiales recuperados provenientes del desmantelamiento.	Si	
El proceso de segregación permite registrar entre materiales peligrosos y otro tipo.	No	
Las piezas recuperadas del proceso de segregación, se registran en el inventario.	Si	
Los dispositivos a espera de piezas para su mantenimiento o reparación, son registrados.	No	
El área logística tiene la capacidad de revisar sus recolecciones y entregas.	Si	
El área logística puede realizar el ruteo y sale	Si	
El área logística puede separar en el sistema los servicios que corresponden a recolección y entrega.	Si	
El área logística puede cambiar el estatus en el sistema, luego de finalizar su parte.	Si	
El área logística registra la entrega del equipo al área técnica para proceder con diagnóstico.	Si	
El área de inventario es capaz de buscar en el sistema por materiales resguardados.	Si	
El área de inventario es capaz de buscar en el sistema por piezas recuperadas.	Si	

Para evaluar de manera objetiva la semejanza entre el modelo de software propuesto y el software finalmente desarrollado, se implementó una evaluación del grado de similitud

utilizando la fórmula de similitud de Jaccard. Este método cuantitativo permite medir la correspondencia entre dos conjuntos de datos, asegurando que el producto final refleje fielmente las especificaciones establecidas en el modelo original.

La fórmula de Jaccard (ecuación 3.1) se expresa de la siguiente manera:

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

Ecuación 3.1 Formula de Jaccard

Donde A representa el conjunto de elementos del modelo de negocio original y B el conjunto de características implementadas en el software desarrollado. La intersección $|A \cap B|$ identifica los elementos comunes entre ambos conjuntos, mientras que la unión $|A \cup B|$ incluye todos los elementos únicos de ambos conjuntos, proporcionando así una medida precisa de similitud relativa.

Para obtener un grupo de criterios de comparación adecuado, se utilizó un diagrama de procesos BPMN, el cual contiene el modelo de negocio completo. Cada operación representada en dicho diagrama se transformó en un criterio fundamental de comparación para el análisis. Esto generó un total de 35 criterios, de los cuales 29 fueron implementados satisfactoriamente en el software, mientras que 4 fueron descartados porque se consideraron fuera del alcance del proyecto según las especificaciones iniciales.

El grado de similitud obtenido, calculado con la ecuación (ecuación 3.2), es el siguiente:

$$\frac{33}{35} = 94.28\%$$

Ecuación 3.2 Resultado del índice de similitud del sistema

Este resultado del 94.28% indica que el desarrollo del software logró adherirse en gran medida al modelo original. La evaluación de similitud mediante la fórmula de Jaccard no solo proporciona una verificación cuantitativa de la correspondencia entre los objetivos y la ejecución, sino que también resalta aquellos criterios que quedaron fuera del alcance del proyecto, ayudando a identificar áreas de oportunidad para futuras iteraciones.

3.4 Escenarios y costos de implementación

En esta sección se analizan los costos derivados de la implementación del sistema y las mejoras asociadas. Los costos se desglosan en varias categorías para proporcionar una visión clara de los recursos financieros involucrados en el desarrollo, operación y mantenimiento del proyecto.

Para alcanzar un nivel de realismo más acertado, se proponen dos escenarios distintos para determinar los costos de funcionamiento, dependiendo del tráfico de usuarios realizando solicitudes al servidor, uno cubre el punto de vista económico, y el segundo después de una expansión un costo más elevado de infraestructura.

Estos costos únicamente consideraron los gastos elementales de despliegue. No se consideró, hardware, licencias, nuevos programadores para continuar desarrollando el aplicativo, etc.

3.4.1 Escenario básico

En la tabla 3.7, se muestra el escenario básico considerando un costo de mantenimiento anual de \$83.36 y un costo mensual de \$6.94. Este escenario está diseñado para un tráfico bajo, lo que implica menores costos operativos debido al reducido consumo de recursos asociado. Se estima un rango aproximado de 100,000 solicitudes al servidor anualmente, generado por un tráfico diario de entre 50 y 100 usuarios.

Tabla 3.7 Escenario básico: costos de implementación anual

Concepto	Descripción	Costo anual (USD)
Servicio de Hosting Web	Costo del servidor, con especificaciones de RAM 512 Mb, CPU 0.25 (0.0036USD/hora)	32.16
Registro de Dominio	Registro anual del dominio	50.00
Servicio de Bases de Datos	Costo de las bases de datos, con especificaciones de Almacenamiento 1TB, serverless (0.10USD/1M lecturas).	1.20

Servicio de Almacenamiento	Gasto de almacenamiento de imágenes, con especificaciones de 2GB Almacenamiento.	0.00
Total		86.36

3.4.2 Escenario avanzado

El escenario avanzado (tabla 3.8) contempla un costo anual de \$420.03 (35 mensuales) y está diseñado para aplicaciones con tráfico elevado y un consumo significativo de recursos. Este escenario es ideal para soportar distribuidos en un promedio de 500 y 1000 usuarios diarios, generando aproximadamente 10 millones de solicitudes al servidor mensuales. Además, este tráfico implica un mayor uso de almacenamiento, con hasta 100 GB en imágenes y datos transaccionales almacenados en bases de datos con capacidad de hasta 1 TB. La infraestructura está optimizada para garantizar estabilidad y escalabilidad, cubriendo picos de demanda sin interrupciones.

