



S.E.P.

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS
ORIZABA**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

MAESTRÍA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

**Diseño de un Modelo para la Recolección y Disposición Final
de Aceites Lubricantes Automotrices Usados en la
Ciudad de Orizaba, Veracruz**

PRESENTA:

ISRAEL TEJEDA CORTÉS

ASESOR

DR. GUILLERMO CORTES ROBLES

100% Tesis

Orizaba, Ver

Enero 2024

Orizaba, Veracruz, **21/febrero/2024**
Dependencia: División de Estudios de
Posgrado e Investigación
Asunto: Autorización de Impresión
OPCION I

C. ISRAEL TEJEDA CÓRTEZ
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:

" DISEÑO DE UN MODELO PARA LA RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE ACEITES LUBRICANTES AUTOMOTRICES USADOS EN LA CIUDAD DE ORIZABA, VERACRUZ".

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
ENCARGADA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



OG-13-F06



Orizaba, Veracruz, **02/febrero/2024**
Asunto: Revisión de trabajo escrito

C. CUAUHTÉMOC SÁNCHEZ RAMÍREZ
JEFE 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.

ISRAEL TEJEDA CORTÉS

La cual lleva el título de:

**"DISEÑO DE UN MODELO PARA LA RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE ACEITES
LUBRICANTES AUTOMOTRICES USADOS EN LA CIUDAD DE ORIZABA, VERACRUZ"**

Y concluyen que se acepta.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DR. GUILLERMO CORTÉS ROBLES


FIRMA

SECRETARIO: DR. FERNANDO AQUIRRE Y HERNÁNDEZ


FIRMA

VOCAL: DR. VÍCTOR RICARDO CASTILLO
INTRIAGO


FIRMA

VOCAL SUP: M.I. CONSTANTINO GERARDO MORAS
SÁNCHEZ


FIRMA

TA-09-18



Declaración de originalidad y cesión de derechos

Orizaba, Veracruz, el día 22 del mes de Febrero del año 2024.

El(la) que suscribe

C. Israel Tejeda Cortés

Declaro que esta tesis, que tiene una extensión de 133 cuartillas, ha sido escrita por mí y constituye el registro escrito del trabajo de la tesis titulada

**"Diseño de un Modelo para la Recolección y Disposición Final
de Aceites Lubricantes Automotrices Usados en la Ciudad de Orizaba,
Veracruz."**

del programa: Maestría en Ingeniería Administrativa bajo la asesoría y dirección del (la) Dr. Guillermo Cortés Robles y no ha sido sometida en ninguna otra institución previamente.

Todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal y, en los casos que así lo requieran, cuento con las debidas autorizaciones de quienes poseen los derechos patrimoniales. Por lo tanto, me hago responsable de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad al Tecnológico Nacional de México campus Orizaba.

También declaro que, al presentar esta tesis, cedo los derechos del trabajo al Tecnológico Nacional de México campus Orizaba para su difusión, con fines académicos y de investigación, bajo las regulaciones propias de la institución y que si existe algún acuerdo de confidencialidad de la información lo haré saber en forma escrita para que se omitan las secciones correspondientes.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: depi_orizaba@tecnm.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente de este.


Israel Tejeda Cortés
Nombre y firma

Reconocimiento

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo brindado a través de becas que permitieron la realización de esta investigación. También se reconoce al municipio de Orizaba, específicamente al área de recolección, por su colaboración y facilitación en el desarrollo de esta tesis. Su respaldo fue fundamental para llevar a cabo este proyecto y contribuir al avance del conocimiento en el campo de la gestión de residuos oleosos.

Agradecimientos

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a la más grande fuerza divina del universo por la salud otorgada y por guiarme en este camino de aprendizaje y crecimiento académico. Sin su amor y protección, este logro no habría sido posible.

Quiero extender mi más sincero reconocimiento al Dr. Guillermo Cortés Robles, mi director de tesis, por creer en mi proyecto desde el principio y por brindarme su invaluable apoyo y guía profesional a lo largo de todo el proceso. Su experiencia y dedicación fueron fundamentales para el éxito de esta investigación.

Agradezco también al Dr. Fernando Aguirre Hernández por su visión fresca y su capacidad para ver las cosas desde diferentes perspectivas, lo cual enriqueció enormemente mi trabajo. Su contribución fue fundamental para ampliar mi horizonte académico.

Quiero expresar mi gratitud al Dr. Víctor Ricardo Castillo Intriago por su constante ayuda y orientación, así como al MII Constantino Gerardo Moras Sánchez por su inestimable apoyo en la simulación y su excelente disposición para colaborar, su compromiso y actitud positiva fueron un verdadero motor para avanzar en este proyecto.

Agradezco de manera especial a Dulce Yessenia Torres Reyes por su confianza en mí y por impulsarme a perseguir esta nueva meta. Su amor, apoyo y aliento fueron fundamentales en los momentos difíciles.

A mi padre, Abundio Tejeda Ortiz, le agradezco por su constante presencia en mi vida y por ser mi ejemplo de perseverancia y fortaleza. A mi madre, Irais Margarita Cortés Solís, le

estoy eternamente agradecido por su apoyo incondicional y por ser mi fuente de amor y motivación.

Agradezco a mis tutorados Cynthia Iveth Vázquez Sánchez y Carlos Pérez Suárez por su colaboración en los últimos capítulos de esta tesis. Su dedicación y compromiso fueron un complemento invaluable para la culminación de este trabajo de investigación.

Extendiendo mis agradecimientos, a mis amigos y compañeros en la carrera de maestría. Agradezco a Mayra Corona Andrade por afrontar este desafío juntos. Gracias a todos mis compañeros por su motivación y por compartir este viaje académico conmigo.

Quiero dedicar un especial agradecimiento a aquellos que, aunque ya no están físicamente conmigo, dejaron una huella imborrable en mi corazón y en mi camino académico. Sus recuerdos y palabras continúan inspirándome y llenándome de fuerza cada día.

Gracias al programa de Conahcyt por su respaldo, ha sido invaluable para mí, brindándome la oportunidad de dedicarme de manera exclusiva al estudio y la investigación. Confío en que mi trabajo contribuya de forma positiva al avance del conocimiento en mi campo de estudio y aporte al cumplimiento de los objetivos del programa.

“Gracias a todos por dejarme una experiencia fructífera, académica y de la vida.”

Resumen

El caso de estudio abordado en este proyecto se enfocó en las MiPymes generadoras de residuos oleosos tóxicos peligrosos del ramo de mecánica en Orizaba, Veracruz, en colaboración con el municipio de la región. La problemática principal residía en los talleres mecánicos, los cuales carecían de un modelo de manejo y disposición final adecuado para los residuos oleosos tóxicos peligrosos, así como de información precisa acerca de la recolección, almacenamiento y disposición final de dichos residuos. Se requería proponer un modelo de tratamiento y manejo de aceites automotrices usados que fomente la concientización de la población de talleres para garantizar una disposición final correcta de estos residuos. La inadecuada disposición final de los residuos oleosos tóxicos peligrosos tenía un impacto ambiental negativo en la región, afectando a la flora, fauna y mantos acuíferos.

La aplicación de tecnologías de diseño y simulación se observaba como una oportunidad para abordar la problemática de la gestión de residuos en una ciudad que buscaba ser amigable con el medio ambiente. Se propuso la implementación de un modelo creado mediante el pensamiento de diseño o Design Thinking (DT), el cual fomentaba el pensamiento divergente y la búsqueda de soluciones innovadoras a través de la observación, el análisis y la empatía crítica con el entorno. El modelo diseñado para la recolección y tratamiento de residuos oleosos tóxicos peligrosos fue evaluado mediante un programa de simulación que permitió la recolección de información y diagnóstico para la obtención de indicadores que aseguraran la viabilidad y eficiencia del modelo propuesto en la ciudad de Orizaba.

El objetivo de este proyecto de tesis fue fomentar las prácticas propias de la economía circular con el fin de reducir el impacto ambiental, mejorar la vinculación con las empresas de la región y promover la actividad de recolección y reciclaje de residuos oleosos tóxicos que tienen un efecto negativo en el medio ambiente. Es importante mencionar que el control y la adecuada disposición final de estos residuos pueden reducir el impacto ambiental resultante de la actividad humana.

Palabras clave: Design Thinking, simulación, medio ambiente, residuos tóxicos peligrosos, aceites, disposición final, vinculación y reciclaje.

Abstrac

The case study addressed in this project focused on small and medium-sized enterprises (SMEs) that generated dangerous toxic oily waste in the mechanical industry in Orizaba, Veracruz, in collaboration with the municipality of the region. The main problem lay in the mechanic workshops, which lacked an appropriate management and final disposal model for toxic oily waste, as well as accurate information on the collection, storage, and final disposal of such waste. Therefore, it was necessary to propose a model for the treatment and management of used automotive oils that promoted awareness among workshop personnel to ensure proper disposal of these wastes. The improper final disposal of dangerous toxic oily waste had a negative environmental impact on the region, affecting flora, fauna, and aquifers.

The application of design and simulation technologies was seen as an opportunity to address the problem of waste management in a city that sought to be environmentally friendly. In this regard, the implementation of a model created through Design Thinking (DT) was proposed, which encouraged divergent thinking and the search for innovative solutions through observation, analysis, and critical empathy with the environment. The model designed for the collection and treatment of dangerous toxic oily waste was evaluated through a simulation program that allowed the collection of information and diagnosis to obtain indicators that ensured the viability and efficiency of the proposed model in the city of Orizaba.

The aim of this thesis project was to promote circular economy practices in order to reduce environmental impact, improve links with companies in the region, and promote the activity of collecting and recycling toxic oily waste that had a negative effect on the environment. It is important to mention that the control and proper final disposal of these wastes could reduce the environmental impact resulting from human activity.

Keywords: Design Thinking, simulation, environment, dangerous toxic waste, oils, final disposal, linking and recycling.

Contenido

Agradecimientos	viii
Resumen.....	x
Capítulo 1 Generalidades.....	8
1.1 Introducción.....	8
1.2 Posicionamiento de la Tesis.....	8
1.3 Planteamiento del problema.....	8
1.4 Objetivo general.....	12
1.4.1 Objetivos específicos.....	12
1.5 Justificación.....	12
1.5.1 Ambiental.....	13
1.5.2 Económica.....	13
1.5.3 Cultural.....	14
1.5.4 Social.....	14
1.5.5 Gubernamental.....	14
1.5.6 Tecnológico.....	15
1.6 Propuesta de solución.....	15
1.7 Diseño metodológico.....	15
1.8 Metodología.....	21
1.8.1 Etapa 1 Diagnóstico (Empatizar).....	22
1.8.2 Etapa 2 Definición de alternativas (Definir).....	23
1.8.3 Etapa 3 Diseñar de un modelo (Idear).....	23
1.8.4 Etapa 4 Prototipo de un modelo (Prototipar).....	23
1.8.5 Etapa 5 Evaluación de resultados (Evaluar).....	24
1.9 Organización de la tesis.....	24
1.9.1 Capítulo 1: Generalidades.....	24
1.9.2 Capítulo 2: Marco Contextual.....	25
1.9.3 Capítulo 3: Análisis del Ciclo Útil del Aceite, Situación Actual de los Talleres Mecánicos Automotrices, Alternativas y Variables.....	25
1.9.4 Capítulo 4: Diseño del Modelo en Simulación, Prototipo Simulado, Evaluación.....	25
1.9.5 Conclusiones.....	25
1.9.6 Referencias.....	26
1.9.7 Anexos.....	26

Capítulo 2 Marco Contextual.....	27
2.1 Residuos peligrosos (aceite lubricante usado)	27
2.2 Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.....	28
2.3 Design Thinking	28
2.3.1 Design Thinking en la economía circular	30
2.3.2 Implementación de la etapa Empatizar.....	30
2.3.3 Implementación de la etapa Definir.....	31
2.3.4 Implementación de la etapa Idear.....	31
2.3.5 Implementación de la etapa Prototipar.	32
2.4 Simulación.....	33
2.4.1 Ventajas de la simulación.....	33
2.5 Logística Inversa.....	34
Capítulo 3 Análisis del Ciclo Útil del Aceite, Situación Actual de los Talleres Mecánicos Automotrices, Alternativas y Variables	35
3.1 Ciclo Útil del Aceite Automotriz	35
3.1.1 Origen del aceite automotriz y compuestos base.....	37
3.1.2 Uso del aceite automotriz	38
3.1.3 Contaminantes del aceite usado automotriz.....	38
3.2 Análisis de causas de talleres contaminando el ambiente.	40
3.2.1 Tratamiento actual de residuos tóxicos oleosos.....	44
3.3 Identificación de actores en Orizaba	46
3.3.1 Diseño de la encuesta.....	48
3.3.2 Ciclo actual de los aceites automotrices.....	49
3.4 Diseño de un servicio para el correcto manejo, recolección y disposición final de los aceites lubricantes automotrices usados.....	50
3.4.1 Cadena de suministro logística inversa.	51
3.4.2 Preceptos.....	54
3.4.3 Modelo CANVAS	55
3.4.4 Validación de los preceptos	56
3.4.5 Front Office	57
3.4.6 Back Office	58
3.4.7 Certificaciones y cursos	59
3.4.8 Permisos	60
3.4.9 Ventajas del nuevo modelo propuesto.....	60
3.5 AHP Y QFD como evaluador de alternativas tecnológicas	61

3.5.1	Camión pipa.....	61
3.5.2	Definición de demandas.....	62
3.5.3	Metodología Analytic Hierarchy Process (AHP) del transporte.....	63
3.5.4	Casa de calidad.....	64
3.5.5	Tabla planeación.....	65
3.5.6	Matriz de relaciones para el camión pipa.....	66
3.5.7	Medidas de desempeño.....	68
3.5.8	QFD completo.....	69
3.6	Proceso del reciclaje de aceite.....	70
3.6.1	Definición de demandas.....	70
3.6.2	Metodología Analytic Hierarchy Process (AHP) del proceso del aceite.....	71
3.6.3	Casa de calidad.....	72
3.6.4	Tabla planeación.....	73
3.6.5	Matriz de relaciones.....	74
3.6.6	Medidas de desempeño.....	76
3.6.7	QFD completo.....	77
3.7	Distribución de producto terminado.....	78
3.7.1	Definición de demandas.....	78
3.7.2	Metodología Analytic Hierarchy Process (AHP) de distribución de producto terminado.....	79
3.7.3	Casa de calidad.....	80
3.7.4	Tabla planeación.....	81
3.7.5	Matriz de relaciones.....	82
3.7.6	Medidas de desempeño.....	84
3.7.7	QFD completo.....	85
Capítulo 4 Diseño del Modelo en Simulación, Prototipo Simulado y Evaluación.....		88
4.1	Diseño logístico simulado.....	88
4.1.1	Proyección en estela.....	88
4.1.2	Diagrama de flujo.....	92
4.1.3	Modelado en SIMIO.....	94
4.2	Pasos de la simulación en SIMIO.....	95
4.2.1	Paso 1. Definición del problema/Recolección de datos.....	96
4.2.2	Paso 2. Validación del modelo.....	101
4.2.3	Paso 3. Construcción del programa.....	101
4.2.4	Paso 4. Pruebas piloto.....	104

4.2.5	Paso 5. Validar el programa.....	105
4.2.6	Paso 6. Diseñar experimentos	106
4.2.7	Paso 7 y 8 Análisis e interpretación de los resultados	108
4.2.8	Paso 9. Documentar resultados	112
4.3	Estimación costos de proyecto.....	113
Conclusiones		117
Referencias.....		123
Anexos		126

Índice de Diagrama

Diagrama 1 Ishikawa posibles causas de una mala disposición final por parte de talleres. Elaboración Propia.	43
Diagrama 2 Pareto muestra los pocos vitales. Elaboración propia.....	44
Diagrama 3 Diagrama causal que relaciona el incremento de aceite quemado directamente con el incremento del parque vehicular afectado por las tasas de registros de vehículos en la ciudad con las bajas en el registro publico municipal.	89
Diagrama 4 Forrester que muestra como las variables interactúan propiciando el crecimiento del parque vehicular en la ciudad.....	90
Diagrama 5 Diagrama de flujo completo del modelo general de logística y recolección de aceite automotriz.	93
Diagrama 6 Diagrama de flujo agrupado en 3 categorías principales	98
Diagrama 7 Diagrama de flujo de operaciones del aceite.....	114
Diagrama 8 Grafica de punto de equilibrio	116

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Mapa de actores que intervienen en el ciclo del aceite. Elaboración propia .	47
Ilustración 2 Interacción de actores en el ciclo del aceite. Elaboración propia.....	50
Ilustración 3 Puntos en los que se centra el modelo de servicio. Elaboración propia	51
Ilustración 4 Modelo de logística a implementar. Elaboración propia	53
Ilustración 5 CANVAS del servicio propuesto para la correcta disposición final de aceites automotrices usados. Elaboración propia.....	56
Ilustración 6 [fotografía] Camión pipa de CSCTRUCK, 2023. (https://www.csc-trucks.com/tank-truck/fuel-tank-truck/10000-liters-waste-oil-collection-truck.html)	61
Ilustración 7 Proceso de centrifugado y destilado de DAGYEE, 2016, (https://www.wastewatermachinery.com/es/Centrifuga-de-decantador-y-destilado-en-recuperacion-de-aceite-usado-de-China-n.html)	70
Ilustración 8 Definición de demandas para proceso del aceite	71
Ilustración 9 Camión volvo FH13 de APONCE, 2017, (https://autocamionesponce.com/vehiculo/volvo-fh13-480/)	78
Ilustración 10 Código y ecuaciones del programa Stela.	91
Ilustración 11 Interfaz en Stela que muestra una interfaz funcional para proyectar diferentes panoramas futuros.	92

Ilustración 12 Diagrama de flujo agrupado en tres categorías principales	97
Ilustración 13 Ubicación como resultado del método por gravedad en Google Maps	100
Ilustración 14 Ruta sugerida por Logware	100
Ilustración 15 Ruta de Recolección de Aceite.	101
Ilustración 16 Modelo 2D de la ruta de recolección y distribución en la Ciudad de Orizaba, vista aérea.	102
Ilustración 17 Modelo 2D de la ruta de recolección y distribución completa, vista aérea.	103
Ilustración 18 Modelo 3D de la distribución de cubetas en los puntos de distribución.....	103
Ilustración 19 Modelo 3D del proceso de recolección de aceite en los talleres.	104
Ilustración 20 Prueba t-pareada.....	105
Ilustración 21 Ecuación Numero óptimo de corridas	106
Ilustración 22 Simulación de cálculos	114
Ilustración 23 Simulación en SIMIO para calcular el punto de equilibrio.	115

Índice de Tablas

Tabla 1 Análisis del Diseño Metodológico, Análisis de Relación. Elaboración Propia.	20
Tabla 2 Contaminantes presentes en los aceites usados. (Andrade, 2015)	39
Tabla 3 Frecuencias con la que se presentan los problemas en los talleres mecánicos. Elaboración Propia	44
Tabla 4 Validación de preceptos. Elaboración propia.	57
Tabla 5 Definición de demandas para camión pipa. Elaboración propia.	62
Tabla 6 Atributos primarios del camión pipa.....	63
Tabla 7 Comparación paralela #1	63
Tabla 8 Comparación paralela #2	63
Tabla 9 Casa calidad camión pipa	65
Tabla 10 Tabla planeación camión pipa	65
Tabla 11 Valores de matriz de relaciones #1	66
Tabla 12 Matriz de relaciones camión pipa	67
Tabla 13 Planeación del producto camión pipa.....	68
Tabla 14 Medidas de desempeño camión pipa	69
Tabla 15 QFD camión pipa	69
Tabla 16 Atributos primarios del proceso del aceite.....	71
Tabla 17 Comparación paralela #3	72

Tabla 18 Comparación paralela #4	72
Tabla 19 Casa calidad proceso del aceite	73
Tabla 20 Tabla planeación del proceso del aceite	74
Tabla 21 Valores de matriz de relaciones #2	74
Tabla 22 Matriz de relaciones proceso del aceite.	75
Tabla 23 Planeación del producto proceso del aceite	76
Tabla 24 Medidas de desempeño proceso del aceite	77
Tabla 25 QFD proceso del aceite	77
Tabla 26 Demandas de la venta de aceites	79
Tabla 27 Atributos primarios de distribución de producto	79
Tabla 28 Comparación paralela #5	80
Tabla 29 Comparación paralela #6	80
Tabla 30 Casa calidad venta del aceite	81
Tabla 31 Tabla planeación de producto terminado	82
Tabla 32 Valores de matriz de relaciones #3	82
Tabla 33 Matriz de relaciones para distribución de producto terminado	83
Tabla 34 Planeación del producto para distribución de producto terminado	84
Tabla 35 Medidas de desempeño para distribución de producto terminado	85
Tabla 36 QFD distribución de producto terminado	86
Tabla 37 Pasos de la simulación en SIMIO	96
Tabla 38 Promedio de servicios realizados por taller	97
Tabla 39 Operaciones del método por gravedad	99
Tabla 40 Resultados en software Simio de una de las corridas generadas	104
Tabla 41 Corridas previas para el cálculo del número óptimo de corridas.	107
Tabla 42 Datos para el cálculo del número óptimo de corridas	107
Tabla 43 Número óptimo de corridas.....	107
Tabla 44 Exhibe los resultados generados en la simulación del aceite recolectado.....	111
Tabla 45 Cubetas generados como producto por la refinadora con el aceite recolectado.	111
Tabla 46 Resultados de las cubetas de aceite base distribuidas en la simulación.	112
Tabla 47 Resultados promedio de la simulación.	112
Tabla 48 Datos de costos del proyecto.....	113
Tabla 49 Costos fijos y variables	116
Tabla 50 Punto de equilibrio.....	116

Capítulo 1 Generalidades

1.1 Introducción

La implementación de un modelo de recolección y tratamiento de residuos oleosos tóxicos peligrosos permite una adecuada disposición final de estos residuos en la ciudad de Orizaba, Veracruz, lo que contribuye a reducir el impacto ambiental en la región. La aplicación del pensamiento de diseño o Design Thinking permite encontrar soluciones innovadoras y eficientes para el manejo de estos residuos. La validación del modelo mediante un programa de simulación de eventos discretos permite obtener los indicadores necesarios para su implementación exitosa. La difusión del modelo y la sensibilización de los actores involucrados en el proceso promueve la recolección y reciclaje de residuos tóxicos oleosos en la región y favorece la vinculación con empresas locales. Este proyecto busca fomentar prácticas de la economía circular y reducir el impacto ambiental en la región de Orizaba, contribuyendo al desarrollo sostenible y al bienestar de la comunidad.

1.2 Posicionamiento de la Tesis

El presente proyecto tiene pertinencia en la línea de investigación de la administración e innovación de capital intelectual, ya que se busca desarrollar conocimiento y transformar el capital intelectual de una organización con el fin de impulsar el proceso de innovación en los sistemas empresariales del país.

1.3 Planteamiento del problema

En la actualidad, la contaminación ambiental producida por los aceites lubricantes utilizados en automóviles y transportes es uno de los mayores problemas que enfrenta el mundo. La disposición incorrecta de estos aceites lubricantes usados contribuye significativamente al aumento de la contaminación ambiental, que se ha acelerado debido al incremento de la población, el desarrollo industrial, tecnológico y mercantil, así como a la necesidad constante de desplazar bienes y personas para el desarrollo humano. Desde cierta perspectiva, un aumento en la movilidad para el cumplimiento de tareas diarias puede resultar en la producción de mayores cantidades de residuos tóxicos y peligrosos, tales como aceites lubricantes de vehículos, que pueden ser depositados en el ambiente. Puede darse la emisión de una gran cantidad de gases con efecto invernadero. Las actividades

que no son monitoreadas, como el proceso de eliminación de los aceites lubricantes usados por talleres mecánicos, pueden generar residuos oleosos tóxicos y peligrosos en el ambiente debido a una disposición inadecuada de dichos residuos. Estas prácticas pueden poner en riesgo tanto elementos naturales como animales, dada la naturaleza de las propiedades químicas de dichos residuos. De acuerdo con (Pasaye-Anaya et al., 2020), los residuos oleosos pueden contener contaminantes peligrosos para la vida, los cuales pueden causar daño a los ecosistemas cuando se vierten o liberan de manera incorrecta en áreas no adecuadas para su disposición final.

En México, existen medidas establecidas para llevar a cabo la disposición final de residuos peligrosos. De acuerdo con la clasificación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), los aceites usados o gastados son considerados residuos peligrosos y se les asigna la clave CRETIB, T, I, según la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993. Los residuos peligrosos se definen como sustancias líquidas, según la sección I del artículo 31 de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la cual establece los lineamientos para el control y manejo de los desechos de residuos peligrosos y su disposición final. El principal objetivo de estas medidas es reducir y controlar la presencia de residuos peligrosos en el ambiente, promoviendo una gestión ambientalmente responsable y asegurando que dichos residuos se sometan a un protocolo adecuado para su correcta disposición final en cualquier lugar donde sea necesario.

De acuerdo con (Manzanares Jiménez & Ibarra Ceceña, 2012) dice: “El comercio de aceites lubricantes es una industria importante, rentable y compleja a nivel global. Según datos, en los Estados Unidos se utilizan alrededor de 7,6 millones de toneladas de lubricantes al año, mientras que en Japón la cifra es de 2,2 millones y en la Unión Europea se consumen 4,7 millones de toneladas anualmente. En España, se utilizan cerca de 560.000 toneladas de lubricantes al año. En todo el mundo, la demanda de aceites lubricantes alcanza los 40 millones de toneladas anuales, de las cuales más del 60% son residuos generados por aceites lubricantes usados. Debido a ello, los aceites usados se han convertido en uno de los residuos contaminantes más abundantes que se generan actualmente.”

De acuerdo con (Rodríguez-Higareda et al., 2019) dice lo siguiente “En México, el Aceite Residual Automotriz (ARA) se considera un problema ambiental cuando contamina el suelo en concentraciones relativamente altas, como por ejemplo 85,000 partes por millón (ppm), lo cual lo clasifica como residuo peligroso de acuerdo a la Ley General de Equilibrio

Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA). La NOM-138-SEMARNAT/SS (NOM-138) es una norma que establece los límites permisibles para la contaminación del suelo por Hidrocarburos Insolubles en C6-C10 (HICO) similares al ARA, estableciendo un valor total máximo de 4,400 ppm, que incluye una fracción ligera de 200 ppm, una mediana de 1,200 ppm y una pesada de 3,000 ppm. Cuando el ARA está presente en concentraciones de 85,000 ppm, puede provocar daño ambiental debido a su insolubilidad, lo que inhibe el intercambio gaseoso con la atmósfera, y porque evita la mineralización de la materia orgánica necesaria para la vida microbiana del suelo, lo que a su vez puede causar la pérdida de productividad vegetal.” De acuerdo con (Manzanarez Jiménez, 2022), una gran proporción de los aceites utilizados o gastados puede ser recolectada para su posterior reciclaje, tratamiento y transformación en una amplia variedad de productos del sector terciario, como nuevos aceites, combustibles, barnices, asfalto, calderas industriales, entre otros, con el fin de maximizar su valor y minimizar su impacto ambiental.

En Orizaba, no se dispone de un modelo que permita seguir el proceso de disposición final de residuos tóxicos peligrosos, lo que puede llevar a subestimar los impactos ambientales que se generan al liberar estos residuos de forma incorrecta. El departamento de limpieza pública indica que el ayuntamiento necesita implementar una política más apropiada o un modelo de recolección de aceites automotrices usados en la ciudad. De acuerdo con (Galindo Pérez et al., 2017) la falta de aplicación de normativas, el desconocimiento técnico de los componentes de los aceites usados y la ausencia de modelos que permitan su seguimiento hasta su disposición final, contribuyen al riesgo del medio ambiente.

Según el último censo llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en el año 2021, en la ciudad de Orizaba, ubicada en la zona central del estado de Veracruz, la población es de 123,182 habitantes, y de acuerdo con (Municipales, 2021) En la ciudad se cuenta con 51,500 vehículos, de los cuales el 92% son particulares. Se observa un rápido crecimiento que se da de forma proporcional respecto a la población, con el número de vehículos que se siguen sumando diariamente a la ciudad. A pesar de esta relación entre población y cantidad de vehículos, no se cuenta con un modelo a seguir que brinde manuales ni difusión para la disposición final de residuos tóxicos oleosos en la ciudad, lo que propicia que los residuos de aceite usado automotriz sean tratados de forma incorrecta por talleres que realizan sus procesos de mantenimiento sin tomar en cuenta una correcta disposición final de los residuos. A partir de la problemática expuesta, en la ciudad de Orizaba se da a conocer que no existe una correcta disposición final de aceites usados

por parte de los talleres mecánicos automotrices, lo cual genera contaminación hídrica, atmosférica y de suelo. Por tanto, es necesario proponer un proceso eficiente dentro de la estructura de la ciudad en colaboración con el ayuntamiento de Orizaba.

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA), se afirma que 1 litro de aceite vertido en agua potable contamina 1,000 litros de agua, y que 5 litros de aceite usado de un automóvil vertido en un acuífero natural pueden contaminar 5,000 m² de una capa superficial oleosa. Esta situación tiene un impacto negativo no sólo en el desarrollo de la vida acuática, sino también en la vegetación de la zona, que está compuesta por bosques de pino, bosques de encino y pastizales alpinos, y depende del agua dulce de Orizaba para sobrevivir. El alto impacto ambiental afecta tanto al agua, como a la flora y fauna de la zona, lo que a su vez influye en la regulación del clima y en la purificación del aire.

En la ciudad de Orizaba, algunas grandes empresas han adoptado políticas de responsabilidad social y manejan la correcta disposición final de residuos peligrosos a través de empresas particulares. Sin embargo, las micro, pequeñas y medianas empresas no cuentan con un modelo claro para la disposición final de lubricantes y residuos automotrices usados, lo que genera una gran problemática para el medio ambiente. Por ello, se propone la implementación de un modelo de disposición final de residuos tóxicos peligrosos en talleres mecánicos que permita cumplir con las normatividades establecidas por la SEMARNAT y favorezca el cuidado del medio ambiente en Orizaba.

Esta propuesta representa un proyecto pionero para la ciudad, ya que no existe un modelo implementado orientado hacia la disposición de estos residuos en las MiPyME. Para lograrlo, se propone el uso de herramientas como el Design Thinking y la simulación para desarrollar un modelo de recolección de residuos tóxicos peligrosos y difundir nuevas técnicas y procesos que permitan el desarrollo de nuevas estrategias de manejo, recolección y sensibilización en las empresas de Orizaba, Veracruz.

1.4 Objetivo general

Diseñar un modelo para el manejo y recolección de residuos tóxicos oleosos generados en el área automotriz de talleres mecánicos en Orizaba. Este modelo será evaluado mediante simulación y tiene como objetivo principal la correcta disposición final de aceites lubricantes usados, con el fin de controlar su presencia en el ambiente y fomentar una cultura que se apegue a las normatividades establecidas por la SEMARNAT. La implementación de este modelo busca generar conciencia y sensibilización en las MiPyMEs de Orizaba acerca de la importancia del cuidado del medio ambiente y el impacto positivo que esto puede tener en la sociedad en general.

1.4.1 Objetivos específicos

- Identificar los talleres de la región de Orizaba para aplicar un diagnóstico que permita obtener información sobre la manipulación de sus residuos peligrosos y así identificar las fuentes potenciales de abastecimiento. Los resultados serán analizados para determinar las principales causas por la que los talleres no realizan una disposición adecuada de sus residuos peligrosos.
- Diseñar un modelo para la disposición de residuos peligrosos, con el objetivo de identificar las principales necesidades de este servicio. El propósito de este modelo es determinar la demanda potencial y los requisitos tecnológicos necesarios para llevar a cabo una correcta disposición final de estos residuos. Se diseñará y construirá un modelo de simulación que tenga en cuenta una muestra representativa de MiPyMEs que no estén llevando a cabo una disposición adecuada de sus residuos tóxicos peligrosos.
- Analizar los resultados obtenidos a partir del modelo de simulación para evaluar su viabilidad.

1.5 Justificación

El proyecto de diseño de un modelo para la correcta disposición final de residuos tóxicos oleosos de talleres mecánicos en las MiPyMES de Orizaba se enmarca en el Programa Estratégico Nacional de Tecnología e Innovación Abierta (PENTA) del Consejo Nacional de

Ciencia y Tecnología (CONACYT), cuyo objetivo principal es fomentar la innovación tecnológica en el tema del medio ambiente a través de la vinculación con distintos sectores. En colaboración con el gobierno municipal de Orizaba y el Tecnológico Nacional de México, se busca desarrollar un modelo propuesto para la correcta disposición de residuos tóxicos oleosos en talleres mecánicos de la región.

Este proyecto es una respuesta a la demanda del Programa Nacional Estratégico del CONACYT (PRONACES) para abordar la problemática de los residuos tóxicos peligrosos en la ciudad de Orizaba y requiere de una solución integral y profunda para la recolección de los residuos producidos por talleres mecánicos, que pueden afectar el medio ambiente si no se manejan correctamente. Para lograrlo, es necesaria la articulación de capacidades científico-técnicas en colaboración con el municipio de Orizaba y establecer una meta a corto plazo para diseñar un plan que permita el correcto manejo de los residuos tóxicos peligrosos.

1.5.1 Ambiental

El adecuado manejo de residuos tóxicos es esencial para prevenir su deposición en lugares no deseados y la consiguiente contaminación de grandes cantidades de agua, lo cual impacta directamente la preservación de la flora y fauna local. Se deben implementar prácticas adecuadas de disposición de residuos tóxicos para minimizar su impacto en el medio ambiente y garantizar la salud y el bienestar de las comunidades cercanas. Es importante concienciar a la población sobre la importancia de la gestión adecuada de residuos tóxicos y fomentar la cultura de responsabilidad ambiental, lo que permitirá evitar la contaminación de los ecosistemas y contribuir a la preservación de los recursos naturales.

1.5.2 Económica

El reciclaje de aceites lubricantes tiene un gran potencial para reducir el consumo de energía en la fabricación de nuevos aceites, pudiendo disminuir hasta en un 85%. Esta reducción de energía se traduce en una disminución significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero. El adecuado manejo y reciclaje de aceites usados ayuda a evitar la contaminación del suelo y del agua, así como la afectación de la flora y fauna del entorno. La implementación de prácticas sostenibles en el manejo de residuos tóxicos y la promoción del reciclaje pueden generar beneficios ambientales, sociales y económicos a largo plazo, por lo que es importante fomentar estas prácticas en todas las empresas y comunidades.

1.5.3 Cultural

Se considera que fomentar una cultura de responsabilidad ambiental es esencial para una gestión adecuada de residuos tóxicos, como los aceites lubricantes usados. Esta cultura no solo impacta en la preservación del medio ambiente, sino también en la educación y concientización de la población sobre la importancia de una gestión sostenible de los recursos. La implementación de políticas y programas que promuevan la cultura ambiental y la responsabilidad social corporativa pueden ser factores clave para una disposición final adecuada de los residuos tóxicos y para fomentar prácticas más sostenibles en empresas y en la sociedad en general. Es importante involucrar a todos los sectores y actores relevantes en la gestión adecuada de los residuos tóxicos y en la construcción de una cultura de responsabilidad ambiental para lograr un cambio significativo y duradero en la sociedad.

1.5.4 Social

Se destaca que el fomento de una cultura de gestión adecuada de residuos tóxicos no solo contribuye a la preservación del medio ambiente, sino que también tiene beneficios sociales importantes. Al educar a la población sobre la importancia de la correcta disposición de los residuos tóxicos, se puede mejorar la calidad de vida de las comunidades cercanas al reducir la contaminación del agua y del aire, lo cual puede prevenir problemas de salud y mejorar el bienestar de las personas. Al evitar la liberación de aceites usados en hogares y talleres, se pueden prevenir exposiciones a sustancias tóxicas y reducir los riesgos para la salud de las personas y los trabajadores en dichos lugares. Es importante señalar que la sensibilización sobre la gestión adecuada de residuos tóxicos también puede contribuir a promover prácticas más sostenibles en la sociedad en general y a fomentar la responsabilidad ambiental en diferentes sectores y empresas.

1.5.5 Gubernamental

El gobierno puede obtener beneficios al abordar de manera proactiva los problemas ecológicos futuros relacionados con la contaminación ambiental. Al prevenir la contaminación de ríos, la degradación de la flora y fauna y la exposición de la población a sustancias tóxicas, se pueden evitar costos significativos en el futuro en términos de rehabilitación y restauración ambiental. La prevención de desastres ecológicos puede reducir los impactos sociales negativos y disminuir los costos ambientales a largo plazo. La implementación de políticas gubernamentales y programas que fomenten la gestión

sostenible de residuos tóxicos puede ser un paso importante para garantizar un futuro más saludable y sostenible para las comunidades y el medio ambiente. La participación activa del gobierno en la educación y la promoción de prácticas sostenibles puede generar conciencia y responsabilidad ambiental en la población, lo que a su vez puede contribuir a mejorar la calidad de vida y el bienestar social.

