

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**DISEÑO DE UNA CADENA LOGÍSTICA SUSTENTABLE PARA LA  
COMERCIALIZACIÓN DEL ACEITE VEGETAL USADO COMO  
ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN CHILE**

**FELIPE BASTIAN AVACA DRECKMANN**

HABILITACIÓN PROFESIONAL  
PRESENTADA A LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
AMBIENTAL

**CHILLÁN-CHILE**

**2024**

**DISEÑO DE UNA CADENA LOGÍSTICA SUSTENTABLE PARA LA  
COMERCIALIZACIÓN DEL ACEITE VEGETAL USADO COMO  
ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN CHILE**

Aprobado por:

Edgard Parra Huenchulaf  
Ingeniero Civil Industrial, Mg.  
Profesor Asistente

---

Profesor Guía

Christian Correa Farías  
Ingeniero Civil Agrícola, Dr.  
Profesor Asociado

---

Profesor Asesor

Juan Antonio Cañumir Veas  
Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc. PhD.  
Profesor Asociado

---

Director de Departamento

María González Rodríguez  
Ingeniero Agrónomo, Dr.  
Profesora Asociado

---

Decana

## ÍNDICE DE MATERIAS

Páginas

RESUMEN.....	1
SUMARY .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo generales.....	7
2.2 Objetivos específicos.....	7
3. METODOLOGÍA .....	8
4. ANTECEDENTES GENERALES.....	10
4.1 El AVU su importancia nacional e internacional .....	10
4.2 La cadena de suministro .....	12
4.3 La carta de navegación logística .....	13
5. CAPITULO 1 .....	14
5.1. Logística y su importancia para el reciclaje del AVU .....	14
5.2. Logística Inversa .....	17
5.3. Las actividades de la Cadena Logística del AVU .....	23
5.3.1. Recolección .....	23
5.3.2. Transporte .....	23
5.3.3. Almacenamiento.....	24
5.3.4. Producción .....	24
6. CAPITULO 2.....	25
6.1. Normativas Nacional Vigente .....	25
6.2. Normativas Internacionales .....	26
6.3. Economía Circular .....	27
7. CAPITULO 3.....	28
7.1. Tecnologías en la Cadena de Suministro del AVU.....	28
7.1.1. Aplicación de los sistemas WMS.....	28
7.1.2. Aplicación de los sistemas TMS.....	29
7.2. Combustibles Alternativos .....	30

7.2.1. Biodiesel.....	30
8. CAPITULO 4.....	32
8.1. Propuesta de una Cadena Logística del AVU .....	32
8.1.1. Recolección .....	33
8.1.2. Refinación .....	33
8.1.3. Producción .....	34
8.1.4. Producción mensual del AVU en Chillán .....	34
8.1.5. Recolección en Chillán .....	34
8.2. Código QR para la georreferenciación y base de datos .....	36
8.3. La Empresa Óleum en Chillán.....	37
8.3.1. Planificación de Rutas .....	38
8.4. Exportación del AVU .....	45
8.4.1. Distribución del AVU al Puerto de San Antonio .....	46
8.5. Propuestas de Mejoras.....	47
8.5.1. Propuestas en Transporte .....	49
8.5.2. Propuestas en Almacenamiento.....	50
8.5.3. Propuestas en Tecnologías .....	51
9. DISCUSIÓN.....	53
10. CONCLUSIÓN.....	55
11. BIBLIOGRAFÍA.....	57
12. ANEXO .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Gráfica de la logística inversa en relación al AVU.....	12
Figura 2. Carta de navegación logística universal.....	13
Figura 3. Valorización final de residuos no peligrosos, 2018.....	16
Figura 4. Residuos no peligrosos municipales valorizados 2018.....	17
Figura 5. Logística inversa del reciclaje conceptual.....	19
Figura 6. Sectores de negociación en que se aplica la logística Inversa.....	20
Figura 7. Cadena Logística del reciclaje.....	21
Figura 8. Pirámide de jerarquización de gestión de Residuos.....	22
Figura 9. Trasportes de recolección ciudad-carretera para AVU.....	24
Figura 10. Emisiones de CO2 (t) en relación al combustible utilizaron en el camión.....	31
Figura 11. Comparativa Cadena de suministros del AVU.....	32
Figura 12. Georreferenciación contenida en código QR de locales Comerciales.....	37
Figura 13. Cadena de suministro de Óleum en la ciudad de Chillan.....	37
Figura 14. Contenedores de Óleum proporcionados a los proveedores HORECA.....	40
Figura 15. Empresa RASOIL, en la ciudad de Talca.....	41
Figura 16. Almacenamiento transitorio de descarga de AVU.....	42
Figura 17. Aceite vegetal usado de concina (AVU) en relación al tiempo (t).....	44
Figura 18. Proyección de AVU en relación al tiempo (t).....	44
Figura 19. Trasportes usados por Rasoil Chillan-Talca-Santiago.....	46
Figura 20. Propuesta cadena de suministro ideal para la Producción nacional.....	48
Figura 21. Imagen referencial a transporte eléctrico para Recolección.....	49

Figura 22. Certificados de RASOIL SpA.....	59
Figura 23. Certificados de vinculación a recicladora Base Óleum.....	60

**ÍNDICE DE TABLAS**

	Páginas
Tabla 1. Estimación comparativa de la distancia y gastos en relación a retiros mensuales de óleum.....	39

**DISEÑO DE UNA CADENA LOGÍSTICA SUSTENTABLE PARA LA  
COMERCIALIZACIÓN DEL ACEITE VEGETAL USADO COMO  
ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN CHILE.**

DESIGN OF A SUSTAINABLE LOGISTICS CHAIN FOR THE  
COMMERCIALIZATION OF USED VEGETABLE OIL AS AN ALTERNATIVE  
FOR THE PRODUCTION OF BIODIESEL IN CHILE.

**Palabras clave:** Logística inversa, Biodiesel, Economía Circular, reciclaje  
AVU.

**RESUMEN**

Generar biodiesel a partir del aceite vegetal usado (AVU) es una opción de negocio atractiva ya que se alinea con la descontaminación ambiental y la búsqueda de nuevas alternativas de energías no convencionales para el desarrollo productivo sustentable. Por lo que, esta investigación bibliográfica se centró en analizar la viabilidad y el funcionamiento de la recolección del AVU para la producción de biodiesel, con el objetivo de diseñar una cadena logística adaptada a los diversos actores involucrados, de esta manera se logró definir y diseñar una cadena logística específica para el AVU, la que nos permitió generar propuestas de mejoras en la gestión de recolección, almacenamiento y distribución, utilizando los conceptos de economía circular y logística inversa utilizada en el reciclaje.

Como resultado se identificó la falta de una cadena logística integrada para el AVU, por lo tanto, a través del diseño de la cadena logística se busca gestionar eficientemente la recolección, almacenamiento y distribución del AVU de tal forma que permita la factibilidad económica del negocio.

## **DESIGN OF A SUSTAINABLE LOGISTICS CHAIN FOR THE COMMERCIALIZATION OF USED VEGETABLE OIL AS AN ALTERNATIVE FOR THE PRODUCTION OF BIODIESEL IN CHILE**

**Keywords:** Reverse logistics, Biodiesel, Circular Economy, recycling, AVU (used vegetable oil).

### **SUMMARY**

Generating biodiesel from used vegetable oil (UVO) is an attractive business option since it is aligned with environmental decontamination and the search for new non-conventional energy alternatives for sustainable productive development. Reason why, this research focused on analyzing the feasibility and operation of UVO collection for the production of biodiesel, with the objective of designing a logistics chain adapted to the various actors involved, in this way it was possible to define and design a specific logistics chain for the UVO, which allowed us to generate proposals for improvements in collection, storage and distribution management, using the concepts of circular economy and reverse logistics used in recycling.

As a result, the lack of an integrated logistics chain for the UVO, was identified, therefore, through the design of the logistics chain, the aim is to efficiently manage the collection, storage and distribution of the UVO in such a way that allows the economic feasibility of the business.

## 1. INTRODUCCIÓN

La matriz energética mundial depende en gran medida de los combustibles fósiles. Según datos de World Energy, más del 80% del consumo de la energía primaria Mundial se basa en energías no renovables (Almada, 2006).

La degradación del medio ambiente demuestra que el mundo constituye un sistema integrado; así surgen problemas comunes, como la destrucción de la capa de ozono, la contaminación marítima y del agua potable, el manejo de los residuos, la desaparición de tierras forestales, la pérdida de biodiversidad, el deterioro de vínculos culturales con el ambiente, el deterioro de la calidad del aire y en general, la degradación ambiental (Caneo, 2016).

La importancia de producir biodiesel radica en la reducción de las emisiones generadas por la combustión. Con este procedimiento, se tienen reducciones netas de CO<sub>2</sub> del 100%, además de reducciones de SO<sub>x</sub> cercanas al 100% debido a la ausencia de azufre en el biodiesel, de hollín entre 40-60%; de CO entre 10-50%; de HC entre 10-50%; y de aldehídos y compuestos poli aromático en torno a 13% (Alfonso, 2013).

Cuando el aceite vegetal se degrada, se agota su vida útil y pasa a ser un residuo cuyos efectos pueden ser muy nocivos, principalmente en los sistemas acuáticos porque al ser más liviano y flotar sobre las aguas, forma una película impermeable que impide la correcta oxigenación de ésta y daña su capacidad para albergar la vida (Caneo, 2016).

Por otra parte, al ser un producto orgánico, éste presenta cambios en sus propiedades físico-químicas, las cuales resultan ser nocivos para la salud humana.

Es así como surge la necesidad de generar conciencia ambiental y también, la oportunidad de lograr nuevas opciones de negocios a través del reciclaje en Chile. Uno de los residuos problemáticos en su disposición final, y que ha captado últimamente el interés comercial, es el reciclaje de aceite vegetal usado. El 95% del aceite vegetal que se consume en Chile termina dispuesto a través alcantarillado y se convierte en una complicación para las Sanitarias al momento de tratar las aguas servidas (Caneo, 2016).

Uno de los contaminantes frecuentes y desconocido por la sociedad, es el AVU de cocina, el cual genera grandes daños en las tuberías de los hogares o en el sistema de alcantarillado, impidiendo el flujo de los residuos, generando malos olores y contaminando las aguas residuales (Cruz, 2021).

En Chile la normativa vigente establece que los AVU deben ser tratados y enviados a disposición final. El problema es que no existe una cadena logística integrada de recolección, transporte, almacenamiento y distribución que permita generar eficiencia en las operaciones.

Actualmente en Chile y el mundo, el AVU es un desecho común, tanto a nivel domiciliario y HORECA (Hoteles-Restaurantes-Casinos). Se genera una problemática en la eficiencia del transporte de recolección y distribución, no hay centros de acopios adecuados, y bajo nivel de control de inventarios. Esto se debe principalmente a que no existe una cadena de suministro que permita

planificar y controlar el proceso desde la recolección del AVU hasta su valorización. Es aquí donde toma relevancia el diseño de una cadena logística que permita una mayor eficiencia en las actividades operacionales.

Europa presenta el mayor interés por la carrera en la obtención de AVU, para esto es necesario poder entender y/o investigar principalmente a los países productores, así como también los consumidores y establecimientos de alimentos que finalmente son los que generaran el desecho.

En Chile, el negocio del reciclaje donde se utiliza la logística inversa, ha tenido un aumento relativo con el nacimiento de empresas que están enfocadas en la recolección de esta materia prima, para la generación de biodiesel.

En la actualidad, Rendering es una empresa nacional importante en el servicio de recolección de aceites vegetales usados. Atiende a más de 9.000 locales, sin costo, e incluye casi el 95% de las grandes cadenas y un 70% de restaurantes individuales a lo largo del país. También considera el canal domiciliario con el que mantiene convenios con alrededor de 20 municipalidades el cual aporta un 5% del total en sus registros (Rendering, 2018). Sin embargo, existen locales comerciales que no son atendidos por Rendering y el servicio de recolección del AVU es de forma amateurs, sin un diseño estratégico que permita ser eficiente en las operaciones de recolección, transporte, almacenamiento y distribución. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo diseñar una cadena logística del AVU para la recolección, almacenamiento, distribución y comercialización como materia prima para biocombustible, ajustándose a las normativas chilenas vigentes.

Sobre esta base, es que se desarrolla el siguiente trabajo de investigación bibliográfica, con el objetivo de describir la cadena logística actual del AVU en Chile y proponer un nuevo diseño de una cadena logística que genere ventajas competitivas en el negocio del AVU.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo generales**

Plantear la cadena de suministro del aceite vegetal usado, para su comercialización como materia prima en la producción de biocombustible.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ❖ Identificar la cadena logística actual del AVU.
- ❖ Interpretar la normativa vigente para la generación, almacenamiento y transporte del AVU como desecho.
- ❖ Relacionar la economía circular con la generación del AVU.
- ❖ Proponer una cadena logística para mejorar la eficiencia en la cadena de suministros, específicamente en la logística operacional ligada al transporte y almacenamiento del aceite vegetal usado.