Tabla 3.8 Escenario avanzado: costos de implementación anual

Concepto	Descripción	Costo anual (USD)
Servicio de Hosting Web	Costo del servidor, con especificaciones de RAM 2 GB, CPU 2 (0.0288USD/hora)	248.83
Registro de Dominio	Registro anual del dominio	50.00
Servicio de Bases de Datos	Costo de las bases de datos, con especificaciones de Almacenamiento 1TB, serverless (0.10USD/1M lecturas).	1.20
Servicio de Almacenamiento	Gasto de almacenamiento de imágenes, con especificaciones de 100GB Almacenamiento (10USD/mes)	120.00
Total		420.03

Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman nuestra hipótesis de investigación: el diseño conceptual del sistema propuesto para la gestión de residuos eléctricos y electrónicos es coherente y adecuado para facilitar la transición del modelo de negocio. Las etapas implementadas en el proceso resultaron efectivas para validar dicho diseño de manera ordenada y sistemática. Estos hallazgos sugieren que la estructura conceptual desarrollada no solo es funcional, sino que también ofrece un marco claro para la gestión de RAEE, mejorando la eficiencia operativa y alineándose con los objetivos de la economía circular.

Relativo al sistema de información para RAEE, se alcanzó un 94% grado de similitud con respecto al modelo de negocio original, la evaluación cualitativa del sistema indicó un alto potencial para gestionar la información generada. Se logró una trazabilidad integral de los residuos, desde su recolección hasta su clasificación final. Aunque el estudio no incluyó un análisis cuantitativo, la coherencia y el control observados en cada fase del proceso sugieren una validez significativa en la operación del sistema. La adopción de la metodología ágil Extreme Programming (XP) fue un factor determinante en la adaptabilidad del desarrollo del sistema. La capacidad de iterar rápidamente sobre versiones funcionales permitió la identificación temprana de problemas potenciales y la implementación de soluciones antes de que afectaran la estabilidad del sistema. La arquitectura cliente-servidor, en conjunto con el uso de otras herramientas para pruebas automatizadas, demostró ser una combinación robusta, asegurando que el sistema mantuviera su integridad incluso en condiciones de uso intensivo.

Finalmente, en la tabla 0.1 se muestra la comparativa de los objetivos alcanzados y sus productos, así como los obstáculos o beneficios no previstos durante el desarrollo de la investigación.

Tabla 0.1 Resumen de objetivos específicos, evidencia del cumplimiento y obstáculos o beneficios no previstos

Objetivo específico	Evidencia de cumplimiento	Obstáculo o beneficio no previsto
Implementar el AHP para definir las funciones clave del modelo de negocio original, permitiendo la identificación y priorización de las funciones a desarrollar en el sistema administrativo.	Se aplicó el proceso de análisis jerárquico y entre los seis servicios que propone el modelo de negocio, el más importante con un 29% fue el módulo de reparación de AEE, posteriormente con un 26% el desmantelamiento. Es por ello que el sistema contempló ambos módulos.	Para implementar el módulo de desmantelamiento y reparación, era necesario desarrollar algunos otros módulos de manera obligatoria, es decir el gestor de órdenes, el gestor logístico, el gestor de diagnósticos. Al final fortaleció el producto final contemplar estos elementos.
Desarrollar el diseño conceptual de un sistema administrativo que permita gestionar el proceso de desmantelamiento de RAEE.	El módulo de desmantelamiento y la lógica de trasfondo en el que lograría catalogar las piezas rescatas del proceso, era de gran importancia, se logró desarrollar un sistema básico que utiliza las ontologías para ir heredando ciertas propiedades conforme los datos se manipulan.	Conceptualizar el proceso de segregación, fue complicado y sin embargo la solución es ineficiente. Ya que requiere de una etapa manual.
Realizar pruebas de estrés y simulaciones de carga en el sistema para evaluar su capacidad de manejo de demanda creciente sin comprometer la estabilidad del servicio.	Se realizaron pruebas con Playwright, la herramienta arrojó valores que el sistema mantuvo su estabilidad en el tiempo de respuestas de máximo 79 ms. Bajo una simulación de usuarios que llegó a su pico máximo con 1650 usuarios virtuales.	Fue complicado en un comienzo ya que se desconocía de las pruebas de estrés y existía poca información disponible, ya que el aplicativo no tenía una API REST, sino que eran server actions, los cuales había que ser probados y cuantificados directamente desde el lado del cliente. Sin embargo, se logró