1.5.6 Tecnológico

Con la aplicación de tecnologías de simulación, es posible desarrollar modelos que permiten simular entornos reales y ayudar en la toma de decisiones de las autoridades competentes. Estos modelos permiten evaluar el desempeño de diferentes escenarios y realizar predicciones, lo que resulta útil para determinar la viabilidad de las políticas y prácticas relacionadas con la gestión de residuos tóxicos. Gracias a la simulación, se puede evitar el mal manejo de los residuos y mejorar la toma de decisiones en cuanto a su tratamiento y disposición final, lo que contribuye a proteger el medio ambiente y la salud pública.

1.6 Propuesta de solución

A través del uso del pensamiento de diseño y la simulación de eventos discretos, se puede diseñar y evaluar un modelo para la recolección de residuos tóxicos peligrosos oleosos en la ciudad de Orizaba y evaluar su viabilidad para la implementación de las MiPyMES en el municipio. Este enfoque permite identificar los problemas y desafíos en la recolección de residuos tóxicos y proponer soluciones efectivas para abordarlos. Al utilizar la simulación de eventos discretos, se pueden evaluar diferentes escenarios y ajustar el modelo en consecuencia para asegurar su eficacia. La implementación de un modelo diseñado mediante pensamiento de diseño y simulación puede ser una herramienta valiosa para mejorar la gestión de residuos tóxicos y contribuir a un medio ambiente más saludable en la ciudad de Orizaba.

1.7 Diseño metodológico

Diagnóstico Y Programa De Capacitación Del Manejo De Aceite Usado, Residuos Peligros Y No Peligros - Sector Aéreo Satena (*Residuos Peligros y No Peligros - Sector Aéreo Satena Por: Manuel Felipe Bolaños Villamil Proyecto Presentado a La Universidad Politécnico Grancolombiano En Cumplimiento de Los Requisitos Para La Obtención Del*

Grado En Tecnología En Gestor Ambiental INST, 2019), La metodología aplicada se dividió en 10 etapas. En primer lugar, se definieron las variables que incluyen los volúmenes generados de residuos tóxicos peligrosos que varían cada mes y los últimos cambios en las leyes relacionadas con su tratamiento. En segundo lugar, se seleccionó la población y se llevó a cabo el muestreo de los trabajadores encargados del cambio de aceite. La tercera etapa consistió en definir los instrumentos que se utilizarían para recopilar la información. La cuarta etapa se dividió en cuatro fases: la preliminar y de contextualización, la diagnóstica, la de diseño y elaboración de un programa y la de diseño y elaboración de una cartilla. La quinta etapa implicó la instrucción de todos los involucrados en el correcto manejo de los residuos tóxicos. En la sexta etapa se propuso una orientación clara de lo que se debía realizar. La séptima etapa se centró en la publicidad y en proporcionar información y conocimiento sobre cómo trabajar con los residuos tóxicos peligrosos. La octava etapa incluyó la organización de concursos entre los empleados para promover una competencia sana. La novena etapa consistió en llevar a cabo jornadas de limpieza programadas. Por último, la décima etapa se centró en implementar cada una de las etapas de las 5's como un módulo a desarrollar. se aplicó una metodología mediante las siguientes etapas:

1. Definición de variables: se realizó un análisis de los volúmenes generados que varían cada mes y se tomaron en cuenta los últimos cambios en las leyes sobre el tratamiento de residuos tóxicos.
2. Población y muestreo: se seleccionó como población a los trabajadores que realizan cambios de aceite como actividad económica.
3. Instrumentos: se definieron los instrumentos a utilizar para la recolección de la información.
4. Procedimientos: se desarrollaron fases en las que se basó el seguimiento del estudio, tales como la fase preliminar y de contextualización, la fase diagnóstica, la fase de diseño y elaboración de programa y la fase de diseño y elaboración de cartilla.
5. Toma pedagógica: se instruyó a todos los involucrados en el correcto manejo de los residuos tóxicos.
6. Propuesta: se presentó una orientación clara de lo que se propone realizar.
7. Publicidad y tips informativos: se crearon cápsulas de información y conocimiento sobre cómo trabajar con los residuos tóxicos peligrosos.

8. Concursos: se realizó una competencia sana entre los empleados.
9. Jornadas de limpieza: se programó una limpieza periódica.
10. Módulos a desarrollar: se implementaron cada una de las etapas de las 5's como un módulo a desarrollar.

Propuesta De Un Plan De Gestión Para Disposición Final De Los Aceites De Lubricantes Procedentes De Talleres Automotriz Del Distrito Pillco (*Universidad de Huánuco*, 2019), Los 11 puntos describen los pasos necesarios para llevar a cabo un estudio sobre la gestión de residuos tóxicos peligrosos. Se comienza definiendo el enfoque y el alcance del proyecto, luego se procede a diseñar cómo se va a recolectar la información y se establecen los criterios para elegir los elementos que serán objeto de estudio. Después se eligen las técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos, y se analizan los resultados obtenidos. Se realiza una contrastación de los resultados y se propone un plan de gestión para abordar el problema de manera efectiva. Se aplicó una metodología mediante las siguientes etapas:

1. Enfoque: se define lo que se pretende estudiar.
2. Alcance o nivel: se definen las limitaciones del proyecto.
3. Diseño: se indica cómo se va a proceder en la recolección de la información y cuáles son las fuentes de la misma.
4. Población y muestra: se determinan los elementos que serán objeto de estudio.
5. Criterios de inclusión: se definen cuáles son los objetos de estudio y las características que deben reunir para ser tomados en cuenta como elementos de estudio.
6. Criterios de exclusión: se delimita a los posibles objetos de estudio que, por alguna razón, ya no entran dentro de los criterios para formar parte del estudio.
7. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos: se definen el lugar de estudio y se describen las técnicas utilizadas para la recolección de datos.
8. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información: se mencionan los pasos a seguir para proceder legalmente con el análisis e interpretación de los datos y se utiliza el análisis descriptivo para hablar sobre cada una de las variables presentes en el estudio.
9. Resultados: se obtienen mediante el procesamiento de datos con un análisis descriptivo.

10. Contratación de resultados: se dan a conocer los resultados obtenidos y se realiza la comparación con otros estudios sobre la situación actual en el manejo de estos residuos tóxicos peligrosos.
11. Propuesta de un plan de gestión: se indica, en base a técnicas, cómo proceder para que el problema no se vuelva más grande, con la intención de que las técnicas ayuden a mitigar el problema.

Sistema De Recolección De Aceite Usado Para Conversión En Biodiesel (*TESE SIST DE RECOLECCION OLE OSADO BODIESEL.Pdf*, n.d.), En estos 10 puntos se describen las actividades llevadas a cabo para estudiar y mejorar la gestión de aceite usado en la Ciudad de México. Primero se realizaron tres estimaciones del consumo de aceite y la producción de biodiesel a partir del aceite recuperado, además de calcular la tasa de recuperación. Luego se evaluaron los usos y reciclajes del aceite recuperado. Para abordar el problema, se propuso la implementación de un sistema de recolección de aceite usado en la ciudad y se evaluó su operación para la producción de biodiesel. Se aplicaron herramientas en el sistema propuesto y se propuso una mejora para el manejo del aceite usado. Se aplicó una metodología mediante las siguientes etapas:

1. En este punto se realizan estimaciones del consumo de aceite en la Ciudad de México a partir de las ventas.
2. En este punto se realizan estimaciones del consumo de aceite en la Ciudad de México a partir de encuestas.
3. En este punto se realiza una estimación de la producción de biodiesel a partir del aceite recolectado.
4. En este punto se calcula la tasa de recuperación de aceite.
5. En este punto se estudian los usos y reciclajes del aceite recuperado.
6. En este punto se realiza una estimación de los contaminantes no recuperados.
7. En este punto se propone la implementación de un sistema de recolección de aceite usado en la Ciudad de México.
8. En este punto se evalúa la operación del sistema de recolección de aceite usado para producir biodiesel.
9. En este punto se aplican las herramientas en el sistema propuesto.
10. En este punto se propone una mejora en el sistema de recolección y producción de biodiesel a partir del aceite usado.

La necesidad de utilizar un diseño metodológico combinado basado en otros tres autores para crear uno propio surge de la importancia de contar con una estructura sólida y fundamentada para llevar a cabo una investigación. Al combinar distintas metodologías, se busca aprovechar las fortalezas de cada enfoque y adaptarlas a las necesidades específicas del estudio.

El uso de un diseño metodológico combinado permite obtener una visión más completa y enriquecedora del fenómeno que se desea investigar. Cada enfoque metodológico tiene sus propias ventajas y limitaciones, y al combinarlos se puede obtener una perspectiva más integral de la realidad que se está estudiando. Esto permite captar múltiples dimensiones del fenómeno, analizarlo desde diferentes ángulos y obtener resultados más robustos y confiables.

Al basarse en otros autores y enfoques ya establecidos, se cuenta con un respaldo teórico y empírico que brinda mayor confianza en la metodología utilizada. Los autores previos han realizado investigaciones y, lo que proporciona una base sólida para el diseño propio. Al fundamentar el diseño metodológico en la literatura existente, se evitan errores o sesgos que podrían surgir al desarrollar un enfoque completamente nuevo y no validado.

El peso de utilizar un diseño metodológico combinado radica en la posibilidad de generar conocimiento nuevo y significativo. Al combinar diferentes enfoques, se pueden descubrir relaciones, patrones o fenómenos que de otra manera podrían pasar desapercibidos. Esto facilita la generación de teorías más completas y la formulación de hipótesis más sólidas.

Referencia	Análisis general, Determinación muestra, Definición encuesta	Aplicación de encuestas	Seguimiento al proceso actual de residuos de aceite automotriz	Diagnóstico a la situación actual	Propuesta de herramientas de mejora	Desarrollo de modelos con herramientas de mejora	Diseño de los modelos	Pruebas mediante simulación de los modelos planteados	Selección de un modelo viable	Estrategias de implementación	Campaña de concientización	Implementación
Diagnóstico Y Programa De Capacitación Del Manejo De Aceite Usado, Residuos Peligros Y No Peligros - Sector Aéreo Satena (Manuel Felipe Bolaños Villamil INST, 2019)	X	X		X	X					X	X	X

Referencia	Análisis general, Determinación muestra, Definición encuesta	Aplicación de encuestas	Seguimiento al proceso actual de residuos de aceite automotriz	Diagnóstico a la situación actual	Propuesta de herramientas de mejora	Desarrollo de modelos con herramientas de mejora	Diseño de los modelos	Pruebas mediante simulación de los modelos planteados	Selección de un modelo viable	Estrategias de implementación	Campaña de concientización	Implementación
Propuesta De Un Plan De Gestión Para Disposición Final De Los Aceites De Lubricantes Procedentes De Talleres Automotriz Del Distrito Pillco (Universidad de Huánuco, 2019)	x	x	x	x	x	x						
Sistema De Recolección De Aceite Usado Para Conversión En Biodiesel (TESE SIST DE RECOLECCION OLE OSADO BIODIESEL.Pdf, n.d.)			x	x	x		x			x		

Tabla 1 Análisis del Diseño Metodológico, Análisis de Relación. Elaboración Propia.

El uso de un diseño metodológico combinado basado en el conocimiento existente ha permitido satisfacer las necesidades de la investigación de manera efectiva. Se ha abordado de manera integral y exhaustiva los aspectos clave que deben considerarse en la metodología.

Al basar la metodología en el conocimiento combinado de diversos autores, se ha establecido una base sólida y fundamentada para el diseño de la investigación. Esto ha garantizado una adecuada cobertura de los aspectos cuantitativos y cualitativos, así como de los diferentes niveles de análisis requeridos.

Este enfoque ha aportado mayor confianza en los resultados obtenidos, respaldando teóricamente el trabajo realizado y evitando omisiones o errores en el diseño de la investigación.

El diseño metodológico combinado basado en el conocimiento existente ha sido altamente beneficioso para el proyecto, al generar nuevo conocimiento en el área específica de estudio. Al cubrir la mayoría de los aspectos relevantes, se han obtenido resultados más sólidos, confiables y válidos, lo que contribuirá al avance y desarrollo en ese campo.

1.8 Metodología

El desarrollo del modelo se llevará a cabo mediante la metodología de Design Thinking, la cual permitirá la solución del problema a través de cada una de sus etapas. Esta metodología proporciona un marco para facilitar el proceso de resolución del problema, buscando que la propuesta sea deseable, objetiva y factible. A través de las distintas fases de Design Thinking, se espera llegar a un diseño de modelado ideal y replicable para abordar el problema de manera efectiva. El diseño de la metodología tomó en consideración los trabajos previos realizados en el campo de la gestión de residuos tóxicos y peligrosos, con el objetivo de utilizar las mejores prácticas y experiencias para lograr una gestión más eficiente y sostenible. También se tuvieron en cuenta las necesidades y limitaciones específicas de la región de Orizaba Ver., así como las capacidades y recursos disponibles. Se buscó diseñar una metodología que fuera práctica, eficiente y adaptable a diferentes contextos y situaciones.

El diseño de la metodología, tomó en consideración los trabajos : Diagnóstico Y Programa De Capacitación Del Manejo De Aceite Usado, Residuos Peligros Y No Peligros - Sector Aéreo Satena (Manuel Felipe Bolaños Villamil INST, 2019), Propuesta De Un Plan De Gestión Para Disposición Final De Los Aceites De Lubricantes Procedentes De Talleres Automotriz Del Distrito Pillco (*Universidad de Huánuco*, 2019), Sistema De Recolección De Aceite Usado Para Conversión En Biodiesel (*TESE SIST DE RECOLECCION OLE OSADO BIODIESEL.Pdf*, n.d.), Guía para el Manejo, Almacenamiento y Disposición Final de Residuos Peligrosos en los Aeropuertos de México. (Hernández Silvestre, Luis Romero Díaz & Salazar Monterde, 2008), y a los autores: Vera, Y. P., Gallegos Valdivia, J. J., María, S., Quentasi, Z., Marcela, D., Yana, C., Elvira, R., & Apaza, C (Vera et al., 2020)

En la investigación propuesta se utiliza un enfoque mixto que combina la metodología cualitativa correlacional descriptiva y la metodología cuantitativa experimental. Durante el diagnóstico se describe la situación actual del problema y se convierten los datos en variables cuantificables para medir su correlación. Se propone un modelo diseñado a través de la metodología Design Thinking, el cual es evaluado mediante la simulación de eventos discretos. Este modelo considera variables económicas, técnicas y ambientales, con el objetivo de determinar su viabilidad y satisfacer las necesidades del problema planteado.

1.8.1 Etapa 1 Diagnóstico (Empatizar)

En esta actividad se lleva a cabo una comprensión profunda sobre la generación, manejo y disposición final de residuos tóxicos oleosos, con el fin de entender las necesidades actuales para lograr una correcta disposición final por parte de los talleres. Se realiza una investigación mediante el uso de censos, encuestas, observaciones directas y correlación con la normatividad oficial para recolectar información y determinar los actores involucrados en el proceso, así como las variables que pueden afectar al sistema. Se documenta el estado actual de los talleres que no están cumpliendo con las normas establecidas. Este diagnóstico permitirá conocer las necesidades que aún no han sido cubiertas y analizar a todos los actores que participan en el proceso de manejo de residuos tóxicos oleosos.

1.8.1.1 Instrumentos

En la investigación propuesta se utilizarán varios instrumentos para llevar a cabo el diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos tóxicos oleosos en los talleres. Además de la encuesta diseñada con preguntas mixtas y cerradas, se realizarán observaciones directas en los talleres para registrar el manejo de los residuos, se revisarán los registros de los talleres sobre la disposición final de los residuos y se correlacionará la información recolectada con la normatividad oficial en la materia. También se aplicará un censo para determinar el número de talleres y su ubicación, así como la cantidad de residuos tóxicos oleosos generados. Con estos instrumentos se pretende obtener información detallada sobre los actores involucrados en el proceso y las variables que pueden afectar al sistema, lo que permitirá conocer las necesidades aún no cubiertas y analizar a todos los actores que participan en el manejo de los residuos.

1.8.1.2 Investigación documental

Se llevará a cabo una exhaustiva recopilación y revisión de documentación e información relacionada con el manejo y gestión de aceites usados, con el objetivo de analizar los modelos anteriores que no fueron sostenibles en el programa de recolección de residuos tóxicos peligrosos y determinar las razones por las cuales no funcionaron adecuadamente. Se espera obtener una mejor comprensión de los errores del pasado y de las mejores prácticas en la gestión de aceites usados para diseñar un modelo más efectivo y sostenible en el futuro. Se considerarán aspectos económicos, técnicos y ambientales para garantizar que el modelo propuesto sea viable y responda a las necesidades del problema planteado.

1.8.2 Etapa 2 Definición de alternativas (Definir)

Se definen los actores que forman parte del proceso y ciclo del aceite automotriz, y se determinan las variables e indicadores medibles que permitirán evaluar y documentar una referencia del estado inicial del manejo de los residuos tóxicos oleosos. Se realizará una comparativa de la normatividad aplicable con la situación actual de los talleres automotrices para cuantificar las áreas de oportunidad y de cumplimiento, y se buscarán variables similares que afecten a los talleres en común y que impidan el correcto manejo de los residuos tóxicos oleosos. También se determinará la población y se obtendrán muestras representativas para medir y graficar el estado actual, y se calculará el porcentaje de cumplimiento. La investigación se centrará en los hallazgos, para lo cual se acotará el problema, sus alcances y limitaciones, y se identificarán los actores involucrados y la manera en que están inmersos en el manejo de los residuos tóxicos oleosos.

1.8.3 Etapa 3 Diseñar de un modelo (Idear)

Se llevará a cabo la elaboración de un diagrama de flujo y de un Cawemo, en los que se documenten detalladamente todos los procesos y ciclos que atraviesa un aceite usado, desde su generación como residuo tóxico oleoso hasta su disposición final. Se elaborarán diagramas tanto del proceso actual como del nuevo proceso que cubra las omisiones que los talleres automotrices han venido realizando, de modo que el nuevo modelo cumpla con el marco legal para la disposición final de residuos tóxicos oleosos. Se ilustrará tanto el front office como el back office del proceso de manera sistemática mediante los diagramas.

Se presentarán ideas, incluso aquellas que puedan parecer inverosímiles, para poder elegir las que se ajusten mejor a una solución viable, sin descuidar el impacto ambiental y las condiciones de los usuarios involucrados en el proceso.

1.8.4 Etapa 4 Prototipo de un modelo (Prototipar)

Se comienza la construcción de un prototipo basado en la idea seleccionada, el cual se enfoca en resolver las necesidades planteadas de manera eficiente y cercana a la realidad. Se utilizarán materiales y herramientas adecuadas para la elaboración del prototipo y se llevarán a cabo pruebas y mejoras necesarias para asegurar su correcto funcionamiento. Este prototipo servirá como base para el diseño final del modelo propuesto en la solución del problema planteado.

1.8.4.1 Modelo de simulación

Se desarrollará un modelo de simulación con las características necesarias para ejecutar y reproducir en un entorno controlado el resultado del Design Thinking. Esto permitirá comprobar la viabilidad del modelo y obtener resultados que demuestren su implementación exitosa en la realidad, logrando una correcta disposición final de residuos tóxicos peligrosos en Orizaba. Se llevará a cabo una prueba piloto mediante la simulación del modelo para recopilar resultados y determinar su viabilidad, comparando los datos iniciales con los recopilados en la simulación. Se utilizará un diseño de experimentos que replicará y ejecutará el modelo cuantas veces sea necesario para obtener una confianza del 90% en su correcto manejo y disposición final de residuos tóxicos peligrosos. Si el modelo resulta viable, representara un entorno real en el que puede ser aplicado.

1.8.5 Etapa 5 Evaluación de resultados (Evaluar)

Se llevará a cabo una evaluación de la eficiencia del modelo implementado en el sistema simulado, mediante la comparación de los indicadores arrojados por el programa y los datos e indicadores evaluados durante el diagnóstico. Se elaborará una tabla que permita comparar el comportamiento de los indicadores iniciales con los finales, lo que resulta fundamental para determinar la viabilidad adecuada del modelo y conocer el porcentaje de mejora en la disposición final de residuos tóxicos peligrosos en la ciudad de Orizaba. Este proceso permitirá establecer controles y seguimientos necesarios para un manejo adecuado de los residuos tóxicos peligrosos. Se elaborará un informe documental con los resultados obtenidos en todo el proceso de investigación y desarrollo del modelo propuesto.

1.9 Organización de la tesis

1.9.1 Capítulo 1: Generalidades

En este primer capítulo, se establece el contexto de la tesis. La introducción presenta el tema general y aborda el posicionamiento de la investigación, resaltando su relevancia dentro de un contexto más amplio. El planteamiento del problema identifica y analiza la cuestión central que la tesis aborda, seguido por la formulación de objetivos, tanto generales como específicos. La justificación de la investigación se fundamenta en diversas perspectivas, como ambiental, económica, cultural, social, gubernamental y tecnológica. Se presenta una propuesta de solución y se detalla el diseño metodológico, dividiéndolo en distintas etapas.

1.9.2 Capítulo 2: Marco Contextual

Este capítulo se centra en proporcionar el contexto necesario para comprender la investigación. Se inicia con la presentación de residuos peligrosos, específicamente el aceite lubricante usado, seguido por una descripción de la normativa pertinente (NOM-052-SEMARNAT-2005). Se introduce el Design Thinking y su aplicación a la economía circular. Se exploran aspectos relacionados con la simulación, sus ventajas, y la logística inversa. Este capítulo sienta las bases teóricas y conceptuales esenciales para comprender el entorno en el que se desarrolla la investigación.

1.9.3 Capítulo 3: Análisis del Ciclo Útil del Aceite, Situación Actual de los Talleres Mecánicos Automotrices, Alternativas y Variables

Este capítulo se dedica al análisis detallado del ciclo útil del aceite automotriz. Examina su origen, uso y contaminantes, y analiza las causas de la contaminación ambiental generada por talleres mecánicos. Se realiza un diseño de encuesta para identificar actores clave en la ciudad de Orizaba y se propone un servicio para el manejo adecuado de los aceites usados, desarrollando un modelo Canvas. Se aplican herramientas como AHP y QFD para evaluar alternativas tecnológicas en distintas etapas del proceso, desde la recopilación hasta la distribución del producto terminado.

1.9.4 Capítulo 4: Diseño del Modelo en Simulación, Prototipo Simulado, Evaluación

En este capítulo, se focaliza en el diseño logístico simulado utilizando herramientas como proyección en estela, diagrama de flujo y modelado en SIMIO. Se detallan los pasos de la simulación en SIMIO, desde la definición del problema hasta la documentación de resultados. Se aborda la estimación de costos del proyecto. Este capítulo representa la aplicación práctica de la propuesta de solución presentada en el Capítulo 1, utilizando herramientas de simulación para evaluar su viabilidad y eficacia.

1.9.5 Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones generales derivadas del análisis, diseño y evaluación realizados en los capítulos anteriores. Se resumen los hallazgos clave y se

relacionan con los objetivos establecidos. Se incluyen reflexiones críticas sobre la metodología utilizada, limitaciones del estudio y sugerencias para futuras investigaciones.

1.9.6 Referencias

En esta sección, se enumeran todas las fuentes bibliográficas, documentos y recursos consultados durante la investigación. La inclusión de referencias respalda la validez y la credibilidad de la investigación.

1.9.7 Anexos

Los anexos contienen información adicional que complementa el contenido principal de la tesis. Esto puede incluir datos detallados, tablas, gráficos, encuestas, cuestionarios, entre otros elementos relevantes para la investigación. Los anexos proporcionan un respaldo concreto y permiten a los lectores profundizar en detalles específicos de la investigación.

Capítulo 2 Marco Contextual

Se complementará el marco teórico con información relevante acerca de la gestión y manejo de residuos tóxicos peligrosos, así como de las normativas y leyes que regulan su disposición final en México y específicamente en la ciudad de Orizaba. Se describirán los principales actores involucrados en la generación, recolección y disposición final de estos residuos, desde los talleres y empresas hasta las autoridades encargadas de su regulación y control. También se explicarán los conceptos y principios fundamentales del Design Thinking y la simulación de eventos discretos, así como su aplicabilidad en la solución de problemas complejos como el manejo de residuos tóxicos peligrosos. Todo ello con el objetivo de proporcionar un marco teórico sólido que sirva de base para el desarrollo de la propuesta de modelo de recolección y disposición final de residuos tóxicos oleosos en la ciudad de Orizaba.

2.1 Residuos peligrosos (aceite lubricante usado)

Se trata de residuos peligrosos aquellos que, debido a sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (CRETIB), representan una amenaza para el equilibrio ecológico y el medio ambiente. La NOM-052-ECOL-1934 clasifica al aceite automotriz usado como residuo peligroso y la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) establece las directrices para su reciclaje y confinamiento. Es responsabilidad de los gobiernos federal, estatal y municipal tomar medidas para reducir al mínimo la generación de estos residuos y establecer políticas y estrategias para su gestión y eliminación sin causar daño al medio ambiente. Es crucial utilizar técnicas adecuadas para minimizar sus propiedades nocivas y prevenir el impacto ambiental negativo en nuestro ecosistema. (Manzanares Jiménez & Ibarra Ceceña, 2012)

El aceite lubricante es una sustancia compleja con alto peso molecular que se produce a partir de la refinación de petróleo. Se trata de una mezcla de varios aceites con características distintas, incluyendo su peso, viscosidad, acidez, color, temperatura de inflamación e ignición, y punto de congelación debido a su contenido residual de carbón. Las propiedades físicas del aceite lubricante están determinadas por diversos factores, tales como el tipo de petróleo utilizado en su producción, el proceso de refinación, los aditivos empleados y el grado de mezcla. (RUIZ, 2011)

2.2 Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005

La norma establece los criterios, procedimientos, características y listados para la identificación de los residuos peligrosos que pueden representar un riesgo para el equilibrio ecológico, el ambiente y la salud pública. Es de observancia obligatoria para los responsables de identificar la peligrosidad de un residuo. Asimismo, hace referencia a otras normas oficiales mexicanas relacionadas con la protección ambiental, la clasificación y especificaciones de manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos, límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos, entre otras.

La norma establece que los residuos peligrosos pueden representar un riesgo para el equilibrio ecológico, el ambiente y la salud de la población en general. Asimismo, los avances científicos y tecnológicos permiten definir como constituyentes tóxicos ambientales a aquellas sustancias químicas capaces de producir efectos adversos a la salud o al ambiente.

El objetivo de la norma es establecer el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, incluyendo listados y características que los identifiquen. Esta norma es de observancia obligatoria para los responsables de identificar la peligrosidad de un residuo.

La norma hace referencia a varias normas oficiales mexicanas relacionadas con la protección ambiental y manejo de residuos peligrosos, como NOM-004-SEMARNAT-2002 y NOM-053-SEMARNAT-1993.

2.3 Design Thinking

La metodología ágil de innovación centrada en el usuario es denominada "Design Thinking", por Vera, Y. P., Gallegos Valdivia, J. J., María, S., Quentasi, Z., Marcela, D., Yana, C., Elvira, R., & Apaza, C (Vera et al., 2020) Design Thinking es una metodología mental utilizada en el desarrollo empresarial para enfocarse en cómo las personas pueden interactuar con el producto o servicio en desarrollo. Aunque es comúnmente utilizado en el diseño y desarrollo de productos, también se puede aplicar en otros procesos, como en la ingeniería de software. Esta metodología se basa en tres pilares importantes: empatía, colaboración y experimentación. El pilar de la empatía busca entender a las personas que

se verán afectadas por el proyecto. La colaboración busca comprender cómo cada persona puede contribuir en el proceso de desarrollo y trabajar efectivamente en equipo para obtener el mejor resultado. El pilar de la experimentación propone crear un prototipo que se ajuste a las necesidades del usuario, ponerlo en uso y obtener retroalimentación para generar aprendizaje. La metodología de Design Thinking se compone de cinco etapas: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar.

I. Empatizar: es la etapa de diseño que se enfoca en las necesidades de las personas y los usuarios. Para lograr integrar la empatía en la formulación de soluciones, es necesario involucrarse indirecta y directamente por medio de la observación pasiva y entrevistas que permitan entender las necesidades físicas y emocionales de los demás.

II. Definir: es la etapa en la que se define el problema en forma de pregunta encontrando un equilibrio entre enfoque y espacio para lograr una solución innovadora. La definición del problema debe formularse de tal manera que inspire y motive a las personas involucradas en encontrar una solución que logre cautivar a las personas que se han entrevistado, permitiendo revelar necesidades ocultas, entregando soluciones innovadoras y competitivas.

III. Idear: es la etapa donde comienza la generación de ideas y el proceso de diseño, combinando el pensamiento consciente e inconsciente, racional e imaginativo. La lluvia de ideas y el uso de otras herramientas permiten aprovechar las diferentes fortalezas de los integrantes del equipo de trabajo y encontrar mejores innovaciones. La generación de ideas lleva a contextualizar la solución al problema definido.

IV. Prototipar: es la generación de elementos informativos o artefactos con la intención de materializar la solución al problema. El prototipo puede ser desde una representación gráfica, artefactos o cualquier elemento interactivo, que permita tener retroalimentación de la solución planteada.

V. Evaluar: consiste en la puesta en uso del prototipo generado en la etapa anterior, buscando retroalimentación de diferentes usuarios. La evaluación debe permitir refinar la solución al igual que mejorar la definición del problema y generar un vínculo con los usuarios.

2.3.1 Design Thinking en la economía circular

Se sugiere la implementación de la metodología Design Thinking como una herramienta facilitadora para la Economía Circular en una organización. Al aplicar los pasos de esta metodología, se pueden integrar los aprendizajes de la organización, los principios y objetivos de la Economía Circular, así como las necesidades y expectativas de las partes interesadas, permitiendo desarrollar productos, servicios o modelos de negocio con menor impacto ambiental o incluso con impactos positivos. La organización puede utilizar la metodología Design Thinking, siguiendo las 5 etapas presentadas anteriormente, para implementar las actividades identificadas en función de sus prioridades y utilizando la información recopilada.

- a) La organización debe identificar cuáles de sus actividades, productos y/o servicios pueden aportar más al cumplimiento de su compromiso institucional, una vez rediseñados.
- b) Es importante que la organización defina el estado actual y el estado deseado de las actividades, productos y/o servicios identificados, tomando en cuenta las necesidades y expectativas de los clientes.
- c) La organización debe identificar las oportunidades y retos que puedan surgir durante la implementación de la Economía Circular en las actividades, productos o servicios seleccionados.

Es necesario que la organización priorice qué actividades, productos o servicios serán revisados bajo la implementación de la Economía Circular y que documente cómo realizó su priorización.

2.3.2 Implementación de la etapa Empatizar.

De acuerdo con Vera, Y. P., Gallegos Valdivia, J. J., María, S., Quentasi, Z., Marcela, D., Yana, C., Elvira, R., & Apaza, C (Vera et al., 2020) Durante la etapa de empatizar, se pueden utilizar diversas técnicas para que la organización identifique las necesidades y expectativas de los grupos de interés y clientes, de acuerdo con las indicaciones del numeral. Para garantizar que la etapa de empatizar se realice de manera efectiva, se deben considerar las siguientes preguntas: ¿Se ha asegurado de incluir al usuario final del producto o servicio en los grupos de interés? ¿Se han utilizado métodos que involucren la

observación del producto o servicio en uso por el usuario final para empatizar? Durante las entrevistas, se pueden emplear técnicas para la resolución de problemas, tales como el diagrama de Ishikawa o los 5 porqués.

2.3.3 Implementación de la etapa Definir.

De acuerdo con Vera, Y. P., Gallegos Valdivia, J. J., María, S., Quentasi, Z., Marcela, D., Yana, C., Elvira, R., & Apaza, C (Vera et al., 2020) En la etapa de definir, la organización debe asegurarse de haber identificado un problema que pueda ser resuelto y que responda a su compromiso institucional y sea útil para sus clientes. Para confirmar que se ha definido adecuadamente las necesidades o requerimientos, la organización puede plantearse las siguientes preguntas: ¿Ha comprendido la organización las necesidades o requerimientos de los grupos de interés? ¿Ha convocado la organización a un equipo multidisciplinario para la definición de las necesidades o requerimientos de los clientes? ¿Ha utilizado la organización la información obtenida en la etapa de empatizar para definir un problema que quiera resolver? ¿La definición del problema permite debatir sobre su posible solución? Es importante que la organización considere estas preguntas para asegurar que la definición del problema sea adecuada y permita encontrar soluciones innovadoras y efectivas.

2.3.4 Implementación de la etapa Idear.

De acuerdo con Vera, Y. P., Gallegos Valdivia, J. J., María, S., Quentasi, Z., Marcela, D., Yana, C., Elvira, R., & Apaza, C (Vera et al., 2020) Durante la etapa de idear, la organización debe buscar soluciones al problema identificado en la etapa de definir. Es importante que la organización forme un equipo heterogéneo que permita explorar desde diferentes ángulos las posibles respuestas al problema planteado. La organización debe explorar entre soluciones que desafíen los supuestos y paradigmas convencionales (pensamiento divergente) al igual que soluciones tradicionales y directas (pensamiento convergente). Para asegurar que la etapa de idear se ha llevado a cabo correctamente, la organización puede responder las siguientes preguntas: ¿Se han definido suficientes soluciones para llegar a una idea innovadora? ¿Se han evaluado las ideas eliminando sesgos y se ha construido sobre las seleccionadas? ¿Se ha tomado el tiempo suficiente para considerar terminada la etapa de ideación? La organización debe tomarse el tiempo necesario para idear soluciones que sean innovadoras, efectivas y que respondan a las necesidades de sus clientes y grupos de interés.

2.3.5 Implementación de la etapa Prototipar.

De acuerdo con Vera, Y. P., Gallegos Valdivia, J. J., María, S., Quentasi, Z., Marcela, D., Yana, C., Elvira, R., & Apaza, C (Vera et al., 2020) Durante la etapa de prototipado, la organización debe emplear diversos tipos de prototipos que permitan probar los elementos que se desean evaluar, tales como materiales, funciones y tamaño. Los prototipos pueden ser bosquejos, storyboards, maquetas, modelos físicos o virtuales y juegos de roles. Es esencial que el prototipo sea lo suficientemente realista para obtener una respuesta precisa al elemento que se está evaluando. Para definir qué tipo de prototipo se desarrollará, la organización debe identificar qué se quiere evaluar, para quién se está prototipando, cómo se probará el prototipo y cómo se recopilará la retroalimentación de las fuentes disponibles.

Algunos ejemplos de prototipos relacionados con la economía circular pueden ser electrodomésticos remanufacturados o reparados, electrodomésticos que se alquilan y se incluyen reparaciones y actualizaciones, vestuario o calzado fabricado con materiales reciclados o recuperados, envases reutilizables o producidos con materiales reciclados y plataformas tecnológicas que permitan el intercambio de productos no perecederos.

La organización debe evaluar los resultados de las actividades definidas, tanto mediante la medición de indicadores de desempeño como de los indicadores económicos seleccionados. Es fundamental que los resultados obtenidos y evaluados permitan a la organización concluir si se está cumpliendo el compromiso organizacional o si es necesario realizar cambios en la estrategia y las actividades de implementación definidas.

La Economía Circular (EC) es considerada una forma prometedora de lograr una transición sostenible desde el actual paradigma socioeconómico lineal. Su objetivo principal es mantener y compartir valor a lo largo del tiempo. La eco-innovación, tanto tecnológica como no tecnológica, es fundamental para la EC, ya que ésta debe abordar importantes retos relacionados con los modelos de negocio y los marcos socio-institucionales. Es necesario agregar valor ecológico y social a la propuesta de valor de un modelo de negocio, transformando las prácticas del productor y del consumidor. Desde la perspectiva de la eco-innovación, un modelo de negocio debe permitir la transición a un modelo de Economía Circular eficiente en el uso de los recursos.

Para lograr la transición a una Economía Circular, se requieren eco-innovaciones que cambien los modelos de negocio dominantes, desde el diseño de nuevos productos y servicios hasta la reconfiguración de las cadenas de valor y suministro. Es necesario transformar las prácticas de los ciudadanos en relación con los productos y servicios, promoviendo la propiedad, arrendamiento, reparto, reparación, reducción, remanufactura, etc. También se deben desarrollar sistemas mejorados para la creación de valor, como la movilidad ecológica, sistemas de energía inteligente y cadenas cortas de valor, entre otros. Todas estas acciones son necesarias para lograr una transición exitosa hacia una Economía Circular. (Vence & Pereira, 2019)

2.4 Simulación

De acuerdo con Thomas H. Naylor. (Segovia-Castro, 2009) La simulación es un proceso que consiste en diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso, y llevar a cabo experimentos con este modelo para comprender el comportamiento del sistema o para evaluar diferentes estrategias de operación. Los recientes avances en las metodologías de simulación y la disponibilidad de una variedad de software han hecho que la simulación sea una herramienta ampliamente utilizada en el análisis de sistemas. La simulación permite experimentar con el sistema en un entorno controlado y seguro, lo que puede resultar especialmente útil en situaciones en las que resulta difícil o costoso realizar pruebas en el mundo real.