### 3. METODOLOGÍA

El siguiente trabajo se desarrolló mediante una revisión bibliográfica, con el fin de recopilar información a nivel nacional e internacional respecto de la cadena de suministros actual del AVU. La revisión se realizó de diferentes fuentes; Libros, páginas web, *papers* científicos, tesis de universidades de Latinoamérica y documentos técnicos de instituciones internacionales y/o gubernamentales (CEPAL, MMA, etc.). La búsqueda se focalizó entre los años 2010 y 2020 teniendo como palabras claves; logística, logística inversa, contaminación ambiental, AVU, economía circular y reciclaje.

Se logró identificar que, en Chile, no existe información específica de una cadena logística integrada para el AVU que conecte las actividades operacionales de recolección, almacenamiento y distribución. Se encontró, en Argentina, información general de un proyecto de estudio titulado “Cadena de abastecimiento de ciclo cerrado aplicada al reciclaje de aceites vegetales usados” autores Graciano, L., M. Reboursin, y E. Pertuasati. (2010). Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Industrial.

De este modo, para subsanar la falta de información disponible, a nivel nacional, se realizó entrevistas a empresas del medio local, para obtener información cualitativa y cuantitativa del seguimiento completo de la cadena logística, identificando sus operaciones en transporte, almacenamiento y herramientas tecnológicas.

Por otra parte, en relación a las normativas nacionales, se revisó e Interpretó la normativa vigente para la generación, almacenamiento y transporte del AVU

como desecho. Se analizó varios decretos, principalmente el Decreto Supremo N° 11. Aprueba definiciones y especificaciones de calidad para la producción y comercialización de Bioetanol y Biodiesel. Diario oficial de la república de Chile. 23 de mayo 2008. Santiago, Chile.

Por lo tanto, en base a la información y normativa recolectada, se logró proponer una cadena logística actualizada, que no sólo muestra la logística operacional, sino que también, se incluyen las tecnologías que aumentan la eficiencia en cada uno de los procesos operacionales con el fin de generar mayores ventajas competitivas de manera más sustentables.

#### **4. ANTECEDENTES GENERALES**

Una de las problemáticas más significativas relacionadas con el AVU en Chile es su incorrecta disposición y manejo. A menudo, los consumidores y establecimientos de alimentos desechan este tipo de aceite en desagües o basura común, lo que genera serios problemas ambientales.

Por otro lado, la falta de infraestructura adecuada para la recolección y reciclaje del AVU limita las oportunidades de su valorización, que podría transformarlo en biodiesel u otros productos útiles. Esta situación refleja una necesidad urgente de fomentar la educación sobre el manejo adecuado de residuos y desarrollar políticas que incentiven el reciclaje del aceite vegetal usado en el país.

##### **4.1 El AVU su importancia nacional e internacional**

Durante los años 80, la mayoría de los aceites usados eran destinados a su combustión con recuperación de energía en cementeras o centrales térmicas, aprovechando el alto poder calorífico de este residuo, así como ciertas exenciones fiscales que, en muchos países, como España, favorecían la producción de biocombustibles procedentes del aceite vegetal usado. La rentabilidad de este tratamiento, en oposición a las fuertes inversiones requeridas por las instalaciones de regeneración, hizo que este último proceso de gestión fuera bajo durante los últimos años del siglo XX. En 1998, la Comisión Europea informaba de que se estaba recogiendo el 75% del aceite

usado generado, regenerándose sólo el 36% de lo recogido, lo que incumplía rotundamente la prioridad dada por la legislación (Interempresas, 2013).

Mucho ha cambiado el panorama de la gestión del aceite usado en Europa desde entonces. Hoy día, los porcentajes de recuperación se acercan al 100% en la mayoría de los países de Europa occidental, y prácticamente todos los países han introducido medidas expresas para fomentar la regeneración, que es el tratamiento mayoritario, con tasas en algunos casos, como Italia o Dinamarca, cercanas al 90%, y con un buen número de grandes empresas dedicadas a este tipo de procesamiento (Interempresas, 2013).

En Chile, actualmente el negocio del reciclaje ha tenido un aumento significativo con el nacimiento de empresas que están enfocadas en la recolección de esta materia prima, para la generación de biodiesel.

En la actualidad, la empresa chilena Rendering es importante en el servicio de recolección de aceites vegetales usados. Atiende a más de 9.000 locales sin costo e incluye casi el 95% de las grandes cadenas y un 70% de restaurantes individuales a lo largo del país. También considera el canal domiciliario con el que mantiene convenios con alrededor de 20 municipalidades el cual aporta un 5% del total en sus registros (Rendering, 2018). Sin embargo, existen locales comerciales que no son atendidos por Rendering y el servicio de recolección del AVU es de manera informal, sin un diseño que permita ser eficiente en las operaciones de recolección, transporte, almacenamiento y distribución.

## 4.2 La cadena de suministro

La cadena de suministro o cadena logística es un sistema de gestión de las actividades que comienzan con la compra del material primario, los movimientos implicados en la transformación de bienes, y finalmente la distribución de los productos a los clientes y/o consumidores. Su objetivo es la minimización de costos y la maximización de beneficios simultánea, alcanzando el nivel de servicio requerido (Pertusati, 2010).

Es en este contexto en que la gestión de la cadena de suministro se transforma en una estrategia indispensable a la hora de lograr eficiencia y productividad, la que conlleva desde su inicio en la recolección hasta el cliente final, como lo muestra la Figura 1, donde se observa una integración entre la cadena de suministro de producción y comercialización con la logística inversa de recolección y transporte del AVU.

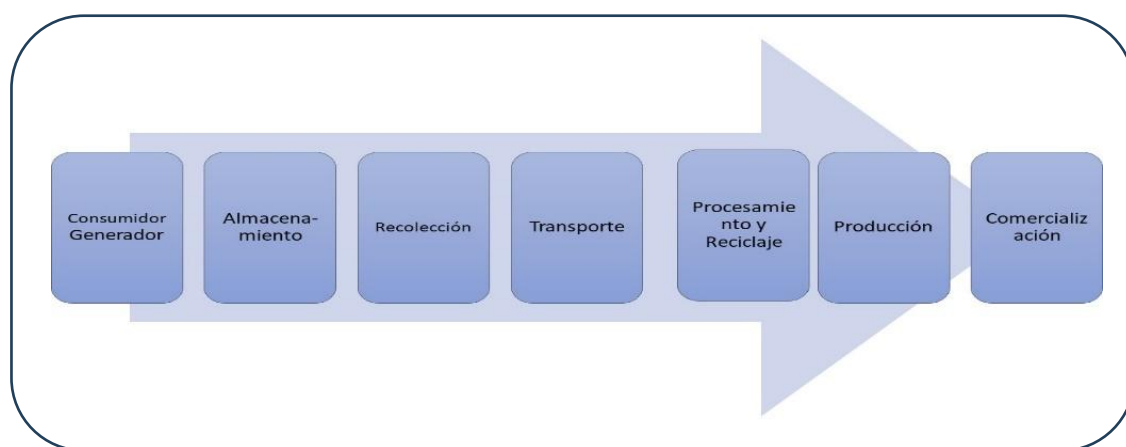


Figura 1. Representación de la logística inversa del AVU. Fuente: Pertusati, 2010.

### 4.3 La carta de navegación logística

La carta de navegación logística es la nueva cadena de suministro que incluye la logística estratégica y la logística operacional como parte fundamental para el éxito de las empresas que utilizan diferentes canales de comercialización, especialmente el canal electrónico con distribución a domicilio. En la Figura 2 se identifica la logística circular que recolecta, transporta, almacena y distribuye los residuos o desechos para ser reciclados o transformados en nuevos productos.

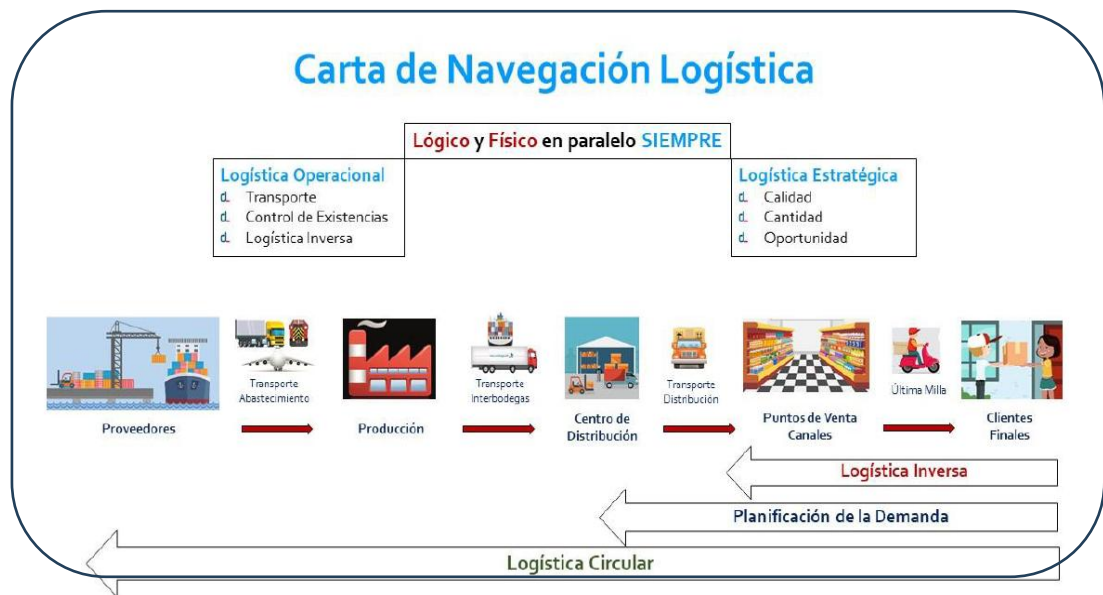


Figura 2. Carta de navegación logística. Fuente: Delogística, 2020.

La logística es la planificación, control y evaluación de las actividades que son repetidas muchas veces a lo largo de la cadena de suministro, desde que las materias primas son convertidas en productos terminados y se agrega valor para los consumidores. Debido a que las fuentes de materias primas, fábricas

y puntos de ventas no están típicamente localizadas en los mismos lugares, las actividades logísticas ocurren muchas veces antes que el producto llegue al mercado. Además, las acciones logísticas se repiten cuando los bienes son usados y reciclados.

Lo importante es que la logística permite determinar y coordinar en forma óptima el producto correcto, lugar y el tiempo correcto de entrega a los clientes.

## **5. CAPITULO 1**

### **5.1. Logística y su importancia para el reciclaje del AVU**

Las empresas manejan mercancías en sus transacciones, por lo que se hace necesaria la existencia de un sistema que organice este movimiento con efectividad. Este sistema que incluye transporte, almacenamiento y control de la mercancía se conoce como sistema logístico, y constituye un entramado necesario en la vida comercial de un mercado moderno. (Bastos, 2007).

Las grandes empresas que recolectan el aceite vegetal usado en Chile cubren principalmente áreas como restaurantes, hoteles, supermercados, colegios y mantienen convenio con algunos municipios, disponiendo de puntos limpios donde la gente puede ir a depositar su aceite vegetal usado. Estas empresas tienen como finalidad principal exportarlo hacia Europa y Estados Unidos, donde es utilizado como insumo para la elaboración de biodiésel y en menor medida para la elaboración de otros productos. Las cifras de reciclaje para exportación de las dos grandes empresas que cubren este rubro en el país

(Bioils y General Rendering), corresponden a 5.000 y 6.000 toneladas al año, respectivamente (Bravo, 2017).

El aceite de fritura usado es una de las alternativas con mejores perspectivas en la producción de biodiesel, ya que es la materia prima más barata, y con su utilización se evitan los costos de tratamiento como residuo. Además, como valor añadido, la utilización de aceites vegetales usados significa la buena gestión y uso del residuo. El informe sobre el marco regulatorio de los carburantes propone reciclar aceite de fritura en biodiesel. Esta alternativa es la que más ventajas tiene porque además de producir combustible elimina un residuo contaminante como es el aceite usado (Campos, 2017).

En el año 2018, los destinatarios de residuos declararon en el Sistema Nacional de Declaración de Residuos unos 13,5 millones de toneladas de residuos no peligrosos con un tipo de tratamiento final. Para ese año, aproximadamente 21,9% de los residuos fueron recepcionados con un tipo de tratamiento y valorización final (ver Figura 3), lo cual está en el rango de la tasa nacional de valorización de residuos no peligrosos que se ha mantenido entre 20% y 23% en los últimos años (Informe del Estado del Medio Ambiente, 2020).