		configurar efectivamente un esquema de trabajo utilizando la librería de Artillery.
Evaluar el grado de similitud entre el modelo de negocio original y la propuesta obtenida.	El grado de similitud obtenido fue de 94%. Con respecto al modelo de negocio.	Sirvió para complementar la metodología y sustentar la transición del modelo original con el software, obteniendo el grado de similitud.
		No se alcanzó el 100% debido a algunos campos que el modelo original los mencionaba, pero no proveía de detalles específicos.
Desglosar los costos derivados de la implementación del sistema, con el fin de ofrecer una visión integral de los recursos necesarios para su correcto funcionamiento.	Con la planeación actual, el sistema en un escenario básico, costaría 143 pesos mexicanos mensualmente mantenerlo activo.	No fue posible precisar mucho más allá los costos a futuro del sistema, como lo que es continuar ampliando las funcionalidades (programadores), hardware, licencias, etc. Sin embargo, los costos que se suministraron son lo más elemental para mantener activo en el estado actual.

Como trabajo a futuro se abren las oportunidades a mejorar el algoritmo de clasificación de componentes y materiales mediante herramientas como la inteligencia artificial, también se abre oportunidad a intentar explorar nuevos contextos en los que la metodología propuesta pudiera ser utilizada para transformar modelos de negocio en software administrativo del mismo.

Anexos

Anexo 1 Esquema de criterios primarios basado en los servicios del modelo original

Criterio primario	Clave	Definición preceptos
Mantenimiento	M1	Proceso de conservar un sistema algo en buen estado mediante revisiones periódicas. Proceso de preservar, recuperar o predecir anomalías en la operación de un sistema.
Reparación	M2	Acción de arreglar algo que está roto o deteriorado.
Venta	M3	Acción de transferir la propiedad de un bien a cambio de un precio pactado.
Donación	M4	Acción de dar algo voluntariamente y sin esperar nada a cambio.
Consignación	M5	Acción de entregar un bien a un tercero para que lo venda en nombre del propietario, recibiendo este último el precio acordado tras la venta.
Desmantelación	M6	Proceso de descomponer un aparato en sus componentes básicos para reutilizar, reciclar o desechar de manera adecuada, especialmente en el manejo de materiales peligrosos.

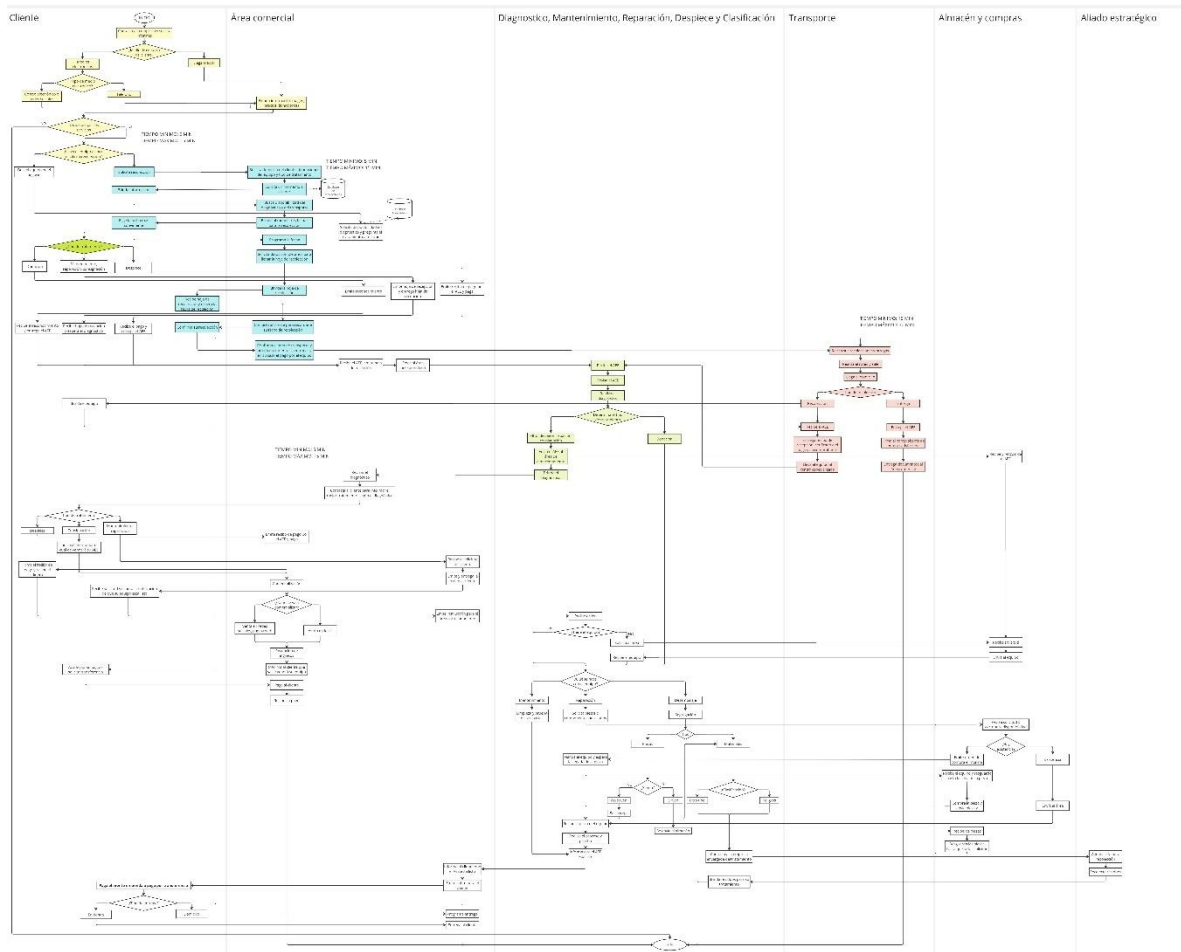
Anexo 2 Esquema de criterios secundarios basados en relación a los criterios primarios