2.4.1 Ventajas de la simulación

Tal como las denomina Segovia Castro (Segovia-Castro, 2009) “A través de un estudio de simulación se puede investigar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo y observar los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.”

La técnica de simulación es ampliamente utilizada para mejorar el rendimiento de sistemas ya existentes. Al realizar experimentos con el modelo de simulación, se puede entender mejor el sistema y así sugerir estrategias para mejorar su operación y eficiencia. La simulación también permite anticipar resultados no previstos y tomar medidas para evitar problemas potenciales en el sistema real. Esta herramienta puede ayudar a reducir costos y minimizar riesgos en el desarrollo de sistemas y procesos complejos. La simulación es una herramienta valiosa en el análisis y diseño de sistemas y procesos, permitiendo a los

expertos evaluar diferentes escenarios y tomar decisiones informadas para mejorar el rendimiento del sistema.

2.5 Logística Inversa

De acuerdo con (Bustos F & Carlos E, 2015), Se requiere establecer sistemas logísticos eficientes para permitir la recuperación de productos desechados por los consumidores. Esto se conoce como Logística Inversa, que es el conjunto de actividades logísticas necesarias para recuperar y aprovechar económicamente los productos fuera de uso. La Logística Inversa es un concepto relativamente nuevo que ha ganado importancia tanto en revistas profesionales y de divulgación como en el ámbito académico.

La logística inversa es una metodología que se encarga de gestionar de manera planificada, efectiva y controlada el movimiento de materias primas, productos en proceso y bienes terminados desde el punto de consumo hasta su origen, con el propósito de recuperar su valor o disponer de ellos de forma adecuada.

Es esencial llevar a cabo una adecuada identificación y clasificación de los productos para poder determinar qué se puede reciclar, reparar, reutilizar o desechar de forma adecuada en el proceso de logística inversa. La implementación de procesos claros y bien definidos mejora la eficiencia y eficacia de la logística inversa. La comunicación y colaboración efectiva entre los socios de la cadena de suministro es crucial para el éxito del proceso de logística inversa. Es importante tener un inventario actualizado y bien gestionado para poder identificar y recuperar los productos de manera eficiente. La tecnología puede ser una herramienta útil para mejorar la eficiencia y visibilidad de los procesos de logística inversa. Los costos de la logística inversa deben ser evaluados adecuadamente y se debe buscar el equilibrio entre la rentabilidad y la sostenibilidad ambiental. Por último, la logística inversa debe considerar los impactos ambientales y buscar reducir el impacto ambiental de la eliminación de materiales y productos.

Capítulo 3 Análisis del Ciclo Útil del Aceite, Situación Actual de los Talleres Mecánicos Automotrices, Alternativas y Variables

En esta sección se proporciona información sobre los aceites automotrices y su composición. Se explica cómo se obtienen y gestionan, se describe su ciclo de vida desde la fabricación hasta su uso en vehículos, así como su transformación en aceite residual. También se detalla cómo se almacenan y se disponen finalmente después de su ciclo útil. En todo el proceso, se describe la intervención de los distintos actores que participan en el mismo.

3.1 Ciclo Útil del Aceite Automotriz

El ciclo de vida útil del aceite automotriz se refiere al período de tiempo en el que se utiliza este líquido en los motores de vehículos, ya sea en motores de gasolina o diésel. Con el tiempo, el aceite se contamina con impurezas y pierde sus propiedades, lo que puede afectar negativamente el rendimiento del motor y su eficacia. Es crucial que se realicen cambios periódicos de aceite para asegurar que el motor funcione de manera óptima y para extender su vida útil. De acuerdo con (Manzanares Jiménez & Ibarra Ceceña, 2012), menciona que el aceite automotriz usado se clasifica como residuo peligroso debido a su naturaleza corrosiva, reactiva, explosiva, tóxica, inflamable o biológico-infecciosa, según la NOM-052-ECOL-1993. La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) respalda esta clasificación y establece directrices para el reciclaje y confinamiento de estos residuos. Tanto a nivel federal, estatal como municipal, los gobiernos tienen la responsabilidad de fomentar medidas para reducir al máximo la generación de estos residuos y desarrollar políticas y estrategias para su manejo y eliminación de manera ambientalmente segura. Se emplean técnicas adecuadas para disminuir las propiedades nocivas de estos residuos y prevenir cualquier impacto ambiental negativo en nuestro ecosistema. Todo esto se enmarca dentro del ciclo de vida útil del aceite, el cual tiene como finalidad minimizar su impacto desde su generación hasta su disposición final apropiada.

La logística inversa en el contexto de la industria automotriz, se trata de la gestión del flujo de productos y materiales desde el consumidor hasta el fabricante o proveedor. En el caso

del aceite usado en los motores de los vehículos, esto implica la recolección y el transporte del aceite usado de vuelta al fabricante o proveedor, donde puede ser reciclado o refinado para su reutilización en otros procesos. De acuerdo con (ANNET & Naranjo, 2014) la logística inversa desempeña un papel fundamental en el ciclo de vida de los aceites usados, ya que contribuye a su recuperación y posterior producción de subproductos. Mediante el diseño de redes logísticas eficientes, se logra recolectar y transportar los aceites usados de manera adecuada, minimizando su impacto ambiental. Esto permite su posterior tratamiento y refinamiento para obtener aceites base utilizados en la fabricación de otros productos. La logística inversa no solo reduce el desperdicio y la contaminación, sino que también maximiza el valor de los aceites usados al convertirlos en recursos valiosos para la industria.

La combinación de estos dos conceptos, el ciclo de vida útil del aceite automotriz y la logística inversa, puede ser una estrategia efectiva para minimizar el desperdicio de recursos, reducir la contaminación y aumentar la eficiencia en la industria automotriz. Una adecuada gestión del aceite usado también puede disminuir los costos de mantenimiento de los vehículos y mejorar su rendimiento, lo que a su vez puede aumentar la satisfacción de los clientes. La combinación de ciclo de vida útil del aceite automotriz y logística inversa es una ventaja competitiva de la que se debe tener práctica crucial para lograr una industria automotriz más sostenible y responsable.

Siguiendo lo que dice (Bustos F & Carlos E, 2015) en términos generales, se entiende por ventaja competitiva una habilidad única de una empresa que le permite diferenciarse de sus competidores y ser valorada por el mercado. Si esta ventaja es sostenible, la empresa puede beneficiarse financieramente o adquirir recursos para crear nuevas ventajas competitivas. Para que sea sostenible, se requiere de una "ventana temporal" lo suficientemente larga para recoger los resultados de las diferencias creadas.

Los factores de éxito de la logística inversa son: Identificación y clasificación adecuada de los productos, establecimiento de procesos claros, comunicación y colaboración con los socios de la cadena de suministro, gestión adecuada del inventario, implementación de tecnología, consideración de los costos y enfoque en la sostenibilidad ambiental.

3.1.1 Origen del aceite automotriz y compuestos base

De acuerdo con (Ortiz & Piloto, 2019) se explica que los aceites lubricantes son líquidos derivados del petróleo que se usan para reducir la fricción en piezas móviles y evitar el desgaste, así como para enfriar y limpiar ciertas partes. Estos aceites se componen de una mezcla de aceites base y aditivos, y pueden ser de origen mineral o sintético. Los aditivos son sustancias químicas que se agregan en pequeñas cantidades a los aceites lubricantes para mejorar sus propiedades o reducir aquellas que son perjudiciales. Los aditivos se dividen en dos grupos: inhibidores y aditivos que mejoran las cualidades físicas básicas del aceite. Los inhibidores actúan como detergentes-dispersantes, antioxidantes, anticorrosivos, agentes anti-desgaste, agentes alcalinos y agentes anti-emulsificadores, mientras que los aditivos mejoran el índice de viscosidad, el poder antiespumante, el sellado, la oleosidad, la extrema presión y la rigidez dieléctrica.

Existen diversas variables que pueden afectar el ciclo del aceite automotriz como residuos, entre ellas se encuentran la cantidad de vehículos en el parque vehicular de la ciudad, la frecuencia del cambio de aceite, la calidad del aceite, el tipo de motor y su uso, así como la gestión de residuos. Si el aceite no se cambia con regularidad, puede contaminarse más rápido y perder sus propiedades, lo que puede afectar negativamente el rendimiento del motor. El uso de un aceite de baja calidad puede acelerar su degradación y contaminación. Cada tipo de motor tiene requerimientos específicos de aceite, y el uso del vehículo en diferentes condiciones puede aumentar la contaminación del aceite. La gestión inadecuada del aceite usado puede llevar a que este termine en vertederos o en el medio ambiente, causando daños ambientales y de salud. La falta de infraestructura de recolección y transporte, así como la falta de incentivos y regulaciones gubernamentales, pueden contribuir a que el aceite usado no llegue a su disposición final. También puede haber problemas relacionados con la disponibilidad de instalaciones de reciclaje y la demanda del mercado para el aceite reciclado. En resumen, la combinación de estas variables puede tener impactos negativos en el medio ambiente y la salud pública si no se manejan adecuadamente.

El mercado de lubricantes automotrices en México, según un pronóstico realizado por mercado de lubricantes automotrices de México (Hasta et al., 2015), experimentará un aumento en la demanda debido al crecimiento del parque vehicular en el país. El aumento se debe a una mayor demanda de transporte y una mayor accesibilidad a vehículos en la

población. A medida que nuevas industrias, como la de vehículos eléctricos, entren al país, se espera que el mercado de lubricantes en México continúe creciendo. Aunque los vehículos eléctricos no requieren lubricantes para su motor, sí se necesitan lubricantes para otros componentes, como las transmisiones y los sistemas de frenos. El mercado de lubricantes en México continuará siendo un sector importante de la industria automotriz en el futuro cercano.

3.1.2 Uso del aceite automotriz

De acuerdo con (Andrade, 2015) y la definición de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), los aceites se utilizan como lubricantes, líquidos hidráulicos, fluidos de transferencia de calor, medios de flotación y otros propósitos similares al finalizar su tiempo útil se consideran aceites usados.

3.1.3 Contaminantes del aceite usado automotriz

Es fundamental considerar que el manejo inadecuado de los aceites usados puede tener consecuencias negativas en el medio ambiente y la salud humana, debido a la presencia de sustancias tóxicas y contaminantes. Es necesario que los aceites usados sean manejados y dispuestos adecuadamente y de forma responsable, con el fin de minimizar su impacto en el medio ambiente.

Es importante mencionar que los aceites usados son una fuente significativa de contaminación ambiental, debido a que pueden contener metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y otros contaminantes que pueden ser dañinos para la salud humana y el medio ambiente. Los aceites usados pueden ser altamente inflamables y peligrosos si se manejan de manera incorrecta. De acuerdo con (Andrade, 2015) hace mención de que los hidrocarburos saturados presentes en el aceite usado no son biodegradables y su vertido en suelos agrícolas y cuerpos de agua tiene efectos negativos en el medio ambiente. Al mantenerse en la superficie del suelo, afectan la actividad de la microbiota y los ciclos biogeoquímicos del suelo. Al infiltrarse en las aguas subterráneas, causan contaminación y pérdida de este recurso natural, impactando la fertilidad del suelo. Cuando se vierten en ríos, forman una capa impermeable que priva de oxígeno a los peces, ocasionando su muerte. Es esencial tomar medidas para un manejo adecuado del aceite usado, promoviendo prácticas de reciclaje y disposición responsable, a fin de minimizar la contaminación del suelo, agua y biodiversidad acuática.

En los aceites lubricantes usados se han encontrado diversos compuestos químicos peligrosos, como metales pesados e hidrocarburos aromáticos polinucleares, los cuales pueden tener efectos negativos en la salud humana, incluyendo la posibilidad de causar cáncer. Estos aceites pueden estar contaminados por una variedad de sustancias, tales como productos de oxidación, compuestos derivados de la degradación de los aditivos, polvo y partículas metálicas. La contaminación del aire también puede ser un problema al manipular los aceites usados, ya que pueden entrar en contacto con polvo y humedad a través de respiraderos y sellos defectuosos. Para minimizar los efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente, es fundamental manejar y disponer adecuadamente los aceites usados, teniendo en cuenta estas fuentes de contaminación.

Contaminantes	Fuentes	Concentración (ppm)
Ba	Aditivos detergentes	< 100
Ca	Aditivos detergentes	1000-3000
Pb	Gasolina con plomo/ desgaste en cojinetes	100-1000
Mg	Aditivos detergentes/ cojinetes	100-500
Zn	Antioxidantes / aditivos anti desgaste	500-1000
P	Antioxidantes / aditivos anti desgaste	500-1000
Fe	Cilindro, cigüeñal, agua, óxido	100-500
Cr	Cilindro, cigüeñal, anillos, refrigerante	Trazas
Ni	Anillos, ejes	Trazas
Al	Émbolo, cojinetes, suciedad, aditivos	Trazas
Cu	Cojinetes, refrigerantes	Trazas
Sn	Desgaste en cojinetes	Trazas
Cl*	Aditivos / gasolina con plomo	300
Si	Agentes des-espumantes / suciedad	50-100
S	Aceite base/productos de combustión	0.2-1%
Wáter	Combustión	5-10%

Tabla 2 Contaminantes presentes en los aceites usados. (Andrade, 2015)

Para prevenir el impacto negativo de los aceites usados, existen regulaciones y políticas ambientales que establecen las normas y procedimientos para el manejo y disposición adecuada de estos aceites. Estas regulaciones incluyen la recolección, transporte, almacenamiento y tratamiento de los aceites usados, así como su disposición final en instalaciones autorizadas para tal fin.

3.2 Análisis de causas de talleres contaminando el ambiente.

Se puede afirmar que los talleres automotrices contribuyen significativamente a la contaminación ambiental en diversas formas. Durante el mantenimiento de vehículos, los talleres pueden manipular líquidos contaminantes como aceites usados, refrigerantes y líquidos de frenos, cuyo manejo inadecuado puede resultar en su liberación al medio ambiente y, por ende, contaminar el suelo y los cuerpos de agua cercanos. Los talleres pueden generar residuos peligrosos, como baterías de plomo-ácido, filtros de aceite y llantas usadas, que, si no se manejan correctamente, pueden representar un peligro para la salud humana y el medio ambiente. Cabe destacar que la generación de aceites usados tiene un gran peso en este aspecto. Por lo tanto, es esencial que los talleres adopten prácticas ambientalmente responsables para minimizar su impacto en el medio ambiente. De acuerdo con (González Cázares et al., 2020) “En relación al manejo de aceites usados de automóviles, se observa que la mayoría de los negocios opta por utilizar el sistema de drenaje municipal para deshacerse de estos residuos. Sin embargo, es preocupante que muy pocos de ellos cumplan con los requisitos de instalar trampas para retener los aceites antes de su descarga.” Este incumplimiento se debe en gran medida a la falta de inspección y supervisión por parte de las autoridades municipales y los organismos responsables del agua y el alcantarillado. Es importante destacar que esta situación puede tener consecuencias adversas para la salud de la población, ya que se genera una carga excesiva de contaminantes en el sistema de drenaje, además de causar daños en las tuberías y colectores debido a la obstrucción ocasionada por las grasas y aceites.

Es importante llevar a cabo estudios sobre las causas por las que los aceites usados terminan en el ambiente debido a los talleres, ya que existen diversas razones que pueden contribuir a esta problemática. Por ejemplo, las fugas de aceite durante el mantenimiento de vehículos pueden ser una de las principales causas de contaminación. En este sentido, si no se detectan y reparan de manera oportuna, estas fugas pueden llegar a contaminar el suelo y los cuerpos de agua cercanos.

Asimismo, los derrames accidentales durante la manipulación de aceites usados también pueden ser una fuente significativa de contaminación. Si no se manejan adecuadamente, estos derrames pueden afectar la calidad del agua, el suelo y la fauna local.

Otra posible causa de la contaminación es la descarga intencional de aceite usado en drenajes o alcantarillado. Esto puede ser el resultado de la falta de conciencia ambiental o de una falta de regulación y control en los talleres.

El incorrecto manejo de los aceites usados también puede ser una causa importante de contaminación. Si los talleres no cuentan con los equipos y materiales necesarios para manejar los aceites de manera segura, pueden ser liberados al ambiente.

La inadecuada disposición final de los aceites usados es otra razón por la que pueden terminar en el ambiente. Si los talleres no cuentan con un sistema de recolección y disposición final adecuado, pueden terminar siendo vertidos en lugares inapropiados, causando daños ambientales significativos.

Los aceites de bajo rendimiento también pueden ser una causa de contaminación. Si los talleres no utilizan aceites de alta calidad, pueden ser más propensos a la contaminación y a la generación de residuos.

La necesidad de estudiar las causas por las que los aceites usados terminan en el ambiente debido a los talleres es crucial para identificar y abordar estas fuentes de contaminación. Se deben implementar medidas adecuadas para el manejo y la disposición final de los aceites usados, así como una regulación efectiva para prevenir la contaminación.

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es una herramienta útil para analizar y resolver problemas en talleres automotrices. Este diagrama ayuda a desglosar un problema en sus causas subyacentes, lo que permite identificar las áreas específicas que requieren trabajo para mejorar el proceso.

Una vez que se han identificado las causas principales del problema, se puede utilizar el diagrama de Pareto para priorizarlas. El diagrama de Pareto es una herramienta que ayuda a identificar los factores que contribuyen más a un problema, en términos de su impacto o frecuencia. Los talleres pueden enfocar sus esfuerzos en las áreas que ofrecen la mayor oportunidad de mejora.

El diagrama de Pareto se compone de un gráfico de barras y una línea que muestra la frecuencia acumulada de los problemas. Las barras se ordenan de mayor a menor según su impacto o frecuencia, lo que permite identificar rápidamente las causas principales del

problema. Esto permite a los talleres concentrar sus esfuerzos en abordar las causas principales del problema y lograr una mejora significativa en su proceso.

De acuerdo con (Peralta Lazcano Margarita Isabel, 2019), el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto pueden ser herramientas útiles para identificar y analizar problemas en talleres automotrices. El diagrama de Ishikawa ayuda a identificar las causas subyacentes del problema, mientras que el diagrama de Pareto ayuda a priorizar las causas y a enfocar los esfuerzos en las áreas que ofrecen la mayor oportunidad de mejora.

Como se puede observar en el diagrama (Diagrama 1), se han identificado todas las posibles causas que podrían estar contribuyendo a que el aceite automotriz termine en el ambiente al ser manipulados en talleres automotrices. Este diagrama de causa y efecto, ha sido utilizado para desglosar el problema en sus causas subyacentes y, de esta manera, identificar las áreas específicas en las que se debe trabajar lograr una correcta disposición final.

El diagrama incluye causas como las fugas de aceite durante el mantenimiento de vehículos, los derrames accidentales durante la manipulación de aceites usados, la descarga intencional de aceite usado en drenajes o alcantarillado, el incorrecto manejo de los aceites usados, la inadecuada disposición final de los aceites usados y el uso de aceites de bajo rendimiento. Todas estas causas son factores importantes que pueden contribuir a la contaminación del ambiente.

Al identificar estas causas específicas, se puede trabajar para abordarlas y minimizar su impacto en el ambiente. Es esencial que los talleres adopten prácticas ambientalmente responsables para manejar adecuadamente los aceites usados y evitar su liberación al ambiente.

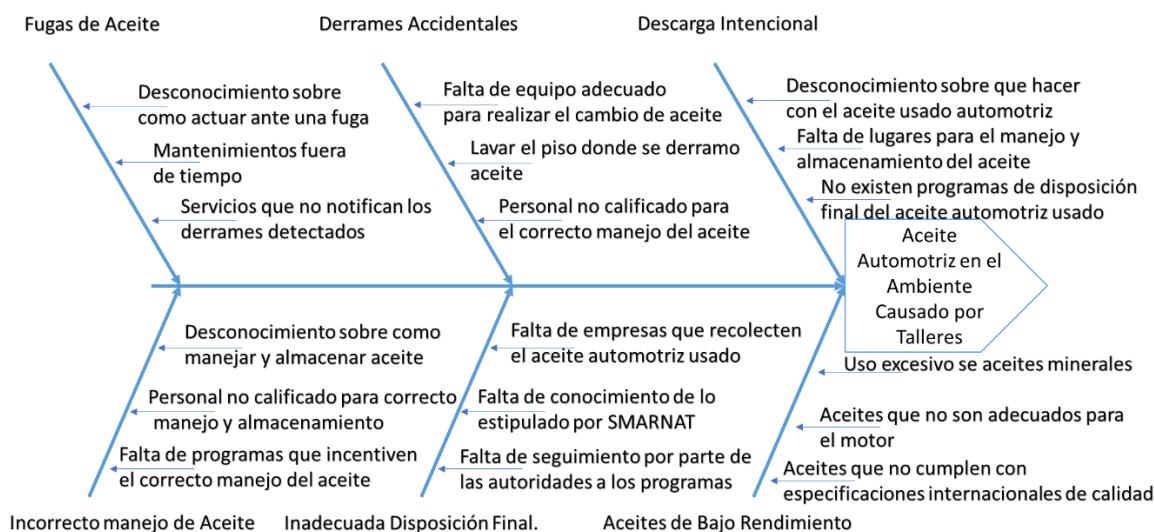


Diagrama 1 Ishikawa posibles causas de una mala disposición final por parte de talleres. Elaboración Propia.

Después de identificar todas las posibles causas que contribuyen a que el aceite automotriz termine en el ambiente, se puede utilizar el diagrama de Pareto para priorizar las causas que tienen un mayor impacto o frecuencia.

Para construir el diagrama de Pareto, se asigna un peso a cada causa en función de la frecuencia con la que se presenta en el taller automotriz. Posteriormente, se ordenan las causas de mayor a menor peso y se representan gráficamente en un gráfico de barras junto con una línea que muestra la frecuencia acumulada. Ver (Tabla 3).

Al analizar el diagrama de Pareto, se puede identificar cuáles son las pocas causas vitales que representan la mayoría del problema. Estas pocas causas vitales son las que deben abordarse en primer lugar para lograr la mayor mejora en el proceso de que los aceites tengan una correcta disposición final.

Categoría	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje Unitario	Porcentaje Acumulado
Inadecuada Disposición Final	11	11	37%	37%
Incorrecto manejo de Aceite	10	21	33%	70%
Fugas de Aceite	3	24	10%	80%
Descarga Intencional	3	27	10%	90%
Derrames Accidentales	2	29	7%	97%
Aceite Bajo Rendimiento	1	30	3%	100%
Total	30		100%	

Tabla 3 Frecuencias con la que se presentan los problemas en los talleres mecánicos. Elaboración Propia

La identificación de las causas vitales que contribuyen en mayor medida a la problemática de los aceites usados automotrices que llegan al ambiente, puede ser facilitada mediante el uso de un gráfico de Pareto. Entre estas causas destacan las fugas de aceite durante el mantenimiento de vehículos, la incorrecta gestión y disposición final de los aceites usados, y las fugas de aceite de los vehículos, representando en conjunto más del 80% del problema. Ver (Diagrama 2). La representación visual clara de estas causas permite a los talleres enfocar sus esfuerzos en abordar primero aquellas que son más significativas, con el objetivo de lograr mejoras sustanciales en el proceso y minimizar el impacto ambiental.

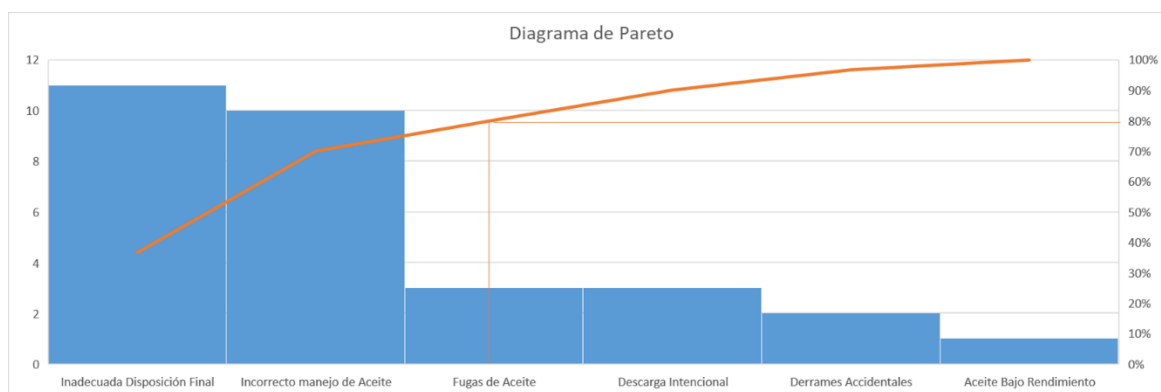


Diagrama 2 Pareto muestra los pocos vitales. Elaboración propia

3.2.1 Tratamiento actual de residuos tóxicos oleosos

En México, los aceites usados son recolectados por empresas especializadas en su manejo y disposición adecuada en diversos puntos de generación, incluyendo talleres mecánicos, empresas industriales, transporte y hogares a través de programas de recolección selectiva en algunas ciudades. Después de su recolección, los aceites usados son transportados a instalaciones autorizadas para su tratamiento y disposición final, donde son sometidos a procesos de reciclaje y regeneración para minimizar su impacto ambiental y recuperar su valor. Es importante mencionar que, en México, las regulaciones y normas ambientales establecen las obligaciones y responsabilidades de los generadores y transportistas de aceites usados, así como de las empresas encargadas de su manejo. Estas actividades son supervisadas y reguladas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Las plantas de tratamiento de aceite usado son importantes debido a su capacidad para minimizar el impacto ambiental de estos residuos, que pueden contener sustancias tóxicas y contaminantes que podrían afectar la salud humana y el medio ambiente si no se manejan y disponen adecuadamente. El reciclaje y regeneración de los aceites usados puede reducir la demanda de petróleo crudo y otros recursos naturales utilizados para la fabricación de nuevos lubricantes y combustibles. Estas plantas pueden emplear diversas tecnologías y procesos, como destilación, filtración y deshidratación, para tratar y reciclar los aceites usados, y una vez tratados, pueden ser reutilizados como lubricantes o combustibles en diversas aplicaciones industriales. Existen regulaciones y normas ambientales en México y otros países que establecen las obligaciones y responsabilidades de los generadores y transportistas de aceites usados, así como de las empresas encargadas de su tratamiento y disposición final, y es importante seguir estas regulaciones y promover prácticas de gestión ambiental responsable para minimizar el impacto negativo de los aceites usados en el medio ambiente y la salud humana.

De acuerdo con (Rouzegari et al., 2020) La regeneración o refinación de aceites usados es un método ampliamente reconocido por su eficacia en la eliminación de contaminantes, lo que permite obtener aceites básicos de calidad. Durante el proceso de recuperación, se aplican diversas técnicas como la coagulación, eliminación de agua, filtración y centrifugación para eliminar impurezas y obtener un producto limpio con propiedades similares al aceite original. El reciclaje o recuperación se utiliza como una alternativa para aprovechar el aceite usado como combustible. Durante este proceso, la eliminación de lodos, material suspendido de carbono y metales pesados contribuye significativamente a mejorar la calidad de los materiales y facilita su uso como combustible. Existen diferentes tecnologías disponibles para la refinación de aceites usados, tales como el tratamiento ácido/arcilla, la hidrogenación, la destilación en vacío o combinaciones de estos métodos. Además, se han desarrollado otras metodologías como el Proceso de Extracción de Propano, la tecnología de impresión de películas delgadas, la tecnología Revivoil, el Proceso de Aceite Refinado Phillips, el Análisis en Dominio de Tiempo, el proceso de extracción con solvente BERC y la nanotecnología, entre otras.

En un taller que no cuenta con el conocimiento y la capacitación adecuada sobre el manejo de aceites usados, el proceso de manejo de los mismos está mal gestionado. Es posible que los aceites usados se almacenen de manera inadecuada en contenedores o recipientes que no cumplen con las normas ambientales establecidas. Puede haber una falta de

cuidado al momento de transferir los aceites usados a los recipientes de almacenamiento, lo que puede resultar en derrames y fugas de aceite.

Es posible que en un taller mecánico no se realice la separación de los diferentes tipos de aceites usados, lo que puede hacer que algunos de ellos se mezclen y dificulten su correcta disposición final. Es probable que el taller no tenga un proceso adecuado para el manejo y la disposición final de los aceites usados, lo que puede resultar en la descarga intencional en drenajes o cuerpos de agua, contaminando el ambiente.

El mal manejo de los aceites usados en un taller que no está capacitado y no sigue las normas adecuadas puede tener graves consecuencias ambientales, incluyendo la contaminación del suelo, agua y aire. Es fundamental que los talleres se capaciten y adopten prácticas ambientalmente responsables para el manejo adecuado de los aceites usados y su correcta disposición final.

3.3 Identificación de actores en Orizaba

El ciclo del aceite automotriz involucra varios actores principales, incluyendo a los fabricantes y proveedores de aceite, los talleres mecánicos que realizan el cambio de aceite y los consumidores finales que utilizan los vehículos. Los gestores de residuos son un actor clave en este ciclo, ya que se encargan de la recolección y transporte del aceite usado de vuelta al fabricante o proveedor para su reciclaje o refinación. Ver mapa de actores (Ilustración 1). Todos estos actores tienen una responsabilidad compartida en asegurar que el aceite se utilice de manera eficiente y sostenible, que se gestione adecuadamente al final de su vida útil para minimizar el impacto ambiental.

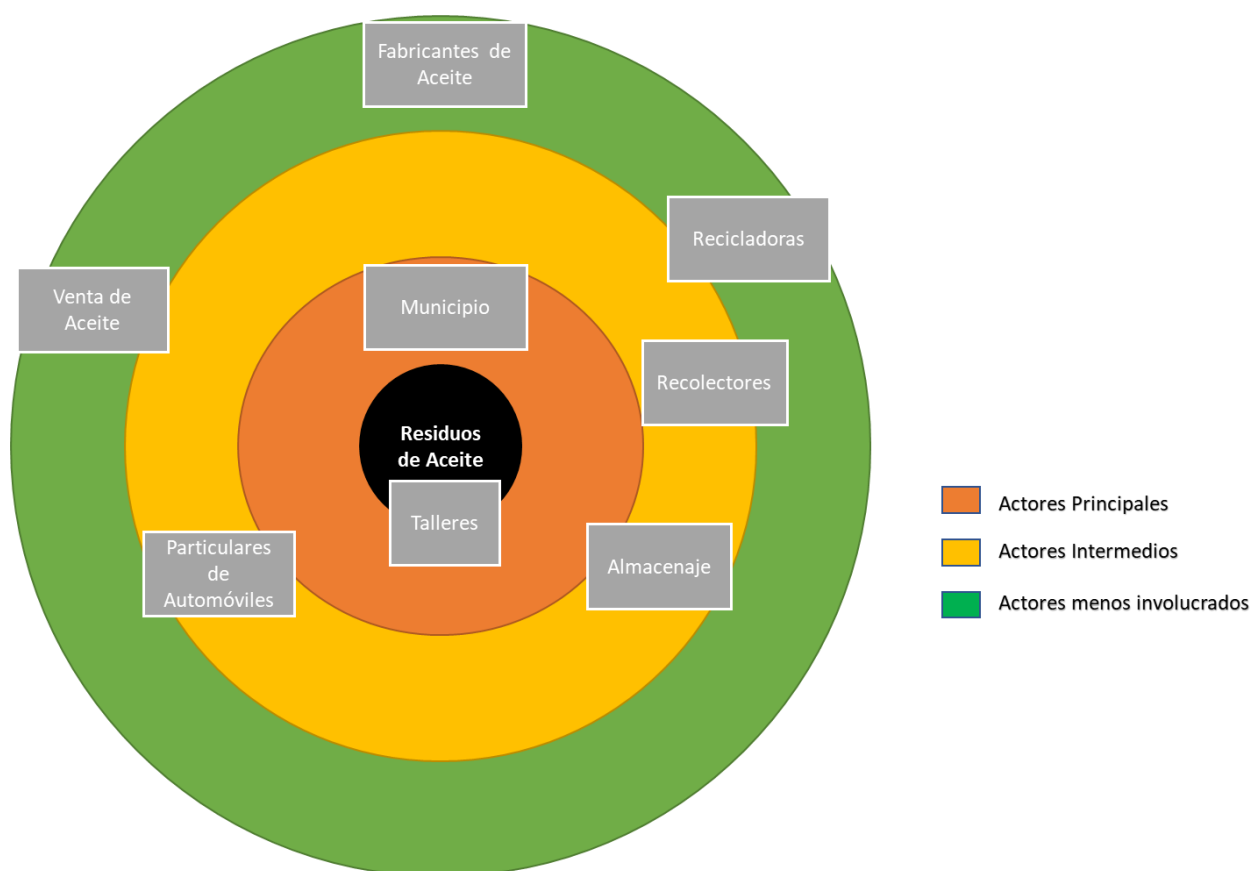


Ilustración 1 Mapa de actores que intervienen en el ciclo del aceite. Elaboración propia

De acuerdo con (Andrade, 2015) La participación de los actores en la cadena de suministro desempeña un papel fundamental en la protección del medio ambiente, es necesario obtener una licencia ambiental para dar inicio a actividades que puedan representar un riesgo ambiental. Se garantiza el derecho de participación en la gestión ambiental a través de mecanismos como consultas, audiencias públicas, iniciativas y acción popular.

La participación de los actores es fundamental para la recolección de datos e información que puedan proporcionar información sobre los métodos de trabajo que están empleando, información que se recopila mediante una encuesta en la región, en primer lugar, se establecen los objetivos de la encuesta y las preguntas específicas que se van a realizar. Se pregunta sobre la experiencia de los encuestados en la recolección de aceite, los tipos de aceite que manejan, los métodos de recolección y transporte, los procesos de reciclaje y refinación, y los desafíos que enfrentan en su trabajo.

Se selecciona una muestra representativa de encuestados que incluya a los diferentes actores involucrados en la recolección de aceite, como empresas de recolección, talleres

mecánicos, gestores de residuos y consumidores finales. Se utilizan diferentes métodos de muestreo.

Durante la encuesta, se establece un clima de confianza y respeto, y se hacen preguntas abiertas que permitan a los entrevistados expresarse libremente.

Por último, se analizan los resultados de las encuestas y se sintetiza la información obtenida en un informe que permita identificar los principales actores involucrados en la recolección de aceite en Orizaba, sus funciones y responsabilidades, así como los desafíos y oportunidades que enfrentan. Esta información puede ser útil para desarrollar estrategias de gestión de residuos y promover prácticas sostenibles en la industria automotriz.

3.3.1 Diseño de la encuesta

De acuerdo con (Hernández & Velasco, 2000) La utilización de encuestas transversales es de gran relevancia en la recolección de información de los actores que participan en la gestión de aceites usados. Estos estudios epidemiológicos observacionales permiten obtener datos sobre la frecuencia y distribución de eventos relacionados con la salud y el manejo de los aceites usados. A través de estas encuestas, es posible recopilar información sobre las prácticas de manejo, las políticas implementadas, los conocimientos y las actitudes de los actores involucrados en el ciclo de vida de los aceites usados.

Las encuestas transversales ofrecen una visión instantánea de la situación actual, permitiendo estimar la prevalencia de prácticas adecuadas o inadecuadas en el manejo de los aceites usados. Brindan la oportunidad de explorar y generar hipótesis de investigación relacionadas con factores de riesgo, problemas ambientales y posibles áreas de mejora en la gestión de estos residuos.

Al capturar información de los actores a través de encuestas transversales, se obtiene un panorama completo de su participación en la gestión de aceites usados, lo que contribuye a identificar necesidades, diseñar estrategias de mejora y establecer políticas adecuadas. Estos datos son fundamentales para tomar decisiones informadas, implementar medidas efectivas y promover prácticas sostenibles en el ciclo de vida de los aceites usados, con el objetivo de minimizar su impacto ambiental y proteger la salud pública. En este caso, se pueden realizar encuestas a diversas partes interesadas, incluyendo talleres mecánicos,

recolectores de aceite, recicladoras de aceite y usuarios de vehículos, para conocer más sobre cómo se manejan actualmente los aceites usados.

Se pueden obtener datos sobre el proceso de recolección y transporte de los aceites usados, los lugares donde se almacenan y los métodos utilizados para su posterior reciclaje o disposición final. También se puede conocer si existen problemas o desafíos en el manejo de los aceites usados, como fugas o derrames, y cómo se abordan estos problemas.

Las encuestas también permiten conocer las prácticas actuales mayoritarias de los talleres mecánicos y los usuarios de vehículos en relación con el manejo de los aceites usados. Esto puede incluir información sobre cómo se cambian los aceites de los vehículos y cómo se almacenan y eliminan los aceites usados. Ver (Anexo 2).

3.3.2 Ciclo actual de los aceites automotrices

De acuerdo con (Zaga, 1957) El proceso comienza con la extracción del crudo, el cual es transportado a las refinerías para su refinado. Durante este proceso, el petróleo crudo es separado en diferentes componentes, cada uno con diferentes propiedades físicas y químicas. Estos componentes son sometidos a procesos de refinación y regeneración para obtener aceites base, los cuales son la materia prima para la fabricación de aceites lubricantes.