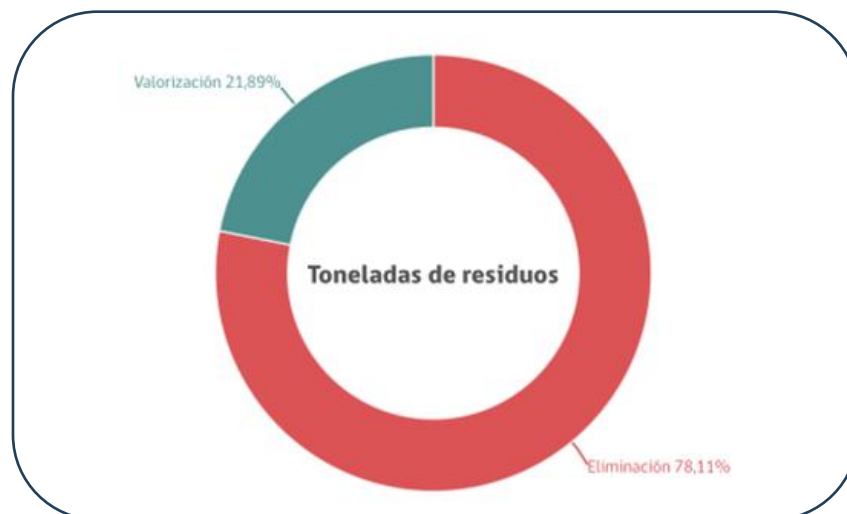


Figura 3. Valorización final de residuos no peligrosos año 2018. (Informe del Estado del Medio Ambiente, 2020).

En el caso de los residuos de origen domiciliario, la valorización alcanza a casi 1%, de acuerdo con lo declarado por los municipios el año 2018 (ver Figura 4). la composición de la valorización de los residuos municipales incluye principalmente el vidrio, con una participación de 38,2%, papel y cartón (22,2%) y otros no especificados (13,8%) incluyendo en este último al AVU. (Informe del Estado del Medio Ambiente, 2020).

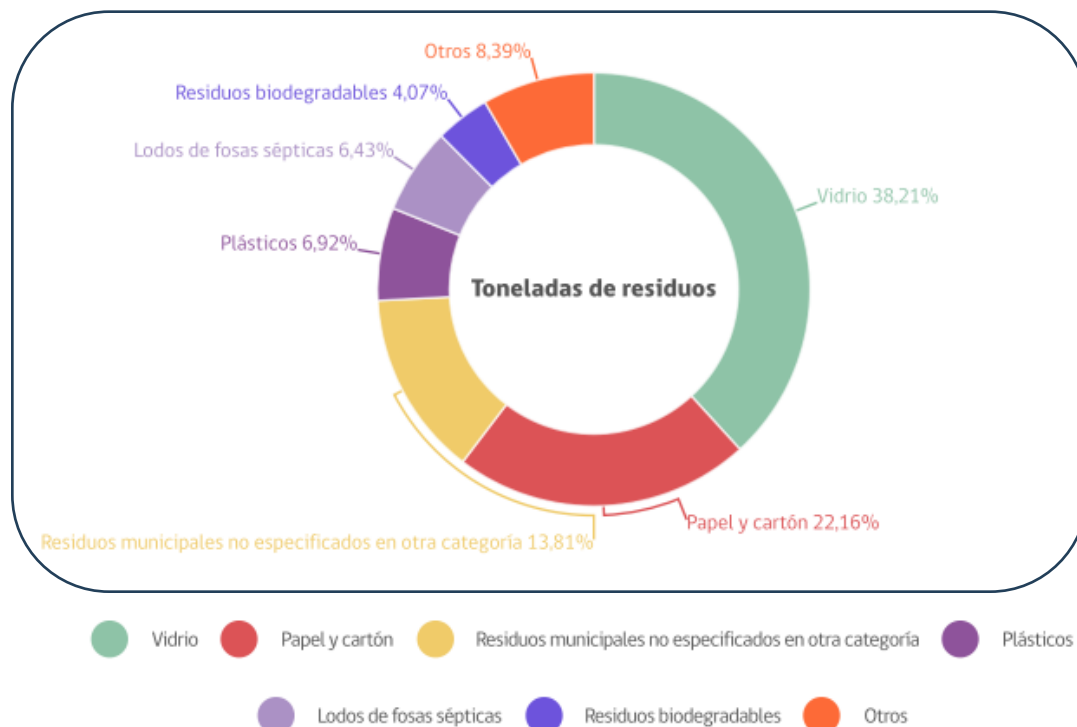


Figura 4. Residuos no peligrosos municipales valorizados año 2018. (Informe del Estado del Medio Ambiente, 2020).

## 5.2. Logística Inversa

La recuperación económica de los productos fuera de uso requiere el diseño, desarrollo y control eficiente de un sistema logístico capaz de recoger el producto fuera de uso y conducirlo hasta el recuperador, gestionando eficientemente las actividades operacionales en toda la cadena de suministro. Este sistema corresponde a la logística inversa donde el producto usado fluye desde los clientes o usuarios hacia la fabricación para ser reciclado o reutilizado nuevamente. El flujo es en sentido contrario al existente en los sistemas logísticos tradicionales, es por ello que, a la consideración de este flujo de materiales, productos y subproductos desde el consumidor hasta el

productor o recuperador, se le denomina Sistema de Logística Inversa (Rubio,2003).

La logística y sus formas de distribución a lo largo de los años se ha desarrollado principalmente en forma lineal desde el proveedor hasta llegar al consumidor final. Sin embargo, en las últimas décadas el aumento de la población generó un incremento del consumo de productos con ciclos de vida más cortos, generando mayor cantidad de basura o productos fuera de uso que se pueden recuperar, reciclar o reutilizar. (Posada, 2017).

La logística inversa es un proceso operativo que comienza al final de la cadena, busca convertir los residuos en productos reutilizables, se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; pero también se encarga de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de productos, materiales obsoletos e inventarios estacionales. Las actividades de la logística inversa pueden ser las siguientes: reparación (calidad menor que los productos nuevos), renovación (proporcionar una calidad específica), reciclaje (recuperación para ser utilizado de nuevo), canibalización (recuperación de una parte de conjuntos reutilizables), reutilización directa (sin ninguna transformación de importancia), destrucción del producto, enajenación a un tercero, vertido (no reutilización de forma alguna), restauración (en la que se conserva la identidad del producto), y re fabricación (fabricar el producto utilizando componentes del producto retornado) (Vázquez, 2008).



Figura 5. Logística inversa. Fuente: Logística Dinámica, 2018.

En la Figura 5 se muestran las categorías de residuos generados en la cadena para luego determinar si serán reutilizadas en los mismos procesos o participarán en la elaboración de nuevos productos.

**La logística inversa** busca eliminar o disminuir el exceso de residuos comenzando desde el final de la cadena de suministro. Lo mismo hace la **economía circular**, busca eliminar o disminuir el exceso de residuos, pero comenzando al principio de la cadena de suministro a través del diseño de los productos para que puedan ser fácilmente reparados, reutilizados o reciclados.

Actualmente en Chile, no existe una logística inversa para el AVU que determine el correcto funcionamiento y la optimización de esta misma, siendo importante definir el tipo de residuo, industria y/o manufactura donde la economía circular es parte importante para aprovechar energéticamente los residuos que no se pueden reciclar.

La obtención de ventajas competitivas mediante la logística inversa está estrechamente relacionada con la manera en que se recupere el valor de los

productos que han sido devueltos, desechados por el consumidor o que ya no están en uso. El propósito de recuperar estos productos es maximizar su valor, lo que se traduce en una rentabilidad económica y, al mismo tiempo, en la consecución de ventajas competitivas sostenibles lo que se demuestra en la Figura 6, en donde la región Metropolitana concentra el mayor porcentaje.

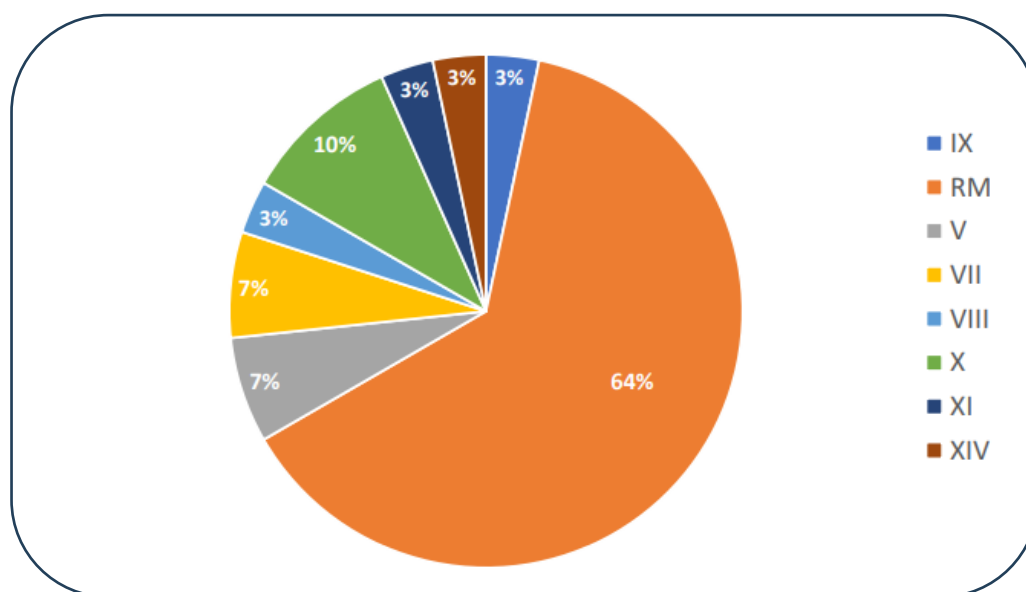


Figura 6. Sectores de negociación en que se aplica la logística Inversa, por región. Asipla Chile, 2019.

El AVU presenta un incremento de volúmenes, debido al aumento del consumo de aceite vegetal, eliminándose de forma incorrecta y muchas veces informal. La Figura 7, muestra el proceso de la logística inversa eliminando o disminuyendo los residuos para evitar la contaminación ambiental, coincidiendo con los objetivos de la economía circular, la que principalmente sostiene la recuperación de la mayor parte de residuos y así generar la sustentabilidad dentro de los procesos productivos.

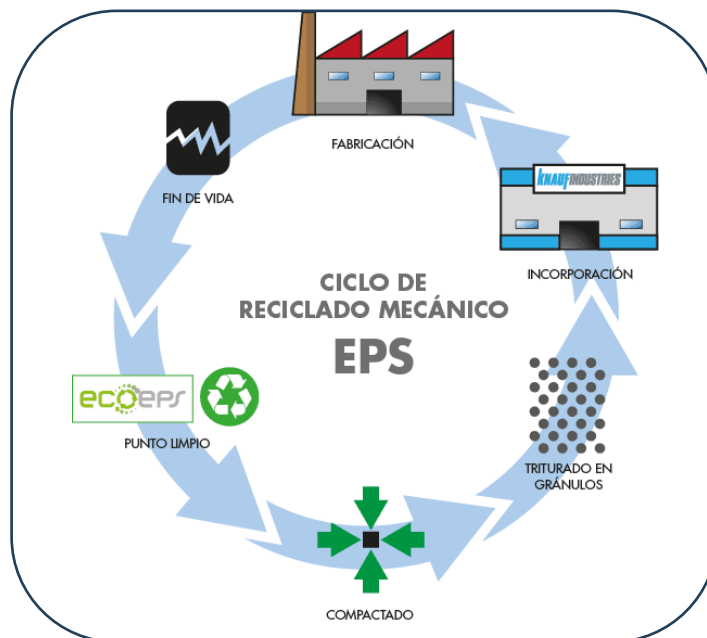


Figura 7. Cadena Logística del reciclaje. Knauf Industries, 2022.

En resumen, la gestión de residuos para la cadena logística del biodiesel de segunda generación, se enfoca principalmente en la recolección, transporte y almacenamiento en los canales de distribución relacionando los conceptos de logística inversa y economía circular. La jerarquización es una parte fundamental para la gestión de residuos (ver Figura 8) tener claridad sobre la valorización y los tratamientos es clave para generar más ganancias eliminando menos residuos, lograr determinar la vida útil de un residuo, dependiendo en la etapa en la que se encuentre y asimilar su recuperación, valorización y/o eliminación mediante la reutilización y el reciclaje disminuyendo los impactos ambientales, generando menores costos asociados a cada uno de los procesos involucrados resultando así más atractivos si mantienen relación con una valorización energética.



Figura 8. Pirámide de jerarquización de gestión de residuos (Sistema Nacional de Inversiones de Chile, 2022).