Criterio primario	Criterio secundario	Definición preceptos
M1	Confiabilidad	Grado en el que el mantenimiento asegura un funcionamiento continuo y sin fallos.
	Sostenibilidad	Asegurarse de que el mantenimiento respeta el medio ambiente, utilizando prácticas ecológicas.
	Seguridad	Garantizar que el mantenimiento asegura la protección contra riesgos eléctricos y fallos peligrosos.
	Conveniencia	Facilidad y comodidad con la que se puede acceder a los servicios de mantenimiento.
M2	Calidad de reparación	Grado de precisión y cuidado en la restauración del aparato, asegurando su funcionalidad a largo plazo.
	Transparencia en el servicio	Claridad y honestidad en la explicación de lo que fue reparado y cómo.
	Garantía de servicio	Confianza que ofrece la garantía de que la reparación será efectiva durante un período determinado.
	Rapidez de la reparación	Tiempo que toma devolver el dispositivo al usuario, minimizando las interrupciones.
M3	Ética comercial	Prácticas de venta que respetan al consumidor y no incurren en tácticas de presión o engaño.
	Atención postventa	Soporte y asistencia que se ofrecen al cliente después de la compra del aparato.
	Transparencia en el precio	Claridad y apertura en la fijación de precios, sin cargos ocultos.
	Personalización	Capacidad de ofrecer productos adaptados a las necesidades y preferencias del cliente.

M4	Impacto social	Contribución positiva de la donación en la comunidad o la sociedad.
	Responsabilidad social	Compromiso con la sociedad al donar dispositivos útiles en lugar de desecharlos.
	Accesibilidad	Facilidad con la que las personas pueden beneficiarse de las donaciones.
	Valor sentimental	Reconocimiento de la importancia emocional que puede tener la donación para quien la recibe.
M5	Seguridad de la transacción	Confianza de que el dispositivo será manejado de manera segura y profesional durante el proceso de venta.
	Transparencia en la consignación	Claridad en las condiciones de venta y en cómo se manejará el aparato hasta su venta final.
	Valor justo	Asegurarse de que el precio obtenido en la consignación refleje el valor real del dispositivo.
	Flexibilidad	Facilidad para ajustar las condiciones de la consignación según las necesidades del consumidor.
M6	Seguridad en el desmantelamiento	Asegurar que los procesos de desmantelamiento se realicen sin riesgo para la salud o el medio ambiente.
	Eficiencia en la recuperación	Capacidad para recuperar el mayor número de componentes y materiales útiles.
	Manejo de materiales peligrosos	Procesos adecuados para el manejo y eliminación segura de materiales peligrosos.
	Contribución al reciclaje	Asegurarse de que los materiales recuperados se reciclan correctamente, apoyando la economía circular.

Anexo 3 Proceso de negocio

Fuente: (Corona & Cortes, 2024)