Los aceites base pueden ser de tres tipos: base mineral, base sintética y base PAO (polialfaolefina). Estos aceites son producidos en instalaciones especializadas, donde se mezclan diferentes aditivos y se les da un tratamiento térmico para mejorar sus propiedades lubricantes. Después de la fabricación, los aceites son envasados y distribuidos para su venta.

Una vez que los aceites llegan al consumidor, son extraídos por los talleres para su uso en vehículos y maquinarias. Los aceites pueden terminar en manos de recolectores y ser sometidos a reciclaje artesanal o a una mala disposición final. Por otro lado, los talleres deben ser almacenados, el tiempo necesario para ser recolectados por empresas especializadas en el reciclaje de aceites usados.

Los recolectores transportan los aceites usados a las recicladoras, donde son procesados para su refinado o regeneración. Durante este proceso, los aceites usados son sometidos a un tratamiento térmico para remover impurezas y recuperar sus propiedades lubricantes

originales. Una vez que el aceite es refinado o regenerado, es utilizado nuevamente como materia prima para la fabricación de aceites lubricantes o sub productos. Ver (Ilustración 2).

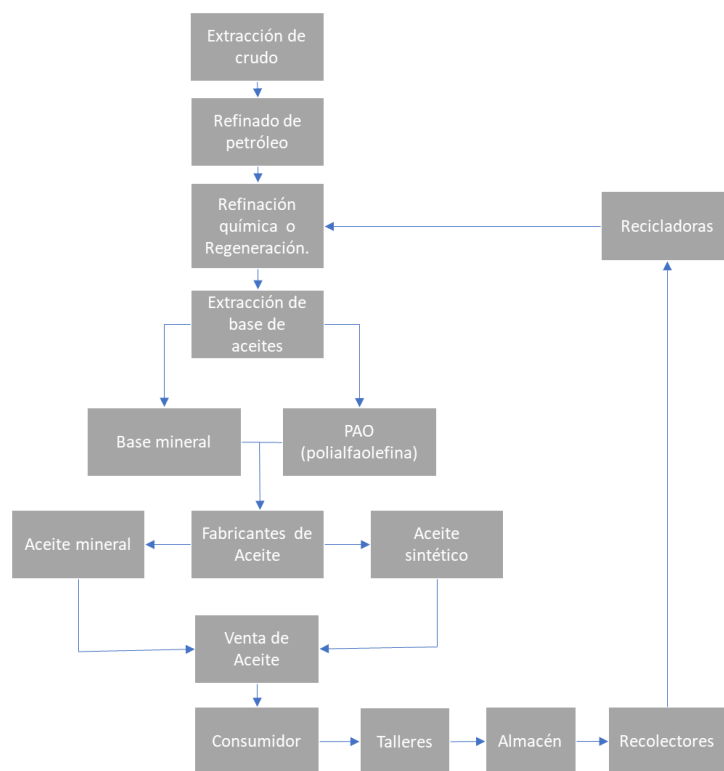


Ilustración 2 Interacción de actores en el ciclo del aceite. Elaboración propia

3.4 Diseño de un servicio para el correcto manejo, recolección y disposición final de los aceites lubricantes automotrices usados.

De acuerdo con (Morales et al., 2016) “El modelo Canvas es la implementación del Sistema de Gestión del Conocimiento, que permite pasar la idea del proyecto a una realidad tangible, considerando los diferentes requerimientos para su culminación exitosa.” La finalidad de diseñar y crear un servicio para el correcto manejo, recolección y disposición final de los aceites lubricantes usados es reducir los impactos negativos del aceite usado en el medio ambiente y la salud humana. La falta de gestión adecuada de los aceites lubricantes usados puede llevar a su disposición inapropiada en la naturaleza, lo que puede resultar en la contaminación del suelo, el agua y el aire. El aceite usado puede contener contaminantes como metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y otros productos químicos dañinos que pueden tener efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Un servicio adecuado para el manejo y la disposición final de aceites lubricantes

usados es esencial para minimizar estos riesgos y promover una gestión adecuada y sostenible de los residuos. Esto puede incluir la recolección y transporte adecuados de aceites usados, la regeneración y refinación de aceites usados en aceites base y la promoción de prácticas sostenibles y responsables para su disposición final. Un servicio efectivo y sostenible para la gestión de aceites lubricantes usados puede ayudar a garantizar la protección del medio ambiente y la salud humana, mientras se maximiza la recuperación de recursos y se promueve una economía circular y sostenible.

Como modelo de negocio, ofrecer un servicio para la recolección de aceite automotriz usado implica tener en cuenta diferentes aspectos para su correcta operación y sostenibilidad. En primer lugar, es necesario identificar a los socios clave que puedan apoyar en la recolección, transporte y disposición final del aceite usado, como pueden ser empresas de transporte y centros de reciclaje, para entonces darle comercialización al aceite recolectado y transformar el resto mediante destilado en aceites base para la fabricación de subproductos. Ver (Ilustración 3) en donde se muestran los puntos principales en los que se centra el modelo de servicio.



Ilustración 3 Puntos en los que se centra el modelo de servicio. Elaboración propia

3.4.1 Cadena de suministro logística inversa.

Siguiendo lo definido por (Bustos F & Carlos E, 2015), la cadena de suministro de logística inversa del modelo general del servicio de recolección de aceites automotrices quemados se caracteriza por elevar el valor del aceite a medida que progresa en el proceso. Inicialmente, se genera el aceite quemado en talleres automotrices, donde su valor es bajo al considerarse un residuo.

Se realiza la recolección y el adecuado almacenamiento del aceite quemado para su posterior manejo, priorizando la seguridad y la prevención de la contaminación. Una vez almacenado, se procede a evaluar y clasificar el aceite quemado en función de sus características y calidad.

Se busca maximizar el valor del aceite quemado mediante su venta a otras industrias que pueden utilizarlo como materia prima en sus procesos de producción. Estas industrias pueden abarcar la fabricación de productos químicos, la producción de asfalto y la generación de energía, entre otros sectores. De esta manera, se logra reutilizar el aceite quemado y evitar su disposición inadecuada.

En caso de que parte del aceite quemado no encuentre compradores en estas industrias, se lleva a cabo un proceso de destilación para neutralizarlo y eliminar sus componentes contaminantes. Este proceso tiene como objetivo obtener aceites base de alta calidad, los cuales pueden utilizarse en la fabricación de nuevos productos, como lubricantes y grasas industriales. Estos aceites base tienen un valor más elevado en comparación con el aceite quemado original, lo que contribuye a aumentar el valor de los subproductos generados.

La cadena de suministro de logística inversa del servicio de recolección de aceites automotrices quemados busca elevar el valor de estos residuos mediante su almacenamiento seguro, venta a otras industrias y, en caso necesario, su destilación para obtener aceites base de mayor calidad. De esta manera, se promueve la economía circular y se reduce el impacto ambiental asociado con la disposición inadecuada de los aceites quemados.

Es importante destacar que este proceso de logística inversa de los aceites automotrices quemados forma parte de un ciclo continuo. Después de obtener los aceites base de alta calidad a través del proceso de destilación, estos productos se ponen nuevamente a disposición del mercado y se venden a los consumidores.

A medida que los aceites base se utilizan en diferentes aplicaciones industriales, su valor va disminuyendo gradualmente. Una vez que estos aceites alcanzan su fin de vida útil, se vuelven a considerar como residuos y pueden ser recolectados nuevamente en talleres automotrices y otros puntos de generación.

Se reinicia el proceso de logística inversa, donde los aceites usados son recolectados, almacenados y nuevamente evaluados para su posterior venta a otras industrias o sometidos al proceso de destilación. Este ciclo de recolección, reutilización, destilación y venta se repite una y otra vez, permitiendo maximizar el valor de los aceites automotrices a lo largo del tiempo y minimizando su impacto ambiental.

Este enfoque de ciclo cerrado en la gestión de los aceites automotrices quemados contribuye a la sostenibilidad y a la reducción de la dependencia de materias primas vírgenes. Fomenta la economía circular al promover la reutilización de recursos y la reducción de residuos.

La cadena de suministro de logística inversa del servicio de recolección de aceites automotrices quemados se trata de un ciclo continuo en el que los aceites usados son recolectados, procesados y vuelven a ponerse en el mercado. Aunque su valor puede disminuir en cada ciclo, el proceso se repite de manera sostenible, maximizando el aprovechamiento de los recursos y reduciendo su impacto ambiental. Ver (Ilustración 4)

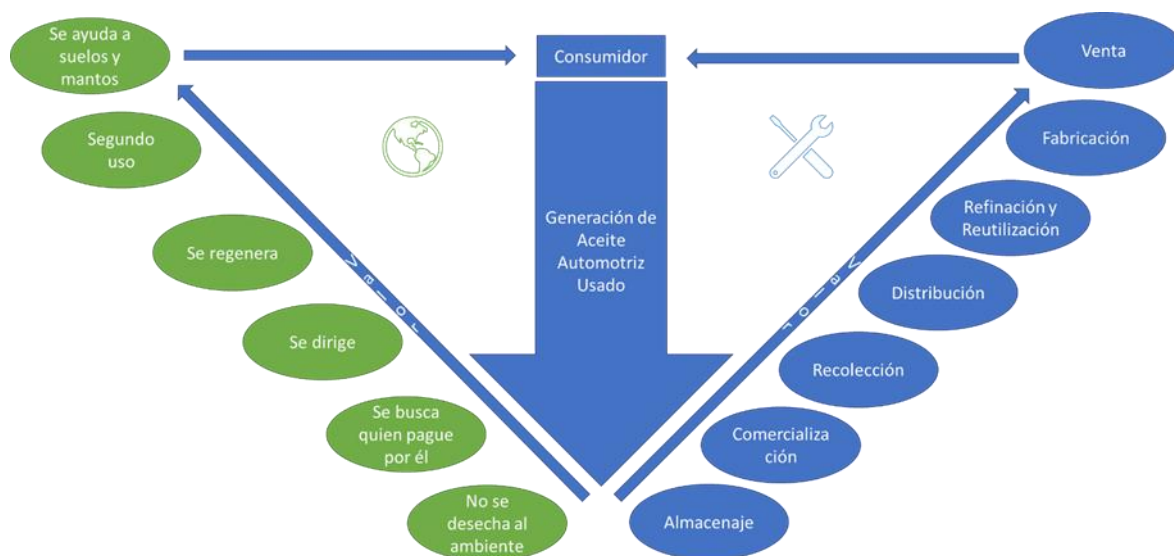


Ilustración 4 Modelo de logística a implementar. Elaboración propia

3.4.2 Preceptos

En un modelo de negocio, los preceptos se utilizan para fijar los valores y principios fundamentales que rigen el funcionamiento y la toma de decisiones de una empresa. Estos preceptos establecen la cultura empresarial y dirigen la conducta y acciones de los líderes y empleados de la empresa. Los preceptos ayudan a alinear la empresa con su visión y misión, asegurando que todas las actividades y objetivos estén en consonancia con la estrategia a largo plazo de la empresa. Los preceptos también pueden ser útiles para construir la reputación y la marca de la empresa, puesto que se espera que la empresa actúe siempre de acuerdo con estos principios y valores en todas sus relaciones con clientes, proveedores y la comunidad en general. Los preceptos en un modelo de negocio son fundamentales para definir la identidad, cultura y ética de la empresa, lo que contribuye a su éxito y sostenibilidad en el tiempo. Los preceptos para el modelo de servicio dirigido a la recolección y correcta disposición de aceites lubricantes usados, son los siguientes:

Seguridad: Se deben seguir las normas y regulaciones pertinentes para garantizar la seguridad de los trabajadores y la protección del medio ambiente.

Puntualidad: El servicio de recolección de aceite automotriz usado debe asegurarse de recoger el aceite en los plazos acordados para evitar retrasos innecesarios.

Compromiso: El servicio de recolección de aceite automotriz usado debe estar comprometido con la gestión responsable y ambientalmente segura del aceite usado, y con proporcionar un servicio de calidad a sus clientes.

Honestidad: El servicio de recolección de aceite automotriz usado debe ser transparente y honesto en todas sus operaciones, desde el proceso de recolección hasta la disposición final del aceite usado.

Cumplir con las leyes y regulaciones nacionales y locales: El servicio de recolección de aceite automotriz usado debe cumplir con todas las leyes y regulaciones locales y nacionales relacionadas con el manejo de residuos peligrosos.

Responsabilidad Ambiental: El servicio de recolección de aceite automotriz usado debe asegurarse de que el aceite usado se gestione de manera responsable y ambientalmente segura para evitar impactos negativos en el medio ambiente.

Eficiencia: El servicio de recolección de aceite automotriz usado debe trabajar de manera eficiente para garantizar que la recolección y la gestión del aceite usado se realicen de manera oportuna y sin retrasos innecesarios.

3.4.3 Modelo CANVAS

El Canvas de un modelo de negocio para el servicio de recolección de aceites usados incluye diversos elementos clave que son necesarios para el funcionamiento eficiente y sostenible del negocio. Uno de los elementos importantes son los socios clave, que incluyen proveedores de servicios de transporte y los centros de reciclaje de aceites usados. Estos socios clave ayudan en la recolección y disposición final adecuada de los aceites usados.

Las actividades clave incluyen la recolección y el almacenamiento adecuado del aceite usado, así como el transporte seguro y eficiente a los centros de reciclaje. La propuesta de valor se centra en ofrecer una solución conveniente y eficiente para el manejo de aceites usados para los talleres mecánicos.

La relación con el cliente se basa en proporcionar un servicio confiable y de alta calidad para satisfacer las necesidades de los talleres mecánicos que buscan una manera fácil de manejar y desechar adecuadamente el aceite usado. Los segmentos de clientes incluyen talleres mecánicos de todo tipo y tamaño, que generan grandes cantidades de aceite usado y buscan soluciones rentables y convenientes para su manejo.

Los recursos clave necesarios incluyen un equipo de transporte adecuado, personal capacitado y un sistema de almacenamiento seguro y eficiente. Los canales de distribución incluyen la promoción del servicio a través de la publicidad en línea y la participación en eventos locales de la industria automotriz.

La estructura de costos incluye gastos de transporte, almacenamiento, refinamiento, neutralización y disposición final, así como costos de publicidad y marketing. La fuente de ingresos principal es la tarifa cobrada por los servicios de recolección, distribución, regeneración y disposición final del aceite usado, así como la venta del aceite recolectado para su reciclaje en el mercado secundario. Este CANVAS (Ilustración 5) de modelo de negocio asegura una solución eficiente, segura y sostenible para la gestión de aceites usados en talleres mecánicos.



Ilustración 5 CANVAS del servicio propuesto para la correcta disposición final de aceites automotrices usados. Elaboración propia.

3.4.4 Validación de los preceptos

En el contexto de un modelo de negocio centrado en la recolección de aceites usados, los preceptos son fundamentales para establecer los valores y principios que guían la operación y la toma de decisiones. Estos preceptos ayudan a definir la cultura empresarial y a orientar la conducta de los empleados y líderes de la empresa, así como a establecer la reputación y marca de la empresa en la comunidad y con los clientes. Ver (Tabla 4).

Precepto	Valor	Relación	Distribución	Actividades	Recursos	Alianzas
Empatía		X				
Seguridad			X			X
Puntualidad			X	X		X
Compromiso		X				X
Honestidad		X				X
Leyes a cumplir	X		X	X	X	
Responsabilidad ambiental	X			X	X	
Eficiencia	X		X		X	

Tabla 4 Validación de preceptos. Elaboración propia.

En el proceso de creación del modelo de negocio, se validan los preceptos mediante el uso de herramientas como el CANVAS. En este caso, los preceptos pueden validarse en el "Front" del modelo de negocio, donde se define la propuesta de valor y la relación con el cliente. La relación con el cliente podría ser fortalecida al demostrar el compromiso de la empresa con los valores y principios que establece.

También es importante validar los preceptos en el "back" del modelo de negocio, donde se definen los recursos clave, actividades clave, canales y estructuras de costos. En este contexto, los preceptos pueden validar la elección de socios clave y la selección de canales y recursos que están en línea con los valores y principios de la empresa.

3.4.5 Front Office

se diseña de manera integral, teniendo en cuenta los preceptos establecidos y las necesidades de los clientes. A través de una atención orientada al servicio, se establece una comunicación efectiva con los generadores de aceites usados, comprendiendo sus requerimientos y expectativas.

El enfoque centrado en el cliente permite captar de manera efectiva los datos relevantes para la recolección de aceites usados. Se realiza un proceso detallado de recolección de información que proporciona datos precisos sobre la ubicación de los generadores, la cantidad de aceites usados generados y la frecuencia de recolección requerida. Esto facilita una planificación eficiente de las rutas de recolección y una asignación adecuada de los recursos, optimizando el proceso en términos de tiempo y costo.

El front office ofrece asesoramiento especializado sobre la disposición adecuada de los residuos de aceites usados. Los expertos en el tema proporcionan información detallada sobre las regulaciones ambientales y los procesos de tratamiento y reciclaje disponibles. Esto permite a los clientes tomar decisiones informadas y responsables en cuanto a la gestión de sus aceites usados, fomentando así la economía circular y la logística inversa.

La integración de la economía circular en el proceso de recolección de aceites usados se logra promoviendo y fomentando la reutilización y el reciclaje de estos residuos. En lugar de considerar los aceites usados como desechos sin valor, se les da una nueva vida y utilidad a través del proceso de destilado y posterior almacenamiento como aceites base. Esto cierra el ciclo de los aceites usados, evitando su disposición inadecuada y maximizando su aprovechamiento como materia prima para la producción de nuevos productos.

El front office en el proceso de recolección de aceites usados demuestra ser una parte fundamental en la implementación de la economía circular y la logística inversa. A través de una atención personalizada, la captación de datos relevantes, el asesoramiento especializado y la promoción del reciclaje, se logra una gestión eficiente y sostenible de los aceites usados, generando beneficios económicos, ambientales y sociales tanto para los generadores como para el medio ambiente en general. Ver (Anexo 3).

3.4.6 Back Office

El back office en el proceso de recolección de aceites usados se desarrolla de manera integral, cumpliendo con los preceptos establecidos y garantizando una gestión eficiente de los aspectos logísticos y administrativos de la operación.

En el ámbito logístico, el back office se encarga de planificar y coordinar las actividades relacionadas con la recolección de aceites usados. Se realiza una programación eficiente de las rutas de recolección, teniendo en cuenta la ubicación de los generadores, la demanda y la capacidad de los vehículos de recolección. Esto permite optimizar el uso de los recursos y minimizar los tiempos de traslado.

En cuanto a la administración, el back office se encarga de gestionar los procesos internos y garantizar el cumplimiento de las regulaciones y normativas vigentes. Se realizan los trámites necesarios para obtener las autorizaciones y permisos requeridos para la recolección, almacenamiento y disposición final de los aceites usados. Se lleva un control exhaustivo de los registros y documentos relacionados con la operación.

La integración de la economía circular y la logística inversa se ve reflejada en el back office a través de la implementación de prácticas sostenibles. Se establecen protocolos de seguridad y manejo adecuado de los residuos, promoviendo la minimización de impactos ambientales y la maximización del aprovechamiento de los recursos. Se establecen mecanismos de seguimiento y evaluación para medir el desempeño y mejorar continuamente los procesos.

El back office en el proceso de recolección de aceites usados despliega una gestión integral que abarca desde la planificación logística hasta la administración y cumplimiento de regulaciones. Su enfoque en la eficiencia, la sostenibilidad y el cumplimiento de los preceptos establecidos permite garantizar una operación fluida y responsable, contribuyendo así a la economía circular y la logística inversa en el manejo de los aceites usados. Ver (Anexo 3).

3.4.7 Certificaciones y cursos

La certificación en gestión ambiental: proporciona conocimientos sobre los aspectos ambientales y las mejores prácticas relacionadas con la recolección y gestión de residuos, incluyendo los aceites usados. Algunas certificaciones en este campo son ISO 14001 y EMAS.

El curso de manejo de residuos peligrosos ofrece conocimientos específicos sobre la clasificación, manejo, transporte y disposición final de residuos peligrosos, incluyendo los aceites usados.

El curso de seguridad y salud ocupacional: brinda formación en seguridad y salud relacionada con la recolección de aceites usados.

La certificación en transporte de mercancías peligrosas: es recomendable para aquellos involucrados en el transporte de aceites usados.

3.4.8 Permisos

Licencia ambiental: es un requisito fundamental para realizar la recolección y disposición adecuada de los aceites usados.

Normativa local: puede ser necesario contar con un registro como gestor de residuos peligrosos. Este registro acredita que la empresa está autorizada para manejar y transportar adecuadamente los aceites usados, garantizando así la seguridad y el cumplimiento de los protocolos establecidos para este tipo de residuos.

Autorización de transporte de residuos peligrosos: Esta autorización permite el traslado seguro y adecuado de los aceites usados desde los puntos de generación hasta los lugares de tratamiento o disposición final, siguiendo los procedimientos y medidas de seguridad necesarios.

Permisos municipales específicos: Estos permisos municipales aseguran que la recolección se realice de acuerdo con las regulaciones locales y garantizan la correcta gestión de los aceites usados a nivel municipal, contribuyendo así a la protección del medio ambiente y la salud pública.

3.4.9 Ventajas del nuevo modelo propuesto

En este modelo de economía circular, el valor ambiental es un aspecto clave. No se busca deshacerse del aceite usado de manera irresponsable y se busca que alguien pague el daño ambiental de manera indirecta. Se dirige el aceite usado a un lugar que no contamine y se le da una segunda oportunidad al ambiente al reciclar o refinar el aceite. Este segundo

uso genera un valor ambiental importante, ya que ayuda a proteger los suelos y mantos acuíferos.

El aceite reciclado llega al consumidor en su mejor presentación y valor. Todo lo anterior es el valor técnico, pero también se tiene en cuenta el valor ambiental que ofrece este modelo. El consumidor tiene la posibilidad de adquirir un producto de alta calidad y que ayuda al medio ambiente al ser fabricado a partir de un recurso que antes era considerado un desecho.

3.5 AHP Y QFD como evaluador de alternativas tecnológicas

En el contexto de la recolección de aceites usados, se emplearon AHP (Análisis Jerárquico de Procesos) y QFD (Despliegue de la Función de Calidad) como evaluadores de alternativas tecnológicas. Estas metodologías fueron utilizadas para identificar y seleccionar las mejores opciones tecnológicas en aspectos clave del proyecto, como el medio de transporte para la recolección y el proceso de renovación del aceite.

3.5.1 Camión pipa

Identificar el vehículo más adecuado para la recolección de aceite a lo largo del municipio de Orizaba, Veracruz. En este escenario, se examinará el camión recolector de aceite residual con una capacidad de 10,000 litros. Este vehículo se distingue por tener compartimientos múltiples, un sistema de bombeo múltiple y un motor diésel con una potencia máxima de 240CV. La evaluación se llevará a cabo mediante el método de Despliegue de la Función de Calidad (QFD) como se presenta. Ver (Ilustración 6).



Ilustración 6 [fotografía] Camión pipa de CSCTRUCK, 2023. (<https://www.csc-trucks.com/tank-truck/fuel-tank-truck/10000-liters-waste-oil-collection-truck.html>)

3.5.2 Definición de demandas

El próximo paso implica identificar las diversas demandas primarias del camión que deben ser evaluadas. A partir de estas demandas primarias, se derivarán las demandas secundarias, y se determinarán las escalas de medición aplicables. Ver (Tabla 5).

Demandas primarias	Demandas secundarias	Escala de medición
Capacidades de contenedor	Que transporte material liquido	Litros
	Buen tamaño de la bomba	Metros cuadrados
	Carga máxima eficiente	No aplica
	Diseño de forma compacta	Volumen
Rapidez	Tiempo de traslado eficaz	Minutos
	Poco tiempo de recolección	Minutos
	Peso que puede llevar	Litros
	Distancia de recolección	Kilómetros
	Velocidad que alcanza	Desplazamiento y tiempo
Movilidad	Tamaño del camión	Metros cuadrados
	Disponibilidad de traslado	No aplica
	Rutas optimas	Kilómetros
	Congestión vial	No aplica
	Accidentes viales	No aplica
Durabilidad	Horas de trabajo	Minutos
	Resistencia al calor	Tipo de material
	Tipo de material	Acero inoxidable
	Vida útil del camión	Tipo de materia
Sencillez de uso	Fácil entendimiento	No aplica
	Usabilidad	No aplica
	Capacitación de la unidad	No aplica

Tabla 5 Definición de demandas para camión pipa. Elaboración propia.

3.5.3 Metodología Analitic Hierarchy Process (AHP) del transporte

Se procederá a comparar todas las demandas entre sí con el objetivo de determinar cuáles son las más relevantes. Esta evaluación es esencial para identificar las demandas que deben priorizarse en aras de satisfacer las expectativas del cliente. Se llevará a cabo una comparación entre las demandas primarias. Ver (Tabla 6, 7 y 8).

Atributos	Notación
capacidad de carga	C
rapidez	R
movilidad	M
durabilidad	D
sencillez de uso	S

Tabla 6 Atributos primarios del camión pipa

Comparación Paralela	C	R	M	D	S
C	1	0.2	3	0.33333333	3
R	5	1	7	2	3
M	0.33333333	0.14285714	1	0.33333333	0.2
D	3	0.5	3	1	0
S	0.33333333	0.33333333	5	0	1
Suma Columna	9.66666667	2.17619048	19	3.66666667	7.2

Tabla 7 Comparación paralela #1

	C	R	M	D	S	SUMA	Wi	%	calificación
C	0.10344828	0.09190372	0.15789474	0.09090909	0.41666667	0.86082249	0.1721645	17.216%	3
R	0.51724138	0.4595186	0.36842105	0.54545455	0.41666667	2.30730224	0.46146045	46.146%	1
M	0.03448276	0.06564551	0.05263158	0.09090909	0.02777778	0.27144672	0.05428934	5.429%	5
D	0.31034483	0.2297593	0.15789474	0.27272727	0	0.97072614	0.19414523	19.415%	2
S	0.03448276	0.15317287	0.26315789	0	0.13888889	0.58970241	0.11794048	11.794%	4
Suma Columna	1	1	1	1	1	5	1	100%	

Tabla 8 Comparación paralela #2

Evaluar la inconsistencia:

$$\lambda \text{ Max} = \sum (\text{Sum Col} * W_i) = 5.261017488$$

$$IC = (\lambda \text{ Max} - n) / (n - 1) \quad n = \text{No. De parámetros}$$

$$IC = 0.065254372 \quad / \quad RCI = IC/ICA$$

$$RCI = 5.8\%$$

Una vez obtenida la importancia de cada demanda primaria y su respectiva calificación, se visualizarán las demandas que tienen un impacto más significativo en la casa de la calidad. Este proceso se replicará para las demandas secundarias, con el fin de obtener las importancias individuales de cada una.

3.5.4 Casa de calidad

Una vez consideradas todas las importancias de las demandas secundarias, se identifican las necesidades que no resultan esenciales para cumplir con el objetivo establecido. En este proceso, se seleccionan únicamente aquellas demandas que poseen una relevancia mayor, con el propósito de reducir el alcance del análisis. Este enfoque busca optimizar el estudio, centrándose en aspectos críticos y omitiendo aquellos que tienen un impacto menor Ver (Tabla 9).

Demandas primarias	%	Demandas secundarias	Promedio	Importancia
Capacidades de contenedor	0.295	Que transporte material liquido	0.3837	11.3%
		Buen tamaño de la bomba	0.1872	5.5%
		Carga máxima eficiente	0.3674	10.8%
		Diseño de forma compacta	0.0617	1.8%
Rapidez	0.295	Tiempo de traslado eficaz	0.3626	10.7%
		Poco tiempo de recolección	0.1944	5.7%
		Peso que puede llevar	0.2754	8.1%
		Distancia de recolección	0.1181	3.5%
		Velocidad que alcanza	0.0494	1.5%
Movilidad	0.133	Tamaño del camión	0.3876	5.2%
		Disponibilidad de traslado	0.0310	0.4%
		Rutas optimas	0.3395	4.5%
		Congestión vial	0.1642	2.2%

		Accidentes viales	0.0777	1.0%
Durabilidad	0.234	Horas de trabajo	0.4075	9.6%
		Resistencia al calor	0.1633	3.8%
		Tipo de material	0.2710	6.4%
		Vida útil del camión	0.0974	2.3%
		Mantenimiento fácil	0.0608	1.4%
Sencillez de uso	0.043	Fácil entendimiento	0.7504	3.2%
		Usabilidad	0.0599	0.3%
		Capacitación de la unidad	0.1897	0.8%
				100.0%

Tabla 9 Casa calidad camión pipa

Al desechar las demandas secundarias que carecen de un impacto significativo en el proyecto, se logra avanzar con una base más sólida para la próxima evaluación. Este proceso de selección permite concentrarse en aspectos más relevantes y contribuye a la eficiencia del análisis.

3.5.5 Tabla planeación

La siguiente tabla (Tabla 10) se utiliza para la evaluación de la competencia, estas pueden ser subjetivas y dependen de un experto evaluador. Ofrecen una guía útil para establecer un posicionamiento claro de las demandas que se deben calificar en comparación con otras de la misma índole.

Demandas primarias	%	Demandas secundarias	promedio	Importancia	Importancia	evaluación cliente						Valor objetivo		Tasa de mejora	Valor estratégico	Importancia comp.	Norm. De la Imp. Com. %		
						Nuestro	comp1	comp2	comp3										
capacidades de contenedor	29%	que transporte material líquido	0.3837	11.3153	0.113	5	56.5763	5	56.57632	3	33.94579	3	33.945793	5	56.5763	1.00	1	11.32	8.50
		buen tamaño del la bomba	0.1872	5.5195	0.055	4	22.078	3	16.5585	2	11.039	5	27.597499	4	22.078	1.00	1.5	8.28	6.22
rapidez	29%	carga máxima eficiente	0.3674	10.8339	0.108	5	54.1695	5	54.16955	3	32.50173	5	54.169548	5	54.1695	1.00	1.5	16.25	12.21
		tiempo de traslado eficaz	0.3626	10.6818	0.107	4	42.7272	2	21.36359	4	42.72717	4	42.727171	5	53.409	1.25	1	13.35	10.03
		poco tiempo de recolección	0.1944	5.7273	0.057	3	17.1818	2	11.45454	2	11.45454	3	17.181816	5	28.6364	1.67	2	19.09	14.34
		peso que puede llevar	0.2754	8.1133	0.081	5	40.5665	5	40.56655	3	24.33993	3	24.33993	5	40.5665	1.00	1.5	12.17	9.14
		distancia de recolección	0.1181	3.4798	0.035	4	13.9194	3	10.43954	3	10.43954	3	10.439539	5	17.3992	1.25	1	4.35	3.27
movilidad	13%	tamaño del camión	0.3876	5.1698	0.052	5	25.8488	5	25.84881	3	15.50929	4	20.679049	4	20.679	0.80	1.5	6.20	4.66
		rutas optimas	0.3395	4.5290	0.045	3	13.5871	2	9.058055	4	18.11611	1	4.5290273	4	18.1161	1.33	1	6.04	4.54
		congestión vial	0.1642	2.1908	0.022	3	6.5725	1	2.190833	5	10.95416	1	2.1908329	4	8.76333	1.33	1	2.92	2.19
durabilidad	23%	horas de trabajo	0.4075	9.5529	0.096	4	38.2115	3	28.65861	4	38.21148	2	19.105741	3	28.6586	0.75	1	7.16	5.38
		resistencia al calor	0.1633	3.8283	0.038	4	15.3133	5	19.14158	3	11.48495	5	19.141583	5	19.1416	1.25	1.5	7.18	5.39
		tipo de material	0.2710	6.3521	0.064	5	31.7605	4	25.40843	3	19.05632	5	31.760538	5	31.7605	1.00	1.5	9.53	7.16
		vida útil del camión	0.0974	2.2825	0.023	4	9.13007	3	6.84755	3	6.84755	3	6.8475496	5	11.4126	1.25	1	2.85	2.14
sencillez de uso	4%	fácil entendimiento	0.7504	3.2070	0.032	2	6.41399	2	6.413988	4	12.82798	4	12.827975	4	12.828	2.00	1	6.41	4.82
						0.9278	394.1		334.7		299.5		327.5		424.2			133.11	100.00

Tabla 10 Tabla planeación camión pipa

3.5.6 Matriz de relaciones para el camión pipa

Con todas las demandas secundarias de mayor importancia identificadas, el siguiente paso es proponer pruebas que se deben llevar a cabo para asegurar que el objeto a evaluar cumpla con los requisitos más específicos. Esto se logra mediante una matriz de relaciones entre la calidad exigida y las pruebas que deben realizarse. Ver (Tabla 11 y 12).

Símbolo		Valor
n	Relación fuerte	9
•	Media	3
y	Débil	1
●	No hay relación	0

Tabla 11 Valores de matriz de relaciones #1

La siguiente tabla (Tabla 12) proporciona una herramienta para medir los niveles de relación que pueden existir entre las pruebas, permitiendo calificar e identificar aquellas pruebas que pueden tener un mayor impacto en la evaluación general.

				Pruebas a realizar														
Calidad exigida				capacidad de trasportar aceite	prueba de extraccion de aceite	prueba de carga optima de aceite	prueba de velocidad del camion	velocidad de recoleccion de aceite	no exeder de carga optima de aceite	prueba de las rutas a tomar	movilizacion del camion en la ciudad	mejores rutas eficientes	probabilidad del trafico en la ciudad	tiempo de uso del camion	resistencia al temperaturas extremas	resistencia al clima	uso sin complicaciones el tiempo requerido	facil manejo de la unidad
que trasporte material liquido				●	⊖	○	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	○	⊖
buen tamaño del la bomba				○	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○
carga máxima eficiente				●	○	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
tiempo de traslado eficaz				○	⊖	●	○	●	●	○	○	○	○	○	●	●	●	●
poco tiempo de recolección				○	●	●	●	●	⊖	○	○	○	●	●	●	●	●	●
peso que puede llevar				⊖	⊖	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
distancia de recolección				●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
tamaño del camion				●	●	●	●	●	●	○	●	●	○	●	○	●	○	○
rutas optimas				●	●	●	○	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●
congestion vial				●	●	●	●	●	●	○	●	⊖	●	●	●	●	●	●
horas de trabajo				●	●	●	●	●	●	○	○	●	○	●	⊖	●	○	○
resistencia al calor				●	●	○	●	●	○	⊖	●	●	⊖	○	●	●	●	●
tipo de material				●	●	○	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	○	●
vida util del camion				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	⊖	●	●	○
facil entendimineto				●	○	●	○	●	●	○	○	⊖	●	●	●	●	●	●

Tabla 12 Matriz de relaciones camión pipa

La tabla se completa asignando los valores correspondientes a todas las relaciones identificadas, obteniendo así la importancia ponderada. Se complementa con la tabla de planificación para el camión pipa, que indica los valores obtenidos mediante la comparación con competidores. Estos valores estarán presentes para comparar las pruebas a realizar. Ver (Tabla 13).

Calidad exigida	Pruebas a realizar															Valor objetivo	Tasa de mejora	Valor estratégico	Importancia comp.	Norm. De la Imp. Com. %
	capacidad de transportar aceite	prueba de extracción de aceite	prueba de carga optima de aceite	prueba de velocidad del camion	velocidad de recolección de aceite	no exceder de carga optima de aceite	prueba de las rutas a tomar	movilización del camion en la ciudad	mejores rutas eficientes	probabilidad del trafico en la ciudad	tiempo de uso del camion	resistencia al temperatura externas	resistencia al clima	uso sin complicaciones e tiempo requerido	facil manejo de la unidad					
que transporte material liquido	●	45	○	15	●	○	15	●	○	○	○	○	15	○	15	○	5	45	1.00	8.50
buen tamaño del la bomba	○	12	○	12	○	12	○	○	○	○	○	○	○	○	12	○	4	36	1.00	6.22
carga máxima eficiente	●	45	○	15	○	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5	45	1.00	12.21
tiempo de traslado eficaz	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	○	5	45	1.00	10.03
poco tiempo de recolección	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	○	5	45	1.00	19.09
peso que puede llevar	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	○	5	45	1.00	9.14
distancia de recolección	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	○	5	45	1.00	3.27
tamaño del camion	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	○	4	36	1.00	4.66
rutas optimas	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	○	4	36	1.00	4.54
congestion vial	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	○	4	36	1.00	2.19
horas de trabajo	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	○	4	36	1.00	5.38
resistencia al calor	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	○	5	45	1.00	5.39
tipo de material	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	○	5	45	1.00	7.16
vida útil del camion	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	15	○	○	5	45	1.00	2.14
facil entendimiento	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	12	○	○	4	36	1.00	4.82
Importancia ponderada	227	123	183	54	117	140	161	180	155	134	117	125	90	123	80	612				
% Importancia	37.0915033	20.0980392	29.9013608	8.82352941	19.1176471	22.875817	26.3071895	29.4117647	25.3267974	21.8954248	19.1176471	20.4248366	14.7058824	20.0980392	14.5424837	100				
Nosotros	3000	si	si	100	20	10,000	no	no	no	si	8	si	si	no	no					
Competidor 1	3000	no	no	100	30	5,000	si	si	si	no	8	si	si	no	no					
Competidor 2	2000	no	no	100	30	2,000	si	si	si	no	8	si	si	no	no					
Competidor 3	3000	no	si	100	50	8,000	son	no	no	si	8	si	si	no	no					
Valor deseado	3,000 litros	bombero multiplo	carga optima	100m/s	30 min	10,000 litros	accesible	accesible	accesible	causa trafico	8 horas	resistencia al calor	resistencia al clima	tiempo complicaciones	manejo facil					

Tabla 13 Planeación del producto camión pipa

3.5.7 Medidas de desempeño

A partir del AHP, se establecieron las cualidades exigidas por el cliente, las cuales impactarían positivamente en su satisfacción. La voz del cliente se traduce en especificaciones a las que se les asigna una medida de desempeño y una prueba que evalúe esta medida. Ver (tabla 14).