Si bien, existen empresas privadas que realizan la recolección de este aceite vegetal usado, también a nivel domiciliario juegan un rol importante, las municipalidades, de acuerdo a las normativas vigentes medioambientales exigibles, en conjunto con tratados internacionales vinculantes, logran cumplir las medidas de mitigación, lo cual, cada vez genera mayor exigencia y conciencia de forma que el reciclaje y la reutilización de residuos generen menos daño al ecosistema. Los municipios a través de su división medioambiente aseo y ornato es el responsable de concientizar a la población mediante educación ambiental, y proporcionar indumentarias o instalaciones para la correcta disposición de residuos y así poder incentivar el reciclaje del AVU. Con esto el canal HORECA en Chile (hotel-restaurantes-casino) mantienen el mayor flujo de aceite puesto que las exigencias apuntan a este tipo de comercio, por la normativas y manual de buenas prácticas laborales del Ministerio de Salud, las cuales obligan al generador del AVU mantener las condicionantes libres de residuos que puedan ocasionar un daño a la salud

humana, cabe mencionar que si bien el AVU mantiene las mismas propiedades y denominación de residuos, esta cambia por parte de quien lo genere siendo de uso industrial, o bien un residuo asimilable al domiciliario si es generado de manera particular.

### **5.3. Las actividades de la Cadena Logística del AVU**

La logística del AVU dentro de su operación tiene diferentes procesos los que serán descritos a continuación.

#### **5.3.1. Recolección**

En esta etapa, los actores principales son los recolectores de base o bien las empresas prestadoras de servicios, ya que son ellas las que deben recoger el AVU y almacenarlo en contenedores de 1000 L, generar la trazabilidad y gestionar de manera eficiente los recursos.

#### **5.3.2. Transporte**

El transporte es una actividad imprescindible en la cadena, ya que de este depende los movimientos en todas las etapas de la cadena de suministro, desde la recolección hasta la distribución. El tipo y tamaño del transporte dependen de la forma de almacenamiento en tambores o granel y los volúmenes, como se muestran la Figura 9, para volúmenes pequeños envasados en tambores de plástico de 30, 50 y 100 L, se emplean camiones de reparto de hasta 9 ton generando mayor facilidad de maniobras y recolección.



Figura 9. Trasportes de recolección ciudad-carretera para AVU. (Rendering, 2021).

En la actualidad la informalidad, la baja fiscalización y falta de educación ambiental generan un cuello de botella, con respecto a la disposición final del AVU, para ser recuperado y valorado de manera más eficiente.

### **5.3.3. Almacenamiento**

Este es un punto transitorio, el cual se acopian en tambores los volúmenes recolectados para ser preparados y enviados a producción en los contenedores de acuerdo a las especificaciones que exija el comprador.

En el almacenamiento, es necesario un control de stock, sin embargo, por ser un residuo y no ser valorados como materia prima para biocombustible, no se realiza un control adecuado. Por otra parte, la falta de tecnologías, para lograr un orden sistemático genera cuellos de botella a nivel de producción, ocasionando retrasos en la distribución a clientes.

### **5.3.4. Producción**

Es donde la materia prima es procesada y posteriormente preparada para ser reutilizada como biocombustible.

Las empresas extranjeras se rigen por normativas ambientales de cada país, por ejemplo, Estados Unidos y Europa son los principales productores y compradores de Biodiesel de segunda generación, basándose en normativas específicas en cada país donde tienen presencia comercial.

## **6. CAPITULO 2**

### **6.1. Normativas Nacional Vigente**

No solo el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) genera leyes y decretos aplicables con respecto al AVU, sino que también el Ministerio de Salud y Ministerio de Economía con el propósito principal de velar por la seguridad y bienestar de las personas siendo responsables con los residuos AVU encontrando el equilibrio entre las actividades de disposición final, económicas y de transportes, Sobre la Ley General de Bases del Medio Ambiente 19.300 se extrapola la normativa ambiental vigente en la cual mantienen incidencia directa con el AVU en Chile, las que se describirán en el capítulo ANEXO (Normativa nacional vigente).

Según establece el DS 298 marco regulatorio para el transporte de residuos, se logran identificar aspectos relevantes a mejorar para tener una mejor interpretativita de esta. En relación con los tipos de clasificación de residuos a transportar y teniendo en cuenta la peligrosidad de estos, deben ser características de trasporte diferente y no genéricas, para evitar riesgo de accidentes, consecuencias medioambientales y problemas de salud.

El trámite de regulación de transporte lo deben realizar las empresas o personas naturales que requieran la obtención de Autorización Sanitaria para el transporte de residuos industriales sólidos, peligrosos y no peligrosos. En esta, quedan excluidos los triciclos a tracción humana y triciclos eléctricos, ya que no requieren patente vehicular (Casa de la paz, 2021).

Las normativas vigentes actuales en Chile en comparativa a la europea, específicamente a la española, tienen relación y están reguladas en conjunto con sus ministerios en similitud, ya que las propuestas en las cuales se sustentan son en una dirección, Reducir, Reutilizar, Reciclar.

## **6.2. Normativas Internacionales**

La ISO 14001 es una norma internacional que contiene los requisitos necesarios para implantar un Sistema de Gestión Medioambiental (SGMA), que demuestre un desempeño ambiental válido. El estándar aporta una vertiente verde a las organizaciones, siendo considerado uno de los principales mecanismos competitivos en el mundo empresarial de hoy en día. La norma ISO-14001 para la Gestión Ambiental es certificable y se puede aplicar a cualquier organización, independientemente del tamaño o sector, que busque en su trabajo diario la minimización de los impactos sobre el entorno y el cumplimiento con la legislación ambiental vigente (Isotools, 2022).

La ISO 26000 es una norma internacional, de aplicación voluntaria, que orienta a las organizaciones. En ella se establecen definiciones, principios y

materiales fundamentales de la Responsabilidad Social Empresarial. Esta norma es una guía de directrices que ayuda a cualquier tipo de organización, de carácter público o privado, a la hora de operar de forma socialmente responsable, contribuir al desarrollo sostenible y mejorar las relaciones con cada uno de sus grupos de interés o stakeholders. No es una norma certificable, por lo que no contiene requisitos específicos, pero sí orientaciones básicas y de carácter universal sobre las que organizaciones trabajan para alcanzar un comportamiento responsable. (Isotools, 2022).

Con esto, la tecnología facilita sustancialmente la forma de organizar y cumplir estas normas, existen software especializados para poder tener la información necesaria en la elaboración de memorias de sostenibilidad, informes anuales y mensual para dar cumplimiento a las normativas.

### **6.3. Economía Circular**

Todas las actividades y normativas descritas anteriormente, se relacionan con la economía circular, debido a que ésta es un modelo que busca eliminar los residuos y la contaminación desde el inicio de la cadena de suministro, a través del diseño de nuevos productos, que una vez usados puedan ser reutilizados, recuperados y reciclados con mayor facilidad.

Esto, permite avanzar en toda la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y, en particular, en aquellos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas que hacen un seguimiento del cambio en los patrones de producción y consumo (De Miguel, 2021).

La logística inversa del AVU al igual que la economía circular, busca eliminar los residuos y la contaminación, pero lo realiza desde el final de la cadena de suministro a través del reciclaje del AVU.

## **7. CAPITULO 3**

### **7.1. Tecnologías en la Cadena de Suministro del AVU**

Para lograr ciertos resultados metodológicos, en este trabajo, no solo es necesario relacionar los conceptos de logística, logística inversa y economía circular, sino que más bien, es necesario complementarlos con la ayuda de la tecnología, con esto se busca poder optimizar al máximo la cadena de suministro del AVU generando mayor eficiencia en las operaciones de recolección, transporte y almacenamiento. Así, las principales tecnologías utilizadas en la cadena de suministro son:

#### **7.1.1. Aplicación de los sistemas WMS**

El WMS (Warehause Managent System por sus siglas en inglés) o en español, Sistema de Gestión de Almacén, es el corazón del almacén o centro de distribución, es una aplicación de software que provee un control sobre cada fase de la operación logística, la recepción, el almacenamiento, el reabastecimiento, la preparación de los pedidos, y la carga de camiones, el Sistema WMS maneja el control del inventario, las asignaciones de tareas al personal y los equipos en tiempo real, a partir de una serie de configuraciones definidas por el usuario (Mora, 2011).

Ventajas:

- Elimina errores en la transcripción.
- Permite controlar inventario en tiempo real.
- Provee facilidades para la automatización.

Si bien, en este punto, para la cadena logística no se requiere de mayor automatización, resulta atractivo tener un software para el control de inventario en tiempo real y mejorar la capacidad de trabajo evitando los errores de transcripción. Esto, disminuye considerablemente la incertidumbre con relación a la cantidad de producto almacenado, lo que conlleva un manejo de la información responsable logrando estimar y proyectar a futuro las necesidades y crecimiento de la empresa.

### **7.1.2. Aplicación de los sistemas TMS**

Un Sistema de Gestión de Transporte (TMS, por sus siglas en inglés) es un software diseñado para optimizar el proceso logístico. Este tipo de sistema, automatiza numerosas tareas logísticas, lo que contribuye a aumentar la eficiencia y mejorar la calidad del servicio. Un TMS recopila y gestiona datos sobre diversas actividades logísticas de la empresa, utilizando esta información para optimizar la distribución y el transporte de carga.

Las aplicaciones tecnológicas resultan una herramienta útil a la hora de reducir los costos, pero la innovación y el cuidado del medio ambiente es una tendencia mundial, por lo que de acuerdo a las normativas toma fuerza la idea

de combustibles alternativos que generen un menor impacto al medioambiente llevando de la mano la reducción de costos asociados.

## **7.2. Combustibles Alternativos**

Si bien, unos de los principios de la economía circular es lograr reciclar, reutilizar y/o valorizar energéticamente, es necesario tener en cuenta las ofertas del mercado energético, en el cual existe una preocupación debida al agotamiento de recursos y los daños medioambientales que estas generan. Es así, como identificar las nuevas tendencias con respecto al transporte, resultan ser una alternativa atractiva y que a corto plazo crea una nueva tendencia para dar cumplimiento a las nuevas exigencias medioambientales.

### **7.2.1. Biodiesel**

Puede ser utilizado para reemplazar el petróleo, diésel, y bencina. Está hecho de aceites vegetales usados, aceites de cocina reciclados, o grasa animal, y da la oportunidad de reducir en un 20% las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se utiliza para la combustión de los motores, sin necesidad de modificarlos y no requiere cambios sustanciales en la infraestructura de distribución. Sin embargo, lo anterior, la reducción neta de CO<sub>2</sub> al usar biodiesel puede variar significativamente de la teoría a la práctica dependiendo del proceso de manufactura y los efectos indirectos sobre el uso de la tierra (transporte), todo esto con el fin de lograr la sustentabilidad y favorecer la economía circular en la cadena de suministro (Villalobos, 2016).

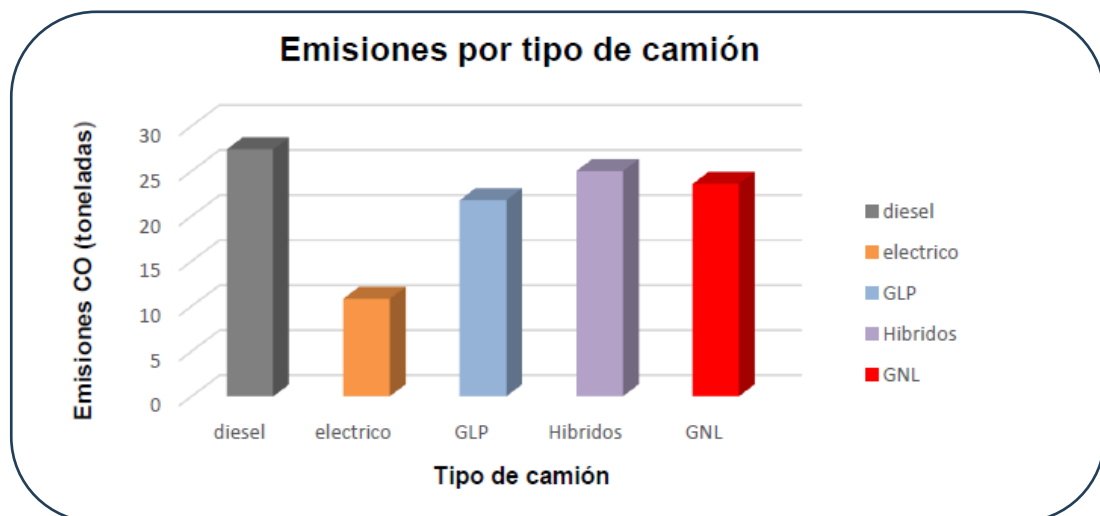


Figura 10. Emisiones de CO<sub>2</sub> (toneladas) en relación al combustible utilizado en el camión. Fuente: Vidal, 2021.