Referencias bibliográficas

- Baldé, C. P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., Althaf, S., Bel, G., Deubzer, O., Fernandez-Cubillo, E., Forti, V., Gray, V., Herat, S., Honda, S., Iattoni, G., Khetriwal, D. S., & Luda di Cortemiglia, V. (2024). *Global E-waste Monitor 2024*. International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/03/GEM_2024_18-03_web_page_per_page_web.pdf
- Baldé, C.P, Wang, F., Kuehr, R., & Huisman, J. (2015). *The global e-waste monitor – 2014*. United Nations University, IAS – SCYCLE. <https://i.unu.edu/media/ias.unu.edu-en/news/7916/Global-E-waste-Monitor-2014-small.pdf>
- Ballerini, R. (2021). *HTML, CSS y Javascript, ¿cuáles son las diferencias?* HTML, CSS y Javascript, ¿cuáles son las diferencias? <https://www.aluracursos.com/blog/html-css-javascript-cuales-son-las-diferencias#:~:text=As%C3%AD%20en%201995%20se%20cre%C3%B3,e se%20momento%3A%20Microsoft%20y%20Netscape.>
- Bellal, K. (2023). *Why Learning Next.js is Essential for Modern Web Development*. Why Learning Next.js is Essential for Modern Web Development.
- Cabrera, V., & Hernández, J. (2010). *Definición de contexto por medio de ontologías como mejora de servicios y aplicaciones en dispositivos móviles*. <https://core.ac.uk/download/pdf/250406878.pdf>
- Cloudflare Inc. (2022). <https://www.cloudflare.com/learning/what-is-cloudflare/>. So what is Cloudflare? <https://www.cloudflare.com/learning/what-is-cloudflare/>
- Corona, M., & Cortes, G. (2023). *Modelo de logística inversa para RAEE*.
- Corona, M., & Cortes, G. (2024). *Diseño de un Sistema de Producción de Servicios orientado a la recuperación, selección y tratamiento de RAEE en Orizaba, Veracruz*. Tecnológico Nacional de México campus Orizaba.
- Deshpande, C. (2023). *The Best Guide to Know What Is React*. The Best Guide to Know What Is React. <https://www.simplilearn.com/tutorials/reactjs-tutorial/what-is-reactjs>
- Fernández, G. (2023). *Importancia de la arquitectura de software para el desarrollo de aplicaciones*. <https://www.linkedin.com/pulse/art%C3%ADculo-sobre-la-importancia-de-arquitectura-para-el-fern%C3%A1ndez/?originalSubdomain=es>
- Fojtik, R. (2011). Extreme programming in development of specific software. *Procedia Computer Science*, 3, 1464–1468. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.01.032>

- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA). https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf
- García de Zúñiga, F. (2015). *Servicios Web: qué son y qué tecnología usar en su desarrollo*. <https://www.arsys.es/blog/web-services-desarrollo>
- Gu, F., Ma, B., Guo, J., Summers, P., & Hall, P. (2017). Internet of things and Big Data as potential solutions to the problems in waste electrical and electronic equipment management: An exploratory study. *Waste Management*, 68, 434–448. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.037>
- Hamza, Z. A., & Hammad, M. (2019). Generating UML Use Case Models from Software Requirements Using Natural Language Processing. *2019 8th International Conference on Modeling Simulation and Applied Optimization (ICMSAO)*, 8th, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICMSAO.2019.8880431>
- Herbert, D. (2022). *What is React.js? Uses, Examples, & More*. What is React.js? Uses, Examples, & More. <https://blog.hubspot.com/website/react-js#:~:text=React%20provides%20state%2Dof%2Dthe,time%20with%20JavaScript%2Ddriven%20pages>.
- Hirota, T., & Ikujiro, N. (1986). The New New Product Development Game. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/1986/01/the-new-new-product-development-game>
- Lason, J. (2023). *What is Next.js and Its Role in Building a Powerful E-commerce Site?* What is Next.js and Its Role in Building a Powerful E-commerce Site? <https://naturally.com/blog/what-is-next-js-examples-ecommerce>
- Lawson, K. (2022, septiembre 16). *What is a Single Page Application*. <https://www.bloomreach.com/en/blog/2018/what-is-a-single-page-application>
- Lercher, A., Glock, J., Macho, C., & Pinzger, M. (2024). Microservice API Evolution in Practice: A Study on Strategies and Challenges. *Journal of Systems and Software*, 215. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.112110>
- Letelier, P., & Penadés, C. (2006). Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP). *Técnica Administrativa*, 05.

- Lundberg, B. A. (2025). Global WEEE Management: Behavior and Future Projections. *Journal of Scientific Reports*, 9(1), 17–26. <https://doi.org/10.58970/JSR.1092>
- Lundberg Jiménez, B. A., & Cortés Robles, G. (2025). Diseño Conceptual de un Sistema de Administración de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos mediante JAXP. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(4), 2384–2402. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i4.801>
- Lundberg Jiménez, B. A., Cortés Robles, G., Castillo Intriago, V. R., Roldán Reyes, E., & Sánchez Cervantes, J. L. (2024). Selección de funciones relevantes en la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) basado en el Proceso de Análisis Jerárquico. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(6). <https://doi.org/10.56712/latam.v5i6.3209>
- McGovern, B., & Shah, A. (2023, septiembre). *Anuncio de las pruebas de Microsoft Playwright: pruebas de un extremo a otro escalables para aplicaciones web modernas*. Anuncio de las pruebas de Microsoft Playwright: pruebas de un extremo a otro escalables para aplicaciones web modernas. <https://azure.microsoft.com/es-es/blog/announcing-microsoft-playwright-testing-scalable-end-to-end-testing-for-modern-web-apps/>
- OPEMED. (2020, abril 2). *RAEE: Una mina de oro | Opemed*. RAEE: Una mina de oro. <https://gestionderesiduosonline.com/raee-una-mina-de-oro/>
- Ortega, K. (2022, octubre 14). *¿Cuáles son las diferencias entre sitio web y aplicación web?* <https://worldcampus.saintleo.edu/noticias/cuales-son-las-diferencias-entre-sitio-web-y-aplicacion-web>
- Pan, X., Wong, C. W. Y., & Li, C. (2022). Circular economy practices in the waste electrical and electronic equipment (WEEE) industry: A systematic review and future research agendas. *Journal of Cleaner Production*, 365, 132671. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132671>
- Peiró, L. T., Baiguera, F., Maci, A., Olivieri, M., Villa, P., Colledani, M., & Durany, X. G. I. (2020). Digitalization as an enabler of the Circular Economy of electronics. *Procedia Manufacturing*, 54, 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.010>
- Phillips, D. (2024). *Introducing UploadThing: File uploads for full stack TypeScript applications*. Introducing UploadThing. <https://www.tryfondo.com/blog/introducing-uploadthing-file-uploads-for-full-stack-typescript-applications>