Calidad exigida	Medidas de desempeño	Pruebas a realizar
Que transporte material liquido	Medidas del camión	Capacidad de transportar aceite
Buen tamaño de la bomba	Medidas de la bomba	Prueba de extracción de aceite
		Compatible con los tanques de aceite
Carga máxima eficiente	Capacidad de la pipa	Prueba de carga optima de aceite
Tiempo de traslado eficaz	Desempeño del camión	Prueba de velocidad del camión
Poco tiempo de recolección	Capacidad de la bomba	velocidad de recolección de aceite
Peso que puede llevar	Medidas del camión	No exceder de carga optima de aceite
Distancia de recolección	Medidas de la ciudad	Prueba de las rutas a tomar
Tamaño del camión	Medidas del camión	Movilización del camión en la ciudad
Rutas optimas	Medidas de la ciudad	Mejores rutas eficientes

Congestión vial	Medidas de la ciudad	Probabilidad del tráfico en la ciudad
Horas de trabajo	Medidas del camión	Tiempo de uso del camión
Resistencia al calor	Medidas del camión	Resistencia a las temperaturas extremas
Tipo de material	Medidas del camión	Resistencia al clima
Vida útil del camión	Medidas del camión	Uso sin complicaciones el tiempo requerido
Fácil entendimiento	Desempeño del trabajador	Fácil manejo de la unidad

Tabla 14 Medidas de desempeño camión pipa

3.5.8 QFD completo

En la última tabla, se consolida la planificación del producto que incluye las medidas de desempeño, el benchmarking del producto y la gráfica de identificación de conflictos. Ver (Tabla 15).

Calidad exigida	capacidad de transportar aceite	prueba de extracción de aceite	prueba de carga óptima de aceite	prueba de velocidad del camión	velocidad de recolección de aceite	no exceder de carga óptima de aceite	prueba de las rutas a tomar	mobilización del camión en la ciudad	mejores rutas eficientes	probabilidad del tráfico en la ciudad	tiempo de uso del camión	resistencia al temperaturas extremas	resistencia al clima	uso sin complicaciones el tiempo requerido	facil manejo de la unidad	Valor objetivo	Tasa de mejora	Valor estratégico	Importancia comp.	Norm. De la Imp.	Com. %
que transporte material líquido	● 45	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	5	45	1.00	1.00	11.32	8.50
buen tamaño del la bomba	○ 12	● 36	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	4	36	1.00	1.50	8.28	6.22
carga máxima eficiente	● 45	○ 15	● 45	○ 15	○ 15	● 45	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	5	45	1.00	1.50	16.25	12.21
tiempo de traslado eficaz	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	5	45	1.25	1.00	13.35	10.03
poco tiempo de recolección	○ 15	● 45	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	5	45	1.67	2.00	19.09	14.34
peso que puede llevar	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	5	45	1.00	1.50	12.17	9.14
distancia de recolección	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	5	45	1.25	1.00	4.35	3.27
tamaño del camión	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	4	36	0.80	1.50	6.20	4.66
rutas optimas	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	4	36	1.33	1.00	6.04	4.54
congestion vial	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	4	36	1.33	1.00	2.92	2.19
horas de trabajo	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	3	27	0.75	1.00	7.16	5.38
resistencia al calor	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	5	45	1.25	1.50	7.18	5.39
tipo de material	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	5	45	1.00	1.50	9.53	7.16
vida útil del camión	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	4	36	2.00	1.00	6.41	4.82
facil entendimineto	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	○ 12	4	36	2.00	1.00	6.41	4.82
Importancia ponderada	227	123	183	54	117	140	161	180	155	134	117	125	90	123	89	612					
% importancia	37.092	20.098	29.902	8.8235	19.118	22.876	26.307	29.412	25.327	21.895	19.118	20.425	14.706	20.098	14.542	100					
Nosotros	3000	si	si	100	20	10,000	no	no	no	si	8	si	si	no	si						
Competidor 1	3000	no	no	100	30	5,000	si	si	si	no	8	si	si	no	no						
Competidor 2	2000	no	no	100	30	2,000	si	si	si	no	8	si	si	no	si						
Competidor 3	3000	no	si	100	50	8,000	son	no	no	si	8	si	si	si	no						
Valor deseado	3,000 litros	bombas multiple	carga optima	100m/s	30 min	10,000 litros	accesible	accesible	accesible	causa trafico	8 horas	resistencia al calor	resiste al clima	tiene complicaciones	manejo facil						

Tabla 15 QFD camión pipa

Al completar el QFD y visualizar las relaciones entre los puntos a evaluar y el camión, se verifica que se han considerado los aspectos necesarios para el uso efectivo del camión en el área de Orizaba.

3.6 Proceso del reciclaje de aceite

Considerar los métodos disponibles para reciclar el aceite, permitiendo su reutilización en la industria, ámbito laboral o artesanal. Es esencial garantizar que el proceso mantenga la calidad del aceite en niveles aceptables para obtener un producto optimo. Ver (Ilustración 7)

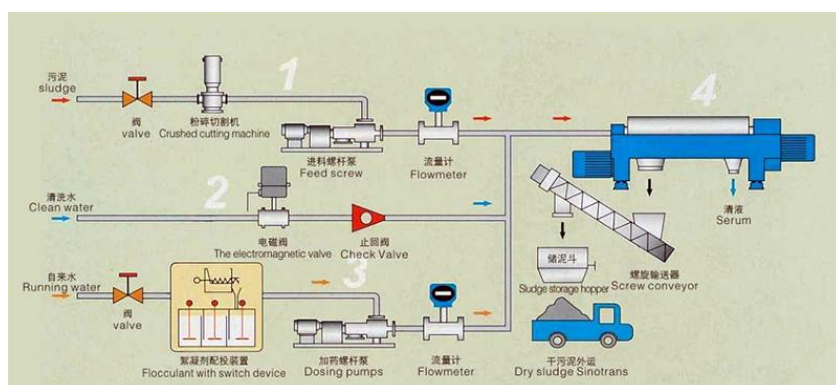


Ilustración 7 Proceso de centrifugado y destilado de DAGYEE, 2016, (<https://www.wastewatarmachinery.com/es/Centrifuga-de-decantador-y-destilado-en-recuperacion-de-aceite-usado-de-China-n.html>)

3.6.1 Definición de demandas

Se procede a identificar las demandas primarias del camión que deben ser evaluadas. A partir de estas demandas primarias, se derivan demandas secundarias y se establecen las escalas de medición pertinentes para la evaluación. Ver (Tabla 16).

Demandas primarias	Demandas secundarias	Escala de medición
Tanques	Tipo de tanque	Acero de carbón
	Diámetro que cuenta	Metros
	Capacidad del tanque	Litros
	Numero de tanques a usar	No aplica
Filtro de prensa	Tipo de la materia	Acero de carbón
	Cuanto aceite puede filtrar	No aplica
	Separación de desperdicio	No aplica

	Velocidad de separación	Minutos
Horno	Extracción del humo	No aplica
	Precalentar aceite centrifugado	Centígrados
	Capacidad de contener aceite	Litros
	Separar materiales impuros	No aplica
Bomba eléctrica	Contar con una centrifuga	No aplica
	Contar con motor 7.5 hp	No aplica
	Contar con corriente 220v	Voltios
	3 diámetro de salida	Pulgadas
	3 diámetro de entrada	Pulgadas
	Separa materiales impuros	No aplica

Ilustración 8 Definición de demandas para proceso del aceite

3.6.2 Metodología Analytic Hierarchy Process (AHP) del proceso del aceite

Se inicia la comparación de todas las demandas entre sí con el objetivo de determinar aquellas de mayor importancia, las cuales son fundamentales para la satisfacción del cliente. Se focaliza la comparación entre las demandas primarias, Ver (Tabla 17,18 y 19).

Atributos	Notación
Tanques	T
Filtro de prensa	Fp
Horno	H
Bomba eléctrica	Be

Tabla 16 Atributos primarios del proceso del aceite

	T	FP	H	BE
T	1	0.2	0.5	0.5
FP	5	1	0	5
H	2	0	1	5
BE	2	0.2	0.2	1

Suma Columna	10	1.4	1.7	11.5
--------------	----	-----	-----	------

Tabla 17 Comparación paralela #3

	C	R	M	D	SUMA	Wi	%	calificación
C	0.1	0.14285714	0.29411765	0.04347826	0.58045305	0.14511326	14.511%	
R	0.5	0.71428571	0	0.43478261	1.64906832	0.41226708	41.227%	
M	0.2	0	0.58823529	0.43478261	1.2230179	0.30575448	30.575%	
D	0.2	0.14285714	0.11764706	0.08695652	0.54746072	0.13686518	13.687%	
Suma Columna	1	1	1	1	4	1	1	

Tabla 18 Comparación paralela #4

Evaluar la inconsistencia

$$\lambda \text{ Max} = \sum (\text{Sum Col} * W_i) = 4.12203873$$

$$IC = (\lambda \text{ Max} - n) / (n - 1) \quad n = \text{No. De parámetros}$$

$$IC = 0.040679576 \quad / \quad RCI = IC/ICA$$

$$RCI = 4.5\%$$

Una vez obtenida la importancia de cada demanda primaria y su respectiva calificación, se procede a visualizar cuáles son las demandas que tendrán un mayor impacto en la casa de la calidad. Se repite este procedimiento para las demandas secundarias, con el objetivo de obtener las importancias individuales de cada una.

3.6.3 Casa de calidad

Considerando todas las importancias de las demandas secundarias, se logra identificar cuáles son las necesidades realmente esenciales para cumplir con el objetivo establecido. En este proceso, se seleccionan únicamente aquellas demandas que tienen una relevancia mayor, con la intención de reducir el tamaño del análisis y concentrarse en los aspectos más críticos. Ver (Tabla 19).

Demandas primarias	%	Demandas secundarias	Promedio	Importancia
Tanques	0.226	Tipo de tanque	0.3615	8.2%
		Diámetro que cuenta	0.0314	0.7%
		Capacidad del tanque	0.5538	12.5%
		Numero de tanques a usar	0.0533	1.2%

Filtro de prensa	0.239	Tipo del material	0.1271	3.0%
		Cuanto aceite puede filtrar	0.2623	6.3%
		Separación de desperdicio	0.3974	9.5%
		Velocidad de separación	0.2132	5.1%
Horno	0.196	Extracción del humo	0.4781	9.4%
		Precalentar aceite centrifugado	0.4015	7.9%
		Capacidad de contener aceite	0.0614	1.2%
		Separar materiales impuros	0.0589	1.2%
Bomba eléctrica	0.339	Contar con una centrifuga	0.2803	9.5%
		Contar con motor 7.5 hp	0.2016	6.8%
		Contar con corriente 220v	0.2095	7.1%
		3 diámetro de salida	0.0716	2.4%
		3 diámetro de entrada	0.1240	4.2%
		Separa materiales impuros	0.1130	3.8%

Tabla 19 Casa calidad proceso del aceite

Eliminando todas las demandas secundarias que no ejercen un impacto significativo en el proyecto, se puede avanzar con una base más sólida en la próxima evaluación a llevar a cabo.

3.6.4 Tabla planeación

La siguiente tabla (Tabla 20) se utiliza con el propósito de evaluar a la competencia. Aunque estas calificaciones no son completamente fiables, ya que son subjetivas del evaluador, sirven como ayuda para tener un claro posicionamiento de las demandas a calificar en comparación con otros.

Demandas primarias			promedio	importancia	importancia	evaluación cliente						Valor objetivo		Tasa de mejora	Valor estratégico	Importancia comp.	Norm. De la Imp. Com. %		
						Nuestro	comp1	comp2		comp3									
tanques	22.6%	tipo de tanque	0.3615	8.1849	0.082	5	40.9246	3	24.55476	4	32.73968	3	24.554758	4	32.7397	0.80	1	6.55	4.97
		capacidad del tanque	0.5538	12.5405	0.125	5	62.7024	3	37.62145	3	37.62145	5	62.702416	5	62.7024	1.00	1.5	18.81	14.28
filtro de prensa	23.9%	tipo del materia	0.1271	3.0323	0.030	4	12.1292	4	12.12918	4	12.12918	5	15.16147	5	15.1615	1.25	1	3.79	2.88
		cuanto aceite puede filtrar	0.2623	6.2562	0.063	5	31.281	2	12.51242	2	12.51242	4	25.024838	5	31.281	1.00	1.5	9.38	7.12
		separación de desperdicio	0.3974	9.4784	0.095	5	47.392	4	37.91364	3	28.43523	3	28.435226	5	47.392	1.00	1.5	14.22	10.79
		velocidad de separación	0.2132	5.0867	0.051	4	20.3466	4	20.34664	2	10.17332	3	15.259979	5	25.4333	1.25	1.5	9.54	7.24
horno	19.6%	extracción del humo	0.4781	9.3581	0.094	4	37.4325	3	28.07441	2	18.71627	2	18.716273	4	37.4325	1.00	1	9.36	7.10
		precalentar aceite centrifugado	0.4015	7.8582	0.079	3	23.5747	1	7.858237	2	15.71647	4	31.432947	4	31.4329	1.33	1	10.48	7.95
bomba eléctrica	33.9%	contar con una centrifuga	0.2803	9.5098	0.095	5	47.5491	3	28.52945	4	38.03926	1	9.5098151	5	47.5491	1.00	1.5	14.26	10.83
		contar con motor 7.5 hp	0.2016	6.8419	0.068	3	20.5257	5	34.20952	4	27.36762	3	20.525715	5	34.2095	1.67	1.5	17.10	12.98
		contar con corriente 220v	0.2095	7.1085	0.071	4	28.4341	3	21.32555	3	21.32555	3	21.325551	5	35.5426	1.25	1	8.89	6.74
		3 diámetro de entrada	0.1240	4.2070	0.042	3	12.621	5	21.03506	5	21.03506	3	12.621034	3	12.621	1.00	1.5	6.31	4.79
		separa materiales impuros	0.1130	3.8344	0.038	5	19.1722	4	15.33773	5	19.17216	3	11.503295	4	15.3377	0.80	1	3.07	2.33
						0.9330	404.1		301.4		295		296.8		428.8			131.76	100.00

Tabla 20 Tabla planeación del proceso del aceite

3.6.5 Matriz de relaciones

Con todas las demandas secundarias de mayor importancia identificadas, el siguiente paso es proponer pruebas que se deben llevar a cabo para asegurar que el objeto cumpla con los requisitos más específicos. Esto se logra mediante una matriz de relaciones entre la calidad exigida y las pruebas que se deben realizar. Ver (Tabla 21).

Símbolo		Valor
n	Relación fuerte	9
•	Media	3
y	Débil	1
●	No hay relación	0

Tabla 21 Valores de matriz de relaciones #2

La Tabla (Tabla 22) se utiliza como una herramienta para medir los niveles de relación que pueden existir entre las distintas pruebas. Esto se logra asignando calificaciones que permiten identificar cuáles son las pruebas que pueden tener un mayor impacto en el proyecto.

Calidad exigida	Pruebas a realizar													
	que este hecho de acero de carbon	que soporte altas temperaturas	tamaño del taque	capacidad del contenedor	filtrar el aceite centrifugado	separar particulas, basura, solido	alcanzar la velocidad del filtro deseada	extraer humo del aceite trabajado	desasarse del humo dentro del reglameto	tener tratamieto termico de 75°C	poder usar centrifuga en aceite	contar con motor 7.5 hp	contar con corriente 220v	contar con 3 de diametro de entrada
tipo de tanque	●	⊖	○	○	●	●	●	●	●	●	○	○	⊖	●
capacidad del tanque	⊖	⊖	●	●	●	●	●	●	●	●	⊖	●	●	●
tipo del materia	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	⊖	●	●	●
cuanto aceite puede filtrar	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	⊖	⊖	●
separación de desperdicio	●	●	●	●	○	●	●	○	○	●	●	○	○	○
velocidad de separación	●	⊖	●	●	○	●	●	○	○	●	●	●	●	●
extracción del humo	●	●	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●	●	●
precalentar aceite centrifugado	●	○	●	●	●	○	●	○	●	●	⊖	⊖	⊖	●
contar con una centrifuga	●	●	●	⊖	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●
contar con motor 7.5 hp	●	●	●	●	⊖	●	●	●	●	○	○	●	○	⊖
contar con corriente 220v	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○	○	●	○
3 diámetro de entrada	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	⊖	⊖	○	●
separa materiales impuros	●	●	●	●	○	○	○	○	●	●	○	●	●	●

Tabla 22 Matriz de relaciones proceso del aceite.

Para finalizar la tabla, se asigna el valor correspondiente a cada relación que se ha establecido, obteniendo así la importancia ponderada. Esta información se complementa con la tabla de planeación del proceso del aceite. Esta última tabla proporciona los valores obtenidos mediante la comparación con otras tecnologías y será utilizada para comparar las pruebas a realizar. Ver (Tabla 23).

Calidad exigida	Pruebas a realizar															Valor objetivo	Tasa de mejora	Valor estratégico	Importancia comp.	Norm. De la Imp. Com. %				
	que este hecho de acero de carbon	que soporte altas temperaturas	tamaño del tanque	capacidad del contenedor	filtrar el aceite centrifugado	separar partículas, basura, solido	alcanzar la velocidad del filtro deseado	extraer humo del aceite trabajado	deshacerse del humo dentro del reglamento	tener tratamiento termico de 75°C	poder usar centrifuga en aceite	contar con motor 7.5 hp	contar con corriente 220v	contar con 3 de diametro de entrada										
tipo de tanque	●	36	4	12	12	●	●	●	●	●	●	12	12	4	●	4	36	0.80	1.00	6.55	4.97			
capacidad del tanque	●	45	5	45	45	●	●	●	●	●	●	5	●	●	●	5	45	1.00	1.50	18.81	14.28			
tipo del materia	●	45	15	15	15	●	●	●	●	●	●	5	●	●	●	5	45	1.25	1.00	3.79	2.88			
cuanto aceite puede filtrar	●	●	●	●	●	45	15	●	●	●	●	15	●	5	●	5	45	1.00	1.50	9.38	7.12			
separación de desperdicio	●	●	●	●	●	15	45	●	●	15	15	●	45	15	15	5	45	1.00	1.50	14.22	10.79			
velocidad de separación	●	●	5	●	●	15	45	45	15	15	15	●	45	45	45	45	5	45	1.25	1.50	9.54	7.24		
extracción del humo	●	●	●	●	●	●	12	●	36	12	●	●	●	●	●	4	36	1.00	1.00	9.36	7.10			
precalentar aceite centrifugado	●	●	12	●	●	●	12	●	36	36	4	4	4	4	4	4	36	1.33	1.00	10.48	7.95			
contar con una centrifuga	●	●	●	●	5	15	15	15	15	15	15	15	45	45	45	45	5	45	1.00	1.50	14.26	10.83		
contar con motor 7.5 hp	●	●	●	●	●	5	●	●	15	15	15	15	45	45	15	5	45	1.67	1.50	17.10	12.98			
contar con corriente 220v	●	●	●	●	●	●	●	15	●	45	15	15	45	45	15	5	45	1.25	1.00	8.89	6.74			
3 diametro de entrada	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3	3	3	9	27	3	27	1.00	1.50	6.31	4.79			
separa materiales impuros	●	●	●	●	●	12	12	12	12	36	●	12	●	●	●	4	36	0.80	1.00	3.07	2.33			
Importancia ponderada	86	41	72	77	107	156	132	105	174	81	221	189	187	97	531									
% importancia	16.20	7.72	13.56	14.50	20.15	29.38	24.86	19.77	32.77	15.25	41.62	35.59	35.22	18.27	100									
Nosotros	si	100"	3.8/4.54	60,000	2 hrs	30 min	1 hrs	5 min	20 min	75"	7.5 H.P	7.5 H.P	220 vltts	3 pulg										
Competidor 1	si	80"	3.8/4.54	80,000	4 hrs	25 min	2 hrs	10 min	25 min	75"	15 H.P	15 H.P	200 vltts	3 pulg										
Competidor 2	si	100"	2/1.5	50,000	4 hrs	50 min	2.5 hrs	15 min	20 min	120"	15 H.P	15 H.P	150 vltts	2 pulg										
Competidor 3	si	150"	4/6.5 mts	50,000	3 hrs	40 min	1.5 hrs	10 min	40 min	75"	10 H.P	10 H.P	180 vltts	4 pulg										
Valor deseado	acero de carbon	100"	3.8/4.54 mts	60000/lts	2 hrs	30 min	1 hora	5 minutos	20 minutos	75°Centigrados	7.5 H.P	7.5 H.P	220 voltaje	diámetro de entrada										

Tabla 23 Planeación del producto proceso del aceite

3.6.6 Medidas de desempeño

Como resultado del Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), se identificaron las calidades exigidas por el cliente. Estas calidades están destinadas a tener un impacto positivo en la satisfacción del cliente. La retroalimentación del cliente se traduce en especificaciones a las cuales se les asigna una medida de desempeño y una prueba que evalúe dicha medida. Ver (Tabla 24).

Calidad exigida	Medidas de desempeño	Pruebas a realizar
Tipo de tanque	Medidas de tanque	Que este hecho de acero de carbón
		Que soporte altas temperaturas
Capacidad del tanque	Medidas de tanque	Tamaño del tanque
		Capacidad del contenedor
Tipo del material	Pruebas del filtro de prensa	Que este hecho de acero de carbón
Cuanto aceite puede filtrar	Pruebas del filtro de prensa	Filtrar el aceite centrifugado
Separación de desperdicio	Pruebas del filtro de prensa	Separar partículas, basura, solido
Velocidad de separación	Pruebas del filtro de prensa	Alcanzar la velocidad del filtro deseada
Extracción del humo	Pruebas del horno	Extraer humo del aceite trabajado
		Deshacerse del humo dentro del reglamentó

Precalentar aceite centrifugado	Pruebas del horno	Tener tratamiento térmico de 75°C
Contar con una centrifuga	Pruebas de bomba eléctrica	Poder usar centrifuga en aceite
Contar con motor 7.5 hp	Pruebas de bomba eléctrica	Contar con motor 7.5 hp
Contar con corriente 220v	Pruebas de bomba eléctrica	Contar con corriente 220v
3 diámetro de entrada	Pruebas de bomba eléctrica	Contar con 3 de diámetro de entrada
Separa materiales impuros	Pruebas de bomba eléctrica	Separar partículas, basura, solido

Tabla 24 Medidas de desempeño proceso del aceite

3.6.7 QFD completo

La última tabla (Tabla 25) que se incorpora es la tabla de planeación del producto. Esta tabla abarca las medidas de desempeño, el benchmarking del producto y la gráfica de identificación de conflictos.

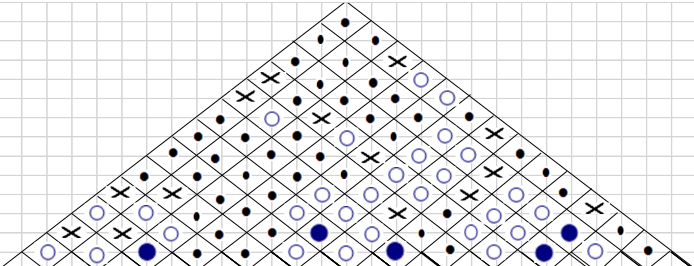
																					
Calidad exigida		que este hecho de acero de carbon	que soporte altas temperaturas	tamaño del tanque	capacidad del contenedor	filtrar el aceite centrifugado	separar partículas, basura, solido	alcantar la velocidad del filtro	extraer humo del aceite trabajado	desaharse del humo dentro del reclamato	tener tratamiento termico de 75°C	poder usar centrifuga en aceite	contar con motor 7.5 hp	contar con corriente 220v	contar con 3 de diametro de entrada	Valor objetivo	Tasa de mejora	Valor estrategico	Importancia comp.	Norm. De la Imp. Com.-%	
tipo de tanque		● 36	○ 4	○ 12	○ 12	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 12	○ 12	○ 4	○ 0	4	36	0.8	1	6.5479	4.9697
capacidad del tanque		○ 5	○ 5	● 45	● 45	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 5	○ 0	○ 0	○ 0	5	45	1	1.5	18.811	14.277
tipo del materia		● 45	○ 15	○ 15	○ 15	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 5	○ 0	○ 0	○ 0	5	45	1.25	1	3.7904	2.8768
cuanto aceite puede filtrar		○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 45	○ 15	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 15	○ 5	○ 5	○ 0	5	45	1	1.5	9.3843	7.1224
separacion de desperdicio		○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 15	○ 45	○ 0	○ 15	○ 15	○ 0	○ 45	○ 15	○ 15	○ 5	5	45	1	1.5	14.218	10.791
velocidad de separacion		○ 0	○ 5	○ 0	○ 0	○ 15	○ 45	○ 45	○ 15	○ 15	○ 0	○ 45	○ 45	○ 45	○ 0	5	45	1.25	1.5	9.5375	7.2387
extraccion del humo		○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 12	○ 0	○ 36	○ 12	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	4	36	1	1	9.3581	7.1025
precalentar aceite centrifugado		○ 0	○ 12	○ 0	○ 0	○ 0	○ 12	○ 12	○ 0	○ 12	○ 36	○ 36	○ 4	○ 4	○ 4	4	36	1.3333	1	10.478	7.9522
contar con una centrifuga		○ 0	○ 0	○ 0	○ 5	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 15	○ 45	○ 45	○ 45	○ 45	5	45	1	1.5	14.265	10.827
contar con motor 7.5 hp		○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 5	○ 0	○ 45	○ 0	○ 0	○ 15	○ 15	○ 45	○ 15	○ 5	5	45	1.6667	1.5	17.105	12.982
contar con corriente 220v		○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 15	○ 0	○ 45	○ 15	○ 15	○ 15	○ 45	○ 15	5	45	1.25	1	8.8856	6.7439
3 diametro de entrada		○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 3	○ 3	○ 9	○ 27	3	27	1	1.5	6.3105	4.7895
separa materiales impuros		○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	○ 12	○ 12	○ 0	○ 36	○ 0	○ 12	○ 0	○ 0	○ 0	○ 0	4	36	0.8	1	3.0675	2.3282
Importancia ponderada		86	41	72	77	107	156	132	105	174	81	221	189	187	97	531					
% importancia		16.20	7.72	13.56	14.50	20.15	29.38	24.86	19.77	32.77	15.25	41.62	35.59	35.22	18.27	100.00					
Nosotros		si	100°	3.8/4.54	60,000	2 hrs	30 min	1 hrs	5 min	20 min	75°	7.5 H.P	7.5 H.P	220 v/ltz	3 pulg						
Competidor 1		si	80°	3.8/4.54	80,000	4 hrs	25 min	2 hrs	10 min	25 min	75°	15 H.P	15 H.P	200 v/ltz	3 pulg						
Competidor 2		si	100°	2/1.5	50,000	4 hrs	50 min	2.5 hrs	15 min	20 min	120°	15 H.P	15 H.P	150 v/ltz	2 pulg						
Competidor 3		si	150°	4/6.5 mts	50,000	3 hrs	40 min	1.5 hrs	10 min	40 min	75°	10 H.P	10 H.P	180 v/ltz	4 pulg						
Valor deseado		acero de carbon	100°	3.8/4.54 mts	60000 lbs	2 hrs	30 min	1 hora	5 minutos	20 minutos	75°C Centigrados	7.5 H.P	7.5 H.P	220 voltaje	diámetro de entrada						

Tabla 25 QFD proceso del aceite

Con base en la información proporcionada en las tablas, se logra una evaluación integral de los aspectos esenciales para el tratamiento adecuado del aceite. Esto permite ubicar el proceso en una simulación para confirmar la eficacia del tratamiento del aceite mediante el proceso de centrifugado.

3.7 Distribución de producto terminado

Considerar los métodos aplicables para reutilizar el aceite en la industria, entorno laboral o artesanal, asegurando que la calidad del aceite sea aceptable. Planificar un sistema de transporte eficiente para entregar el aceite procesado a los diversos puntos de compra a lo largo de Veracruz. Ver (Ilustración 9).



Ilustración 9 Camión volvo FH13 de APONCE, 2017, (<https://autocamionesponce.com/vehiculo/volvo-fh13-480/>)

3.7.1 Definición de demandas

El siguiente paso implica identificar las demandas primarias del camión que deben ser evaluadas. A partir de estas demandas primarias, se procederá a derivar demandas secundarias y determinar las escalas de medición aplicables. Ver (Tabla 26).

Demandas primarias	Demandas secundarias	Escala de medición
Precio	Precio de compra del aceite	Pesos
	Calidad del producto	No aplica
	Temperatura de conservación	Centígrados
Distancia	Distancia al comprador	Kilómetros
	Tiempo de entrega	Horas
	Seguridad del envío	No aplica
Cantidad	Fácil de transportar	No aplica
	Cumplir con la demanda	Litros

	Capacidad de almacenaje	Metros
	Tamaño del tanque	Metros
Comunicación	Atención al cliente	Capacitación
	Respuesta rápida	Capacitación
	Disponibilidad de recepción	Compras
Transporte	Cantidad de botes a almacenar	Metros cuadrados
	Espacio disponible	Metros cuadrados
	Tiempo de traslado	Horas
	Tamaño del camión	Metros cuadrados

Tabla 26 Demandas de la venta de aceites

3.7.2 Metodología Analytic Hierarchy Process (AHP) de distribución de producto terminado.

Una vez identificadas las demandas primarias, se procederá a compararlas entre sí para determinar su importancia relativa. Esta comparación permitirá establecer cuáles de estas demandas primarias deben ser prioritarias para lograr la satisfacción del cliente. Ver (Tabla 27, 28 y 29).

Atributos	Notación
Precio	P
Distancia	D
Cantidad	CA
Comunicación	CO

Tabla 27 Atributos primarios de distribución de producto

	P	D	CA	CO	T
P	1	0.2	3	0.25	3
D	5	1	5	2	7
CA	0.33333333	0.2	1	0	5
CO	4	0.5	0	1	2
T	0.33333333	0.14285714	0.2	0.5	1

Suma Columna	10.6666667	2.04285714	9.2	3.75	18
--------------	------------	------------	-----	------	----

Tabla 28 Comparación paralela #5

	P	D	CA	CO	T	SUMA	Wi	%	calificación
P	0.09375	0.0979021	0.32608696	0.06666667	0.16666667	0.75107239	0.150214478	15.021%	3
D	0.46875	0.48951049	0.54347826	0.53333333	0.38888889	2.42396097	0.484792195	48.479%	1
CA	0.03125	0.0979021	0.10869565	0	0.27777778	0.51562553	0.103125106	10.313%	4
CO	0.375	0.24475524	0	0.26666667	0.11111111	0.99753302	0.199506605	19.951%	2
T	0.03125	0.06993007	0.02173913	0.13333333	0.05555556	0.31180809	0.062361618	6.236%	5
Suma Columna	1	1	1	1	1	5	1	100.000%	

Tabla 29 Comparación paralela #6

Evaluar la inconsistencia

$$\lambda \text{ Max} = \sum (\text{Sum Col} * W_i) = 5.41205882$$

$$IC = (\lambda \text{ Max} - n) / (n - 1) \quad n = \text{No. De parámetros}$$

$$IC = 0.103014704 \quad / \quad RCI = IC / ICA$$

$$RCI = 9.2\%$$

Una vez obtenida la importancia de cada demanda primaria y su respectiva calificación, se podrá visualizar cuáles son aquellas demandas que tendrán un mayor impacto en la casa de la calidad. Este análisis permitirá priorizar las demandas primarias para garantizar la satisfacción del cliente.

El siguiente paso será realizar un procedimiento similar para las demandas secundarias. Se buscará obtener las importancias individuales de cada demanda secundaria, como se detalla en los anexos proporcionados. Este proceso contribuirá a una evaluación exhaustiva de todas las demandas, tanto primarias como secundarias, para informar eficazmente el diseño del camión.

3.7.3 Casa de calidad

Una vez consideradas todas las importancias de las demandas secundarias, se identifican aquellas necesidades que no resultan verdaderamente esenciales para alcanzar el objetivo establecido. Este proceso permite seleccionar únicamente las demandas secundarias que tienen una relevancia significativa, reduciendo así el tamaño del análisis. La priorización de las necesidades según su importancia contribuirá a enfocar los esfuerzos en aspectos críticos para el diseño del camión de distribución de producto terminado. Ver (Tabla 30).

Demandas primarias	%	Demandas secundarias	Promedio	Importancia
Precio	0.150	Precio de compra del aceite	0.0423	0.6%
		Calidad del producto	0.4644	7.0%
		Temperatura de conservación	0.4932	7.4%
Distancia	0.485	Distancia al comprador	0.0738	3.6%
		Tiempo de entrega	0.6434	31.2%
		Seguridad del envío	0.2828	13.7%
Cantidad	0.103	Fácil de trasportar	0.4790	4.9%
		Cumplir con la demanda	0.1334	1.4%
		Capacidad de almacenaje	0.2939	3.0%
		Tamaño del tanque	0.0937	1.0%
Comunicación	0.200	Atención al cliente	0.0978	2.0%
		Respuesta rápida	0.7151	14.3%
		Disponibilidad de recepción	0.1871	3.7%
Transporte	0.062	Cantidad de botes a almacenar	0.0383	0.2%
		Espacio disponible	0.4572	2.9%
		Tiempo de traslado	0.2753	1.7%
		Tamaño del camión	0.2292	1.4%
				100.0%

Tabla 30 Casa calidad venta del aceite

Al desechar todas las demandas secundarias que carecen de un impacto significativo en el proyecto, se puede avanzar con una base más sólida hacia la próxima fase de evaluación. Este enfoque selectivo permite concentrarse en aspectos cruciales, optimizando así el proceso de diseño del camión de distribución de producto terminado.

3.7.4 Tabla planeación

La tabla siguiente se utiliza con el propósito de evaluar a otras tecnologías de la misma índole dependen de un experto evaluador, que proporciona una guía útil para tener una posición

clara de las demandas a calificar en comparación con otras tecnologías similares. Ver (Tabla 31) .

Demandas primarias	%	Demandas secundarias	promedio	importancia	importancia	evaluación cliente						Valor objetivo		Tasa de mejora	Valor estratégico	Importancia comp.	Norm. De la Imp. Com. %		
						Nuestro		comp1		comp2								comp3	
precio	15.02%	calidad del producto	0.4644	6.98	0.070	5	34.8809	3	20.92853	2	13.95235	3	20.928531	5	34.8809	1.00	1.5	10.46	8.92
		temperatura de conservación	0.4932	7.41	0.074	5	37.0461	4	29.63691	5	37.04614	5	37.046138	5	37.0461	1.00	1.5	11.11	9.48
distancia	48.48%	distancia al comprador	0.0738	3.58	0.036	3	10.7292	4	14.30566	5	17.88207	2	7.1528282	3	10.7292	1.00	1	3.58	3.05
		tiempo de entrega	0.6434	31.19	0.312	3	93.573	4	124.764	5	155.955	2	62.38198	4	124.764	1.33	1	41.59	35.47
		seguridad del envío	0.2828	13.71	0.137	5	68.5591	4	54.84726	3	41.13545	4	54.8473	4	54.8473	0.80	1.5	16.45	14.03
cantidad	10.31%	fácil de transportar	0.4790	4.94	0.049	4	19.7592	3	14.81941	2	9.879606	2	9.8796057	4	19.7592	1.00	1	4.94	4.21
		capacidad de almacenaje	0.2939	3.03	0.030	5	15.1551	4	12.12409	3	9.09307	3	9.09307	4	12.1241	0.80	2	4.85	4.14
comunicación	19.95%	atención al cliente	0.0978	1.95	0.020	5	9.75831	3	5.854984	4	7.806645	4	7.8066454	5	9.75831	1.00	1	1.95	1.66
		respuesta rápida	0.7151	14.27	0.143	5	71.331	4	57.06478	2	28.53239	3	42.798585	5	71.331	1.00	1	14.27	12.17
		disponibilidad de recepción	0.1871	3.73	0.037	5	18.664	3	11.19841	2	7.465608	3	11.198413	4	14.9312	0.80	1.5	4.48	3.82
Transporte	6.24%	espacio disponible	0.4572	2.85	0.029	4	11.4042	3	8.553136	2	5.70209	2	5.7020905	5	14.2552	1.25	1	3.56	3.04
						0.9364	379.5		354.1		334.5		255.1		404.4			117.25	100.00

Tabla 31 Tabla planeación de producto terminado

3.7.5 Matriz de relaciones

Con todas las demandas secundarias de mayor importancia identificadas lo próximo que se busca es proponer pruebas que se deberán realizar para que el objeto a evaluar cumpla con los requisitos más específicos, por medio de una matriz de relaciones entre la calidad exigida y las pruebas que se deberán realizar. Ver (Tabla 32).