En relación a la Figura 10, queda en evidencia que en la actualidad tanto a nivel nacional como internacional el transporte por carretera, está tomando la tendencia a las nuevas exigencias y en razón a la actualización de las nuevas tecnologías con el fin de mitigar las consecuencias medioambientales y favorecer la optimización energética, demostrando gráficamente que el camión eléctrico resulta ser menos contaminante en relación a la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, en comparativa a el diésel y los otras energías convencionales, con esto cabe señalar que es un socio estratégico para la cadena de suministro del AVU.

La eficiencia de las operaciones de transporte, en términos de consumo de combustible por kilómetro recorrido y/o por unidad de carga transportada, está determinada en gran medida por condicionantes operativas de generadores de carga (lugar de retiro), puntos de transferencia y clientes finales (lugar de

entrega). En general, en los países en desarrollo, existe la necesidad de lograr una mayor transparencia y eficiencia en el funcionamiento operacional de la industria de transporte de carga por carretera, se requiere aumentar los niveles de entendimiento, colaboración y definición de responsabilidades entre los agentes que intervienen en la contratación/operación de esta clase de transportes. Se requiere explorar espacios de optimización del funcionamiento operativo integral de las empresas intervinientes en los flujos logísticos, las cadenas a las cuales sirven y el mercado en su conjunto (Villalobos, 2016).

## 8. CAPITULO 4

### 8.1. Propuesta de una Cadena Logística del AVU

Para proponer la cadena de suministro incorporando la logística sustentable y la economía circular, se identificó a los actores involucrados para realizar propuestas de mejoras, como se muestra Figura 11.



Figura 11. Cadena de suministro actual del AVU. Fuente: Elaboración Propia 2022.

El biodiesel es principalmente producido fuera de Chile, a nivel nacional solo se desarrolla la recolección del AVU desde los canales HORECAS y domiciliario. Sin embargo, este mercado es incipiente ya falta una educación

ambiental y eficiencia operacional logística para su correcta recolección, transporte y disposición.

A continuación, se presenta una propuesta de la cadena de suministro del AVU, basada en recopilación bibliográfica y levantamiento de información de las operaciones de recolección, transporte y almacenamiento del AVU en la ciudad de Chillán.

#### **8.1.1. Recolección**

En este esquema, el reciclador base es el encargado de la recolección, con el fin de retirar de circulación la mayor cantidad de aceite para ser comercializado. La metodología de trabajo consta en entregar contenedores (20 L) reutilizables para su correcta disposición y almacenaje, se hace retiro de acuerdo a la planificación de la ruta en cuestión, finalizando con la entrega de un certificado que acredita la cantidad, transportista y disposición final del residuo. Cabe destacar que en la actualidad el canal HORECA es el principal proveedor de AVU.

#### **8.1.2. Refinación**

El aceite recolectado es vendido a la empresa Rasoil, ubicada en Talca, la que se encarga de refinarlo a través de los procesos de filtrado de sólidos suspendidos, eliminación de exceso de agua y glicerol. Luego son preparados para ser envasados y entregados a otro comprador ubicado en Santiago quien lo exporta a Europa.

### **8.1.3. Producción**

En Europa el AVU refinado es transformado en biodiesel, siendo este continente el principal comprador del mundo, ya que busca un aprovisionamiento de biodiesel para las próximas décadas cuando el combustible fósil se restrinja y/o termine.

### **8.1.4. Producción mensual del AVU en Chillán**

Un estudio del año 2018 muestra que se encuestaron un total de 213 personas y 30 restaurantes, en los cuales se pudo calcular que entre ellos existe un total de 2.236 L de AVU mensual disponible. Tomando en cuenta la cantidad de viviendas en la comuna y los porcentajes obtenidos en las encuestas realizadas, se calculó un total disponible de AVU en la comuna de 18.931 L mensuales, lo que lleva a concluir que es factible la recolección de este desecho e incluso necesaria para nuestro medio ambiente (Lagos, 2018).

Los datos mencionados hacen referencia a un estudio de 2018 con expectativas de identificar la factibilidad comercial del AVU en Chillán.

### **8.1.5. Recolección en Chillán**

La recolección de la materia prima es indispensable para poder contar con nivel de producción óptimo y cumplir con la promesa al cliente por lo que los recicladores base juegan un rol importante alcanzando volúmenes que en la actualidad se dan por perdidos y terminando en distintos puntos que muchas veces no son los de correcta disposición final de este residuo.

Por ejemplo, la empresa recolectora Óleum, creada en la ciudad de Chillán el año 2020, Región de Ñuble, tiene como objetivo principal la gestión de residuo, específicamente el AVU. Como recicladores base, se encarga del transporte y disposición final del residuo, mediante convenios realizados con los distintos clientes (locales de Comida, Municipio de Chillán, retiros domiciliarios) menciona el Ing. Ambiental Ignacio Contreras Andrade, socio de Óleum

La modalidad de trabajo consiste en facilitar a los clientes contenedores de almacenamiento del residuo con el fin de retirar estos mismos una vez se encuentren con su máxima capacidad, para luego reemplazarlos por contenedores vacíos que se facilitan nuevamente a los clientes (sistema retornable). Actualmente, Óleum cuenta con al menos 35 clientes con los cuales coordinan la gestión del retiro según la frecuencia que requiera cada uno de éstos y con la visión de una constante captación de clientes que se sumen a contribuir con el medio ambiente.

En la actualidad, se mantienen volúmenes permanentes, con los que Óleum funciona de manera rentable, convirtiéndolo en un negocio emergente, la logística inversa, con la que funciona, es limitada, puesto que los recursos generados restringen la incorporación de nuevas tecnologías, debido a su difícil acceso y costos asociados. Es por ello, que solo de acuerdo de su crecimiento, buscan alternativas en aplicaciones digitales gratuitas, como códigos QR, para incorporar a su modelo de negocio, con el fin de que estas herramientas logren optimizar los recursos disminuyendo costos y tiempos operacionales.

## **8.2. Código QR para la georreferenciación y base de datos**

El código QR, es una evolución del código de barras, el cual contiene una matriz con datos específicos. Se crea poder establecer de manera sencilla la digitalización tanto de productos específicos, como de información detallada al alcance de un dispositivo electrónico que lo pueda escanear.

Esta herramienta tecnológica revolucionó, por su fácil acceso, reduciendo costos y aumentando la eficiencia, principalmente en procesos sencillos. Es así, como mediante esta aplicación digital, Óleum demostró que la incorporación de tecnología en su cadena de suministro logró mejorar sus operaciones en transporte y control de inventario.

El código QR, al escanearlo, captura los datos y los georreferencias mediante la aplicación de Google Maps ®. En esta última, no solo se encuentra las coordenadas de ubicación, sino que también, todo lo relacionado con los proveedores e.g. números de teléfono, dirección y trazabilidad de ruta más cercana, además de anexar información con la cantidad de contenedores en circulación, facilitando de manera ordenada todo lo necesario para los retiros (ver Figura 12).

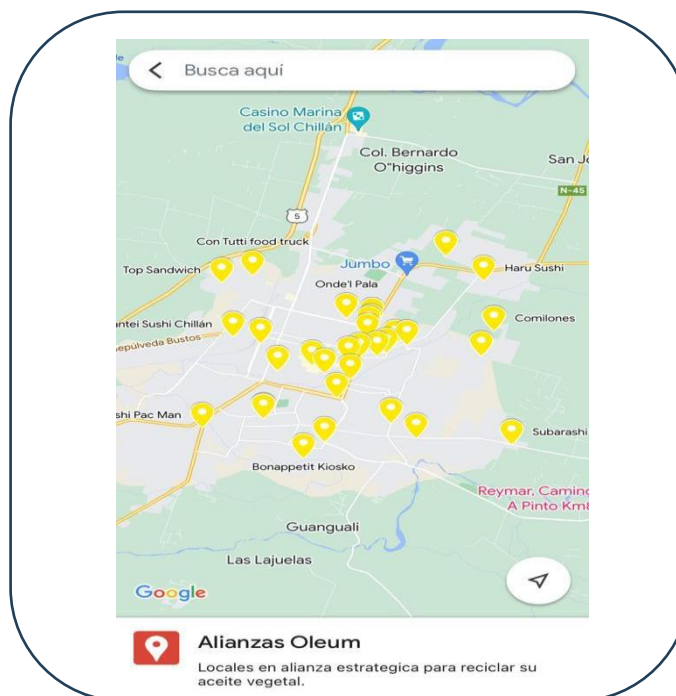


Figura 12. Código QR de locales comerciales. Fuente: Reciclador base Oleum Spa.

### 8.3. La Empresa Óleum en Chillán



Figura 13. Cadena de suministro de Óleum en la ciudad de Chillán. Fuente: Elaboración Propia.

La empresa Óleum, en la ciudad de Chillán, se limita de cierta forma a la expuesta en la Figura 13, hace referencia al proceso actual de la cadena de suministro, solo mediante la recolección y transporte acotando de manera abrupta sus operaciones, más bien el trabajo de recicladores base. El cual

consiste en generar una alianza estratégica con los proveedores, gestionando retiros programados, todo esto con el fin de optimizar el transporte y los costos de la empresa Óleum, para luego ser enviados y comercializados a la empresa Rasoil, con operaciones en la ciudad de Talca.

### **8.3.1. Planificación de Rutas**

Los recorridos empleados, son generados a partir de la georreferencia incorporada en el código QR. Mediante aplicaciones, la cual muestra la fecha, cantidad de contenedores y recorridos desde la última ubicación para cada local generando una ruta optima, con esto se logra reducir los gastos de combustibles encontrando las rutas más cercanas y acotando los tiempos en circulación, también se agrega que de preferencia se escogen horarios de baja congestión vehicular.

Es así, que cada local comercial (HORECA) a retirar, tiene flujos distintos, relacionados directamente con sus ventas, por lo que requiere de una atención personalizada, para determinar la cantidad de contenedores que necesitan y disponer el AVU. Por otra parte, los recorridos son proyectados cada 15 días y con excepcionalidad, dependiendo del cliente, cada siete días. Siendo este último, un recorrido de emergencia, coordinado según requerimiento.

Las distancias recorridas son aproximadamente de 60 km entre la totalidad de los proveedores que actualmente trabajan con la empresa, estos generan costos solo en combustible diésel y mantenimiento del vehículo como se aprecia en la Tabla 1, que en referencia se puede inferir que los recorridos de

menor gasto se atribuyen a los retiros programados de emergencia, antes mencionados.

Tabla 1. Estimación comparativa de la distancia recorrida (Km/L) y costos para retiros semanales de Óleum, valor del litro diésel \$840-.

Semana	Distancia Recorrida Km	Rendimiento Km L <sup>-1</sup>	Consumo de combustible L	Precio Total
1	60	10	6	5.040
2	20	10	2	1.680
3	60	10	6	5.040
4	25	10	2,5	2.100
Mes Promedio	165	40	16,5	13.860

Valores referenciales de diésel extraídos de Preciobencina.cl, febrero 2022.

Óleum es la empresa encargada de realizar la recolección del AVU, en la zona específica mencionada, con el fin de ser entregado al potencial comprador o al siguiente en nuestra cadena de suministro, el actor principal, quien será el proveedor mayoritario para producción.

En la actualidad, Óleum genera una recolección de aproximadamente tres toneladas mensuales, que se distribuyen entre el canal HORECA o locales comerciales, mediante alianzas estratégicas. Estas alianzas son generadas con el compromiso de acumulación de AVU. Las acumulaciones son documentadas a través de un certificado de recepción, el cual permite respaldar la trazabilidad y disposición final del residuo ante el servicio de salud, ente fiscalizador responsable. Uno de los últimos proveedores en incorporarse a Óleum, es la Municipalidad de Chillán, con su división Medio Ambiente, aseo y ornato. Esto, para fortalecer la estrategia de concientización y educación

ambiental, buscando el propósito de disponer de mejor forma el AVU, entregando sus dependencias como centros de acopio y almacenamiento temporal, mientras el reciclador base lo dispone para almacenamiento y entrega para su comercialización.

Los contenedores son proporcionados por Óleum, quienes, por requerimientos, flujos y logística interna, solo utilizan envases plásticos como muestra la Figura 14. Estos contenedores son recibidos y, una vez que cumplen con el volumen requerido, son almacenados de manera temporal hasta su traslado a la ciudad de Talca, donde se encuentra el comprador final. La empresa Rasoil se dedica a la compra del AVU granel, está ubicada en la ciudad de Talca a unos 150 Km de la ciudad Chillán. Cuenta con una planta refinadora de aceites, la que refina el AVU para luego exportarlo a los potenciales compradores que se sitúan en Europa, específicamente España quien mantiene relaciones comerciales mediante su filial UCO trading en Chile.