- Rajkot, G. (2022). *6 Reasons Why Tailwind CSS is Worth It*. 6 Reasons Why Tailwind CSS is Worth It. <https://encircletechnologies.com/blog/6-reasons-why-tailwind-css-is-worth-it/>
- Ramírez, O. (2023). *¿Qué es el stack tecnológico?* [https://www.bambu-mobile.com/que-es-el-stack-tecnologico/#:~:text=El%20stack%20tecnol%C3%B3gico%20es%20el,en%20producci%C3%B3n\)%20y%20las%20API.](https://www.bambu-mobile.com/que-es-el-stack-tecnologico/#:~:text=El%20stack%20tecnol%C3%B3gico%20es%20el,en%20producci%C3%B3n)%20y%20las%20API.)
- Ruzza, M., Tiozzo, B., Mantovani, C., D'Este, F., & Ravarotto, L. (2017). Designing the information architecture of a complex website: A strategy based on news content and faceted classification. *International Journal of Information Management*, 37(3), 166–176. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.02.001>
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Segura, M. (2022). *Server Side Render vs. Static Site Generation*. <https://leonidasesteban.com/blog/ssg>
- Stewart, E. (2023). *What is a Tech Stack? Definition, Types, Benefits*. What is a Tech Stack? Definition, Types, Benefits. <https://em360tech.com/tech-article/tech-stack-definition#:~:text=A%20tech%20stack%20is%20a,which%20the%20app%20is%20built.>
- Sufiyan, T. (2021). *An Introduction to JavaScript: Here Is All You Need to Know*. An Introduction to JavaScript. <https://www.simplilearn.com/tutorials/javascript-tutorial/introduction-to-javascript>
- Vargas, L., & Thomas, S. (2022). *The Analytic Hierarchy Process* (H. Frederick & P. Camille C., Eds.; Second Edition, Vol. 175). Springer. <http://www.springer.com/series/6161>
- Villalobos, V. (2018). *Si JavaScript es el único lenguaje de interfaz actualmente, ¿qué idiomas utilizaron los sitios web para la funcionalidad antes de que existiera?* JavaScript es el único lenguaje de interfaz actualmente. <https://es.quora.com/Si-JavaScript-es-el-%C3%BAnico-lenguaje-de-interfaz-actualmente-qu%C3%A9-idiomas-utilizaron-los-sitios-web-para-la-funcionalidad-antes-de-que-existiera>
- Wathan, A. (2017). *CSS Utility Classes and “Separation of Concerns”*. CSS Utility Classes and “Separation of Concerns”. <https://adamwathan.me/css-utility-classes-and-separation-of-concerns/>

Wong, S. (2017). *Análisis y requerimientos de software: manual autoformativo interactivo* (Vol. 1). <http://www.continental.edu.pe/>

Productividad académica

3.5 Artículos publicados



19-12-2024

Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica

ISSN 3005-2599 (en línea)

Centro de Investigación y Desarrollo E-Couture

Editorial

Ciudad de Pilar-Paraguay

Código postal 2800

CERTIFICADO DE APROBACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Por la presente se certifica que el artículo titulado:

Diseño conceptual de un sistema de administración de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos mediante JAXP

De los autores:

Ingeniero, Bryan Alexander Lundberg Jiménez**Doctor, Guillermo Cortés Robles**

Ha sido

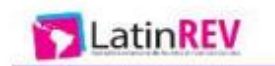
Arbitrado por pares Académicos mediante el sistema doble ciego y aprobado para su publicación.

El artículo será publicado en la edición octubre-noviembre-diciembre, 2024, Volumen 4, Número 4.