Símbolo		Valor
∩	Relación fuerte	9
•	Media	3
∪	Débil	1
•	No hay relación	0

Tabla 32 Valores de matriz de relaciones #3

La Tabla (Tabla 33) se utiliza como una herramienta para medir los niveles de relación que pueden existir entre las diferentes pruebas y los requisitos de calidad. A través de las calificaciones asignadas, se puede determinar cuáles son las pruebas que tienen un impacto más significativo en la calidad exigida.

Calidad exigida	uso seguro del aceite	costo de transporte	desempeño de venta	aceite de buena calidad	trabajo marketing	dimensiones del envío	confiabilidad	presupuesto	disponibilidad de envío
calidad del producto	●	●	○	●	●	●	●	●	●
temperatura de conservación	⊖	●	●	●	●	●	●	●	●
distancia al comprador	●	●	○	●	●	●	●	●	●
tiempo de entrega	●	○	⊖	●	●	○	●	●	●
seguridad del envío	●	●	●	●	●	⊖	●	●	○
fácil de transportar	●	●	●	●	●	●	○	●	●
capacidad de almacenaje	●	●	●	●	⊖	●	●	●	●
atención al cliente	●	⊖	●	●	●	●	●	●	⊖
respuesta rápida	●	●	●	●	●	●	●	●	●
disponibilidad de recepción	●	●	●	●	⊖	●	●	●	●
espacio disponible	○	○	●	●	●	●	●	●	●

Tabla 33 Matriz de relaciones para distribución de producto terminado

Para finalizar la tabla, se asigna el valor correspondiente a todas las relaciones que se han establecido, obteniendo así la importancia ponderada. Esta información se complementa con la tabla de planificación de producto terminado, la cual indica los valores obtenidos a través de la comparación con competidores. Estos datos son esenciales para comparar las pruebas a realizar y evaluar la eficacia del camión de producto terminado en relación con las demandas y requisitos específicos. Ver (Tabla 34).

Calidad exigida		Pruebas a realizar																					
		uso seguro del aceite	costo de trasporte	desempeño de venta	aceite de buena calidad	trabajo marketing	dimensiones del envío	confiabilidad	presupuesto	disponibilidad de envío	Valor objetivo	Tasa de mejora	Valor estratégico	Importancia comp.	Norm. De la Imp. Com. %								
calidad del producto	●	○	●	45	○	15	●	45	●	○	○	○	0	●	45	●	○	5	45	1.00	1.50	10.46	8.92
temperatura de conservación	⊖	5	●	○	○	●	45	●	○	○	●	45	●	○	○	0	5	45	1.00	1.50	11.11	9.48	
distancia al comprador	●	○	●	27	○	9	○	○	○	●	27	●	○	○	●	27	3	27	1.00	1.00	3.58	3.05	
tiempo de entrega	●	○	○	12	⊖	4	●	○	○	○	12	●	○	○	●	36	4	36	1.33	1.00	41.59	35.47	
seguridad del envío	●	○	○	○	○	○	○	○	⊖	4	●	36	○	○	○	12	4	36	0.80	1.50	16.45	14.03	
fácil de trasportar	●	○	○	○	○	○	○	○	○	36	○	12	●	○	○	36	4	36	1.00	1.00	4.94	4.21	
capacidad de almacenaje	●	○	○	○	○	●	36	⊖	4	●	36	○	○	●	36	○	4	36	0.80	2.00	4.85	4.14	
atención al cliente	●	○	⊖	5	○	○	○	○	○	○	45	○	○	○	⊖	5	5	45	1.00	1.00	1.95	1.66	
respuesta rápida	●	○	○	○	●	45	○	○	○	45	○	○	●	45	○	○	5	45	1.00	1.00	14.27	12.17	
disponibilidad de recepción	●	36	○	○	○	○	○	⊖	12	○	○	○	○	○	○	36	4	36	0.80	1.50	4.48	3.82	
espacio disponible	○	12	○	12	○	○	○	○	12	●	36	○	○	○	○	36	4	36	1.25	1.00	3.56	3.04	
Importancia ponderada		41	89	73	126	61	160	138	126	152	387												
Importancia		10.59	23.00	18.86	32.56	15.76	41.34	35.66	32.56	39.28	100												
Valor deseado	Nosotros	si	500	200	si	3	150km	0	#####	no													
	Competidor 1	no	1000	250	si	1	120km	0	#####	si													
	Competidor 2	no	500	50	si	3	75km	0	#####	si													
	Competidor 3	si	850	150	si	1	50km	0	#####	si													
empresa responsable		500 pesos	200 litros	calidad de aceite	3 compras al mes	150km	0 quejas	20,000	estado de veracruz														

Tabla 34 Planeación del producto para distribución de producto terminado

3.7.6 Medidas de desempeño

Como resultado del Análisis de Jerarquía de Procesos (AHP), se lograron determinar las calidades exigidas por el cliente, las cuales ejercerían un impacto positivo en su satisfacción. La retroalimentación del cliente se convierte en especificaciones detalladas a las cuales se les asigna una medida de desempeño específica y una prueba correspondiente para evaluar rigurosamente esta medida. Ver (Tabla 35).

Calidad exigida	Medidas de desempeño	Pruebas a realizar
Precio de compra del aceite	Medida de costos	Presupuesto a realizar
Calidad del producto	Medidas del aceite	Aceite de buena calidad
Distancia al comprador	Transporte	Disponibilidad de envío
Tiempo de entrega	Pruebas de envío	Dimensiones del envío

Seguridad del envío	Transporte	Confiabilidad de entrega
Fácil de transportar	Transporte	Seguridad del transporte
Cumplir con la demanda	Pruebas de envío	Presupuesto a realizar
Tamaño del tanque	Pruebas de envío	Dimensiones del envío
Atención al cliente	Medidas del cliente	Trabajo de marketing
		Desempeño de venta
Disponibilidad de recepción	Medidas del cliente	Disponibilidad de recepción

Tabla 35 Medidas de desempeño para distribución de producto terminado

3.7.7 QFD completo

En la última tabla (Tabla 36), se consolida la planificación del producto, incluyendo las medidas de desempeño, el análisis de benchmarking del producto y la gráfica de identificación de conflictos. Este conjunto integral de información proporciona una visión completa y detallada para guiar el desarrollo del producto y asegurar su alineación con las expectativas y estándares del cliente.

Los datos recopilados en un trabajo de campo permitieron identificar las áreas designadas como puntos de recolección para el aceite usado en el municipio de Orizaba. Se empleó el método AHP y QFD para determinar el mejor medio de transporte, teniendo en cuenta aspectos como distancias, capacidad de carga, eficiencia en la recolección y el tiempo. Estos factores se consideraron como las necesidades fundamentales que debían satisfacerse.

Tras evaluar diferentes opciones de transporte con la ayuda del QFD, se tomó la decisión de utilizar un camión pipa. Luego, mediante el software SIMIO, se modeló el trayecto del camión junto con el proceso de recolección en las áreas designadas. Este enfoque integrado, desde la toma de decisiones basada en análisis hasta la simulación práctica, es esencial para asegurar la eficacia y eficiencia del sistema propuesto.

Después de simular la ruta de recolección, se emprendió la búsqueda de un método para renovar el aceite usado. Con la ayuda del QFD, se evaluaron diversos métodos con el objetivo de revitalizar el aceite. El método que resultó ser el más adecuado fue el centrifugado y destilado, el cual implicaba diversas etapas como filtrado, centrifugado, destilación, neutralización y empaque del producto. Estos puntos fueron evaluados en el QFD para luego ser incorporados en el simulador SIMIO, pasando por cada uno de ellos y midiendo aspectos como la cantidad de aceite procesado, el tiempo necesario y los posibles desperdicios generados durante el proceso. Este enfoque integral garantiza que el proceso de renovación del aceite sea eficiente y cumpla con los estándares de calidad establecidos.

La simulación de la distribución de producto terminado, se examinaron diversos transportes que cumplieran con las especificaciones necesarias, asegurando que el camión pudiera entregar de manera segura la cantidad de cubetas requeridas, cada una conteniendo 20 litros de aceite renovado. Estas cubetas se destinaron a diversos puntos de compra a lo largo del estado de Veracruz, incluyendo municipios como Orizaba, Veracruz centro y Xalapa, así como empresas que demandaran este producto. Todos estos elementos se plasmaron como requisitos a evaluar en el QFD, donde se eligió un camión adecuado. Este enfoque garantiza una entrega eficiente y segura de los productos a los distintos destinos.

Se llevó a cabo una simulación en SIMIO que se ajusta a la realidad y es capaz de confirmar si los elementos elegidos para la realización del proyecto, tanto en transporte como en proceso, funcionarán y tendrán el impacto deseado. Las bases de este proyecto se cimentaron en la búsqueda de la fiabilidad, utilizando técnicas como el AHP y el QFD.

Capítulo 4 Diseño del Modelo en Simulación, Prototipo Simulado y Evaluación.

4.1 Diseño logístico simulado

El diseño logístico simulado del modelo de recolección de aceite implica la planificación y representación virtual de todos los elementos y procesos relacionados con la recolección de aceite usado. Esto incluye la definición de rutas de transporte, la ubicación de puntos de recolección, la selección de vehículos adecuados y la simulación de los tiempos y recursos involucrados en el proceso. La simulación proporciona una representación detallada y dinámica de cómo se llevará a cabo la recolección, permitiendo evaluar la eficiencia y optimizar los recursos antes de la implementación real.

4.1.1 Proyección en estela

4.1.1.1 Fase 1. Conceptualización

Se selecciona el parque vehicular de la ciudad de Orizaba como escenario de estudio para analizar su crecimiento y planificar servicios relacionados. Esto permite anticipar las necesidades de infraestructura vial, estacionamientos, y servicios de mantenimiento vehicular, mejorando la planificación urbana.

El propósito es optimizar la planificación del crecimiento del parque vehicular desde ahora, anticipando cambios para utilizar los recursos de transporte de manera eficiente y sostenible.

Variables críticas: tamaño actual del parque vehicular, tasas de adquisición de vehículos nuevos y tasas de desecho de vehículos viejos. Se incorporarán más variables con el tiempo, como la disponibilidad de combustibles alternativos y las políticas de transporte público.

El modelo simula el crecimiento del parque vehicular durante un período de 10 años, permitiendo proyectar cuándo la población vehicular alcanzará ciertos umbrales críticos.

Relaciones: el aumento en la tasa de adquisición de vehículos nuevos implica un aumento en el tamaño del parque vehicular. Una mayor tasa de desecho de vehículos viejos también contribuye al crecimiento del parque vehicular.

Se desarrolla un diagrama causal para visualizar estas interacciones y comprender cómo las variables afectan el crecimiento del parque vehicular. Ver (Diagrama 3).

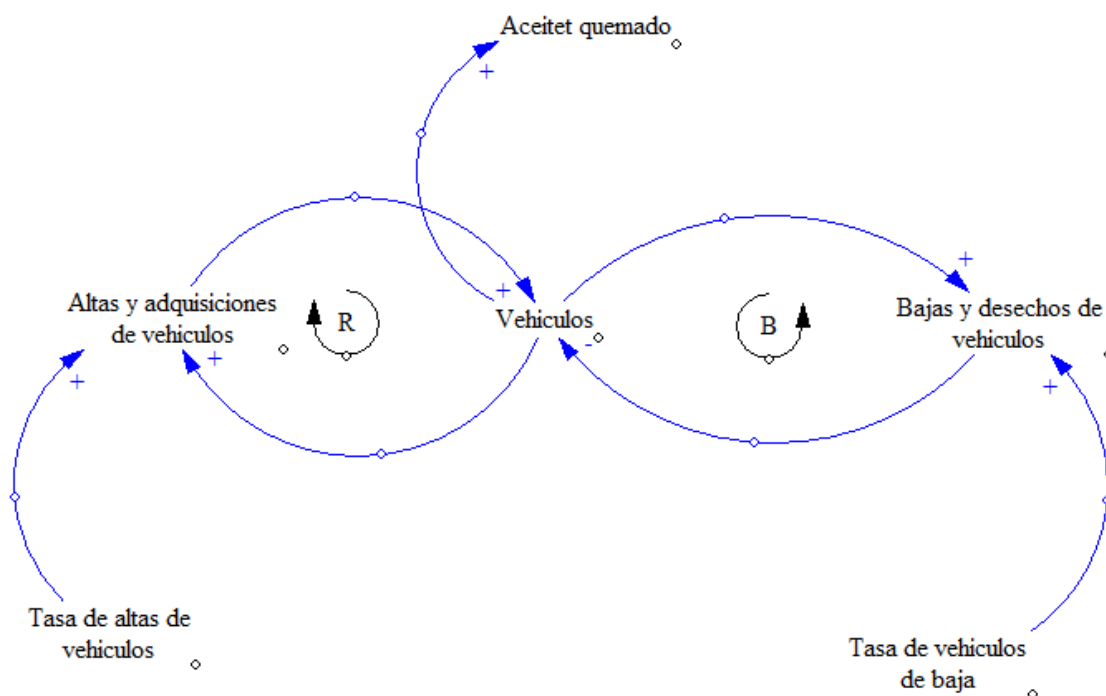


Diagrama 3 Diagrama causal que relaciona el incremento de aceite quemado directamente con el incremento del parque vehicular afectado por las tasas de registros de vehículos en la ciudad con las bajas en el registro público municipal.

4.1.1.2 Fase 2. Formulación

Se elabora un Diagrama de Forrester específico para el crecimiento del parque vehicular, detallando las interconexiones entre las variables clave. Ver (Diagrama 4).

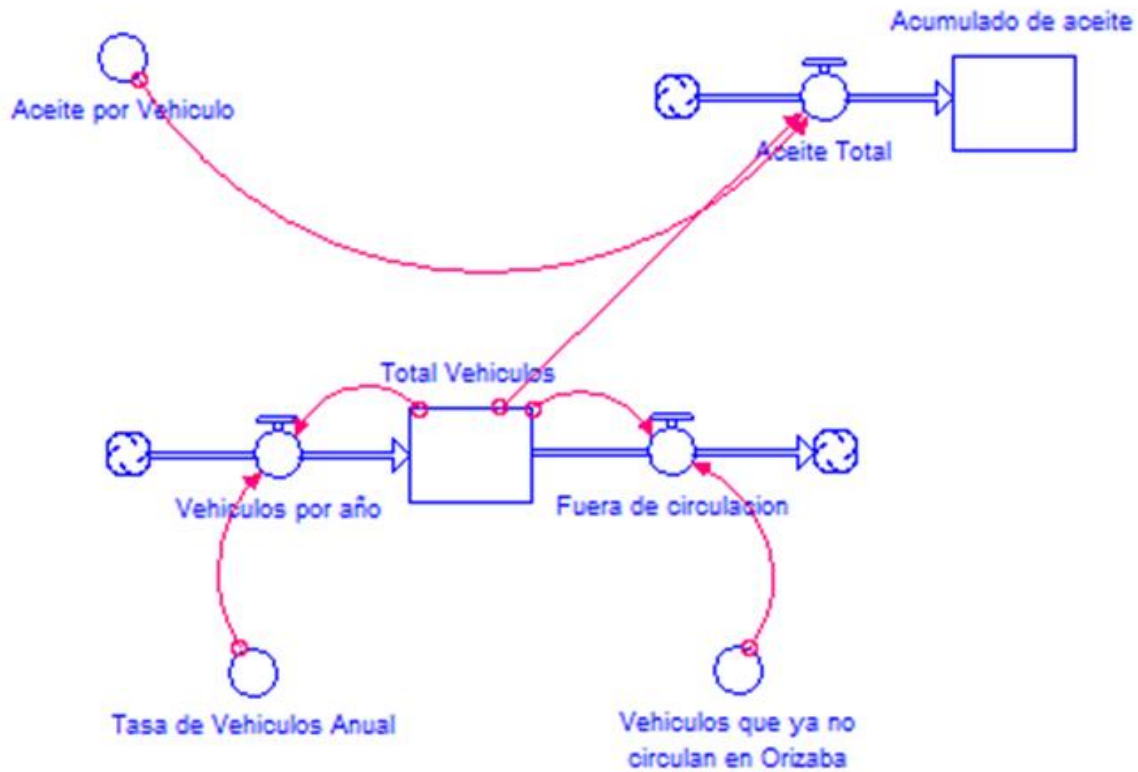


Diagrama 4 Forrester que muestra como las variables interactúan propiciando el crecimiento del parque vehicular en la ciudad.

Se desarrollan ecuaciones matemáticas para estimar el tamaño del parque vehicular en distintos momentos, considerando las tasas de adquisición y desecho.

Parámetros: se centran en las tasas de adquisición y desecho de vehículos, fundamentales para modelar el cambio en el parque vehicular. Ver (Ilustración 10).

```

□ Acumulado_de_aceite(t) = Acumulado_de_aceite(t - dt) + (Aceite_Total) * dt
  INIT Acumulado_de_aceite = 0
  INFLOWS:
    ⚙ Aceite_Total = Aceite_por_Vehiculo*Total_Vehiculos
□ Total_Vehiculos(t) = Total_Vehiculos(t - dt) + (Vehiculos_por_año - Fuera_de_circulacion) * dt
  INIT Total_Vehiculos = 47380
  INFLOWS:
    ⚙ Vehiculos_por_año = Total_Vehiculos*Tasa_de_Vehiculos_Anual
  OUTFLOWS:
    ⚙ Fuera_de_circulacion = Total_Vehiculos*Vehiculos_que_ya_no_circulan_en_Orizaba
○ Aceite_por_Vehiculo = 4
○ Tasa_de_Vehiculos_Anual = 0.1917
○ Vehiculos_que_ya_no_circulan_en_Orizaba = 0.0732

```

Ilustración 10 Código y ecuaciones del programa Stela.

4.1.1.3 Fase 3. Evaluación

Se realizan pruebas para validar las relaciones del diagrama causal, confirmando su coherencia y su capacidad para prever el crecimiento del parque vehicular.

Se documenta la respuesta del modelo a distintas condiciones, analizando su sensibilidad y evaluando las implicaciones de diferentes políticas de gestión del parque vehicular.

4.1.1.4 Fase 4. Implementación

El modelo se presenta a los usuarios en una interfaz interactiva para facilitar su comprensión y su utilización por parte de planificadores urbanos y autoridades de transporte. Ver (Ilustración 11).

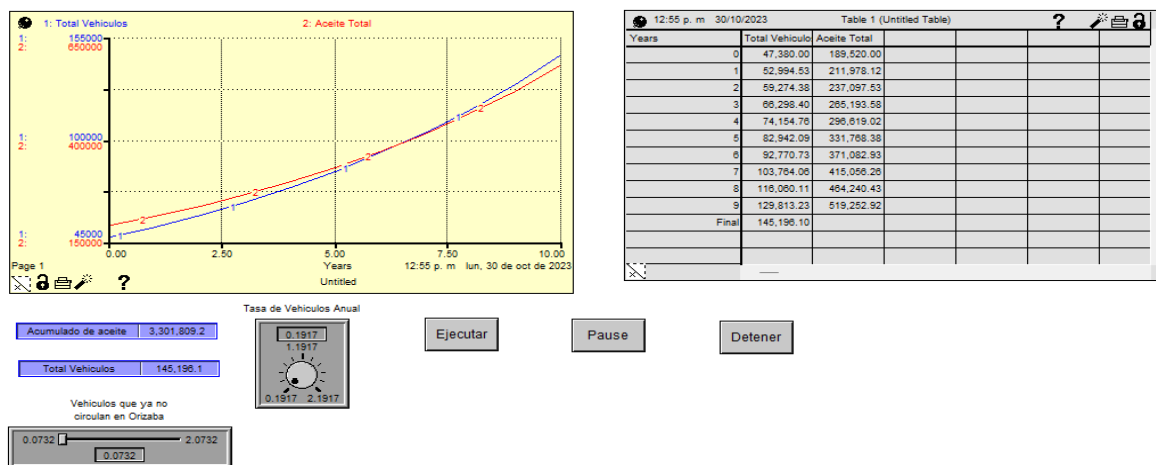


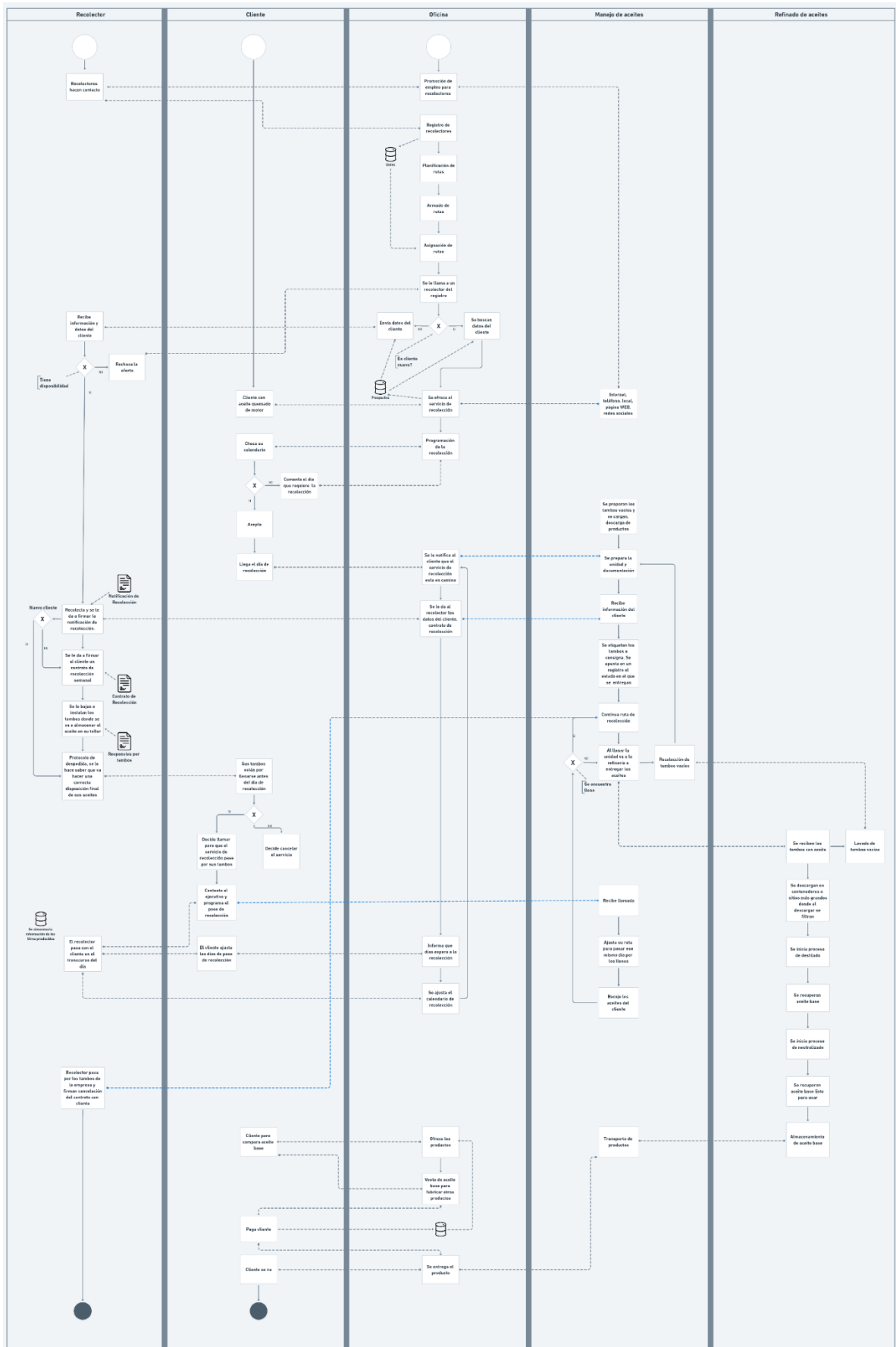
Ilustración 11 Interfaz en Stela que muestra una interfaz funcional para proyectar diferentes panoramas futuros.

Las políticas y decisiones relacionadas con el crecimiento del parque vehicular se pueden explorar en el modelo, permitiendo ajustes en función de las necesidades y objetivos de la ciudad de Orizaba.

Se pueden probar escenarios futuros en donde se puede estimar el tiempo en el que la capacidad de planta deberá de incrementarse.

4.1.2 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo desempeña un papel crucial en este proyecto al proporcionar una representación visual y sistemática de los procesos involucrados en la recolección de aceite usado. Este tipo de diagrama permite entender de manera clara y detallada cada paso del proceso, desde la identificación de los puntos de recolección hasta la distribución del aceite renovado. Facilita la identificación de posibles cuellos de botella, la optimización de las operaciones y la visualización de las interconexiones entre las diversas etapas del proyecto. El diagrama de flujo sirve como una herramienta efectiva para comunicar y compartir la lógica del proyecto con todas las partes involucradas, lo que contribuye a una comprensión común y alineada de las operaciones planificadas. Ver (Diagrama 5).



4.1.3 Modelado en SIMIO

La relación entre el diagrama de flujo y el modelado en SIMIO radica en la transferencia efectiva de la lógica y la estructura del proceso. El diagrama de flujo proporciona la base conceptual y la secuencia de operaciones, que luego se traduce en un modelo detallado en SIMIO. El modelado en SIMIO permite llevar la representación visual del diagrama de flujo a un nivel más avanzado, creando un entorno virtual donde se pueden simular y analizar todas las interacciones y dinámicas del proceso. La información del diagrama de flujo se utiliza para diseñar gráficamente el sistema en SIMIO, definiendo las entidades, los recursos y las rutas necesarias. El modelado en SIMIO se beneficia directamente de la estructura y la lógica delineadas en el diagrama de flujo, permitiendo una simulación más precisa y eficiente de la recolección de aceite usado, resolviendo los siguientes problemas:

- **Diseño eficiente de la recopilación de aceites usados:** Desarrollar un sistema efectivo para recolectar aceites lubricantes de vehículos plantea desafíos logísticos, exigiendo eficiencia en la recopilación y transporte hacia la planta de procesamiento.
- **Enrutamiento optimizado:** Determinar la ruta más eficiente para recolectar aceites usados en varias ubicaciones de la ciudad, con destino a la planta de procesamiento, es clave para minimizar costos y tiempos de transporte.
- **Identificación y mapeo de ubicaciones generadoras de aceites usados:** Realizar un estudio detallado para ubicar y mapear lugares en la ciudad donde se generan aceites usados de vehículos.
- **Algoritmo de ruteo eficiente:** Implementar un algoritmo que optimice rutas de recolección, considerando cantidades a recoger y capacidad de los vehículos encargados del transporte.
- **Consideración de tiempos de procesamiento:** Evaluar tiempos de procesamiento de aceites recolectados, cumpliendo normativas ambientales y de seguridad.

4.2 Pasos de la simulación en SIMIO

Se ha establecido una secuencia de pasos de acuerdo a la metodología para ejecutar las distintas etapas en el desarrollo del sistema de ruteo, con el propósito de obtener los mejores resultados, según el plan de trabajo detallado. Ver (Tabla 37).

No.	Actividades
1	Definición del problema/Recolección de datos: El problema se expone, identificando los desafíos vinculados. Se determina el tamaño de la muestra necesario para abordar de forma representativa el problema en cuestión. Se establece el periodo de tiempo para llevar a cabo el muestreo. Se inicia la recolección de datos según el plan establecido.
2	Validación del modelo: Se crea un diagrama de flujo detallado o de proceso que ilustra el funcionamiento del sistema real. Este diagrama se somete a una validación exhaustiva, siendo revisado por expertos en el sistema como el gerente de producción o el jefe, garantizando su precisión y relevancia.
3	Construcción del programa: El desarrollo del modelo de simulación se realiza utilizando el software SIMIO de simulación.
4	Pruebas piloto: El modelo de simulación se ejecuta para observar su comportamiento y verificar su desempeño.
5	Validar el programa: Los resultados del modelo de simulación se comparan con los del sistema real, utilizando procedimientos estadísticos si es necesario para validar la precisión y la correspondencia entre ambos conjuntos de resultados
6	Diseñar experimentos:

	Se identifican las distintas alternativas que serán objeto de evaluación y se establece el número óptimo de corridas o replicaciones del modelo de simulación para garantizar resultados precisos y consistentes.
7	Análisis de resultados de la experimentación: Se lleva a cabo una investigación exhaustiva de los resultados obtenidos con el fin de identificar posibles problemas, proponer soluciones efectivas y validar la viabilidad del sistema simulado.
8	Interpretar resultados: Los resultados de la simulación son interpretados para extraer conclusiones significativas. Se ofrece la posibilidad de crear intervalos de confianza según las necesidades y especificaciones del usuario final del modelo de simulación.
9	Documentar resultados: Los resultados obtenidos son debidamente documentados para un análisis detallado. Posteriormente, se presentan a la gerencia para su evaluación y toma de decisiones respecto a su implementación.

Tabla 37 Pasos de la simulación en SIMIO.

Se ejecutaron las etapas de la metodología utilizada en el proyecto, describiendo las actividades realizadas en cada fase. El proceso comienza con la identificación del problema y la recopilación de datos, culminando con la interpretación de los resultados generados por el modelo de referencia.

4.2.1 Paso 1. Definición del problema/Recolección de datos

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. En Orizaba, Veracruz, la carencia de una planta para la recolección y procesamiento de aceites automotrices usados generados por talleres representa un problema ambiental y de salud pública. La falta de gestión adecuada de estos residuos peligrosos puede dar lugar a la contaminación del agua, suelo y aire. En respuesta a esta problemática, se propuso el desarrollo de un modelo de simulación que optimice el enrutamiento en la recolección de aceites usados, abarcando desde su generación hasta la disposición final.

Para recopilar datos pertinentes, se llevaron a cabo encuestas en talleres de la ciudad, indagando sobre la frecuencia y cantidad de cambios de aceite. Estos datos fueron categorizados, como se muestra en la Ilustración. Ver (Tabla 38)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	A	B	C	D	E	F	G	H	I
			Servicios de Recolección al día			Litros de aceite producidos al día													
			De	a		De	a												
1											38	Taller 36	0	2		0	8		240
2											39	Taller 37	0	1		0	4		120
3											40	Taller 38	0	1		0	4		120
4		Taller 1	0	1		0	4		120		41	Taller 39	0	1		0	4		120
5		Taller 2	0	1		0	4		120		42	Taller 40	0	1		0	4		120
6		Taller 3	0	2		0	8		240		43	Taller 41	0	1		0	4		120
7		Taller 4	0	1		0	4		120		44	Taller 42	0	1		0	4		120
8		Taller 5	0	2		0	8		240		45	Taller 43	1	2		4	8		240
9		Taller 6	1	1		4	4		120		46	Taller 44	0	1		0	4		120
10		Taller 7	0	1		0	4		120		47	Taller 45	0	1		0	4		120
11		Taller 8	0	1		0	4		120		48	Taller 46	1	1		4	4		120
12		Taller 9	0	1		0	4		120		49	Taller 47	0	1		0	4		120
13		Taller 10	1	1		4	4		120		50	Taller 48	0	1		0	4		120
14		Taller 11	0	2		0	8		240		51	Taller 49	1	2		4	8		240
15		Taller 12	0	1		0	4		120		52	Taller 50	0	1		0	4		120
16		Taller 13	0	1		0	4		120		53	Taller 51	0	1		0	4		120
17		Taller 14	0	2		0	8		240		54	Taller 52	0	1		0	4		120
18		Taller 15	0	1		0	4		120		55	Taller 53	0	1		0	4		120
19		Taller 16	0	1		0	4		120		56	Taller 54	0	1		0	4		120
20		Taller 17	0	1		0	4		120		57	Taller 55	1	2		4	8		240
21		Taller 18	0	2		0	8		240		58	Taller 56	0	1		0	4		120
22		Taller 19	1	1		4	4		120		59	Taller 57	0	1		0	4		120
23		Taller 20	0	1		0	4		120		60	Taller 58	0	1		0	4		120
24		Taller 21	0	1		0	4		120		61	Taller 59	1	1		4	4		120
25		Taller 22	0	1		0	4		120		62	Taller 60	0	2		0	8		240
26		Taller 23	0	1		0	4		120		63	Taller 61	0	1		0	4		120
27		Taller 24	1	1		4	4		120		64	Taller 62	0	1		0	4		120
28		Taller 25	0	1		0	4		120		65	Taller 63	1	1		4	4		120
29		Taller 26	0	2		0	8		240		66	Taller 64	0	2		0	8		240
30		Taller 27	0	1		0	4		120		67	Taller 65	1	1		4	4		120
31		Taller 28	0	2		0	8		240		68	Taller 66	0	1		0	4		120
32		Taller 29	1	1		4	4		120		69	Taller 67	0	1		0	4		120
33		Taller 30	0	1		0	4		120		70	Taller 68	0	1		0	4		120
34		Taller 31	0	1		0	4		120		71	Total	13	82		52	328		9840
35		Taller 32	0	2		0	8		240										
36		Taller 33	1	1		4	4		120										
37		Taller 34	0	1		0	4		120										
38		Taller 35	0	1		0	4		120										

Tabla 38 Promedio de servicios realizados por taller

Posteriormente, se construyó el diagrama de flujo agrupando los procesos en tres categorías principales, detallado en la Ilustración (Diagrama 6).

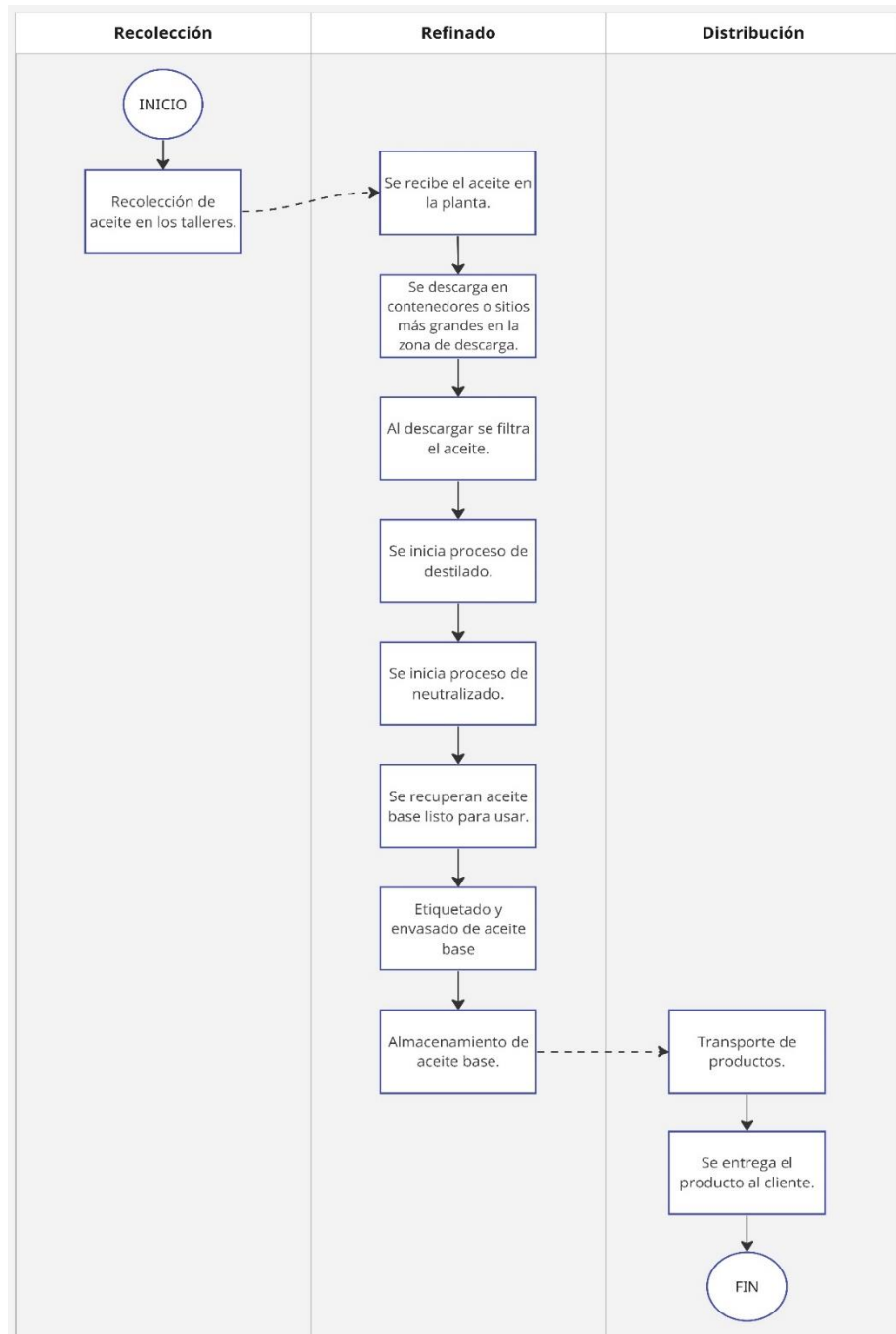


Diagrama 6 Diagrama de flujo agrupado en 3 categorías principales

En la fase de diseño de la ruta de recolección, se emprendió la tarea de localizar la posición óptima de la planta receptora de aceite. Se seleccionó el método del centro de gravedad, una opción entre varias técnicas de localización de instalaciones. Este método se eligió por su enfoque en la minimización de los costos de transporte, siendo una consideración esencial en la eficiencia del proceso. Los resultados de este proceso se presentan en la siguiente tabla (Tabla 39).

A	B	C	D	E	F	G	H
1		Coordenadas					
2	Taller	X	Y	Aceite usado (Litros)		D _x *Vi	D _y *Vi
3	1	18.851004507781	-97.077445656530	4		75.40402	-388.30978
4	2	18.851125405508	-97.077406253971	4		75.4045	-388.30963
5	3	18.851206632324	-97.077406924486	8		150.8097	-776.61926
6	4	18.851572549193	-97.076438092930	4		75.40629	-388.30575
7	5	18.851689312766	-97.076427363116	8		150.8135	-776.61142
8	6	18.851034423085	-97.07546455317	4		75.40414	-388.30186
9	7	18.853297654859	-97.078047500662	4		75.41319	-388.31219
10	8	18.854414943238	-97.076539662519	4		75.41766	-388.30616
11	9	18.857904951287	-97.075199832089	4		75.43162	-388.30080
12	10	18.849077170093	-97.076318495449	4		75.39631	-388.30527
13	11	18.856035593680	-97.081569614328	8		150.8483	-776.65256
14	12	18.854263058017	-97.085273030499	4		75.41705	-388.34109
15	13	18.855972009744	-97.086036543528	4		75.42389	-388.34415
16	14	18.855848708728	-97.085919280296	8		150.8468	-776.68735
17	15	18.852952808242	-97.084715663267	4		75.41181	-388.33886
18	16	18.849417517377	-97.087576169868	4		75.39767	-388.35030
19	17	18.851735813716	-97.089114527450	4		75.40694	-388.35646
20	18	18.851850105164	-97.089605242118	8		150.8148	-776.71684
21	19	18.852210873661	-97.090079393913	4		75.40884	-388.36032
22	20	18.849062913188	-97.088319049916	4		75.39625	-388.35328
23	21	18.848679089027	-97.088030730949	4		75.39472	-388.35212
24	22	18.846948641341	-97.087090988797	4		75.38779	-388.34836
25	23	18.848551372354	-97.091654946306	4		75.39421	-388.36662
26	24	18.838342123608	-97.090269151181	4		75.35337	-388.36108
27	25	18.852534209267	-97.092567592849	4		75.41014	-388.37027
28	26	18.856635757546	-97.086033298325	8		150.8531	-776.68827
29	27	18.858914069189	-97.098858674403	4		75.43566	-388.39543
30	28	18.856792179663	-97.101646434144	8		150.8543	-776.81317
31	29	18.856884361000	-97.106254285301	4		75.42754	-388.42502
32	30	18.860305499251	-97.105356373678	4		75.44122	-388.42143
33	31	18.860488780794	-97.102840405053	4		75.44196	-388.41136
34	32	18.862191421100	-97.102869292991	8		150.8975	-776.82295
35	33	18.862258165367	-97.104721151508	4		75.44903	-388.41888
36	34	18.863896710577	-97.104766477143	4		75.45559	-388.41907
37	35	18.864641984286	-97.104412903764	4		75.45857	-388.41765
38	36	18.865703479151	-97.105318624515	8		150.9256	-776.84255
39	37	18.866113376798	-97.103087858016	4		75.46445	-388.41235
40	38	18.865409729958	-97.102192568255	4		75.46164	-388.40877
41	39	18.867334136446	-97.108476927235	4		75.46934	-388.43391
42	40	18.869499475831	-97.107408145446	4		75.478	-388.42963
43	41	18.872668837641	-97.110180263208	4		75.49068	-388.44072
44	42	18.871904578384	-97.110366657699	4		75.48762	-388.44147
45	43	18.872347762372	-97.111609238509	8		150.9788	-776.89287
46	44	18.872073468635	-97.113758365123	4		75.48829	-388.45503
47	45	18.866439516989	-97.114120040792	4		75.46576	-388.45648
48	46	18.870421014862	-97.117413251887	4		75.48168	-388.46965
49	47	18.859632020990	-97.114411519019	4		75.43853	-388.45765
50	48	18.857085398688	-97.111921625130	4		75.42834	-388.44769
51	49	18.856212918991	-97.114007113000	8		150.8497	-776.91206
52	50	18.853090444142	-97.113543813214	4		75.41236	-388.45418
53	51	18.851784604659	-97.113223787069	4		75.40714	-388.45290
54	52	18.851035777523	-97.112757442559	4		75.40414	-388.45103
55	53	18.851288053351	-97.111729182967	4		75.40515	-388.44692

56	54	18.841290870505	-97.112571756253	4	75.36516	-388.45029
57	55	18.843207892451	-97.109251787277	8	150.7457	-776.87401
58	56	18.843599334746	-97.105728522366	4	75.3744	-388.42291
59	57	18.836084401147	-97.114966296310	4	75.34434	-388.45987
60	58	18.831378911578	-97.094227734007	4	75.32552	-388.37691
61	59	18.828882903184	-97.093318435152	4	75.31553	-388.37327
62	60	18.837376651259	-97.094021910053	8	150.699	-776.75218
63	61	18.838369068125	-97.099639333602	4	75.35348	-388.39856
64	62	18.843056960209	-97.096424014029	4	75.37223	-388.38570
65	63	18.846349238509	-97.098453230447	4	75.3854	-388.39381
66	64	18.849369471708	-97.100229591722	8	150.795	-776.80184
67	65	18.860893343056	-97.109352818879	4	75.44357	-388.43741
68	66	18.859347705150	-97.109509318430	4	75.43739	-388.43804
69	67	18.834804076934	-97.108765009622	4	75.33922	-388.43506
70	68	18.846530187373	-97.098866699027	4	75.38612	-388.39547
71			Σ	328	6184.147	-31847.91618
72						
73						
74			Coordenadas de Planta			
75			Cx	18.85410725		
76			Cy	-97.09730542		

Tabla 39 Operaciones del método por gravedad

Resultado de la aplicación de este método, se obtuvieron las coordenadas precisas de la ubicación ideal para la planta receptora. Al introducir estas coordenadas en Google Maps, se visualiza la localización específica que se muestra en la imagen adjunta. Ver (Ilustración 13).

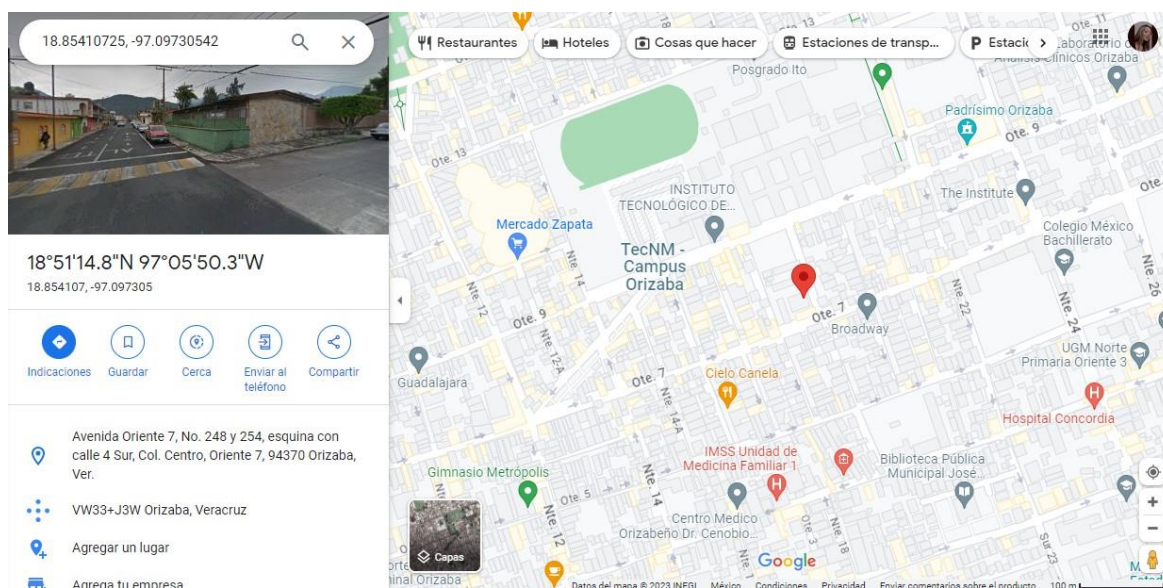


Ilustración 13 Ubicación como resultado del método por gravedad en Google Maps

Adicionalmente, se utilizó la herramienta Logware para analizar los datos de ubicación de los talleres y la planta, con el objetivo de establecer un recorrido eficiente que minimice el tiempo de recolección. Al ingresar las coordenadas de los talleres en el sistema, el software generó recomendaciones para las rutas óptimas. Ver (Ilustración 14).

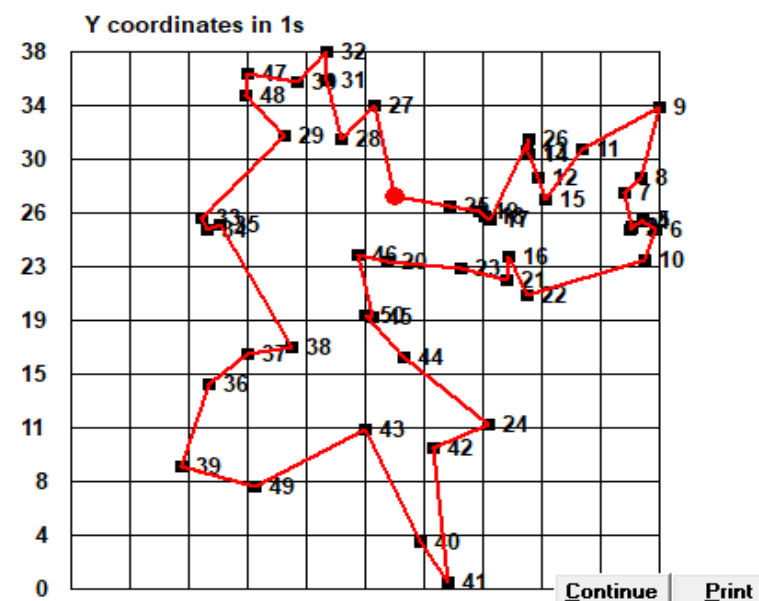


Ilustración 14 Ruta sugerida por Logware

Con la información proporcionada por el software Logware y el previo conocimiento sobre diseño de rutas, se trazó la siguiente ruta. Ver (Ilustración 15).

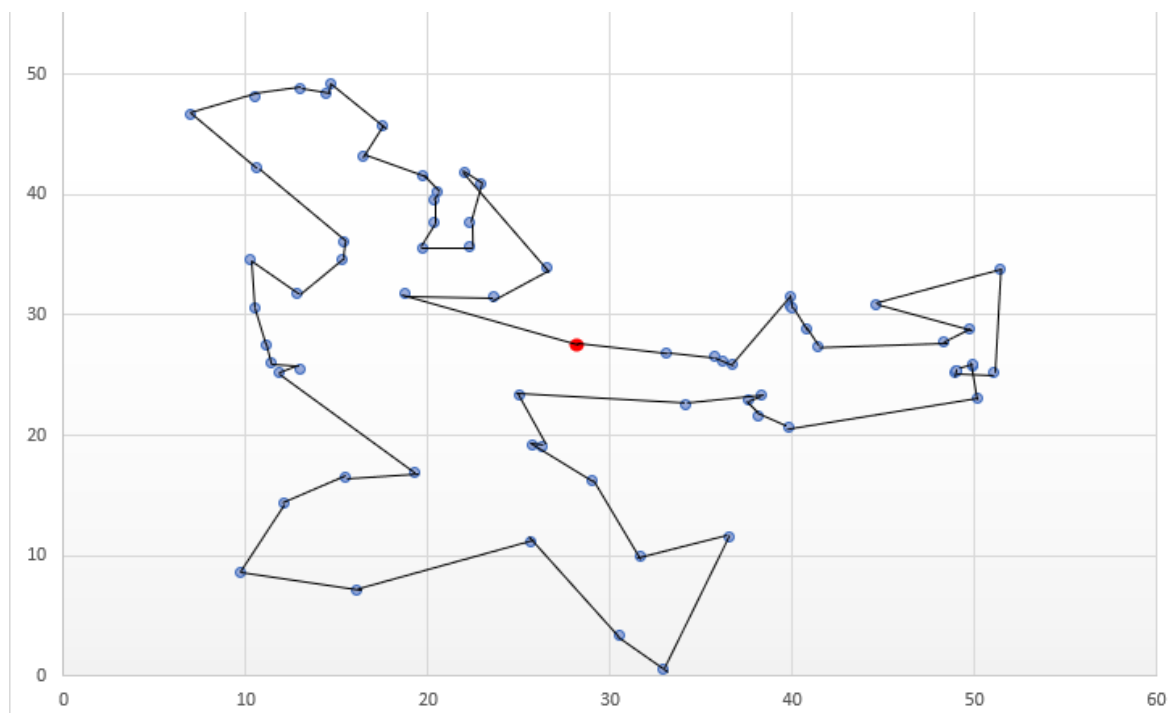


Ilustración 15 Ruta de Recolección de Aceite.

4.2.2 Paso 2. Validación del modelo

Luego de la recopilación de datos, se procede a la clasificación de estos según su utilidad y tipo. Los datos necesarios para el modelo de simulación fueron clasificados de manera manual, evaluando su ajuste a una distribución discreta.

4.2.3 Paso 3. Construcción del programa

Se incluyeron datos cruciales, como los tiempos de desplazamiento del vehículo de recolección y distribución entre ubicaciones, los tiempos de carga y descarga del aceite, y el tiempo necesario para el proceso de refinado en la planta. Para lograr un modelo más preciso y certero, se simplificó el diagrama de flujo original, manteniendo las actividades clave, lo que resultó en el diagrama de flujo que sirvió

como base para la construcción de este modelo. Con el objetivo de optimizar el modelo y obtener resultados óptimos, se activó el mapa de la ciudad de Orizaba en el software Simio para usar distancias a escala, así como en la ubicación de la planta, talleres y puntos de distribución.

En la construcción del modelo de simulación en Simio, se colocaron elementos gráficos que representan la planta, los 68 talleres a lo largo de la ruta donde el vehículo recoge el aceite, y los 5 puntos de distribución. Se trazó la trayectoria que el vehículo recolector y distribuidor debe seguir. Se presenta una captura de pantalla en 2D. Ver (Ilustración 16, 17, 18 y 19).

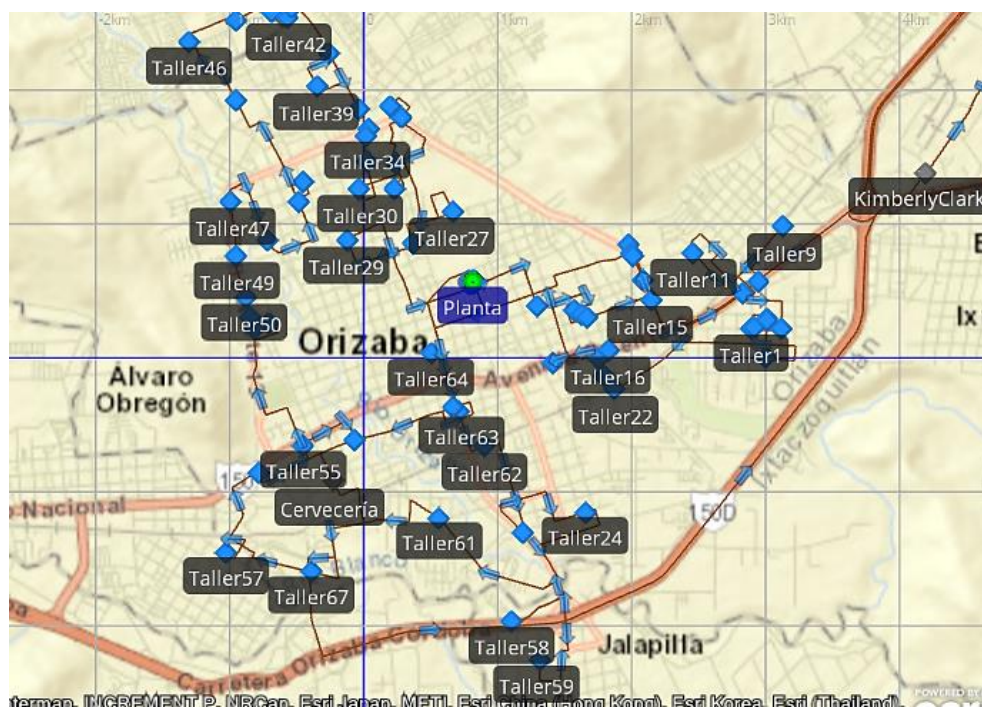


Ilustración 16 Modelo 2D de la ruta de recolección y distribución en la Ciudad de Orizaba, vista aérea.

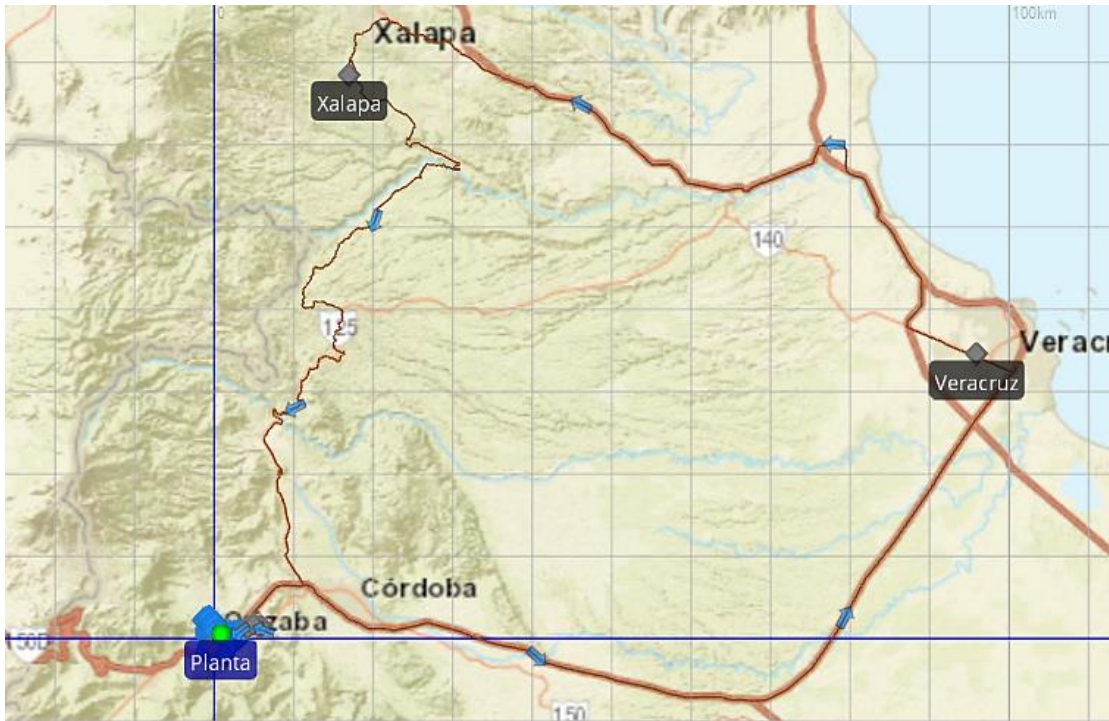


Ilustración 17 Modelo 2D de la ruta de recolección y distribución completa, vista aérea.

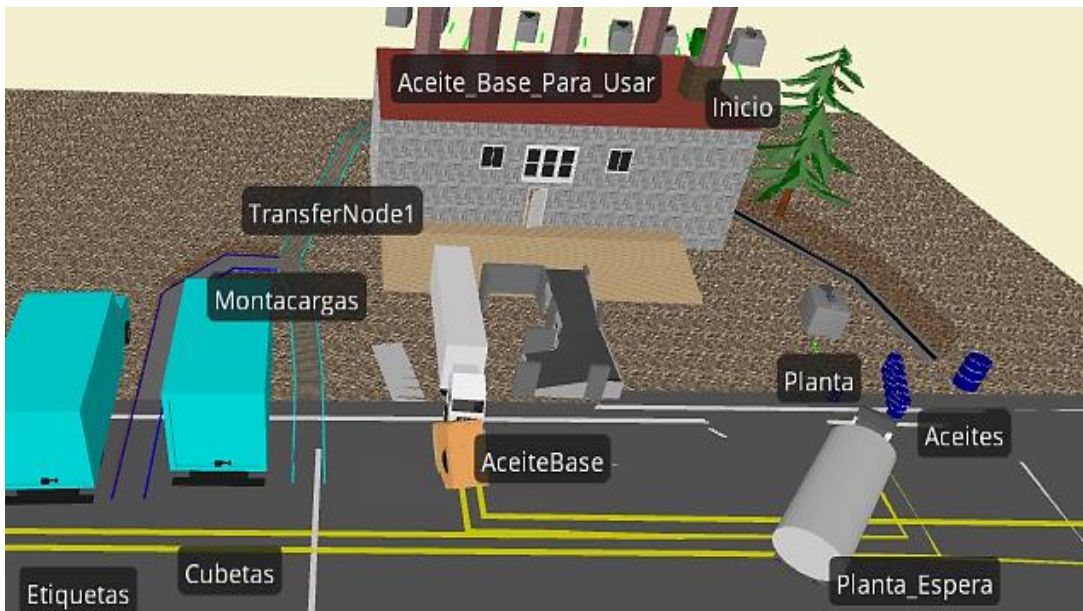


Ilustración 18 Modelo 3D de la distribución de cubetas en los puntos de distribución



Ilustración 19 Modelo 3D del proceso de recolección de aceite en los talleres.

4.2.4 Paso 4. Pruebas piloto

Las pruebas piloto desempeñan un papel crucial en la evaluación y validación del modelo o sistema de simulación antes de su implementación total o su aplicación en situaciones reales. Estas pruebas aseguran la confiabilidad, utilidad y aplicabilidad de los resultados en contextos del mundo real, al mismo tiempo que brindan la oportunidad de realizar mejoras y ajustes en el modelo antes de su despliegue completo. Durante las pruebas piloto iniciales, el software generó los siguientes resultados, Ver (Tabla 40).

Average						
Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
Sink	Cervecería	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	644.2286
					Maximum (Hours)	644.3342
					Minimum (Hours)	644.1231
					Observations	20.0000
	KimberlyClark	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	644.6175
					Maximum (Hours)	644.7231
					Minimum (Hours)	644.5120
					Observations	20.0000
	Planta	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	369.9987
					Maximum (Hours)	730.2664
					Minimum (Hours)	7.7718
					Observations	9,135.0000
Sink	Sabritas	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	644.8397
					Maximum (Hours)	644.8786
					Minimum (Hours)	644.8009
					Observations	20.0000
	Taller1	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	644.8397
					Maximum (Hours)	644.8786
					Minimum (Hours)	644.8009
					Observations	20.0000
	Taller2	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	644.8397
					Maximum (Hours)	644.8786
					Minimum (Hours)	644.8009
					Observations	20.0000
	Taller3	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	644.8397
					Maximum (Hours)	644.8786
					Minimum (Hours)	644.8009
					Observations	20.0000

Tabla 40 Resultados en software Simio de una de las corridas generadas

Tras confirmar la precisión del modelo de simulación en Simio, se llevan a cabo 10 pruebas piloto. El propósito de estas pruebas es recopilar datos preliminares que serán fundamentales en las siguientes etapas de validación y diseño de experimentos.

4.2.5 Paso 5. Validar el programa

Para evaluar la eficacia del modelo de simulación, se aplicó la prueba estadística t-pareada con un nivel de significancia del 5%. Esta prueba tiene como objetivo verificar si el modelo representa de manera precisa el sistema real y carece de deficiencias. Se expone el proceso de la prueba t-pareada. Ver (Ilustración 20)

$$\bar{z}_{10} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Z_i}{n} = -0.1$$

$$\hat{Var} [\bar{z}_{10}] = \frac{\sum_{i=1}^{10} [Z_i - \bar{z}_{10}]^2}{n(n-1)} = \frac{4.9}{(10)(9)} = 0.054444$$

$$\bar{z}_{10} \pm t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\hat{Var} \bar{z}_n}$$

$$-0.1 \pm t_{9, 0.025} \sqrt{0.054444} = -0.1 \pm 2.2622 \sqrt{0.054444}$$

$$-0.1 \pm 0.53 = (-0.63, 0.43)$$

Ilustración 20 Prueba t-pareada

Con base en el resultado previo de la Ecuación (Ilustración 20), el intervalo de confianza obtenido incluye el valor cero, indicando que las diferencias entre los valores reales y simulados no son estadísticamente significativas. Esta conclusión respalda la viabilidad del modelo.

4.2.6 Paso 6. Diseñar experimentos

En el planteamiento de los escenarios a simular, se consideraron diversos experimentos para obtener estadísticas que permitan un análisis profundo del sistema. Cada escenario o experimento se caracteriza por la duración de la corrida y el número óptimo de corridas, siendo este último calculado mediante la fórmula siguiente Ver (Ilustración 21).

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n: t_{i-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{S^2(n)}{i}} \leq \beta \right\}$$

Ilustración 21 Ecuación Numero óptimo de corridas

Se inició ejecutando el modelo en 10 ocasiones (Tabla 41) y los datos fueron los calculados en la (Tabla 42), donde se obtuvo un error absoluto (β) de 63.77 litros de aceite, y se estableció un nivel de confianza del 95%. La medida de desempeño seleccionada es la cantidad de litros de aceite recolectados por el vehículo en los 68 talleres en un periodo de 1 mes (con el respaldo de Excel como herramienta de apoyo). Los resultados del cálculo del número óptimo de corridas se presentan en la Tabla (Tabla 43).

Corridas	Aceite Recolectado (Litros)
1	9112
2	9135
3	9029
4	9091
5	9161

6	9120
7	9193
8	9094
9	9020
10	9138

Tabla 41 Corridas previas para el cálculo del número óptimo de corridas.

i	10
$\bar{x}_n$	9109.3
S^2_n	2919.57
β	63.77
α	0.05

Tabla 42 Datos para el cálculo del número óptimo de corridas

i	T de student	Resultado	Condición (se cumple)
10	2.2622	68.2769	NO
11	2.2281	64.1181	NO
12	2.201	60.6418	SI
13	2.1788	57.4898	SI

Tabla 43 Número óptimo de corridas

Por lo tanto, el número óptimo de corridas es igual a 12 replicaciones.

4.2.7 Paso 7 y 8 Análisis e interpretación de los resultados

En este segmento, se exponen los resultados más destacados derivados del modelo de simulación. La (Tabla 44) presenta los resultados de los litros de aceite recolectados en los talleres durante la simulación y la (Tabla 45) representa las cubetas generadas como producto de aceite base por la refinadora o planta propuesta.

Taller	Corrida												Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	108	106	104	109	114	114	106	112	116	110	111	103	109.42
2	113	105	115	112	107	115	111	111	104	118	110	112	111.08
3	232	234	212	221	223	214	237	222	228	223	211	234	224.25
4	105	112	112	112	107	118	106	118	110	105	120	120	112.08
5	231	226	237	220	224	221	217	232	228	238	223	225	226.83
6	112	115	106	107	114	108	109	109	113	110	116	111	110.83
7	112	109	103	112	111	112	112	111	102	116	109	116	110.42
8	113	109	102	107	112	110	116	112	97	108	109	105	108.33
9	111	104	111	116	110	114	112	111	104	114	115	103	110.42
10	114	112	113	116	114	113	112	106	109	105	111	120	112.08
11	213	231	221	226	227	219	237	239	206	219	233	220	224.25
12	111	113	110	111	107	112	113	114	112	112	110	105	110.83
13	117	112	111	111	108	111	115	115	111	113	110	110	112.00
14	232	232	213	230	227	218	234	223	240	240	235	216	228.33
15	110	113	107	107	106	111	115	109	111	113	107	108	109.75
16	109	116	111	104	109	110	104	107	118	115	108	106	109.75
17	117	117	105	109	114	110	113	115	109	108	104	106	110.58

18	231	211	223	226	225	223	240	232	210	223	236	208	224.00
19	112	105	116	106	114	109	112	110	119	112	120	105	111.67
20	107	117	119	106	105	116	107	111	105	109	117	98	109.75
21	113	111	113	110	114	110	113	109	113	117	108	107	111.50
22	106	94	114	111	117	94	117	113	115	115	105	113	109.50
23	116	111	117	115	113	113	108	111	106	103	105	108	110.50
24	99	107	110	112	116	107	106	112	104	111	111	116	109.25
25	114	111	113	108	110	117	114	102	112	116	116	111	112.00
26	222	237	223	231	222	236	227	222	202	227	226	225	225.00
27	111	113	110	112	109	111	114	114	101	107	109	114	110.42
28	221	228	233	235	239	233	231	214	214	218	226	209	225.08
29	111	109	111	113	99	113	115	120	104	116	115	111	111.42
30	111	112	116	110	109	110	112	111	114	109	106	114	111.17
31	108	115	104	108	105	112	109	117	106	106	110	111	109.25
32	231	226	209	232	233	230	221	232	226	224	223	224	225.92
33	113	118	102	107	104	101	110	108	106	112	117	114	109.33
34	114	107	112	121	113	113	113	110	116	111	113	107	112.50
35	115	112	103	108	111	108	108	108	112	102	115	113	109.58
36	234	222	237	230	238	196	240	223	229	219	235	219	226.83
37	111	111	106	105	110	110	114	114	115	107	112	109	110.33
38	107	116	109	115	116	120	115	106	108	108	112	114	112.17
39	107	115	109	114	114	104	112	110	115	103	115	104	110.17
40	109	107	106	112	113	110	109	112	97	110	114	112	109.25
41	106	118	109	115	109	110	110	110	108	114	113	116	111.50

42	110	115	111	107	112	105	115	105	113	107	110	118	110.67
43	221	230	201	215	227	220	223	234	231	236	231	214	223.58
44	110	109	107	103	118	114	104	113	111	108	111	115	110.25
45	103	108	105	107	109	111	107	107	113	106	99	111	107.17
46	108	110	112	108	117	98	106	107	108	111	111	101	108.08
47	111	107	114	111	113	110	107	109	105	110	112	114	110.25
48	108	113	97	112	114	114	109	108	113	113	110	113	110.33
49	214	222	222	215	220	232	232	203	229	214	236	227	222.17
50	112	110	112	114	104	116	109	102	101	108	115	113	109.67
51	112	112	105	104	114	112	108	108	110	104	113	108	109.17
52	106	104	116	97	107	109	120	107	110	119	116	117	110.67
53	105	109	114	109	115	111	107	107	112	110	111	118	110.67
54	112	106	113	112	103	115	115	108	105	112	113	105	109.92
55	229	219	230	241	223	234	231	222	223	233	227	222	227.83
56	114	110	109	112	108	112	115	103	104	114	117	106	110.33
57	111	113	117	115	114	111	108	109	114	115	113	111	112.58
58	119	117	113	101	111	111	110	106	102	114	114	119	111.42
59	109	111	111	110	113	110	107	115	113	113	108	108	110.67
60	226	227	222	221	237	224	225	236	228	210	228	227	225.92
61	114	110	97	109	109	106	116	116	112	116	112	107	110.33
62	112	119	109	108	120	115	105	111	109	117	110	105	111.67
63	106	104	117	103	104	117	113	106	108	113	115	113	109.92
64	211	209	218	231	211	233	207	224	225	232	226	221	220.67
65	103	113	107	114	113	112	113	110	112	107	108	117	110.75

66	110	109	109	106	106	111	117	105	105	111	108	107	108.67
67	111	109	111	110	116	108	109	106	118	105	104	113	110.00
68	116	111	113	104	111	113	109	110	111	114	110	105	110.58
$\Sigma =$	9112	9135	9029	9091	9161	9120	9193	9094	9020	9138	9209	9057	9113.25

Tabla 44 Exhibe los resultados generados en la simulación del aceite recolectado.

Corrida	Cubetas producidas
1	451
2	449
3	447
4	449
5	455
6	450
7	455
8	447
9	447
10	454
11	457
12	443
Promedio	450.33

Tabla 45 Cubetas generados como producto por la refinadora con el aceite recolectado.

Los resultados de las cubetas de aceite base distribuidas en los puntos de distribución durante la simulación se presentan en la (Tabla 46).

Puntos de distribución	Corrida												Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cervecería	22	20	24	22	22	31	12	13	17	20	21	20	20.33
Kimberly Clark	19	18	14	15	26	23	18	19	15	31	25	24	20.58
Sabritas	10	7	11	9	10	10	13	5	14	10	12	8	9.92
Veracruz	187	208	201	193	207	189	196	208	194	209	181	194	197.25
Xalapa	209	188	194	202	188	189	211	199	201	182	207	194	197.00
Holcim	4	8	3	8	2	8	5	3	6	2	11	3	5.25
$\Sigma =$	451	449	447	449	455	450	455	447	447	454	457	443	450.33

Tabla 46 Resultados de las cubetas de aceite base distribuidas en la simulación.

4.2.8 Paso 9. Documentar resultados

En la (Tabla 47) se presentan los resultados promedio generales obtenidos durante la simulación que son de utilidad para la toma de decisiones.

Resultados del modelo				
Litros de aceite recolectado mensualmente	Cubetas producidas mensualmente	Cubetas distribuidas mensualmente	Distancia del recorrido en la recolección	Distancia del recorrido en la distribución
9113.25	450.33	450.33	43867.44 mts.	402362.94 mts.

Tabla 47 Resultados promedio de la simulación.

En la Tabla (Tabla 47) se presentan los resultados promedio de la simulación. En la ciudad de Orizaba, Veracruz, se registra una producción mensual promedio de 9113.25 litros de aceite automotriz usado en 68 talleres. Este aceite, al ser sometido

a procesamiento en la refinería, genera una producción mensual promedio de 450.33 cubetas de aceite base. Estas cubetas se distribuyen en varios estados de México, asignándose en promedio 20.33 cubetas a la Cervecería de Orizaba, 20.58 cubetas a Kimberly Clark, 9.92 cubetas a Sabritas, 197.25 cubetas a Veracruz, 197 cubetas a Xalapa y 5.25 cubetas a Holcim.

Es importante destacar que el vehículo encargado de la recolección recorre una distancia de 43,867.44 metros en su ruta, mientras que el vehículo de distribución cubre una distancia de 402,362.94 metros en su recorrido.

4.3 Estimación costos de proyecto

En este proyecto, la utilidad del diagrama de flujo radica en su capacidad para considerar de manera sencilla las cantidades, tiempos y costos. La simulación con SIMIO se beneficia al representar de manera clara y comprensible la proyección temporal, permitiendo calcular los costos asociados. Este enfoque busca evaluar la rentabilidad del proyecto mediante la simulación. Ver (Tabla 48).

Costos del proyecto			
VOLVO FH13 480	Camión Pipa	Costo del refinado	Gasto de la gasolina por litros
\$ 556,075	\$ 1,835,000	\$39,012	\$18.95.

Tabla 48 Datos de costos del proyecto

Se presenta un diagrama de flujo que ilustra el recorrido de los procesos que experimenta el aceite usado, desde su recolección hasta la fase de venta después de ser refinado. El inicio de este ciclo involucra la extracción del aceite usado en puntos específicos situados en el área de Orizaba, Veracruz, utilizando un camión pipa. Se somete a tratamientos, como se detalla en el diagrama (Diagrama 7).

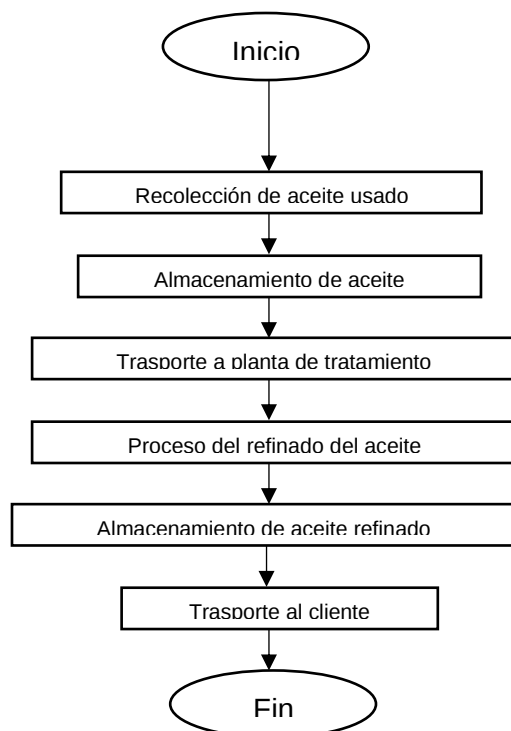


Diagrama 7 Diagrama de flujo de operaciones del aceite

En la ejecución del proyecto, se empleó un diagrama de flujo para visualizar de manera clara el proceso que debería atravesar el aceite usado. Esto permitió considerar de manera detallada los costos asociados para asegurar su adecuado manejo. Ver (Ilustración 22 y 23).