Figura 14. Contenedores de Óleum (20L) proporcionados a los proveedores HORECA. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 15. Empresa RASOIL, en la ciudad de Talca. Fuente: Elaboración Propia.

El AVU es almacenado en las dependencias de RASOIL SpA (Ver Figura 15) en contenedores de 1000 L los cuales son ingresados a la planta para realizar un tratamiento de extracción de residuos sólidos, porcentajes de agua en excesos y glicerol, para mejorar sus condiciones comerciales específicamente en el precio de venta.

Este proceso es relevante puesto que la filial UCO Trading mejora los precios de compra acorde a la calidad del AVU, en este punto, la tecnología vuelve a ser una condicionante para obtener mejores dividendos por parte de las empresas en el rubro del aceite de cocina reciclado.

La incorporación de tecnologías ayudaría a contar con trazabilidad de los contenedores que se reciben, mediante una asignación o código de barras, de los distintos recolectores a lo largo del país, y así tener proyecciones por ciudades y anticipar los escenarios económicos con respecto al mercado, afirma el Sr. Ricardo Alva y Seibert Gerente comercial de planta, por otro lado y con respecto al almacenamiento los contenedores, son de fácil visibilidad lo que facilita su localización al ser volúmenes transitorios, estos mantienen una estadía máxima de 35 días.



Figura 16. Almacenamiento transitorio de descarga de AVU. Fuente: Elaboración Propia.

Como muestra la Figura 16 el almacenamiento transitorio de descarga está situado en punto estratégico de la planta, con el fin de acopiar la materia prima, tener una inspección visual de los contenedores, para luego ser ingresados al tratamiento. Los contenedores, son descargados mediante tuberías, que se conectan con estanques de 10 ton, los cuales inician los procesos de refinación y filtrado del aceite vegetal usado.

En cuanto al almacenamiento, el control es rápido y ordenado con lo que una vez refinados y filtrados, estos son acopiados para su traslado y completados los volúmenes requeridos por la empresa de transporte son enviados de manera directa al comprador.

Los volúmenes procesados actualmente en la planta son de 50 ton mes<sup>-1</sup> aproximadamente, los que para efectos comerciales son transados en valor monetario por Kg. Con la información proporcionada por Rasoil las proyecciones han ido en incremento de alrededor de un 10% anual, con lo que se generó gráficas para poder cuantificar las proyecciones.

La Figura 17 indica una correlación de las cantidades procesadas por Rasoil, desde el año 2017 en adelante, el incremento del 10% anual estima una proyección favorable en el tiempo como un negocio prospero.

La hipótesis para generar esta proyección y estimarla hasta 2030, queda bajo la exigencia gubernamental de acuerdo con las medidas optadas con respecto la generación de energías renovables no convencionales, las que en ese año (2030) debieran de ser beneficiosas si estas son efectivas y aplicadas.

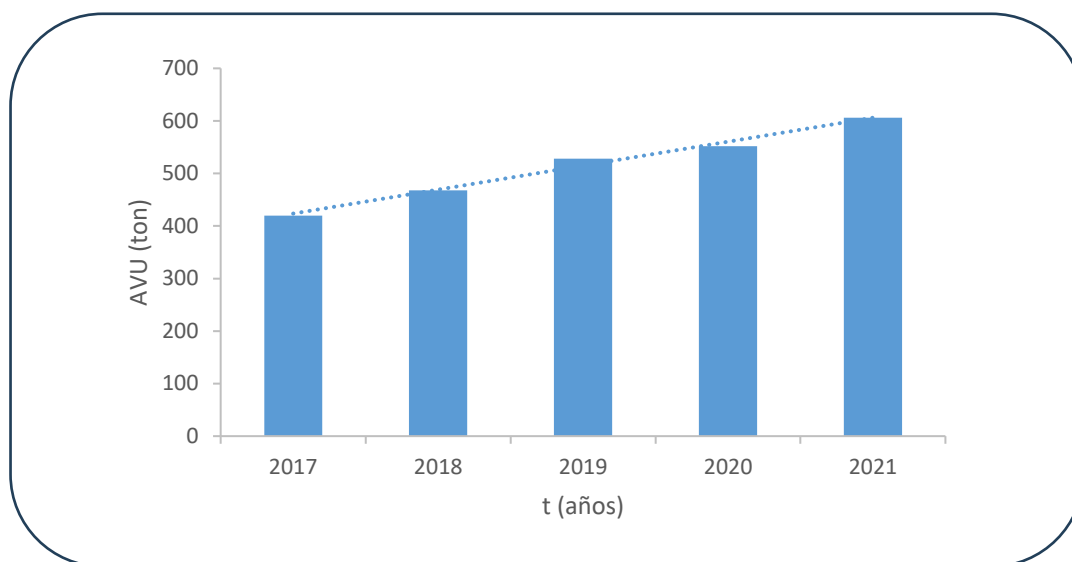


Figura 17. Producción de AVU en relación al tiempo (t). Fuente: Elaboración propia.

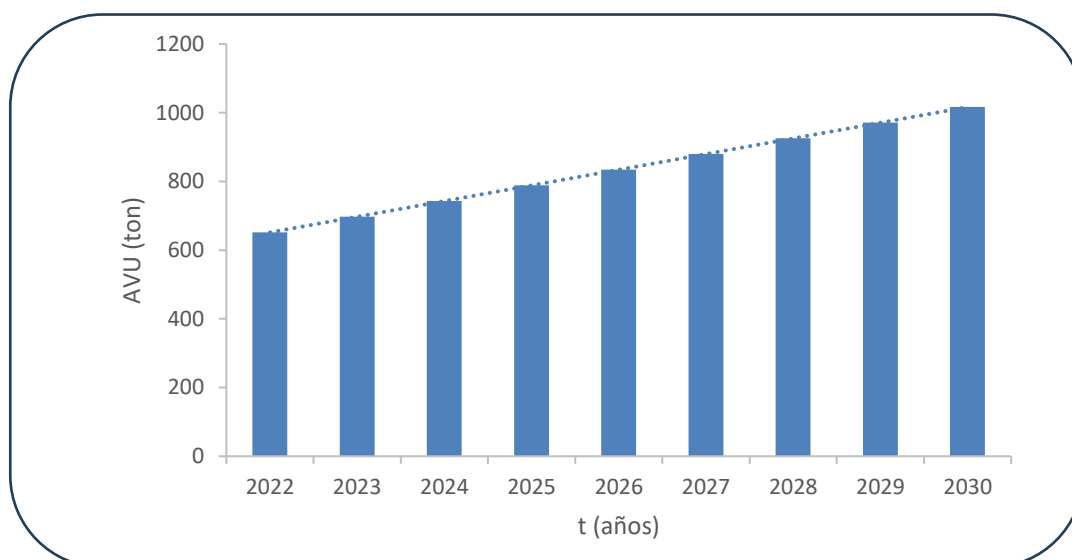


Figura 18. Proyección de AVU en relación con el tiempo (t) hasta el 2030. Fuente: Elaboración propia.

Estas proyecciones son bajo las condiciones actuales puesto que la incertidumbre lo hace poco predecible. Según muestra la Figura 18, las proyecciones hasta el 2030, se ven favorables de acuerdo a la tendencia desde su origen, alcanzando un 200% aproximadamente, lo convierte en un

negocio rentable, que cumple con las exigencias medioambientales y a su vez con el concepto de economía circular. Estas situaciones de incertidumbre pueden cambiar, si las normativas nacionales e internacionales son aplicables y exigibles, con lo que el panorama debiese ser de una mayor producción y rentabilidad.

El AVU, es más bien de corta estadía y su precio se incrementa de acuerdo con los volúmenes y procesos de filtrado que es sometido. Por lo que, al ser un residuo que está en constante generación, es de rápido aprovisionamiento si se somete a una logística que genera eficiencia.

Una vez entregados a la Filial Uco trading Chile, son exportados utilizando el transporte naviero, Los cuales son dispuestos y entregados en un puerto de España y luego transportados hacia producción. De este modo, se genera la sustentabilidad en la cadena de reciclaje para la obtención de biodiesel.

#### **8.4. Exportación del AVU**

En la actualidad, la mayoría de los países europeos se están aprovisionando con materia prima para la elaboración de biodiesel y cumplir con los compromisos adquiridos. El Parlamento Europeo ha dado el visto bueno definitivo al acuerdo alcanzado con la Comisión y el Consejo Europeo para prohibir la venta de coches y furgonetas diésel y gasolina a partir de 2035 (El diario.es, 2023). Lo que ha fomentado que el AVU recolectado en Chile sea exportado en su totalidad a Europa.

En la descripción de la cadena actual, tomando como base de recolección en la ciudad de Chillán, la empresa UCO trading Chile es la encargada de acumular el aceite de Rasoil, se preparan para ser trasladados al puerto de San Antonio, donde son exportados. Dependiendo de la calidad del aceite con que se recibe, pasa por un nuevo proceso, ahora bajo la supervisión de UCO trading, antes de ser enviados a Europa.

#### 8.4.1. Distribución del AVU al Puerto de San Antonio

Desde la ciudad de Chillán al Puerto San Antonio, existe una distancia aproximada de 439 Km por carretera (pasando por Talca como centro de distribución o comprador intermedio).

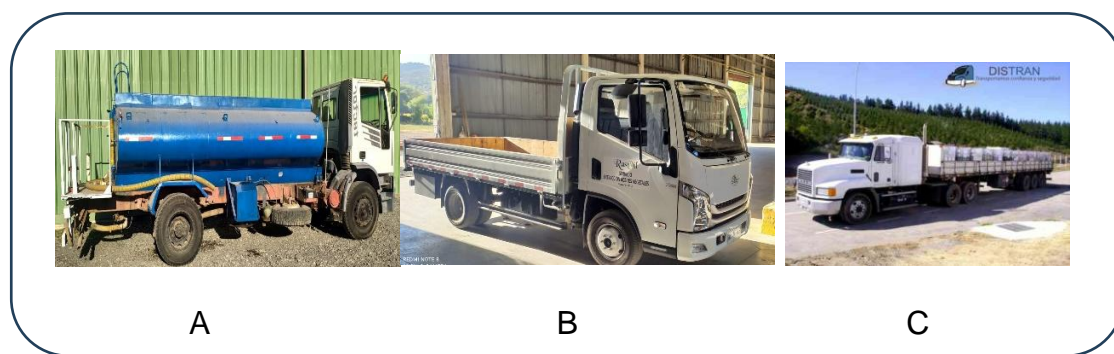


Figura 19. Trasportes usados por Rasoil Chillan-Talca-Santiago. Fuente: Elaboración Propia.

Los trasportes son requeridos dependiendo de los volúmenes generados o dispuestos a mover (ver Figura 19), la imagen A muestra un camión a granel utilizado para grandes volúmenes, la Figura B es un camión de reparto (3-9 toneladas) y por su tamaño adecuado para circular en la ciudad, no así la imagen C que es el transporte por carretera utilizado específicamente para distribuir el AVU al puerto (30 ton).

La empresa Rasoil cuenta con trasportes propios de hasta 9 ton, con el fin de optimizar sus operaciones logísticas, y ha generado alianzas estratégicas en sus trasportes a Santiago para lograr eficiencia en el transporte.

UCO Trading (responsable de la compra de AVU) comercializan principalmente 6 tipos de residuos sostenibles para transformarlos en biocombustible renovable cada año. La empresa requiere que el biodiesel sea producido de manera sostenible por proveedores cuidadosamente seleccionados. La empresa señala que “Nuestros productos renovables permiten reducciones significativas de emisiones de gases de efecto invernadero durante su ciclo de vida al reemplazar el uso de alternativas fósiles. Por ejemplo, el biocombustible producido, a partir de cualquiera de nuestras materias primas renovables, ofrece emisiones de gases de efecto invernadero 85-90% más pequeñas durante el ciclo de vida del combustible, en comparación con las emisiones del uso de diésel fósil, al estar hecho a partir de desechos y residuos” (UCO Trading, 2020).

Una vez concluida su producción de biodiesel es necesario transportarlo hasta las estaciones de servicio en Europa, para ser comercializados y llegar al cliente y/o consumidor final con el fin de dar cumplimiento al compromiso de posicionar le producto en el mercado.

### **8.5. Propuestas de Mejoras**

La propuesta de mejora dentro de este proceso de la recolección del AVU es realizar una gestión logística e incorporar tecnologías a su cadena de

suministro, con el objetivo de generar ventajas competitivas de manera eficiente y sustentable.



Figura 20. Propuesta cadena de suministro para la producción nacional.  
Fuente: Elaboración Propia.