Verificable en nuestra plataforma: <https://estudiosyperspectivas.org/>

Abg. Samuel Hansen
Editor en Jefe

Para consultas puede contactar directamente al editor de la revista

editor@estudiosyperspectivas.orgo al correo: postulaciones@estudiosyperspectivas.org



Revista Latinoamericana de
Ciencias Sociales y Humanidades



ISSN en línea: 2789-3855

DOI: 10.56712



CONSTANCIA DE PUBLICACIÓN

Por medio de la presente la Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades ([LATAM](#)), con ISSN en línea: 2789-3855 y DOI 10.56712, con indexaciones en Dialnet, Latindex directorio, Google académico, Base, Livre, Latinrev, Crossref, MIAR y ERIHPlus; perteneciente a la Red de Investigadores Latinoamericanos ([REDILAT](#)) da constancia que se ha publicado la siguiente investigación:

Título del artículo: **Selección de funciones relevantes en la gestión de RAEE basado en el Proceso de Análisis Jerárquico**

Autores: Bryan Alexander Lundberg Jiménez, Guillermo Cortés Robles, Víctor Ricardo Castillo Intriago, Eduardo Roldán Reyes y José Luis Sánchez Cervantes

Área temática: Ciencias Sociales

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i6.3209>

Mes de publicación: Diciembre 2024

Volumen: 5

Número: 6

El artículo cuenta con Digital Object en el cual se podrá verificar la publicación del mismo.

Se expide la presente constancia a los 28 días del mes de diciembre del año 2024.



Dr. Anton Peter Baron

Dr. Anton Peter Baron

Editor en jefe

LATAM - Revista Latinoamericana de
Ciencias Sociales y Humanidades



Global WEEE Management: Behavior and Future Projections

Bryan A. Lundberg ¹ 

¹ Division of Advanced Postgraduate Studies TecNM, Orizaba, Mexico.

Email: m16010924@orizaba.tecnm.mx

Abstract

The exponential growth in Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) represents one of the most pressing environmental challenges of the modern era. This study analyzes historical trends in WEEE generation and treatment from 2010 to 2022, employing linear regression models to forecast future scenarios up to 2040. Findings reveal a consistent increase in WEEE generation, projected to exceed 100 million tons annually by 2040, with only marginal improvements in recycling rates. The analysis highlights a widening gap between discarded and treated WEEE, underscoring the need for enhanced recycling infrastructure, technological innovation, and policy enforcement. The study validates its models through comparative projections, demonstrating their reliability. The research emphasizes the urgency of aligning WEEE management with sustainability to address environmental risks.

Keywords: WEEE, e-waste, circular economy, recycling, sustainability

1. Introduction

Modern society has undergone multiple stages of progress, evolving continuously to address human needs (Veenhoven, 2010). Over the years, advancements in technology have facilitated the development of complex social and economic systems that not only fulfill these needs but also enhance overall quality of life (Javaid et al., 2024). Technological innovation has driven rapid global development, reshaping industries, improving communication networks, and revolutionizing transportation systems (Rashid & Kausik, 2024). These innovations have significantly transformed human lifestyles, fostering unparalleled economic growth and societal progress. However, the unprecedented pace of technological advancement has also led to critical challenges, particularly in the management of waste electrical and electronic equipment (WEEE). Manufacturers, motivated by competitive market dynamics, often implement practices such as planned obsolescence, resulting in shortened lifespans of electronic devices (Lanux, 2023). This trend has significantly increased the generation of WEEE (Bressanelli et al., 2020). Improper management of WEEE not only contributes to resource depletion but also introduces hazardous substances into ecosystems, posing significant risks to both environmental and public health (Pekarkova et al., 2021). Addressing these issues requires aligning WEEE management with broader sustainability goals, particularly within the framework of the circular economy (Lundberg Jiménez et al., 2024). By emphasizing practices such as extending product lifecycles, enhancing recycling efficiency, and promoting resource recovery, the circular economy offers a pathway to mitigate the environmental burden of electronic waste (Georgiadis & Besiou, 2010). Despite ongoing efforts to implement these principles in some regions, gaps persist in global recycling infrastructure, consumer participation (Carvalho et al., 2025). Moreover, inconsistencies in global reporting and data availability present challenges for accurately assessing the effectiveness of WEEE management systems. Addressing these issues requires

ARTICLE INFO

Short communication

Received: 18 December 2024

Accepted: 24 January 2025

Published: 28 January 2025

DOI: 10.58970/jshr.1092

CITATION

Lundberg, B. A. (2025). Global WEEE Management: Behavior and Future Projections, *Journal of Scientific Reports*, 9(1), 17-26.

COPYRIGHT

Copyright © 2025 by author(s)

Papers published by IJSAB

International are licensed

under a Creative Commons

Attribution-NonCommercial 4.0

International License.



3.6 Divulgaciones científicas



3.7 Retribuciones sociales



27 de octubre de 2024

Asunto: Participación en evento social y cultural

A QUIEN CORRESPONDA

PRESENTE

Por medio de la presente, se hace constar que C Bryan Alexander Lundberg Jimenez , con número de control M16010924, participó activamente en el evento y la ponencia *Guenda: Herramienta de documentación digital para promover el reconocimiento del tejido cultural de Veracruz*, realizado el 27 de octubre en el Mercado de Artesanías, Orizaba, Ver.