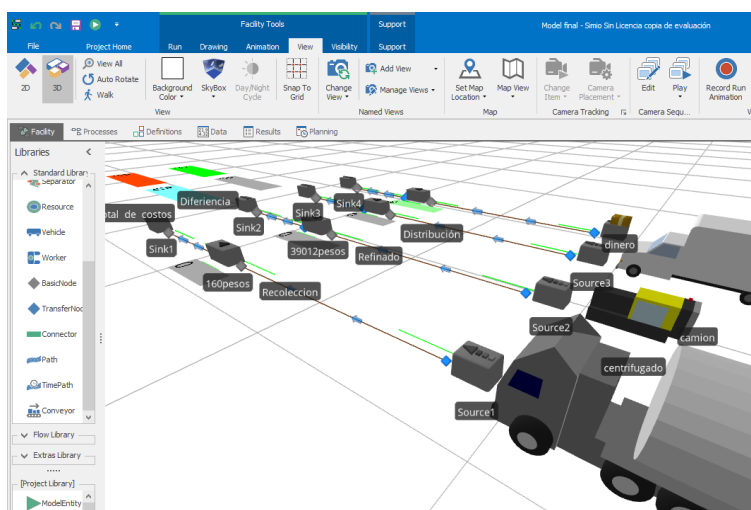


Ilustración 22 Simulación de cálculos

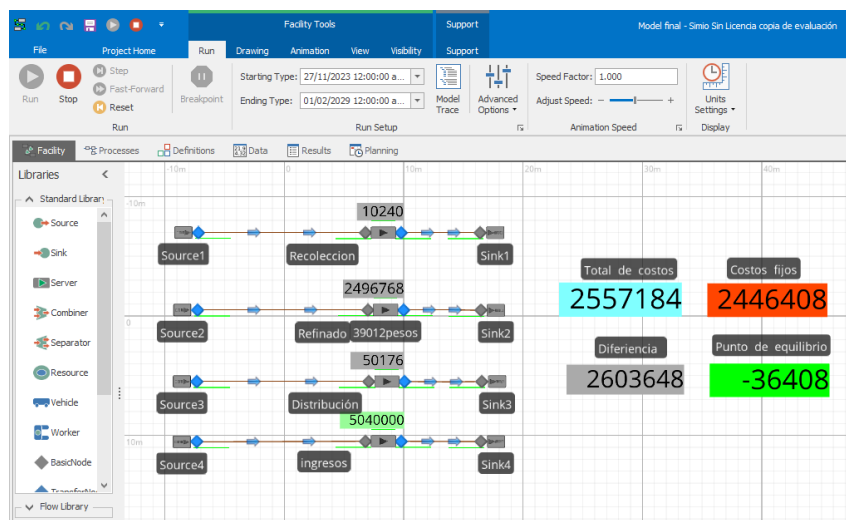


Ilustración 23 Simulación en SIMIO para calcular el punto de equilibrio.

Después de llevar a cabo la simulación en SIMIO para calcular los costos del proyecto, se determinó que en un periodo de 6 años a partir de la fecha actual se alcanzaría el punto de equilibrio. Esto implicó considerar los gastos relacionados con la adquisición de camiones para recolección y distribución, así como los costos asociados a combustibles y el proceso de refinado del aceite.

La utilización de tecnologías como el QFD y la simulación fue esencial para proyectar la viabilidad a largo plazo del proyecto, evaluando la inversión necesaria y el tiempo requerido para que este se vuelva rentable. Se contemplaron detalladamente los costos fijos, que abarcan tanto los costos de servicio como de adquisición, así como los salarios, como se detalla en la tabla (Tabla 49).

Costos fijos		costos variables (meses)	
Alquileres	\$ 2,391,075.00	Gatos de recolección	\$ 160.00
Salarios	\$ 39,500.00	Gatos de refinación	\$ 39,012.00
Servicios	\$ 15,833.00	Gatos de distribución	\$ 784.00

Total	\$ 2,446,408.00	Total	\$ 39,956.00
-------	-----------------	-------	--------------

Tabla 49 Costos fijos y variables

La evaluación detallada del proyecto incluyó la determinación del punto de equilibrio, que indicaba el momento en el que los beneficios comenzarían a generarse. El análisis arrojó que la inversión inicial del proyecto se recuperaría aproximadamente en 5 años. Este cálculo se basó en los costos fijos totales de \$2,446,408.00, los costos variables mensuales de \$39,956.00, y los ingresos mensuales proyectados de \$78,750.00. Estas ganancias se derivaron de la venta mensual de 450 botes de 20 litros, cada uno con un precio de \$175 pesos, como se detalla en la tabla (Tabla 50 y Diagrama 8).

años	ingresos	costos variables	costos fijos	costos totales
1	\$ 945,000.00	\$ 479,472.00	\$ 2,446,408.00	\$ 2,925,880.00
2	\$ 1,890,000.00	\$ 958,944.00	\$ 2,446,408.00	\$ 3,405,352.00
3	\$ 2,835,000.00	\$ 1,438,416.00	\$ 2,446,408.00	\$ 3,884,824.00
4	\$ 3,780,000.00	\$ 1,917,888.00	\$ 2,446,408.00	\$ 4,364,296.00
5	\$ 4,725,000.00	\$ 2,397,360.00	\$ 2,446,408.00	\$ 4,843,768.00
6	\$ 5,670,000.00	\$ 2,876,832.00	\$ 2,446,408.00	\$ 5,323,240.00
7	\$ 6,615,000.00	\$ 3,356,304.00	\$ 2,446,408.00	\$ 5,802,712.00

Tabla 50 Punto de equilibrio

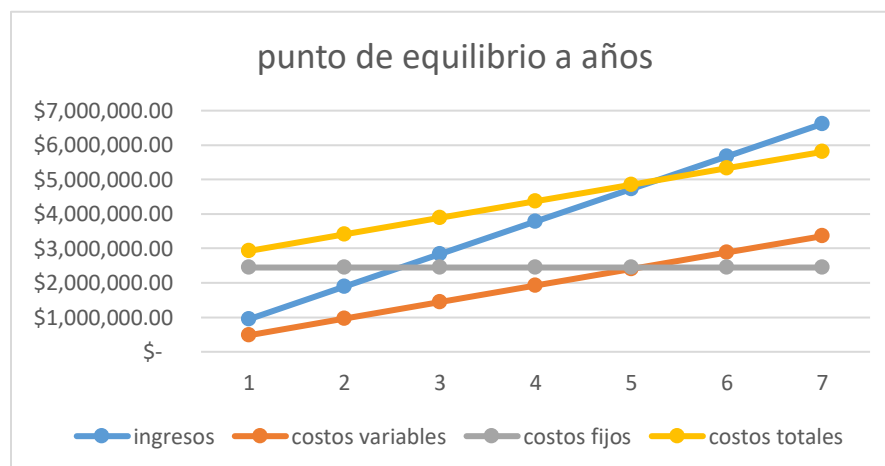


Diagrama 8 Grafica de punto de equilibrio

La viabilidad del proyecto ha sido exhaustivamente evaluada a través de métodos como el AHP y el QFD, respaldados por simulaciones en SIMIO. La recolección de aceites usados, su posterior tratamiento mediante el centrifugado, y la distribución de los productos refinados fueron minuciosamente analizados en términos de costos, tiempos y eficiencia logística. Los resultados de la simulación indican que, tras un periodo de aproximadamente 5 años, el proyecto alcanzaría el punto de equilibrio, donde los beneficios superarían los costos. Considerando costos fijos totales de \$2,446,408.00, costos variables mensuales de \$39,956.00 e ingresos proyectados de \$78,750.00 mensuales, derivadas de la venta de 450 botes de 20 litros a \$175 pesos cada uno, el proyecto muestra una clara viabilidad financiera y una perspectiva positiva para generar beneficios sostenibles a medio plazo.

Conclusiones

Se ha desarrollado un modelo de simulación que representa con precisión el proceso de recolección de aceite y distribución de productos base en la ciudad de Orizaba. Su implementación y ajuste a lo largo del tiempo han permitido evaluar su eficacia y eficiencia en la gestión de estos recursos valiosos.

La gestión eficiente de recursos y la preservación del medio ambiente son desafíos cruciales en la actualidad. La gestión del aceite automotriz usado desempeña un papel significativo en la reducción de la contaminación del agua, suelo y aire, promoviendo prácticas sostenibles.

Los resultados de la simulación destacan la importancia de un enfoque integral en la gestión del aceite usado. La planificación cuidadosa de la logística, la optimización de rutas y la gestión eficiente de inventarios pueden reducir significativamente el impacto ambiental.

El modelo demuestra la viabilidad del proyecto al ofrecer una plataforma versátil que permite analizar con precisión todos los componentes clave del proceso, desde la programación de rutas hasta la logística de entrega. Esto proporciona una visión

integral del sistema y permite la optimización continua. La disponibilidad de tecnologías y su correcta selección son clave para la correcta gestión de los residuos, así como sistemas de información geográfica facilitan la implementación efectiva del modelo.

Este trabajo es relevante en el contexto de la creciente conciencia ambiental y la demanda de prácticas sostenibles en la industria del aceite. La eficiencia en la recolección y distribución no solo reduce costos, sino que también disminuye el impacto ambiental asociado a desperdicios y emisiones. Se espera que este proyecto sirva como punto de partida para implementar medidas concretas que promuevan la sostenibilidad y la eficiencia en la ciudad de Orizaba.

La culminación de este proyecto revela un panorama integral de la gestión de aceites usados en la ciudad de Orizaba. La aplicación de metodologías como AHP y QFD, respaldadas por simulaciones en SIMIO, proporciona un enfoque sólido y orientado a datos para la toma de decisiones en la recolección, tratamiento y distribución de aceites automotrices usados. No obstante, diversos obstáculos podrían presentarse, incluyendo la necesidad de una infraestructura logística eficiente, la colaboración activa de los talleres automotrices, y la concientización sobre la disposición adecuada de los aceites usados.

Numerosas ventajas envuelven un proyecto de este tipo, entre ellas, la reducción significativa de la contaminación ambiental derivada de la gestión inadecuada de aceites usados. La optimización de rutas de recolección y distribución, respaldada por la simulación en SIMIO, no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también reduce las emisiones de CO₂ asociadas al transporte. El tratamiento y refinado de los aceites proporcionan una fuente renovable de aceite base, contribuyendo a la sostenibilidad y a la reducción de la dependencia de fuentes no renovables.

Este proyecto no solo es una iniciativa en el desarrollo de economía circular prometedora, sino que también abre oportunidades para el desarrollo futuro. La implementación a mayor escala y la expansión a otras ciudades podrían ampliar el impacto positivo en términos ambientales y económicos. El uso de tecnologías

emergentes, como la implementación de sensores y sistemas de información geográfica, podría mejorar aún más la eficiencia de la cadena de suministro.

Considerando los datos proporcionados, se proyecta que el punto de equilibrio se alcance en aproximadamente 5 años. Con costos fijos totales de \$2,446,408.00, costos variables mensuales de \$39,956.00 y ingresos mensuales proyectados de \$78,750.00, el proyecto muestra un potencial significativo para generar beneficios sostenibles. Cabe destacar que estos cálculos son conservadores, y en la medida en que se optimicen los procesos y se expanda la operación, estos números podrían mejorar.

Si consideramos que el 56% de los talleres de la ciudad no participan en una disposición adecuada, y que aproximadamente 9200 litros mensuales de aceite quemado podrían ser recolectados, tratados y distribuidos, los beneficios ambientales son notables. Se estima que, al evitar la incorrecta disposición de estos aceites, se reducirían las emisiones de CO₂ en un 30% y se evitaría la contaminación de aproximadamente 460,000 litros de agua al año.

Este proyecto representa una propuesta viable desde el punto de vista técnico, financiero y ambiental. No solo aborda un problema ambiental crítico, sino que también presenta oportunidades significativas para el crecimiento futuro y la expansión a nivel regional. La gestión adecuada de los recursos y la implementación de tecnologías innovadoras pueden convertir este proyecto en un referente de sostenibilidad y eficiencia en la gestión de aceites usados.

El desarrollo de este proyecto no solo se apoyó en metodologías tradicionales, sino que también incorporó enfoques innovadores, como el Design Thinking, para potenciar la creatividad y la resolución de problemas. A lo largo de las diferentes fases del Design Thinking, desde la empatía hasta la implementación, se fomentó la colaboración y la comprensión profunda de las necesidades de los usuarios y del entorno. Este enfoque centrado en el ser humano permitió identificar oportunidades y diseñar soluciones que no solo fueran técnicamente sólidas, sino también adaptadas a las dinámicas y necesidades específicas de la comunidad de Orizaba.

La fase de ideación del Design Thinking fue fundamental para la generación de conceptos innovadores que luego se integraron en el modelo de recolección, tratamiento y distribución de aceites usados. La diversidad de perspectivas aportadas por el equipo multidisciplinario durante esta fase resultó ser crucial para encontrar soluciones creativas y superar los desafíos inherentes al proyecto. Se implementó la simulación dinámica, un enfoque que permite modelar y simular el comportamiento de un sistema a lo largo del tiempo. Esta herramienta resultó invaluable para evaluar la eficiencia de las rutas de recolección propuestas, así como para optimizar los procesos de tratamiento y distribución. La simulación dinámica proporcionó una representación visual y cuantitativa de cómo las diferentes variables interactúan en el tiempo, permitiendo ajustes precisos y mejoras continuas en el modelo.

La combinación de Design Thinking y simulación no solo condujo al desarrollo de un modelo robusto y eficiente, sino que también aseguró que este estuviera alineado con las necesidades reales de la comunidad y fuera capaz de adaptarse a cambios futuros. Estos enfoques no solo optimizaron los aspectos técnicos del proyecto, sino que también aseguraron una implementación centrada en las personas y una gestión dinámica de los recursos y procesos involucrados.

Cumplimiento con los objetivos específicos.

Objetivo específico	Evidencia de su cumplimiento	Obstáculo o beneficio no previsto
Diagnóstico. Identificar los talleres de la región de Orizaba para aplicar un diagnóstico que permita obtener información sobre la manipulación de sus residuos peligrosos y así identificar las fuentes potenciales de abastecimiento	Pg. 123-131 Elaboración y aplicación de encuestas, mediante las cuales se elaboró un recuento y mapeo de los talleres automotrices en la ciudad.	Se obtuvo y se conoció información nueva y adicional sobre la disposición final de los aceites en la región.
Identificar Problemática. Los resultados serán analizados para determinar las principales causas por la que los talleres no realizan una disposición adecuada de sus residuos peligrosos.	Pg. 33-48 Estudio documental y análisis de encuestas usando Pareto para identificar los pocos vitales causantes del problema.	El Pareto aborda los problemas más representativos, excluyendo algunas otras causas que forman parte del problema. Agiliza de forma considerable la atención de la causa principal del problema.
Diseño de modelo. Diseñar un modelo para la disposición de residuos peligrosos, con el objetivo de identificar las principales necesidades de este servicio.	Pg. 48-85 Elaboración de CANVA tomando en cuenta AHP Y QFD para identificar las mejores tecnologías a utilizar.	Hay muchas más tecnologías por estudiar, y abre una puerta para innovar nuevos métodos que pueden ser aplicados en esta área de selección de las mejores tecnologías.
Simulación. Se diseñará y construirá un modelo de simulación que tenga en cuenta una muestra representativa de MiPyMEs que no estén llevando a cabo una disposición adecuada de sus residuos tóxicos peligrosos.	Pg. 82-102 Elaboración del modelo de simulación, mediante los 10 pasos de la metodología junto con el número de corridas óptimas y verificación del entorno real mediante una T-Pareada.	El panorama es lo más real posible, pero aún quedan eventos extraordinarios a considerar que pueden darse en la ciudad, como cierre de vialidades o cambio de dirección de calles que pueden afectar los tiempos de la simulación a largo plazo.

Evaluación de datos y resultados. Analizar los resultados obtenidos a partir del modelo de simulación para evaluar su viabilidad.	Pg. 103-114 Evaluación del punto de equilibrio, para estimar escenarios de recuperación.	Se concluye que el proyecto es viable, pero la inversión inicial es muy alta.
---	--	---

Referencias

- Aguedelo; Edison, Santiago, C., Benjamin, R., & Orlando, R. (2012). Un método de gestión ambiental para el tratamiento y la disposición final adecuada de un residuo peligroso. *Gestión y Ambiente*, 15(2), 101–115.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424095008>
- Andrade, P. C. (2015). *Propuesta De Un Plan De Manejo Sustentable De Los Aceites Usados Provenientes De Los Talleres Automotrices Y Lubricadoras Del Cantón Cañar*. 61–102.
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/349/1/Tesis Juan Antonio Alfonso Alvarez.pdf>
- ANNET, N., & Naranjo, J. (2014). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(1), 2071–2079.
- Antonio, J., & Navalpotro, S. (1998). *Medio ambiente y desarrollo en la España de los noventa : la problemática regional de los residuos tóxicos y peligrosos **. 1990, 257–280.
- Barrera, L., & Velecela, A. (2015). *Diagnóstico de la contaminación ambiental causada por aceites usados provenientes del sector automotor*. 132.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7691/1/UPS-CT004551.pdf>
- Bogotá, D. C., & González, A. G. (2002). *Ciencia Unisalle Diagnóstico ambiental sobre el manejo de residuos peligrosos en la industria farmacéutica , de aceites y grasas y de papel en*.
- Bustos F, & Carlos E. (2015). La logística inversa como fuente de producción sostenible*. *Mérida. Venezuela*, 7–32.
- Facultad de responsabilidad social. (2014). *Maestria en responsabilidad social*. 1–132.
<http://pegaso.anahuac.mx/responsabilidadsocial/index.php/planes-de-estudio/maestria-en-responsabilidad-social.html>
- Galindo Pérez, E. J., Ocaña Soto, R. R., Chávez Sandoval, B. E., Naranjo Castañeda, F. A., Martínez García, M., Campos Contreras, J. E., & García Franco, F. (2017). Evaluación de la fitotoxicidad de aceite automotriz usado con Vicia Faba y Phaseolus Coccineus. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33(3), 421–435.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.06>
- Gazca Herrera, L. A., Gómez Cabañas, J. R., Garizurieta Bernabe, J., & Castro Naranjo, F. (2020). Propuesta de una herramienta de emprendimiento en el diseño de un modelo de negocio. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones y Negocios)*, 7(1), 96–111. <https://doi.org/10.22579/23463910.200>
- González Cázarez, G., Ahumada-Cervantes, R., Ahumada-Cervantes, B., González-Márquez, L., & García-Urquidez, D. (2020). El manejo de aguas residuales y residuos peligrosos en talleres mecánicos en la ciudad de Guasave, Sinaloa, México. *Revista Bio Ciencias*, 7. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e991>
- Hasta, I. C.-Y. P., Automotrices, D. L., México, D., Vehículo, T. De, & Comerciales, V.

-
- (2015). *MERCADO DE LUBRICANTES AUTOMOTRICES DE MÉXICO - TAMAÑO* ,. 2–8. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/mexico-automotive-lubricants-market>
- Hernández, B., & Velasco, H. (2000). Técnica de encuesta transversal. *Dirección de Epidemiología*, 42(5), 447–455. <https://www.scielosp.org/article/spm/2000.v42n5/447-455/es/>
- Hernández Silvestre, Luis Romero Díaz, L. E., & Salazar Monterde, O. J. (2008). *Guía para el Manejo , Almacenamiento y Disposición Final de Residuos Peligrosos en los Aeropuertos de México* . 83.
- Kerja, E. P. T. (1967). 済無No Title No Title No Title. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 13(April), 15–38.
- Manzanares Jiménez, L. A., & Ibarra Ceceña, M. G. (2012). Diagnóstico del uso y manejo de los residuos de aceite automotriz en el municipio de El Fuerte, Sinaloa. *Ra Ximhai*, 129–138. <https://doi.org/10.35197/rx.08.02.e.2012.12.lm>
- Manzanarez Jiménez, L. A. (2022). Alternativas De Recuperacion Para Los Aceites Lubricantes Usados. *Epistemus*, 16(32). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i32.222>
- Metales pesados en un suelo afectado con aceite proveniente de motores de combustión interna. (2011). *Multiciencias*, 11(1), 26–34.
- Mogollón, A. (2021). Design Thinking aplicado en lo público. *RChD: Creación y Pensamiento*, 6(11), 1. <https://doi.org/10.5354/0719-837x.2021.65498>
- Morales, K. F., Sandoval, O. R., & Ixmattlahua, S. D. (2016). Canvas: Marco conceptual de apoyo para el diseño de un Sistema de Gestión del Conocimiento para el Modelo de Educación Dual. *ReCIBE*, 5(1), V–V. <https://www.researchgate.net/publication/313986475>
- Municipales, C. (2021). *Cuadernillos municipales , 2021*.
- Ortiz, M., & Piloto, R. (2019). *Aceites lubricantes usados, una alternativa energética. November 2019*, 7-undefined. https://www.researchgate.net/publication/337398056_ACEITES_LUBRICANTES_USADOS_UNA_ALTERNATIVA_ENERGETICA
- Pasaye-Anaya, L., Márquez-Benavides, L., Ignacio-De la Cruz, J. L., & Sánchez-Yáñez, J. M. (2020). Impacto del aceite residual automotriz en un suelo: remediación por bioestimulación. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(2), 84–93. <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110200084>
- Peralta Lazcano Margarita Isabel. (2019). *Las herramientas de Ishikawa como modelo para la mejora de procesos de trabajo*. 25–36.
- Porras, P. (2011). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する 共分散構造分析Title. July, 1–7.
- residuos peligros y no peligros - sector aéreo Satena Por : Manuel Felipe Bolaños Villamil Proyecto presentado a la Universidad Politécnico Grancolombiano en Cumplimiento de los Requisitos para la Obtención del Grado en Tecnología en Gestor Ambiental INST.* (2019).

-
- Rodríguez-Higareda, A., Saucedo-Martínez, B. C., Márquez-Benavides, L., Maya-Cortes, C., Rico-Cerda, J., & Sánchez-Yáñez, J. M. (2019). Bioestimulación de suelo impactado por aceite residual automotriz, y fitorremediación mediante *Phaseolus vulgaris* con *Micromonospora echinospora* y *Streptomyces griseus*. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 10(1), 37–44.
<https://doi.org/10.36610/j.jsars.2019.100100037>
- Rouzegari, F., Sargolzaei, J., & Ramezani, N. (2020). A composite ultrafiltration membrane for regeneration of used engine oil. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 00(00), 1–16.
<https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1818009>
- RUIZ, M. R. (2011). " *DISPOSICION FINAL DE LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS EN LA CIUDAD DE QUITO - DIAGNOSTICO SITUACIONAL* " INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL Presentado por el Bachiller en Gestión Ambiental MANUEL RIMAPA RUIZ.
- Sedano Ruiz, G. N. (2006). *Riesgos del presente, desastres potenciales para el futuro: sustancias y residuos tóxicos peligrosos de la industria química, amenazas sanitarias y ambientales*. 33, 3–6.
- Segovia-Castro, R. (2009). Simulación de sistemas para la optimización del almacenamiento y despacho de los productos de gas natural. *Ingeniería Industrial*, 0(027), 81. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2009.n027.625>
- Tejada Tovar, C. N., Quiñones Bolaños, E., & Fong Silva, W. (2017). Physical-chemical characterization of spent engine oils for its recycling // Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. *Prospectiva*, 15(2), 135–144.
<https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.782>
- TESE SIST DE RECOLECCION OLE OSADO BIODIESEL.pdf*. (n.d.).
- Vence, X., & Pereira, Á. (2019). Eco-innovation and Circular Business Models as drivers for a circular economy. *Contaduría y Administración*, 64(1), 1–19.
<https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1806>
- Vera, Y. P., Gallegos Valdivia, J. J., María, S., Quentasi, Z., Marcela, D., Yana, C., Elvira, R., & Apaza, C. (2020). Design Thinking en la Planificación de Pruebas de Software. *Revista Innovación y Software*, 1(2), 40–51.
- View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk*. (2018).
- Villarreal, B., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., & Lim, M. K. (2017). Improving road transport operations through lean thinking: a case study. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 20(2), 163–180.
<https://doi.org/10.1080/13675567.2016.1170773>
- Yusseth, A., Mesa, C., Stevens, M., & Avella, N. (2019). Aprovechamiento de aceite lubricante automotriz usado, como nueva línea de negocio en la empresa EMIR S.A E.S.P. *Reponame: Repositorio Institucional Universidad El Bosque*.
<http://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2824>
- Zaga, V. (1957). *Sobre la refinación con ácido sulfúrico de aceites lubricantes, derivados del petróleo*.

Anexos

Anexo 1 Constancia del departamento municipal de limpia publica de Orizaba, Ver.

**EDUCACIÓN**
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**
Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

"2021: Año de la Independencia"
Orizaba, Veracruz, 11-noviembre-2021
Oficio No. 569/DEPI/MAI/2021

Asunto: constancia

ING. RAFAEL DANIEL PÉREZ MONJARAZ
SUPERVISOR LIMPIA PÚBLICA
DEPARTAMENTO DE LIMPIA PÚBLICA Y ECOLOGÍA
AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL
ORIZABA, VER.

El que suscribe Dr. Mario Leoncio Arrijoa Rodríguez, Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, hace **CONSTAR** que el (la) C.

ISRAEL TEJEDA CORTÉS
Número de control: P10010593

Alumno del nivel Propedéutico de la Maestría en Ingeniería Administrativa, quien diseñará y propondrá un protocolo de Investigación con impacto en el área ambiental del H. Ayuntamiento, en el área que usted dignamente representa. Cabe hacer mención que está bajo la dirección de la M.C. Gabriela Cabrera Zepeda (profesora investigadora de este plantel)

El alumno de referencia se compromete a utilizar cubrebocas y mascarilla el tiempo que esté en actividades en la empresa y en el trayecto a su casa, uso constante de gel antibacterial y lavado de manos, así como limpieza y desinfección de las áreas de trabajo con limpiador con cloro al llegar y terminar actividades. Finalmente, se limpiará el calzado al entrar al recinto de trabajo, respetando las indicaciones.

A petición del interesado (a) y para los fines legales a que haya lugar, se expide la presente.

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


DR. MARIO LEONCIO ARRIJOA RODRÍGUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
MLAR/cecs


18 NOV. 2021
RECIBIDO
LIMPIA PUBLICA



Avenida Oriente 9 No. 852
Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz, México.
Teléfono: 272-110-53-60
Email: cyd_orizaba@tecmm.mx
www.orizaba.tecmm.mx



Encuesta para taller mecánico

1 Encuesta sobre el manejo y disposición del aceite automotriz en talleres mecánicos

¿Cómo manejan el aceite usado en su taller?

- a) Lo recolectamos de manera separada y lo entregamos a una empresa de gestión de residuos.
- b) Se entrega a comerciantes que nos los piden.
- c) Lo mezclamos con otros residuos y se desecha en la basura.

2 ¿Cómo almacenan el aceite nuevo en su taller?

- a) Siguiendo un protocolo de seguridad.
- b) Sin un protocolo específico de seguridad.
- c) No aplicable.

3 ¿Qué tipos de aceite utilizan en su taller? (Seleccione todas las opciones que correspondan)

- a) Aceite mineral.
- b) Aceite sintético.
- c) Aceite semi-sintético.

4 ¿Con qué frecuencia realizan el cambio de aceite en los vehículos que atienden?

- a) Siguiendo el manual del propietario.
- b) Tenemos un estándar diferente.
- c) No aplicable.

5 ¿Quién recolecta el aceite usado de su taller y cómo se asegura de que se gestione adecuadamente?

- a) Empresa de gestión de residuos.
- b) Auto-gestión por parte del taller.
- c) Ninguna de las anteriores

6 ¿Qué hacen con el aceite usado una vez que se recolecta en su taller?

- a) Se almacena.
- b) Se envía directamente para su reciclaje.
- c) Se desecha.

7 ¿Cuántos litros de aceite usado produce su taller al día?

- a) Menos de 10 litros.
- b) Entre 10 y 50 litros.
- c) Más de 50 litros.

8 ¿Recomiendan algún tipo de aceite a sus clientes?

- a) Aceite mineral.
- b) Aceite sintético.
- c) Aceite semi-sintético.

9 ¿Cómo beneficia el manejo adecuado del aceite usado a su taller y a la comunidad en general?

- a) Reducción del impacto ambiental.
- b) Mejora de la imagen del taller.
- c) Acceso a incentivos o programas de apoyo.

10 ¿Han notado algún impacto en el medio ambiente debido al manejo inadecuado del aceite usado en otros talleres de la ciudad?

- a) Sí.
- b) No.
- c) No estoy seguro/a.

Gracias por su colaboración y tiempo. La información proporcionada será tratada con confidencialidad y utilizada para mejorar la gestión del aceite usado en talleres mecánicos y reducir su impacto en el medio ambiente.

Después de realizar el análisis, se determina que la correlación ítem-total esta encuesta es de 0,81, lo que indica una buena consistencia interna. Esto significa que las preguntas miden de manera coherente y consistente la idea de manejo y disposición del aceite automotriz en talleres mecánicos.

Encuesta para recolectores de aceite

1 Encuesta sobre la recolección y reciclaje de aceite usado en la industria automotriz

¿Cómo se inició en el negocio de la recolección de aceite usado?

- a) Por interés personal en la sostenibilidad.
- b) Por oportunidad de negocio en la industria.
- c) Por herencia o adquisición de un negocio existente.

2 ¿Cuántos litros de aceite usado son recolectados en promedio al mes?

- a) Menos de 50 litros al mes.
- b) Entre 50 y 500 litros al mes.
- c) Más de 500 litros al mes.

3 ¿Qué medidas toman para garantizar la seguridad en la recolección y transporte del aceite usado?

- a) Equipos de protección personal y capacitación para empleados.
- b) Contenedores y vehículos especializados.
- c) Procedimientos de seguridad establecidos.

4 ¿Qué proceso se sigue una vez que se recolecta el aceite usado?

- a) Almacenamiento temporal en instalaciones propias.
- b) Envío directo a plantas de reciclaje.
- d) Se desecha.

5 ¿Cómo se lleva a cabo el reciclaje o la disposición final del aceite usado recolectado?

- a) Regeneración del aceite para su reutilización.
- b) Incineración controlada en plantas especializadas.
- c) Conversión en biocombustibles.

6 ¿Qué beneficios obtienen los talleres mecánicos o los consumidores finales al reciclar o desechar adecuadamente su aceite usado?

- a) Reducción del impacto ambiental.
- b) Mejora de la imagen del taller o consumidor.
- c) Acceso a incentivos o programas de apoyo.

7 ¿Cómo se promueve la educación y conciencia ambiental entre sus clientes y en la comunidad en general?

- a) Charlas y talleres educativos.
- b) Folletos y material informativo.
- c) Iniciativas de responsabilidad social empresarial.

8 ¿Qué medidas toman para garantizar la calidad del aceite recolectado y reciclado?

- a) Pruebas de laboratorio periódicas.
- b) Cumplimiento de estándares nacionales e internacionales.
- c) Selección y seguimiento de proveedores de reciclaje.

Gracias por su colaboración y tiempo. La información proporcionada será tratada con confidencialidad y utilizada para mejorar la gestión del aceite usado en talleres mecánicos y reducir su impacto en el medio ambiente.

La correlación ítem-total para esta encuesta es de 0.78, lo que indica una buena consistencia interna de las preguntas en la recolección y reciclaje del aceite usado en la industria automotriz.

Encuesta para recolectora de aceite

1 Encuesta sobre el proceso de reciclaje de aceite usado en plantas de reciclaje

¿Cuál es el proceso que sigue su empresa para reciclar el aceite usado?

- a) Filtración y deshidratación.
- b) Tratamiento químico.
- c) Regeneración por destilación y craqueo.

2 ¿Qué tipos de aceites aceptan en su planta de reciclaje? (Seleccione todas las opciones que correspondan)

- a) Aceites minerales.
- b) Aceites sintéticos.
- c) Todos los anteriores.

3 ¿Cuál es la capacidad de su planta de reciclaje y cuántos litros de aceite usados pueden procesar diariamente?

- a) Menos de 500 litros diarios.
- b) Entre 500 y 5,000 litros diarios.
- c) Más de 5,000 litros diarios.

4 ¿Cómo se asegura su empresa de que el aceite reciclado cumple con los estándares de calidad?

- a) Pruebas de laboratorio periódicas.
- b) Cumplimiento de estándares nacionales e internacionales.
- c) Sistema de gestión de calidad implementado.

5 ¿Cuáles son los productos que se obtienen del aceite reciclado y en qué se utilizan? (Seleccione todas las opciones que correspondan)

- a) Aceites base para lubricantes.
- b) Asfaltos y productos para la construcción.
- c) Combustibles industriales.

6 ¿Qué beneficios tiene el reciclaje de aceite usado para el medio ambiente? (Seleccione todas las opciones que correspondan)

- a) Conservación de recursos naturales.

-
- b) Reducción de emisiones contaminantes.
 - c) Disminución de riesgos de contaminación del suelo y agua.

7 ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta su empresa en el reciclaje de aceite usado?

- a) Falta de conciencia ambiental en la sociedad.
- b) Escasez de incentivos y políticas gubernamentales.
- c) Competencia desleal en el mercado.

8 ¿Cómo ha evolucionado la industria del reciclaje de aceite en los últimos años y cómo cree que cambiará en el futuro?

- a) Incremento en la demanda y tecnologías más eficientes.
- b) Mayor concienciación y regulación gubernamental.
- c) Integración de la economía circular en la industria.

9 ¿Cuál es la relación de su empresa con los recolectores de aceite y cómo colaboran juntos en el proceso de reciclaje?

- a) Contratos y acuerdos formales con recolectores.
- b) Programas de colaboración y capacitación.
- c) Intercambio de información y buenas prácticas.

10 ¿Qué incentivos y políticas gubernamentales podrían ayudar a mejorar el reciclaje de aceite usado en el país?

- a) Subsidios y créditos fiscales para empresas recicladoras y recolectores.
- b) Programas de educación y concienciación para la sociedad.
- d) Incentivos para la adopción de tecnologías de reciclaje más eficientes y sostenibles.

Gracias por su colaboración y tiempo. La información proporcionada será tratada con confidencialidad y utilizada para mejorar la gestión del aceite usado en talleres mecánicos y reducir su impacto en el medio ambiente.

La correlación ítem-total para esta encuesta dirigida a recolectora de aceite es de 0.90, lo que indica una alta fiabilidad en la consistencia de las preguntas en la recolección de datos. Este valor se encuentra dentro del rango aceptable de fiabilidad, lo que significa que las

preguntas de la encuesta miden de manera precisa y confiable los aspectos relevantes relacionados con el proceso de reciclaje de aceite usado en plantas de reciclaje.

Encuesta para usuarios de vehículo

Encuesta sobre el manejo de aceite usado y conciencia ambiental entre propietarios de vehículos

1 ¿Con qué frecuencia cambia el aceite de su vehículo?

- a) Cada 3,000 - 5,000 km.
- b) Cada 5,000 - 10,000 km.
- c) Cada 10,000 - 15,000 km.
- d) No estoy seguro.

2 ¿Sabe dónde llevar el aceite usado después de cambiarlo?

- a) Sí.
- b) No.

3 ¿Ha tenido alguna experiencia previa con la gestión de aceite usado?

- a) Sí.
- b) No.

4 ¿Está consciente del impacto ambiental que puede causar el aceite usado si no se maneja adecuadamente?

- a) Sí.
- b) No.

5 ¿Conoce las opciones disponibles para la gestión adecuada de aceite usado en su área?

- a) Sí.
- b) No.

6 ¿Considera la gestión adecuada de aceite usado como un factor importante al elegir un taller mecánico?

- a) Sí.
- b) No.

7 ¿Ha tenido alguna experiencia con talleres mecánicos que no manejan adecuadamente el aceite usado?

- a) Sí.

b) No.

8 ¿Cree que los talleres mecánicos deberían informar a sus clientes sobre la importancia de la gestión adecuada de aceite usado?

a) Sí.

b) No.

9 ¿Qué le parece la idea de reciclar el aceite usado en lugar de simplemente desecharlo?

a) Me parece una buena idea.

b) No veo la necesidad de reciclarlo.

10 ¿Cree que debería haber una mayor conciencia y educación sobre la gestión adecuada de aceite usado entre los propietarios de vehículos?

a) Sí.

b) No.

Gracias por su colaboración y tiempo. La información proporcionada será tratada con confidencialidad y utilizada para mejorar la gestión del aceite usado en talleres mecánicos y reducir su impacto en el medio ambiente.

La correlación ítem-total para esta encuesta es de 0.75, lo que indica una consistencia interna moderada en las preguntas planteadas. Esto sugiere que las preguntas están relacionadas y miden el mismo constructo, que en este caso es la conciencia y el conocimiento de los propietarios de vehículos sobre la gestión adecuada del aceite usado.

Anexo 3 Diagrama del Front y Back Office