Según la Figura 20, la producción de biodiesel ocurre, en su mayoría, en el extranjero, existiendo mayor interés de aprovisionamiento de AVU, por parte de Europa, quienes de acuerdo a las normativas propuestas en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), están siendo exigidas a un plazo no mayor al año 2030. Siendo el biodiesel el combustible de transición entre el diésel convencional y la electromovilidad. Resulta vanguardista apuntar a un aprovisionamiento y producción nacional con el fin de generar competitividad respecto a la materia prima complementando las normativas existentes para su correcto funcionamiento y rentabilidad dentro del modelo de negocios del AVU en Chile.

### 8.5.1. Propuestas en Transporte

Hoy en día, la implementación de nuevas formas y/o tecnologías de transporte como las basadas en la electromovilidad, resultan muy costosas, debido a que solo recientemente algunas marcas de vehículos están incursionando en nuestro país. Si bien, ya existen algunos vehículos de menor tamaño, que puede ayudar de manera significativa a pequeños recicladores a optimizar sus recursos mediante la eficiencia energética, no causan un mayor interés por su desconocida calidad debido a su procedencia. Las empresas que requieren transportar mayores volúmenes aun no disponen de alternativas cuyo costo y beneficio, las haga viables.



Figura 21. Imagen referencial del transporte eléctrico para recolección. Fuente: Empresa Tailg.

Como muestra la Figura 21 el vehículo funciona a baterías recargables con autonomía de hasta 45 Km recorridos y una carga máxima de 380 Kg, este resulta ser una opción, en particular para los recicladores base, como Óleum en la ciudad de Chillán.

Todo apunta de que, en un futuro próximo al incorporar biodiesel dentro de la cadena de suministro como energía principal, lograría disminuir las emisiones contaminantes y también los costos dentro del proceso logístico.

### **8.5.2. Propuestas en Almacenamiento**

La consolidación de carga resulta relevante en el proceso de exportación, en específico para la Empresa UCO Trading, es por eso, que se sugiere tener un centro de distribución con el fin de consolidar y preparar el AVU recepcionado a nivel nacional lo más cercano al Puerto de San Antonio para la optimización del transporte por carretera.

Los envases utilizados dentro del procesos deben ser los indicados en la norma y que cumplan con las exigencias de seguridad y calidad, los cuales se mencionaran a continuación:

- Contenedores plásticos (10-200 L)
- Contenedores de acero inoxidable (10-200 L)
- Contenedores de IBC (1000 L)

En la actualidad los envases utilizados para el almacenamiento de AVU se encuentran regulados de acuerdo a la “Ley de Residuo” (Ley N°20.584) y el Decreto Supremo N°148/2004 del Ministerio de Salud, los cuales, dependiendo de las necesidades, volúmenes, transporte y/o actor de la cadena de suministro determinaran de forma correcta el contenedor necesario. Para evitar daños al medio ambiente es de suma importancia la conservación de AVU y así garantizar seguridad para su correcta manipulación y detectar

posibles fugas o daños en los contenedores, se debe realizar una inspección periódica para tener claridad de la circulación del contenedor

Para los envases se sugiere un material resistente y antiderrames, de preferencia metálicos para su correcto almacenamiento y traslado, como también poder transportarlos a través de isotanques (10 ton) en el interior del barco, para mayor seguridad y evitar posibles accidentes.

### **8.5.3. Propuestas en Tecnologías**

La implementación de tecnologías de digitalización del proceso, no solo facilita los trabajos, si no que disminuyen los errores humanos y accidentes laborales, es por eso que la implementación de herramientas tecnológicas en toda la cadena de suministro es más bien una necesidad. Es por esto, que la implementación de software de pago o gratuitos dependiendo de los requerimientos y volúmenes de cada actor de nuestra cadena es algo fundamental, el código QR facilita de manera efectiva los cuellos de botella en el transporte y también de inventario de insumos, la implementación de GPS en las flotas o trazabilidad de las rutas demuestra obtener optimizaciones en los gastos energéticos y de transporte.

La implementación de WMS y TMS en este caso en particular, tomando en cuenta las recomendaciones que se hicieron para entender el uso de la tecnología, se puede entregar, a sugerencia, implementaciones a nivel de insumos, para así evitar quiebres de stock en bodega y poder identificar mediante las cantidades de AVU almacenadas para su comercialización así

como en el transporte la planificación y control de rutas simplificaría y consolidaría el traslado de materias primas no dejando de lado las nuevas tecnologías que pudiesen implementar con respecto a la generación de emisiones y bajo consumo de combustibles fósiles.

## 9. DISCUSIÓN

De acuerdo con la información encontrada en la revisión bibliográfica y en terreno, a través de entrevistas y visitas, se logró obtener información real con respecto a la recolección, almacenamiento y transporte, los cuales fueron comparados con la información bibliográfica.

Se obtuvo información de diferentes fuentes bibliográficas para identificar la cadena de suministro entregando una introducción en el tema y así determinar la funcionalidad actual de los procesos logísticos operacionales, los cuales carecen de información con respecto al biodiesel de segunda generación, puesto que hay una escasa información que genera un desconocimiento en el tema de reciclaje del AVU para biocombustible.

Las propuestas de mejoras son en base a las falencias evidenciadas en terreno con lo cual las implementaciones de los modelos propuestos generarían un mayor beneficio e incrementos productivos a nivel nacional e internacional, con la implementación de tecnologías tanto a nivel de transporte y almacenamiento, dependiendo exclusivamente de los volúmenes que en la actualidad son transados por las empresas involucradas. Es por esto que el aprovisionamiento y de acuerdo a las medidas de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) juegan un rol importante dentro de las exigencias medioambientales mundiales, puesto que, al ser tratados vinculantes, lo hacen exigibles a los países que lo ratificaron, con esto La Unión Europea toma la iniciativa de implementar ya sus aprovisionamientos de AVU. La producción nacional de biodiesel se debiera

fomentar aún más en la actualidad para así generar competitividad y desarrollar el mercado del reciclaje del AVU como alternativas medioambientales de generación de energías renovables no convencionales para motores diésel a nivel nacional.

Las iniciativas, debiesen comenzar con incentivos estatales de financiamiento para el fomento de la producción nacional, estas medidas ya son aplicables en el extranjero y a corto plazo existen subsidios de aprovisionamiento de materia prima con el fin de mantener stock necesario y cumplir con los clientes de este nuevo producto que más bien será el combustible de transición entre el Diésel convencional y la electromovilidad, utilizándolo preferentemente dentro de nuestra cadena de suministro, para complementar los conceptos de economía circular, dentro de la generación de biodiesel, a partir de AVU como desecho. La normativa vigente, en la actualidad, depende principalmente del ministerio de medioambiente, además es el ente fiscalizador y responsable de la mayoría de los procesos que involucran las actividades que se desarrollan y que mantienen una estricta relación con la generación de contaminación al medio ambiente, El ministerio es relativamente nuevo con una actuación desde el año 2010, y se complementó con los demás ministerios los cuales antes de su aparición eran los responsables de su fiscalización como ejemplo el ministerio de salud. Con esto se crea un orden el cual unifica las actuaciones y marco regulatorio para el tema medioambiental.

## 10. CONCLUSIÓN

- Fue posible identificar la cadena del AVU, una etapa esencial para lograr ventajas competitivas en el reciclaje del AVU, que lo viabilicen como negocio.
- La falta de coordinación entre las normativas ambientales provoca confusión y mala interpretación en su aplicación. Un ejemplo de ello es el DS 148, que clasifica el AVU como residuo no peligroso, no domiciliario pero industrial, lo que dificulta su correcta disposición. Esto, a su vez, contribuye a la desinformación pública y obstaculiza el fomento de un reciclaje domiciliario adecuado.
- Se evidencio que, existe un desconocimiento del tema a nivel general con respecto al reciclaje del AVU, dificultando la categorización de este, para llevar a cabo un modelo de negocio, con el fin de profesionalizar y entregar las herramientas necesarias para su correcta disposición final o como materia prima para nuevos procesos productivos dentro de una economía circular.
- El diseño de una cadena logística para el reciclaje de AVU, en Chile, es fundamental para avanzar hacia un modelo de sostenibilidad ambiental y economía circular. Al desarrollar un sistema efectivo que abarque la recolección, el procesamiento y la valorización de estos residuos, se puede mitigar la contaminación y al mismo tiempo generar nuevos recursos y oportunidades económicas.

- En resumen, una cadena logística bien diseñada para el reciclaje de AVU en Chile, no solo beneficiará al entorno, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible del país.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, O., Posada, R. (2017). Logística inversa, herramientas para el reciclaje como una acción de desarrollo sostenible en apoyo a la sociedad [en línea]. Universidad San Juan del Rio, México. <[https://www.researchgate.net/publication/319965779\\_Logistica\\_inversa\\_herramienta\\_para\\_el\\_reciclaje\\_como\\_una\\_accion\\_de\\_desarrollo\\_sostenible\\_en\\_apoyo\\_a\\_la\\_sociedad](https://www.researchgate.net/publication/319965779_Logistica_inversa_herramienta_para_el_reciclaje_como_una_accion_de_desarrollo_sostenible_en_apoyo_a_la_sociedad)>. [Consulta: 15 diciembre 2021].

Alfonso, J.A. (2003). Obtención de biodiesel a partir de aceites en casa habitación de la comunidad del Refugio. Maestría en Ciencias en Energías Renovables con Especialidad en Biomasa. Centro de investigación en materiales avanzados, S. C. Chihuahua, México.

Almada, M. (2006). Análisis de la producción de materias primas para la elaboración de bioetanol y biodiesel, y de estos biocombustibles, presente y esperada hasta 2020, en países potencialmente proveedores de Chile. FAO. Santiago, Chile.

Asipla Chile, (2019). Estudio sobre reciclaje en Chile [en línea]. Chile.<<https://www.elpatagondomingo.cl/wp-content/uploads/2019/03/Estudio-sobre-Reciclaje-de-Plasticos-en-Chile-ASIPLA.pdf>>. Consulta: 28 enero 2022].

Bastos, A.I. (2007). Distribución Logística Y Comercial. Ideas propias Editorial. España.

Beetrack. (2020). Que es un sistema TMS y para qué sirve [en línea]. Beetrack, Chile. <<https://www.beetrack.com/es/blog/qu%C3%A9-es-un-sistema-tms-y-para-qu%C3%A9-sirve>>. [Consulta: 22 enero 2022].

Bravo, R. (2019). Diagnóstico del sistema de gestión de reciclaje de aceites vegetales usados en la comuna de Algarrobo. Tesis, Ingeniero de ejecución en Gestión y Control Ambiental. Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Química y Medio Ambiente. Concepción, Chile.

Campos, C., Delgado, H., Esquivel, J., Samamé, J., y Sirlupú, J. (2017). Diseño de la línea de producción para la elaboración de biodiesel a partir de aceite residual recolectado de la industria chiflera Piurana. Proyecto de título, Ingeniero Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.

Caneo, R. (2016). Pre factibilidad en la implementación de una planta productora de biodiesel a partir de aceite vegetal usado. Memoria de título, Ingeniero Industrial. Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería. Santiago, Chile.

Carrera, C., Ligña, C., Morales, C., y Suntaxi, C. (2017). Sistemas integrados de gestión. Ediciones Grupo Compás. Guayaquil, Ecuador.

Casa de la paz. (2021). Manual para la obtención de autorización sanitaria para el transporte de residuos [en línea]. Santiago, Chile. <<https://www.casadelapaz.cl/wp-content/uploads/2018/08/MANUAL-TRANSPORTE-ok.pdf>> [Consulta: 28 de mayo 2021].

Circular N° 30. Instruye sobre tratamiento tributario de los biocombustibles denominados biodiesel y bioetanol. Diario oficial de la república de Chile. 19 mayo 2007. Santiago, Chile.

Cruz, A.L., Davis, A. (2021). Diseño de un sistema de recolección de aceite usado de cocina para la elaboración de jabón, en el distrito de Piura. Proyecto de título. Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.

Decreto N° 1. Aprueba reglamento del registro de emisiones y transferencia de contaminantes, Retc. Diario oficial de la república de Chile. 02 mayo 2013. Santiago, Chile.

Decreto N° 298. Reglamenta transporte de cargas peligrosas por las calles y caminos. Diario oficial de la república de Chile. 11 febrero 1995. Santiago, Chile.

Decreto N° 3593. Modifica al decreto 609 de 1998, que establece norma de emisiones para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado. Diario oficial de la república de Chile. 26 septiembre 2000. Santiago, Chile.

Decreto N° 594. Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en lugares de trabajo. Diario oficial de la república de Chile. 29 abril 2019. Santiago, Chile.

Decreto N° 609. Establece norma de emisiones para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistema de alcantarillados. Diario oficial república de Chile. 20 Julio 1998. Santiago, Chile.

Decreto N° 90. Establece norma de emisiones para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Diario oficial república de Chile. 07 marzo 2001. Santiago, Chile.

Decreto N° 977. Aprueba reglamento sanitario de los alimentos. Diario oficial de la república de Chile. 13 mayo 1997. Santiago, Chile.

Decreto Supremo N° 11. Aprueba definiciones y especificaciones de calidad para la producción y comercialización, de Bioetanol y Biodiesel. Diario oficial de la república de Chile. 23 de mayo 2008. Santiago, Chile.

DeLogística. (2020). Simplificando la logística [en línea]. Santiago, Chile. <<https://www.delogistica.com/simplificando-la-logistica/>> [Consulta: 15 diciembre 2021].

De Miguel, C., Martínez, k., Pereira, M., Kohout, M. (2021). Economía Circular en América Latina y el Caribe Oportunidad para una recuperación transformadora. Publicación de las naciones Unidas, CEPAL. Santiago, Chile.

El diario (2023). Unión Europea Prohíbe la venta de coches a gasolina y diese a partir 2035. [en línea]. Irene Castro. Bruselas. <[https://www.eldiario.es/economia/ue-prohibe-venta-coches-gasolina-diesel-partir-2035-rechazo-pp-extrema-derecha\\_1\\_9950855.html](https://www.eldiario.es/economia/ue-prohibe-venta-coches-gasolina-diesel-partir-2035-rechazo-pp-extrema-derecha_1_9950855.html)> [Consulta: 28 de mayo 2023].

González, I., González, J. (s.f.) Aceites usados de cocina. problemática ambiental, incidencias en redes de saneamiento y coste del tratamiento en depuradoras. Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia. Bilbao, España.

Graciano, L., Reboursin, M., y Pertuasati, E. (2010) Cadena de abastecimiento de ciclo cerrado aplicada al reciclaje de aceites vegetales usados. Proyecto de título, Ingeniero Industrial. Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Industrial. Buenos Aires, Argentina.

Ilustre municipalidad de Chillan (s.f.). Población. [en línea]. Chillan, Chile. <<https://www.municipalidadchillan.cl/sitio/menu/comuna/poblacion.php>> [Consulta: 19 de enero 2022].

Interempresas (2013). Así se gestiona el aceite usado en Europa. [en línea]. España. <<https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/116874-Asi-se-gestiona-el-aceite-usado-en-Europa.html>> [Consulta: 19 de febrero 2024].

Isotools (2020). Normas ISO, responsabilidad social empresarial. [en línea]. España. <<https://www.isotools.org/normas/responsabilidad-social/iso-26000>> [Consulta: 15 de febrero 2022].

Knaus- Industries, (2022). Reciclaje de plástico ¿Químico o Mecánico? [en línea]. España. <<https://knauf-industries.es/reciclaje-plastico-mecanico-quimico/>> [Consulta: 27 de marzo 2023].

Lagos, N. (2018). Evaluación de factibilidad de conversión de aceite vegetal usado a biodiesel en la comuna de Chillan. Proyecto de título, Ingeniero Ambiental. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola. Chillan, Chile.

Ley N° 20339. Incorpora a la Ley 20063, el combustible gas natural licuado y modifica el decreto con fuerza de N° 1, de 1978, del Ministerio de Minería. Diario oficial de la república de Chile. 03 de abril 2009. Santiago, Chile.

Ley N° 20920. Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Diario oficial de la república de Chile. 01 junio 2016. Santiago, Chile.

Logística Dinámica, (2018). 12 Claves de la logística inversa [en línea]. México. <<https://ld.com.mx/blog/logistica/12-claves-de-la-logistica-inversa/>> [Consulta: 08 de junio 2023].

Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2020). Metodología para la formulación y evaluación social de proyectos para el manejo o gestión de residuos sólidos domiciliarios y asimilables. Sistema Nacional de Inversiones [en línea]. Santiago, Chile. <[https://sni.gob.cl/storage/docs/220818\\_Metodologia\\_GIRS\\_vf.pdf](https://sni.gob.cl/storage/docs/220818_Metodologia_GIRS_vf.pdf)> [Consulta: 08 diciembre 2022].

Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Informe estado del Medio Ambiente [en línea]. Santiago, Chile. <<https://sinia.mma.gob.cl/estado-del-medio-ambiente/informe-del-estado-del-medio-ambiente-2020/>> [Consulta: 08 octubre 2021].

Mora, L.A. (2011). Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes. Ecoediciones, Colombia.

Precio Bencina. (2022). Precio combustible en Chillan. [en línea]. Chillan, Chile. <<https://preciobencina.cl/>> [Consulta: 5 de febrero 2022].

Rendering. (2018). Retiro y reciclaje de aceite de freír sin costo para restaurantes, casinos y hoteles. [en línea]. Santiago, Chile <http://www.rendering.cl/retiro-y-reciclaje-de-aceite-de-freir-sin-costo-para-restaurantes-casinos-y-hoteles/>. [Consulta: 15 de diciembre 2021].

Resolución N° 746 exenta. Establece los protocolos de normas técnicas para análisis y/o ensayos para biodiesel y bioetanol, según se indica. Diario oficial de la república de Chile. 30 mayo 2008. Santiago, Chile.

Rubio, S. (2003). El sistema de la logística inversa en la empresa: Análisis y Aplicaciones. Proyecto de Título, Doctor. Universidad de Extremadura. Departamento de Economía y Organización de Empresas. Badajoz, España.

Vázquez, J.F. (2008). Logística Inversa. Boletín de información. pp: 142-155. Boletín N° 307. Universidad de la Rioja. España.

Vidal, C. (2022). Análisis de la eficiencia energética del co2 de los camiones reefer la cadena logística de frío de la producción y comercialización de cerezas frescas. Proyecto de título, Ingeniero Ambiental. Universidad de concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola. Chillan, Chile.

Villalobos, J. (2016). Estrategias y herramientas para la eficiencia energética y la sustentabilidad del transporte de carga por carretera. Boletín FAL N° 349. CEPAL. Santiago, Chile.

Zarta, P. (2017). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. [en línea]. Universidad colegio mayor de Cundimarca. Colombia. <<https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>>. [Consulta: 08 febrero 2022].

## 12. ANEXO

### NORMATIVAS NACIONAL VIGENTE

- Decreto Supremo 40, Reglamento del Sistema de Evaluación Ambiental
- Decreto Supremo 609 de 1998. Norma de Emisión a Alcantarillado. Establece límites máximos de contaminantes permitidos para residuos industriales líquidos descargados al alcantarillado (Límite máximo permitido de aceites y grasas 150 mg/L).
- Decreto 3592 de 2000 del Ministerio de Obras Públicas. Modifica el Decreto Supremo N° 609 de 1998, que establece Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.
- Decreto Supremo 90 de 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma que “Establece la Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales” (Límite máximo permitido de aceites y grasas 60 mg/L).
- Decreto 11 de 2008, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Aprueba definiciones y especificaciones de calidad para la producción, importación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de bioetanol y Biodiésel.
- Ley N° 20.920/2016 REP “Marco para la Gestión de Residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje” publicada por el Ministerio del Medio Ambiente el año 2016 tiene por

objetivo incorporar la valorización de los residuos como un elemento primordial en la gestión de los residuos sólidos e introducir en la regulación existente en la materia, un instrumento económico que busca generar mecanismos que permitan aumentar los niveles de reciclaje de los residuos que actualmente se disponen en rellenos sanitarios o son depositados en vertederos ilegales.

A nivel de transporte existe un artículo que especifica las características que se deben tener en cuenta a la hora de poder obtener los permisos para transportar residuos peligrosos, no peligrosos o sustancias peligrosas.

- Decreto 298 reglamenta transporte de cargas peligrosas por calles y caminos Artículo 1°. - El presente reglamento establece las condiciones, normas y procedimientos aplicables al transporte de carga, por calles y caminos, de sustancias o productos que, por sus características, sean peligrosas o representen riesgos para la salud de las personas, para la seguridad pública o el medio ambiente. Condicionando como limite la antigüedad del vehículo a no menor a 15 años también mencionado en DS 148 *Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos*.

## Certificados

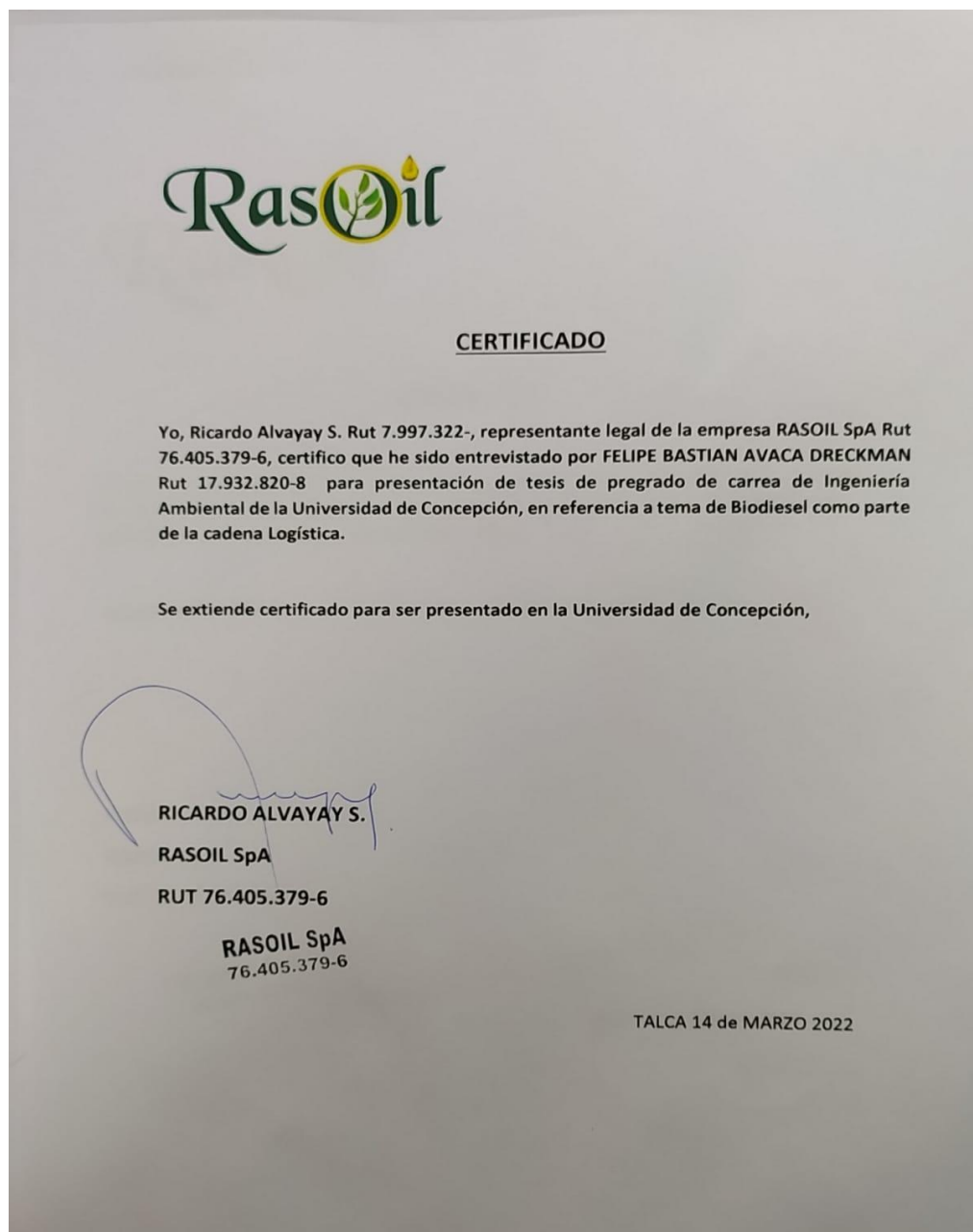


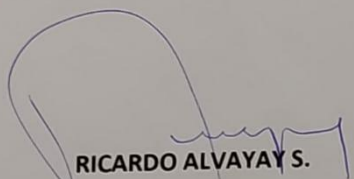
Figura 22. Certificados de RASOIL SpA.



**CERTIFICADO**

Yo, Ricardo Alvayay S. Rut 7.997.322-K, representante legal de la empresa RASOIL SpA Rut 76.405.379-6, certifico que mantenemos recicladora base en Chillan con Señores OLEUM, gestión de reciclaje de Aceite Vegetal Usado (AVU)

Se extiende certificado para ser presentado en la Universidad de Concepción,



**RICARDO ALVAYAY S.**  
**RASOIL SpA**  
**RUT 76.405.379-6**

**RASOIL SpA**  
**76.405.379-6**

TALCA 14 de MARZO 2022

Figura 23. Certificados de vinculación a recicladora Base Óleum.