Agradecemos profundamente su participación, la cual contribuye a visibilizar y preservar nuestras tradiciones culturales, además de promover gratuitamente el talento local de los artesanos.

Quedo a su disposición para cualquier información adicional.

Atentamente

José de Jesús Castro Blas
Coordinador del Mercado de artesanías



10 de junio de 2024

Asunto: Ciclo de conferencias, retribución social

**A QUIEN CORRESPONDA
PRESENTE**

Por medio de la presente, hago de su conocimiento que el C. Bryan Alexander Lundberg Jiménez, con número de control M16010924, ha participado activamente en la ponencia titulada Técnicas para el mejoramiento de la productividad en las MiPymes. Esta participación se llevó a cabo en las instalaciones del TEBAEV, Acultzingo, Ver.

Agradecemos su valiosa participación y compromiso con la excelencia académica, y estamos seguros de que su trabajo seguirá siendo de gran impacto en su campo de estudio.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier información adicional.

P. A.

Mtro. Raúl Hernández Rebollo
Coordinador de Centro



Avenida Unión esquina calle La Tenerife s/n
C.P. 94760, Acultzingo, Veracruz
Teléfono: 2721289206
Correo electrónico:
30ETH0309K@mediasuperior.msev.gob.mx





Orizaba, Ver. A 15 de noviembre del 2023

Asunto: Retribución social

A QUIEN CORRESPONDA

PRESENTE

Es un placer dirigirme a usted en para expresar nuestro más sincero agradecimiento por la extraordinaria plática titulada **"Outsourcing su historia, su actualidad en el mundo y en México"** que tuvimos el privilegio de presenciar. Por el **C. Bryan Alexander Lundberg Jiménez** alumno de la **Maestría en Ingeniería Administrativa** llevando a cabo su labor social en el **Instituto Tecnológico de Orizaba** el pasado 13 de noviembre del 2023. Agradecemos su tiempo y esfuerzo, y esperamos seguir en contacto.

Atentamente

Ing. Oscar René Morgado Herrera



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Orizaba, Ver. A 30 de mayo del 2023

Asunto: Carta de labor social

A QUIEN CORRESPONDA

PRESENTE

A través de este medio me es grato informarle que el **C. Bryan Alexander Lundberg Jiménez** alumno de la **Maestría en Ingeniería Administrativa** llevó a cabo su labor social en el Instituto Tecnológico de Orizaba el día 30 de mayo del 2023 presentando la ponencia **"Logística inversa como factor de imagen de la empresa y el negocio"**.

Sin otro particular, agradezco su atención y sirva este documento para los fines requeridos.

ATENTAMENTE

Ing. Oscar René Morgado Herrera



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

A QUIEN CORRESPONDA P R E S E N T E

Por medio de la presente se hace CONSTAR, que el alumno:

BRYAN ALEXANDER LUNDBERG JIMÉNEZ

Impartió la ponencia denominada "**INVESTIGACIÓN ACADÉMICA Y DIVULGACIÓN EN CONGRESOS: UN ENFOQUE INTEGRAL**", dirigida a alumnos del curso propedéutico del programa de la Maestría en Ingeniería Administrativa, de esta casa de estudios, el 03 de octubre del 2024.

Atentamente

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

DR. MAURICIO ROMERO MONTOYA
COORDINADOR ACADÉMICO DE LA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA



Av. Oriente 9 Norte, 852 Colonia Brilleiros Zapata, C.P. 34320 Orizaba Veracruz Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: dr_orizaba@tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx



3.8 Registro INDAUTOR



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación

Orizaba, Veracruz, **09/enero/2025**

**A QUIEN CORRESPONDA
PRESENTE**

Por medio del presente el que suscribe C. Jesús Alberto Cillas Hernández, Jefe del Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación hago CONSTAR que los C. Bryan Alexander Lundberg Jiménez, Guillermo Cortés Robles, Víctor Ricardo Castillo Intrilago y José Luis Sánchez Cervantes de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba han realizado su trámite de registro ante INDAUTOR de la obra "Vexon" Sistema administrativo para la gestión de servicios en el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos desde el día 09 de diciembre de 2024, fecha en que se envió el expediente al Centro de Patentamiento del CRODE según consta en los expedientes que obran en poder del departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación.

Para los fines que a los interesados convengan, se extiende la presente a los 09 días del mes de Enero de 2025.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
CIENCIA-TÉCNICA-CULTURA®



JESUS ALBERTO CILLAS HERNÁNDEZ
JEFE DPTO.GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN

ccp. Archivo
JACH/tiv



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
ORIZABA**
GESTIÓN TECNOLÓGICA
Y VINCULACIÓN





Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx