



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS – TRANSPORTE**

**“BALANCE DE COSTOS Y ANÁLISIS DE RIESGOS DE  
TRANSPORTE EN UN ESLABÓN DE UNA CADENA DE  
SUMINISTRO INVERSA DE ACEITE COMESTIBLE USADO”**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE: MAESTRO EN  
INGENIERÍA**

**PRESENTA:**

**ING. EFRAIN MEDINA TORIBIO**

**TUTOR PRINCIPAL:**

**DR. BENITO SÁNCHEZ LARA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, NOVIEMBRE 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

ABREVIATURAS.....	1
RESUMEN .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
CAPÍTULO 1. LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y LOS RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL.....	6
1.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	6
1.1.1 RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO .....	7
1.1.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS .....	7
1.1.3 VALORIZACIÓN DE RESIDUOS.....	8
1.1.4 RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL.....	10
1.2 RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL. EL ACEITE COMESTIBLE USADO (ACU).....	12
1.2.1 IMPACTOS DEL ACU.....	13
1.2.2 REQUISITOS PARA EL MANEJO DEL ACU .....	14
1.3 CADENA DE SUMINISTRO Y CADENA DE SUMINISTRO INVERSA ....	16
CAPÍTULO 2. UNA EMPRESA ESLABÓN EN LA VALORIZACIÓN DEL ACEITE COMESTIBLE USADO Y SUS OPERACIONES LOGÍSTICAS DE TRANSPORTE.....	18
2.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO: UNA EMPRESA QUE VALORIZA ACU. ....	18
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL CASO DE ESTUDIO.....	22
2.3 PROBLEMÁTICA DEL MANEJO DE LOS RSU .....	31
2.4 PROBLEMÁTICA DE LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO .....	32
2.5 OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS .....	34

2.6 JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE DE LA TESIS.....	35
CAPÍTULO 3. MARCO CONCEPTUAL PARA EL ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES LOGÍSTICAS DE TRANSPORTE EN EL MANEJO DEL ACU... 36	
3.1 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA, TÁCTICA Y OPERATIVA .....	36
3.2 OPERACIONES LOGÍSTICAS DE TRANSPORTE.....	38
3.2.1 DEFINICIÓN Y OPERACIÓN DE LOS MODOS DE TRANSPORTE ....	39
3.2.2 GESTIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE. ....	40
3.2.3 DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE.....	41
3.2.4 DEFINICIÓN DEL PERFIL DEL TRANSPORTISTA.....	44
3.2.5 ACTUACIÓN DE AGENTES LOGÍSTICOS.....	46
3.2.6 GESTIÓN DEL RIESGO EN EL TRANSPORTE.....	47
3.2.7 GESTIÓN DE LA FRICCIÓN LOGÍSTICA .....	58
3.2.8 BALANCE DE COSTOS DE TRANSPORTE.....	59
CAPÍTULO 4. BALANCE DE COSTOS Y ANÁLISIS DE RIESGO EN EL TRANSPORTE DEL ACU .....	63
4.1 ANÁLISIS DE BALANCE DE COSTOS.....	63
4.2 ANÁLISIS DE RIESGO DEL TRANSPORTE DE ACU.....	82
4.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	95
4.4 RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO. ....	97
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....	98
BIBLIOGRAFÍA. ....	100

## ABREVIATURAS

ACU: Aceite Comestible Usado.

AR&V: Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad.

CAPUFE: Caminos y Puentes Federales.

CSD: Cadena de Suministro Directa.

CDMX: Ciudad de México.

CEDA: Central de Abastos.

CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

CSI: Cadena de Suministro Inversa.

DGIARSU: Dirección General de Imagen, Alumbrado Público y Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

LAU-CDMX: Licencia Ambiental Única para la Ciudad de México.

LGPGIR: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

NADF: Norma Ambiental para el Distrito Federal.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

OLT: Operaciones Logísticas de Transporte.

ONG: Organización No Gubernamental.

PC: Policarbonato.

PEAD: Polietileno de Alta Densidad.

PEBD: Polietileno de Baja Densidad.

PET: Tereftalato de Polietileno.

PP: Polipropileno.

PS: Poliestireno.

PVC: Policloruro de Vinilo.

RAMIR: Registro y Autorización de Establecimientos Mercantiles y de Servicios para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

RME: Residuo de Manejo Especial.

RSU: Residuos Sólidos Urbanos.

SCT: Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

SEDEMA: Secretaría del Medio Ambiente.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

## RESUMEN

El aceite comestible usado es un residuo de manejo especial, la inadecuada disposición final de este residuo provoca graves problemas de impacto ambiental y social, por lo cual éste requiere un manejo diferenciado a través de Cadenas de Suministro Inversas (CSI) para su aprovechamiento y disminuir los impactos.

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (CDMX), durante 2017 se acopiaron 2,339,102 litros de Aceite Comestible Usado (ACU). La valorización del ACU recuperado implica su reciclaje y reutilización para la producción de biodiesel, jabón, alimento para animales entre otros. Existe poca información sobre cómo funcionan las CSI, así como, bajo qué condiciones lo hacen, por lo cual esta tesis se apoya de las actividades operativas de una empresa dedicada a la recolección y valorización de ACU. Esta empresa es un eslabón de una CSI de ACU y sus actividades de recolección se analizaron para determinar rutas alternas, así como la localización de posibles almacenes de consolidación del residuo sin afectar de manera significativa otras actividades operativas de la empresa, realizando un balance de costos. También se analizó el riesgo asociado a la operación logística del transporte en la recolección del ACU, estos análisis tienen el objetivo de dar un panorama amplio para la toma de decisiones, así como la prevención de posibles riesgos y que la empresa caso de estudio, obtenga mayores beneficios, crecimiento en el mercado y sea paradigma de otras empresas del mismo entorno.

Los resultados obtenidos pueden beneficiar a la empresa caso de estudio, especialmente con respecto al balance de costos con la implementación de un almacén para consolidar ACU, en una ruta que realiza la recolección a carga semi completa.

## INTRODUCCIÓN

Toda actividad humana es susceptible de producir residuos. Sin embargo, el creciente nivel de desarrollo e industrialización experimentado por el mundo tiene una correlación con el aumento de la cantidad de residuos producidos por habitante, y más especialmente con la producción de residuos urbanos. Paralelamente, el crecimiento acelerado de la urbanización está originando la formación de grandes áreas metropolitanas donde una elevada densidad de población genera la producción de grandes volúmenes de residuos urbanos en espacios relativamente pequeños.

Un ejemplo de esto es la CDMX ya que durante el año 2017 la población generó 12,998 toneladas diarias de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Por tal motivo, el gobierno ha tomado medidas en la gestión de éstos, así como el buscar procesos para reciclar, reusar o aprovechar los residuos.

Los Residuos de Manejo Especial (RME) forman parte de los RSU y se definen como residuos que son producidos por grandes generadores, es decir, persona física o moral que genera una cantidad igual o superior a 10 toneladas de residuos al año, también son RME aquellos residuos de difícil eliminación o disposición final. El ACU es uno de los RME que son difíciles de eliminar puesto que son muy contaminantes, así como de difícil recolección ya que el residuo puede ser líquido o semi sólido.

Existen empresas que realizan la recolección de ACU obteniendo ganancias y haciéndolo un negocio rentable, este es el caso de esta tesis puesto que se investigó a una empresa dedicada a esta actividad, la empresa caso de estudio es parte de una CSI debido a que el producto ha sido desechado.

Se investigaron las actividades que realiza la empresa como las operaciones logísticas, de estas se desprenden las operaciones logísticas de transporte como: balance de costos y análisis de riesgo.

El objetivo de esta tesis es llevar a cabo dos análisis de dos operaciones logísticas de transporte asociadas a la empresa caso de estudio, por un lado, un análisis de

riesgos bajo las condiciones actuales de funcionamiento y, por otro lado, un balance de costos de los costos logísticos.

El balance de costos está constituido por costos directos y costos indirectos, en esta tesis se aborda el balance de costos de transporte del ACU, en el que se consideran los costos directos integrados por costos de consumo de combustible del vehículo, costos de casetas y costos de operadores vehiculares. Los datos obtenidos en el análisis del balance de costos de transporte del ACU arrojan un costo fijo mensual, este costo permite establecer el parámetro de rentabilidad, por lo cual se analizó la propuesta de integrar un almacén para la consolidación del ACU en una ruta de recolección que cumple con la carga completa del vehículo. Los costos asociados de esta propuesta son comparados con los datos obtenidos en el análisis del balance de costos de transporte. El resultado más satisfactorio es la integración del almacén debido a que son menores los costos en esta propuesta.

El análisis de riesgo de transporte determina las amenazas y vulnerabilidades a las que se exponen los elementos que integran el sistema del transporte los cuales son: la carga, el vehículo, el conductor y las vías de transporte. En este análisis se determina el riesgo más frecuente que son los retrasos en la recolección del ACU derivado de diversas amenazas que se presentan en el trayecto como son: falla del vehículo, choques, robo, extorsión, etc. La falta de datos de incidentes no deseados sucedidos en la empresa caso de estudio, no hace posible realizar el método de análisis de riesgo y vulnerabilidad (AR&V) completamente, sin embargo, con información de INEGI de los percances de vehículos de carga se determinan las amenazas más frecuentes, que son las colisiones con vehículos provocando retrasos a los que transitan sobre la misma vía.

## CAPÍTULO 1. LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y LOS RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

Este capítulo está integrado por tres secciones, las cuales son:

1. Residuos Sólidos Urbanos (RSU), se indica su definición, cómo están compuestos, cuánto ACU se genera en la CDMX y los residuos que se valorizan.
2. El residuo del ACU, se describe su procedencia, los impactos que este residuo genera y los requisitos para realizar alguna actividad del manejo del mismo.
3. Cadena de Suministro Inversa (CSI), se describe el procedimiento y cómo está integrada.

### 1.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los RSU son aquellos generados en las casas como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas; son también los que provienen de establecimientos o la vía pública, o los que resultan de la limpieza de las vías o lugares públicos. Su manejo y control es competencia de las autoridades municipales y delegacionales.

De acuerdo con la Ley de Residuos Sólidos de la Ciudad de México (CDMX) reformada en el año 2017, estos se clasifican en dos grupos:

- Residuos urbanos;
- Residuos de manejo especial considerados como no peligrosos y que son competencia de la CDMX.

Los residuos urbanos son aquellos que son generados en casa habitación, unidad habitacional o similares, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques, los provenientes de cualquier otra actividad que genere residuos sólidos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de

las vías públicas y áreas comunes, siempre que no estén considerados por esta Ley como residuos de manejo especial.

Residuos de manejo especial (RME) son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos, es decir aquellos que, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, inflamables, tóxicas, y biológicas-infecciosas, y por la forma de manejo, puede representar un riesgo para el equilibrio ecológico, ambiental y de salud a la población en general. También son RME los residuos sólidos urbanos que son producidos por un solo generador siempre y cuando produzca más de 10 toneladas al año.

### **1.1.1 RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO**

La CDMX es una de las ciudades más pobladas del mundo, con cerca de 9 millones de habitantes (21 millones si se considera su área conurbada). Es considerada como la tercera aglomeración urbana más habitada del mundo, concentra el 30% de la población urbana nacional, es uno de los centros económicos y culturales más importantes del país debido a la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, actividades que inciden de manera directa en la generación de residuos derivando en el incremento en la generación de residuos sólidos producidos, tanto por la población residente, de 8'918,653 habitantes (INEGI 2015), como por la población flotante que transita diariamente en la entidad, debido a la gran cantidad de actividades, sitios de interés, situación laboral, educación, comercio, entre otros.

### **1.1.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS**

La demanda creciente de bienes y servicios en la CDMX trae consigo el problema del incremento en la generación de RSU, los cuales se producen en casas habitación, establecimientos, espacios públicos o vía pública. El manejo inadecuado de éstos puede llegar a producir impactos negativos en el ser humano y el medio ambiente.

Durante 2017, los habitantes y la población flotante que diariamente ingresa a la CDMX generaron 12,998 toneladas diarias de RSU. La generación de residuos

diaria por habitante se encuentra entre 0.87 y 2.47 kilogramos (Inventario de RSU de la CDMX-2017). En la Tabla 1 se muestran los diferentes recolectores de RSU de la CDMX, así como, las toneladas diarias promedio recolectadas y el porcentaje que representan del total de RSU generados, estos datos determinan que la recolección delegacional representa el 77.75%.

**Tabla 1 Inventario de Residuos Sólidos 2017 de la CDMX**

<b>Recolector de RSU</b>	<b>Toneladas/Día</b>	<b>Porcentaje</b>
Dirección General de Imagen, Alumbrado Público y Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (DGIARSU)	1,082.00	8.68%
Recolección particular con pago de derechos	35.00	0.28%
Recolección delegacional (excepto la Delegación Gustavo A. Madero)	8,967.00	71.96%
Barrido manual	1,038.00	8.33%
Recolección Delegación Gustavo A. Madero	745.00	5.98%
CEDA (Central de Abastos de la CDMX)	585.00	4.69%
Residuos de manejo especial	9.00	0.07%
<b>Total</b>	<b>12,461.00</b>	<b>100%</b>

*Fuente: SEDEMA, inventario RSU 2017*

### 1.1.3 VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

La valorización es la práctica de asignar valor económico a un residuo mediante procesos, modificaciones del residuo, etc., con el propósito de ubicarlo en el mercado de compra y venta o una cadena de suministro. Es la operación cuyo resultado principal es que el residuo tenga una finalidad útil o aprovechable. La Norma NADF-024-AMBT-2013 define la valorización como principio y conjunto de acciones asociadas, cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

De los RSU generados en la CDMX diariamente se aprovechan aproximadamente el 38.73%, es decir, son RSU que se reciclan, reutilizan o valorizan. En la Tabla 2 se muestran los diferentes agentes recolectores que valorizan algunos residuos, las

toneladas diarias y el porcentaje que representa en comparación con el total de los RSU generados diariamente en la CDMX.

**Tabla 2 Recolectores que valorizan RSU**

Recolector	Toneladas/Día	% con respecto al total de RSU generados en la CDMX
Pепенadores	1,748.00	14.03%
Recuperación en Planes de Manejo	3,051.49	24.49%
Plantas de Composta Delegacional	26.00	0.21%
<b>Total</b>	<b>4,825.49</b>	<b>38.73%</b>

*Fuente: SEDEMA, inventario RSU 2017*

Los RSU valorizados a partir de los planes de manejo, se subdividen en varias categorías, de acuerdo con las características del residuo. En la Tabla 3 se presenta el desglose de los residuos recuperados en los planes de manejo en la CDMX, se indica el tipo de residuo, las toneladas recuperadas por día y el porcentaje que representa cada uno de estos residuos en la recuperación de los planes de manejo. La Tabla 3 muestra que el residuo definido como “Otros” representa la mayor cantidad de residuos valorizados, sin embargo, no especifican los residuos que lo componen. El segundo residuo valorizado es el cartón seguido del papel y metal ferroso, esto quiere decir que la CDMX genera mayor cantidad de estos residuos debido a los productos que son fabricados con estos materiales.

**Tabla 3 RSU valorizados por los Planes de Manejo**

Tipo de Residuo	Toneladas/Día	Porcentaje
Plástico	68.60	2.25%
Cartón	263.18	8.62%
Papel	204.69	6.71%
Metal ferroso	188.65	6.18%
Metal no ferroso	93.39	3.06%
Madera	5.53	0.18%
Vidrio	41.49	1.36%
Lata	12.78	0.42%
Hule	4.06	0.13%
Fibra sintética	1.86	0.06%
Alimentos	103.14	3.38%
Jardinería y poda	176.09	5.77%
Algodón y trapo	1.02	0.03%
Loza y cerámica	1.30	0.04%

Otros	1,885.72	61.80%
<b>Total</b>	<b>3,051.50</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: SEDEMA, inventario RSU 2017

#### 1.1.4 RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), define a los RME como aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores es decir persona física o moral que genera una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año. Su manejo y control es competencia de las autoridades estatales.

La Norma vigente NOM-161-SEMARNAT-2011 establece los criterios para clasificar a los RME y determinar cuáles están sujetos a un plan de manejo. Un plan de manejo es un instrumento a través del cual se busca minimizar la generación de residuos y valorizar la mayor cantidad de residuos en los que se aplica, esto trae como consecuencia que se disminuye la carga sobre los recursos naturales y sobre la vida útil de los sitios de disposición final. Un Plan de Manejo es un requisito que la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) de la Ciudad de México establece a las personas físicas y morales interesadas en realizar obras o actividades de manejo que impliquen una afectación al medio ambiente o generación de riesgos. A través del plan de manejo, la SEDEMA evalúa el impacto ambiental y autoriza o no las actividades. A continuación, se enlistan los RME que están sujetos al plan de manejo:

- Residuos de servicios de salud (papel y cartón, ropa, plástico, madera y vidrio);
- Residuos agroplásticos generados por las actividades agrícolas, silvícolas y forestales;
- Residuos de las actividades de transporte federal (Envases metálicos, de papel, vidrio, cartón, tereftalato de polietileno, unice, bolsas de polietileno, tarimas de madera y neumáticos de desechos);

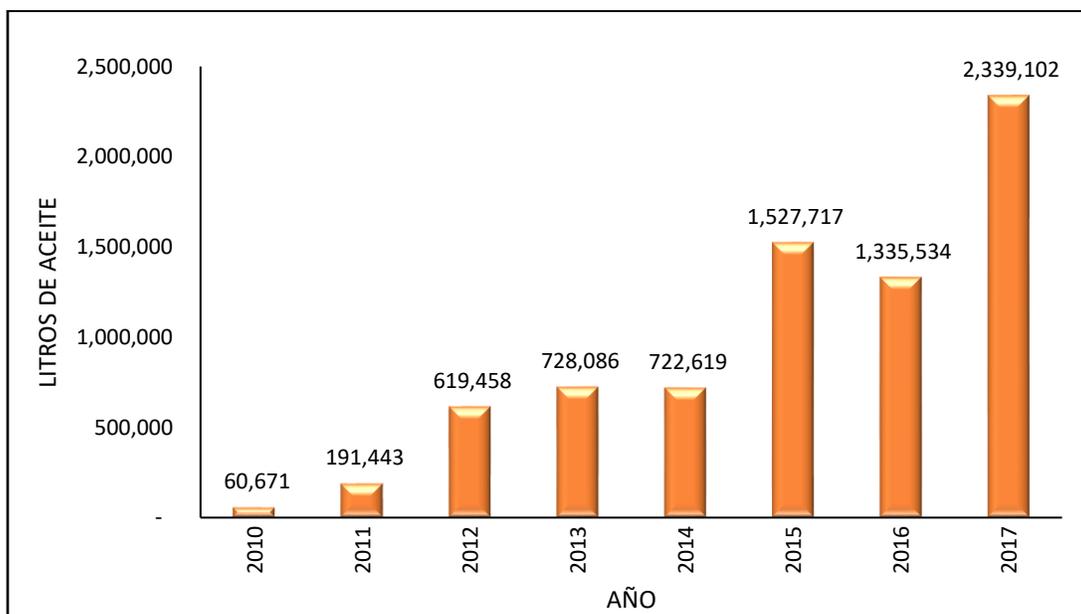
- Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales (los que se generen en cantidad mayor a 100 toneladas anuales);
- Residuos de las tiendas departamentales o centros comerciales y que se generen en una cantidad mayor a 10 toneladas al año (Envases de material metálico, de papel, cartón, vidrio, tereftalato de polietileno, unicel, tarimas de madera, residuos orgánicos, playo);
- Residuos de la construcción mantenimiento y demolición en general, que se generen en una obra en una cantidad mayor a 80 m<sup>3</sup>;
- Residuos tecnológicos de las industrias de la informática y fabricantes de productos electrónicos;
- Residuos de fabricantes de vehículos automotores;
- Otros que al transcurrir su vida útil requieren de un manejo específico y que sean producidos por un gran generador en una cantidad mayor a 10 toneladas por residuo al año como son:
  - Aceite vegetal usado;
  - Neumáticos de desecho;
  - Envases y embalajes de tereftalato de polietileno (PET), polietileno de alta y baja densidad (PEAD y PEBD), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y policarbonato (PC);
  - Envases, embalajes y artículos de madera, de aluminio, de material ferroso y no ferroso;
  - Papel y cartón;
  - Vidrio;
  - Ropa de algodón y tipo fibras sintéticas;
  - Hule natural y sintético;
  - Envase de multilaminados de varios materiales;
  - Refrigeradores, aire acondicionado, lavadoras, secadoras y hornos de microondas.

## 1.2 RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL. EL ACEITE COMESTIBLE USADO (ACU)

La generación de Aceite Comestible Usado (ACU) proviene de casas habitación, establecimientos industriales, comerciales y de servicios. Derivado de su uso y de su disposición inadecuada, este residuo se convierte en uno de los principales agentes de contaminación de las aguas urbanas, ya que al ser vertido al drenaje ocasiona afectaciones al sistema de alcantarillado y dificulta el tratamiento de las aguas residuales, lo que se traduce en un aumento en los costos de mantenimiento y operación del sistema.

Además, al ser derramado en suelos y cuerpos de agua puede ocasionar efectos perjudiciales debido a su baja biodegradabilidad, alterando así las condiciones fisicoquímicas y biológicas de dichos ambientes, lo cual conlleva a la pérdida de productividad, biodiversidad y de servicios ecológicos. Por esta razón desde el año 2010 en la CDMX realiza la recolección de ACU, a través de un plan de manejo, en la Gráfica 1 se muestra los datos de recolección de ACU en litros por año, del 2010 al 2017.

*Gráfica 1. Historial de recolección de Aceite comestible usado en litros*



Fuente: RS CDMX-2017

El ACU recolectado es reciclado y reutilizado en la elaboración de diversos productos (biodiesel, jabón, alimento para animales, productos cosméticos, etc.). La recolección mostrada en la Gráfica 1 tiene una tendencia de aumento año tras año sin embargo en el año 2016 disminuyó el acopio de este residuo en un 13%, en comparación con lo recolectado en el año 2015, la posible razón de este decremento de acopio es la regulación y los permisos que solicita la CDMX como la Licencia Ambiental Única para la Ciudad de México (LAU-CDMX) y el Registro y Autorización de Establecimientos Mercantiles y de Servicios para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial que operen y transiten en la CDMX (RAMIR).

### **1.2.1 IMPACTOS DEL ACU**

El ACU es un residuo que provoca graves problemas de contaminación, cuando éste es vertido en el agua. El verter dicho residuo al fregadero o al inodoro es una práctica antiecológica, ya que este producto es difícilmente biodegradable, además por ser menos denso que el agua, tanto el aceite de girasol, como el de soja, el de oliva o el de maíz, forman en los ríos una película difícil de eliminar, lo que dificulta el paso de oxígeno y puede matar a los seres vivos.

En todos los hogares se generan cada día restos de ACU y es usual que en los hogares lo viertan por los desagües domiciliarios debido a que no existen recolectores para este residuo, ya que existen millones de hogares en la ciudad de México haciendo muy complejo su control, de esta manera el ACU termina en el cauce público.

El aceite en las coladeras provoca la obstrucción de las tuberías, ya que la grasa al enfriarse, se adhiere a las paredes del alcantarillado y actúa como un imán para otros residuos, formando un tapón que impide que el agua fluya libremente.

En México, la población no realiza un manejo correcto al ACU, las principales razones se deben a la falta de control, adecuado manejo del residuo, así como, a la ausencia de normativas que regulen la adecuada disposición final de este residuo; también a la falta de un sistema de recolección especializado, transporte y almacenamiento del aceite comestible usado.

En su trabajo, González y González (2015) determinaron lo contaminante que es el ACU, obtuvieron como resultado que un solo litro de aceite usado puede llegar a contaminar hasta 40,000 litros de agua y que el ACU tiene 5,000 veces más carga contaminante que el agua residual. El impacto puede ser muy elevado, por ejemplo, se calcula que cada persona en la ciudad de Bilbao Bizkaia, genera anualmente cerca de 4 litros de restos de ACU. También se calcularon los costos asociados a la depuración del ACU, el cual es 700 veces superior al tratamiento de las aguas residuales.

Derivado de lo anterior, la reutilización de residuos como el aceite comestible usado se asocia con beneficios ambientales, uno de ellos es la reducción de ACU vertidos al sistema de tratamiento de aguas residuales, esto es un impacto positivo para la calidad del agua.

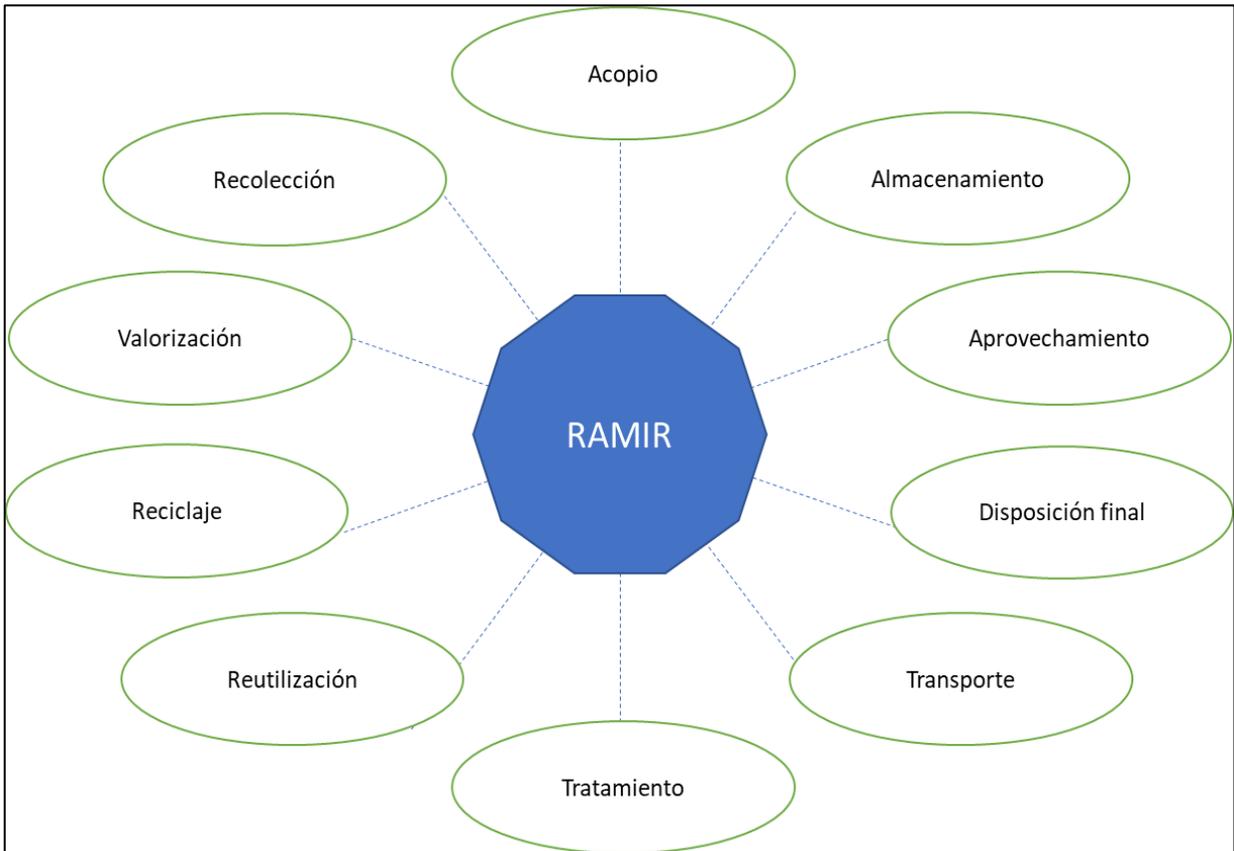
### **1.2.2 REQUISITOS PARA EL MANEJO DEL ACU**

En la CDMX, las empresas y organizaciones están obligadas a cumplir con las leyes, reglamentos y normas ambientales aplicables a las actividades que desarrollan. En el marco de la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal, los responsables de fuentes fijas deberán contar con la Licencia Ambiental Única para la Ciudad de México, que es un instrumento de política pública que ampara los permisos y autorizaciones referidas en la normatividad ambiental como la generación y disposición de RSU. Las acciones y procedimientos que facilitan el acopio y desecho de los productos de consumo se reportan a través de planes de manejo.

El 8 de julio de 2015 entró en vigor el Registro y Autorización de Establecimientos Mercantiles y de Servicio para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial que operan y transitan en la CDMX (RAMIR), entre ellos está el RME del ACU. Este registro es un instrumento que regula los establecimientos mercantiles, de servicios y/o de unidades de transporte de residuos sólidos que prestan sus servicios en la Ciudad de México, en cumplimiento a la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

Las actividades que se contemplan el RAMIR son representadas en la Ilustración 1.

*Ilustración 1 Actividades relacionados a los RSU que contempla RAMIR*



*Fuente: Secretaría del Medio Ambiente*

El RAMIR contribuye en la mitigación de los impactos ambientales negativos producidos por un inadecuado manejo de los residuos. Las empresas dedicadas a las actividades relacionadas a los RSU, como se indican en la Ilustración 1, tienen la obligación de obtener la licencia RAMIR, para dar cumplimiento a la legislación aplicable en la CDMX y fomentar el cuidado del medio ambiente.

### **1.3 CADENA DE SUMINISTRO Y CADENA DE SUMINISTRO INVERSA**

Se entiende por cadena de suministro a las empresas que participan en producción, distribución, manipulación, almacenamiento y comercialización dentro de un canal de flujo de un producto (Soret, I. 2006). La cadena de suministro termina con la entrega del producto al cliente.

Las actividades que se llevan a cabo para valorizar los residuos cuando el producto es defectuoso o cuando se convierte en un residuo, es decir, cuando el cliente desecha el producto, son lo que se conoce eslabones de la Cadena de Suministro Inversa (CSI).

De acuerdo con López, J., (2010) una CSI es un proceso que conlleva actividades de adquisición, transportación, inspección, manipulación, distribución, almacenamiento y comercialización. Se puede enumerar en cinco componentes la CSI:

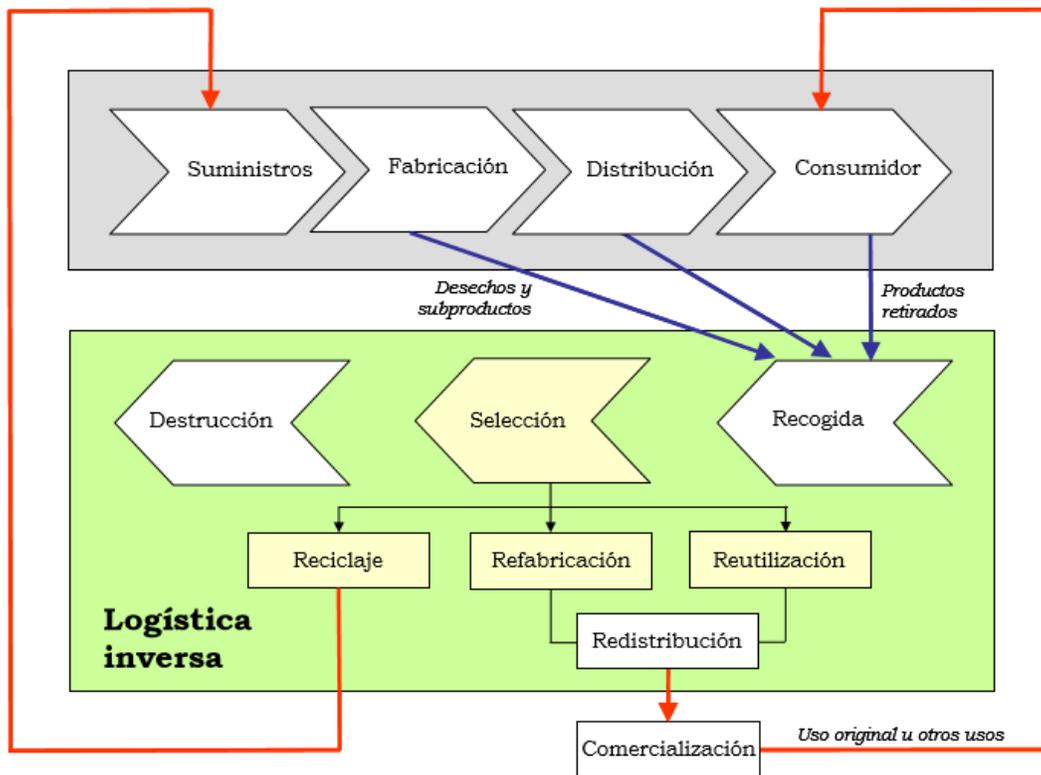
- I. Adquisición del producto: el producto usado debe ser recuperado;
- II. Logística inversa: una vez que están recogidos, los productos usados se transportan a un lugar para su inspección, clasificación y disposición;
- III. Inspección y Disposición: los productos se prueban, se clasifican y se pueden realizar pruebas de diagnóstico para determinar una acción de disposición que permita recuperar el mayor volumen posible de los mismos;
- IV. Reacondicionamiento: algunos productos se pueden reacondicionar, refabricar o llevar un proceso para generar un nuevo producto;
- V. Distribución y ventas: los nuevos productos refabricados o reacondicionados se pueden vender al consumidor.

La CSI busca obtener rendimiento a partir de la valorización de productos que ya han sido rechazados por los consumidores. En este sentido, es necesaria la incorporación de nuevos componentes dentro de la cadena, tales como gestores de residuos, recicladores, administración local, etc., que intervendrán en la medida que sea necesaria una acción coordinada entre ellos.

El proceso de CSI incluye la recogida de los productos, el proceso de selección y, si estos no fueran utilizables, se realiza la destrucción o eliminación de estos, si los productos son utilizables pueden entrar en un proceso de reutilización o de re-manufactura ya que, con la distribución adecuada, pueden ser utilizados bien para lo que fueron fabricados originalmente o para otro fin. El canal adecuado de comercialización lo hará llegar al consumidor, si el producto se recicla, se incorporará a la cadena de suministro como materia prima. En la Ilustración 2 se presenta el circuito cerrado de la cadena de suministro, la cual incluye la logística inversa y sus respectivos eslabones.

Como consecuencia de lo mostrado, es posible extender el ciclo vital de producto reduciendo el volumen de desechos.

*Ilustración 2 Circuito cerrado de la Cadena de Suministro*



Fuente: López-Parada, J. (2010).

## CAPÍTULO 2. UNA EMPRESA ESLABÓN EN LA VALORIZACIÓN DEL ACEITE COMESTIBLE USADO Y SUS OPERACIONES LOGÍSTICAS DE TRANSPORTE

El capítulo dos describe el caso de estudio y su CSI, para posteriormente describir la problemática del manejo delo RSU y de la empresa. Finalmente de indica el objetivo de la tesis, su justificación y su alcance.

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO: UNA EMPRESA QUE VALORIZA ACU.**

El caso de estudio en el que se basa esta investigación es una pequeña empresa que valoriza el ACU, en particular recupera el sobrante e incrementa su valor mediante diferentes procesos. La empresa es un eslabón relevante de una CSI. El contacto y recolección de información de la empresa se dio en un periodo de 6 meses, empezando en marzo de 2018, realizando visitas, entrevistas con los responsables, operadores, conductores y se llevó a cabo trabajo de campo, la información recabada de estas visitas se muestra en la Tabla 4 y Tabla 5. Por razones de confidencialidad se omite el nombre de la empresa y sólo se dan datos integrados. Esta es una empresa que compra y vende aceites vegetales y grasas animales, productos grasos caducos. La empresa puede recibir la grasa usada en la planta de transformación o también va por ella al lugar de generación. Vende aceite acidulado, grasas mixtas, aceite de pollo, manteca, sebo de res y grasa amarilla.

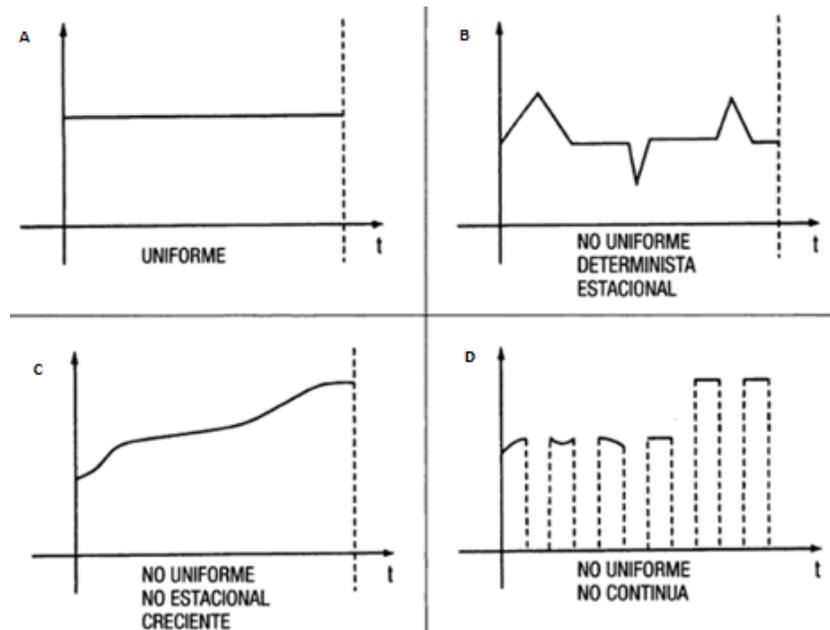
La empresa cuenta con proveedores frecuentes y proveedores intermitentes es decir que proveen ACU en diferentes periodos. Para diferenciar a los proveedores en esta investigación, se contactó a una empresa que es proveedor de la empresa caso de estudio. Por privacidad no se proporciona su nombre, sin embargo, a este proveedor lo definimos como intermitente, debido a las características que presenta en la actividad de acopiar el ACU, pues tiene la particularidad de que en cada mes obtiene cantidades diferentes de este residuo, ya que la recolecta se lleva a cabo a

establecimientos de comida, es decir, restaurantes, comedores y hoteles, la cantidad de ACU recuperado es dependiente de la generación de estos establecimientos, los cuales están ubicados en la CDMX y zona metropolitana, la dependencia que existe entre el proveedor y los establecimientos provoca que la recolección se realice en periodos diferentes, por este motivo los definimos como un proveedor intermitente para la empresa caso de estudio.

La recolecta de este proveedor intermitente se realiza mediante la utilización de un vehículo que también sirve para la entrega del ACU.

En la Ilustración 3 se visualizan graficas con diferentes volúmenes de generación del residuo, la gráfica " A (uniforme)" indica que es constante la generación del residuo, la gráfica "B (no uniformes determinista estacional)" describe que tiene una generación del residuo con diferentes frecuencias, tanto tendencias positivas crecientes o decrecientes, la gráfica "C (no uniformes no estacional creciente)", indica generación creciente no uniforme del residuo, la gráfica "D (no uniforme no continua)" la cual describe que tiene periodos donde se genera el residuo sin embargo se dejan de generar por otro periodo y posteriormente vuelven a generar residuo pero diferente cantidad al periodo anterior donde se generó residuo.

### Ilustración 3. Diferentes formas gráficas de generación



Fuente: Soret Los Santos I. (2006).

Estos tipos de generación existen en el caso de estudio. Sin embargo, no se toman en cuenta los proveedores intermitentes ya que estos generan poca cantidad del residuo aunado a que estos mismos lo transportan a la planta, haciendo que la empresa del caso de estudio no participe en la logística de transporte.

Las diferencias de tiempo en la recolección y almacenamiento del ACU están relacionadas con su generación, es decir, en un periodo de un mes se generan cantidades diferentes del residuo, este es almacenado por el proveedor de la empresa caso de estudio, hasta completar cierto volumen para que sea rentable, por lo tanto, la empresa que revaloriza y recolecta ACU en volúmenes grandes debe planear los viajes en poco tiempo o nulo, causando conflictos de operación.

El ACU de los diferentes proveedores presenta diferentes características, por tal motivo se realizan pruebas de contenido de humedad, acidez, PH, etc.; estas pruebas las realizan en la recolecta para que cumplan con los acuerdos establecidos de compra – venta, y en los casos donde las características no sean las establecidas se negocia el precio.

Los datos que se muestran en la Tabla 4 y 5; nos indican que existen generadores de ACU que tienen una frecuencia uniforme en un periodo de un mes, sin embargo, no son los únicos generadores puesto que también están los generadores no uniformes los cuales no se tomarán en cuenta por su baja provisión del residuo y su esporádica participación.

La Tabla 4 especifica los diferentes proveedores, la frecuencia mensual con la que realiza el viaje, la carga que realiza para cada proveedor, el tipo de vehículo utilizado en la recolección de ACU, que es el camión con capacidad de carga de 8.5 toneladas, la duración del viaje redondo, el factor de carga y los lugares a donde debe recolectar el ACU.

**Tabla 4 Viajes mensuales de recolección de un solo camión**

PROVEEDOR	FRECUENCIA DEL SERVICIO (MENSUAL)		CARGA POR VIAJE (TON)	TIEMPO DEL VIAJE REDONDO (DÍAS)	MODO DE TRANSPORTE	CAPACIDAD DEL VEHÍCULO (TON)	FACTOR DE CARGA (%)	DESTINO
P1	VIAJE 1	1	4	1	CAMIÓN	8.5	94.12%	EDO. MÉX. NICOLÁS ROMERO
P2			4					EDO. MÉX. ATIZAPÁN
P3	VIAJE 2	1	8.5	2	CAMIÓN	8.5	100.00%	MICHOACÁN ACÁMBARO
P4	VIAJE 3	1	8.5	1	CAMIÓN	8.5	100.00%	HIDALGO
P5	VIAJE 4	1	6	1	CAMIÓN	8.5	70.59%	PUEBLA
P6	VIAJE 5	1	8.5	1	CAMIÓN	8.5	100.00%	PACHUCA
P7	VIAJE 6	1	4	2	CAMIÓN	8.5	94.12%	AGUASCALIENTES
P8			4					AGUASCALIENTES

La Tabla 5 especifica los diferentes proveedores, la frecuencia mensual con la que realiza el viaje, la carga que realiza para cada proveedor, el tipo de vehículo utilizado en la recolección de ACU, que es una pipa con capacidad de carga de 30 toneladas, la duración del viaje redondo, el factor de carga y los lugares a donde debe recolectar el ACU.

**Tabla 5 Viajes mensuales de recolección de una sola pipa**

PROVEEDOR	FRECUENCIA DEL SERVICIO (MENSUAL)		CARGA POR VIAJE (TON)	TIEMPO DEL VIAJE REDONDO (DÍAS)	MODO DE TRANSPORTE	CAPACIDAD DEL VEHÍCULO (TON)	FACTOR DE CARGA (%)	DESTINO
P9	VIAJE 7	2	30	3	PIPA	30	100.00%	MONTERREY
P10	VIAJE 8	3	30	2	PIPA	30	100.00%	AGUASCALIENTES
P11	VIAJE 9	1	30	1	PIPA	30	100.00%	QUERÉTARO
P12	VIAJE 10	2	30	0.5	PIPA	30	100.00%	Z. METROPOLITANA
P13	VIAJE 11	2	30	0.5	PIPA	30	100.00%	Z. METROPOLITANA

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL CASO DE ESTUDIO

Para la caracterización de la CSI para el manejo de ACU se utilizó la propuesta de Reyes A., Medina, E. y Sánchez, B. (2018), la cual es un proceso estructurado de análisis de cadenas de suministro inversas para el manejo de residuos sólidos urbanos (CSI-RSU). Este proceso se divide en dos submétodos diferenciados. Por un lado, un método operativo dirigido a identificar en las CSI necesidades de las operaciones logísticas de transporte y proponer formas para resolverlas. Se lidia con problemas de diseño, corrección o mejora de sistemas. Por otra parte, el segundo método dirigido a evaluar las CSI desde dos perspectivas, intraorganizacional e interorganizacional, elementos de sustentabilidad. Este submétodo implica identificar en las CSI prácticas y operaciones logísticas y evaluarlas con criterios de sustentabilidad, el alcance es evaluar partes o a la cadena en su conjunto.

La caracterización es una etapa que comparten ambos métodos. Consiste en identificar en la CSI, la naturaleza, los procesos, los agentes y los canales. La Tabla 6 muestra las dimensiones y elementos que caracterizan a las CSI.

**Tabla 6. Dimensiones para caracterizar CSI para el manejo de residuos sólidos urbanos.**

<b>Naturaleza</b> Características del residuo Par Origen-destino Alcance Modelo de movimiento	<b>Procesos</b> Generación Adquisición Valorización Reintegración
<b>Agentes</b> Función/actividad Tipo de gestión Requisitos de capital Consumo de mano de obra	<b>Canales</b> Conexión funcional Esquema de operación Longitud

*Fuente: Reyes A., Medina, E., y Sánchez, B. (2018)*

La naturaleza de la CSI se establece a partir de las características del residuo, el par origen-destino, el alcance de la cadena y la forma en que se mueven los materiales. A continuación, se describe su naturaleza:

**Características del ACU.** Es un compuesto orgánico que proviene principalmente de actividades de cocción o preparación de alimentos. Para el caso, los proveedores realizan actividades relacionadas con la industria de las carnes (rastros), comercios de aceites y grasas comestibles.

Respecto a la densidad de valor del aceite usado, esto es, el cociente del valor recuperado del aceite entre su peso o volumen, aproximadamente la densidad de valor es mayor a 7,000 pesos por metro cúbico, considerando que la densidad aproximada del aceite es  $930 \text{ kg/m}^3$  y un precio de 8 pesos por kilogramo. La densidad de valor del aceite usado es mayor a la del papel reciclado, cuyo valor es de aproximadamente 3,300 pesos por metro cúbico.

**Par Origen Destino.** Para transportar el aceite usado, la empresa cuenta con dos tipos de vehículos, pipas con capacidad de carga de 30-33 toneladas y camiones con capacidad de carga de hasta 8.5 toneladas. En las Tablas 4 y 5 se muestran los Pares Orígenes - Destinos que realiza la empresa. Estos proveedores son industriales y establecimientos comerciales.

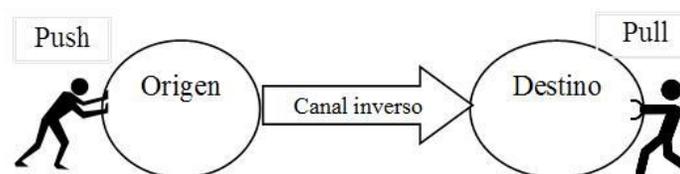
**Alcance de la CSI.** El alcance se refiere al espacio geográfico que abarca la CSI, se considera para ello la localización del mercado y la fuente de generación o adquisición.

Para el caso de estudio, el mercado está concentrado en la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM) mientras que los proveedores y/o fuentes generadoras del aceite usado son de diferentes estados de la República Mexicana, de esta manera se considera que la CSI es regional. Esto es relevante si se considera el potencial en la recolección o adquisición del aceite usado, de la misma manera que el potencial de reparto. Aunque esto implicaría, por un lado, ampliar la inversión en vehículos o, por otro lado, cambiar de modelo de transporte de carga completa (FTL, por sus siglas en inglés) al modelo de transporte de carga consolidada (LTL, por sus siglas en inglés). Solo para el contraste, la CSI de la chatarra se puede definir como global, mucha de la chatarra que se recolecta en la CDMX se lleva a fundidoras en China.

**Modelo de movimiento.** De acuerdo con Chopra y Meindl (2008), el movimiento de la carga entre origen-destino puede darse en dos formas: empujar o jalar (*push* y *pull*), esto es, que el movimiento del flujo, de productos y en este caso de los residuos, es o empujado por los generadores o jalado por los demandantes o clientes. La Ilustración 4 intenta mostrar los movimientos push y pull.

Para el caso de estudio, el movimiento del flujo del aceite usado está basado en la oferta de los proveedores, responde mejor al modelo tipo push. Por ahora, son los proveedores de la empresa quienes mantienen el flujo, para la empresa es relativamente fácil hacerse de más proveedores considerando la necesidad que tienen estos del manejo adecuado del aceite usado.

**Ilustración 4: Movimientos de materiales en CSI.**



*Fuente: Reyes A., Medina, E., y Sánchez, B. (2018).*

A manera de resumen de algunas de las características del caso de estudio se presenta la Tabla 7.

**Tabla 7 Resumen de características del caso del estudio.**

RME	Densidad de Valor	Par Origen-Destino	Alcance	Modelo
Aceite Comestible	7440 m <sup>3</sup>	Comercio- Industria Industria – Industria	Regional	Push

**Los procesos de la CSI** se refieren a la generación, recolección y acopio, valorización y reintegración. Estos procesos se pueden desagregar en tareas que agregan valor al residuo. Las tareas van desde la emisión del residuo hasta su ingreso al mercado. El agente acopiador o recolector del residuo es un actor relevante de las CSI, pueden ser personas, organizaciones y empresas. Para la

caracterización son relevantes: cómo los agentes llevan a cabo las tareas, y las condiciones en que las lleva a cabo. El agente reciclador es otro actor relevante, también pueden ser personas, organizaciones y empresas, y también son relevantes: cómo estos agentes llevan a cabo las tareas, y las condiciones en que las lleva a cabo. Una descripción genérica de los procesos se ofrece a continuación:

*Generación.* Incluye la realización de actividades en las fuentes de generación del residuo, espacios donde el residuo no tiene valor una vez que se ha desechado, se ha reutilizado en diferentes ocasiones o su vida útil ha caducado. La generación está asociada a los patrones de consumo.

Para el caso de estudio, los agentes que generan el aceite usado como RME son restaurantes, pero, sobre todo, comercios dedicados a la venta de grasa, manteca y rastros. El aceite usado es el sobrante de la elaboración de comida o alimentos grasos, productos grasos caducados, entre ellos, mantequillas, mantecas, y sobrantes de grasas de animales. La empresa bajo estudio no genera aceite usado como residuo, lo recibe de los generadores que son sus proveedores.

*Adquisición.* Este proceso implica la colecta de los residuos directamente de las fuentes de generación o de los almacenes de estas fuentes. La colecta depende de la infraestructura y equipamiento dispuesto para tal fin, entre ellos, agentes intramodales e intermodales. La adquisición además incluye la recolección, inspección, selección, almacenamiento y transporte, así como la consolidación.

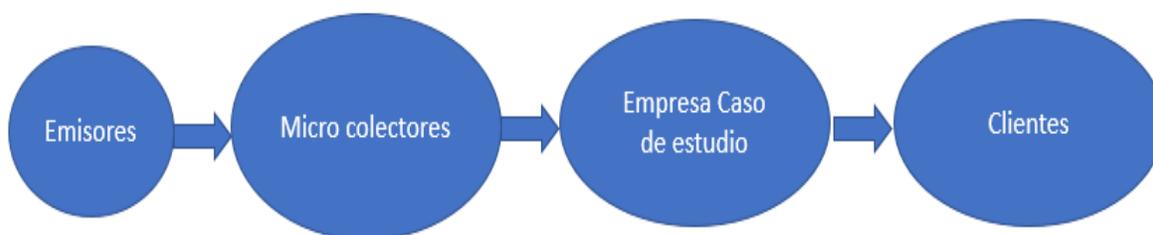
Para el caso de estudio, la adquisición se realiza en diversos estados de la República Mexicana, directamente de los generadores, utilizando vehículos especializados con alto nivel de carga. Una vez que los vehículos se encuentran en los puntos de recolección, se inspecciona el aceite usado evaluando los niveles de acides, humedad y pureza. La evaluación permite verificar estándares de cumplimiento establecidos en los acuerdos de compra-venta o negociar nuevos estándares en caso de no cumplimiento. La inspección y evaluación se realiza en cada punto de recolección. Inspeccionado el aceite usado se transporta a la planta para su valorización.

*Valorización.* Una vez adquiridos los residuos, quedan disponibles para valorizarlos o recuperar su valor económico y/o funcional. En general, se valorizan los residuos usando tecnologías y procesos industriales para reincorporarlos a la cadena de suministros de la cual procedió, o a otras cadenas de suministro donde se ubican agentes intermedios. De acuerdo con Reyes, A., Medina, E., y Sánchez, B. (2018), la valorización incluye algunas de las siguientes actividades: limpieza, inspección, selección, desmontando, reúso, reciclaje, re-manufactura, reparación y restauración. La valorización está asociada a la cantidad del residuo, como lo muestra la densidad de valor; el valor que adquiera el residuo operativamente debe cubrir los diferentes costos de la propia valorización, entre ellos, de transporte, de carga y de entrega.

Para el caso, la valorización del aceite usado se da, primero, a través de la decantación en pailas o tanques. Posteriormente, a través del calentamiento se cambia de sólido a líquido, distribuyendo este líquido a diferentes áreas. En algunos casos, del calentamiento se pasa a la evaporación.

*Reintegración:* Este proceso se da una vez valorizado el residuo. El residuo o sus materiales recuperados se distribuyen volviendo a la misma cadena que lo generó o a otras cadenas productivas. La reintegración implica la venta, el almacenaje y el transporte. La reintegración en las CSI se asemeja a la distribución en las cadenas de suministro directas (CSD). Para el caso, una vez valorizado, el aceite usado se transporta a empresas intermedias que la consideran materia prima. Los productos de esta materia prima son alimentos para animales, artículos de belleza, jabón de uso personal, incluso biodiésel. La Ilustración 5 es una representación de los agentes involucrados en el caso de estudio

*Ilustración 5. Diagrama del flujo de los agentes de la valorización del ACU*



Para el caso de estudio, la Tabla 8 concentra la información relacionada con los procesos y actividades involucrados en la valorización del aceite usado.

**Tabla 8. Procesos y actividades presentes en el caso estudio.**

Procesos y actividades del RME						
	Generación	Adquisición			Valorización	Reintegración
Actividad	No Aplica	Recolección	Transporte	Consolidación	Procesos de separación (Evaporación)	Transporte
Valor	No Aplica	$V_x$	$V_y$	$V_z$	$V_t$	$V_w$

donde:

$V_x$  → Valor del residuo por almacenarlo en grandes cantidades

$V_y$  → Valor del transporte que esta en función de la distancia entre los proveedores a la planta

$V_z$  → Valor de la consolidación del residuo en la planta

$V_t$  → Valor del proceso de valorización del RME

$V_w$  → Valor del transporte que esta en función de la distancia entre la planta a los clientes

Cada proceso y actividad aporta o incrementa valor al residuo haciéndolo atractivo a diversos mercados.

**Los agentes** de las CSI son diversos y pueden agruparse considerando las funciones y/o actividades que realizan. En general, se identifican cuatro agentes: generadores, recolectores-adquisidores, valorizadores y distribuidores. Para cada agente, asociado a los procesos, hay sub-funciones que definen a otros agentes.

*Agente generador.* Es el desencadenante de la CSI. De él depende, prácticamente, el canal que siga el residuo. Los patrones de consumo y el nivel de ingreso determinan la cantidad de residuo generado. Para el caso, los agentes generadores del aceite usado son: restaurantes, industrias de alimentos, comercios y tiendas de productos grasos.

*Agente recolector.* Este recolecta el residuo y realiza su función en los ámbitos público y privado. Es decir, pueden ser instituciones públicas y empresas privadas de recolección. La empresa que constituye el caso de estudio es fundamentalmente recolectora del aceite usado de diferentes fuentes generadoras.

Otros recolectores, pueden ser organizaciones no lucrativas o no gubernamentales (ONG) cuyo interés es el cuidado del medio ambiente dentro de programas sociales o de gobierno. También lo pueden ser empresas privadas o personas dedicadas a la recolección en pequeñas cantidades.

*Agente valorizador.* Este agente realiza actividades que agregan valor o recuperan el valor del residuo, por ejemplo, limpieza, inspección y transporte. El cómo se realiza la valorización y las condiciones en las que lo lleva a cabo, permiten definir a este agente. Para el caso de estudio, se identifican los siguientes agentes: clasificadores, almacenadores, inspectores, transportistas, transformadores y verificadores.

*Agente reintegrador.* Este se encarga de colocar el residuo ya valorizado en el mercado que lo demanda. Se define reintegrador si consideramos que su función es integrar el residuo valorizado a la CSD. La empresa del caso de estudio es un agente reintegrador, las CSD a las que integra el aceite usado valorizado son de alimentos, cosméticos y de energía.

Para dar mayor detalle, la Ilustración 6 explica la CSI para el manejo de aceite usado, donde se observan los diferentes agentes que intervienen en el proceso, desde los generadores del RME hasta los consumidores o clientes finales.

**Ilustración 6. Representación de los agentes de la CSI del ACU**

Generadores del RME-ACU	Recolectores de ACU	Valorización del ACU	Reintegración del ACU	Consumidores
Restaurantes; Rastros; Industria de carne; Establecimientos de venta de mantequilla.	Empresa caso de estudio			Empresas de producción de alimento para animales; Empresas dedicadas a la producción de productos de belleza; Empresas de producción de jabón; Empresas dedicadas a la producción de biodiesel.
	Empresas de transporte; Pequeñas empresas dedicadas al negocio de recolección de ACU (micro colectores).	Empresas con equipo para calentar y fundir el ACU, con el propósito de quitar basura, tierra, agua, etc.	Empresas de transporte	

La empresa caso de estudio representa a tres agentes en la CSI, debido a que ejecuta sus actividades. La principal actividad es la valorización del ACU, sin

embargo, para obtener mayores utilidades realiza la recolección del residuo y la reintegración del nuevo producto.

Hay diferentes empresas que compran ACU valorizado. La empresa del caso de estudio lleva a cabo diferentes procesos que generan diferentes características de ACU valorizado, los cuales ayudan a que se produzca diferentes productos que sirven como materia prima para la elaboración de las siguientes líneas de productos:

- Biodiesel;
- Alimento para animales (harinas);
- Jabón;
- Cosméticos.

Los clientes son:

- Consumidores de Biodiesel en sustitución del Diésel;
- Empresas dedicadas a la crianza de animales;
- Empresas dedicadas a la producción de cosméticos;
- Empresas dedicadas a la producción de jabón.

**Consumo de mano de obra.** Este elemento para la caracterización de la CSI se refiere a las necesidades o requerimientos de la mano de obra en el eslabón o en la CSI completa, por ejemplo, la escolaridad de acuerdo con el tipo de residuo. Para el caso de los RME, no se define por alguna norma, ni por algún requisito en particular o específico. Para el caso de estudio, las actividades no son demandantes de recursos humanos, o sea son pocos los trabajadores involucrados. En cuanto al nivel de escolaridad, el personal que participa directamente en la recolección, almacenamiento, transformación y operación de vehículos, cuenta con un nivel básico de estudios, sin embargo, los operadores de los vehículos cuentan con un permiso especial de conducción de vehículos de carga, cumpliendo con la normatividad de tránsito y reduciendo el factor de riesgo que conlleva realizar esta actividad.

Debe notarse que la empresa que constituye el caso de estudio es un eslabón de la CSI, un eslabón que recolecta de un conjunto reducido de proveedores que

acumulan aceite comestible usado, ya sea a partir de producción propia o de la recolección desde otros agentes, esta recolecta se realiza cuando se acumula una carga completa del vehículo, y se solicitan el servicio de la empresa.

Es de esperarse que el primer eslabón de la cadena de estudio, es decir los generadores de ACU, requieren mayor demanda de mano de obra y las aptitudes escolares sean menores. Considerando que la transformación que realiza la empresa genera productos intermedios, se esperaría que este eslabón de la cadena la demanda de mano de obra sea menor y que las aptitudes escolares sean mayores, por la complejidad de los procesos de valorización.

**Canales de las CSI.** Esta dimensión está relacionada a la relación lógica entre procesos y/o actividades, además, del esquema formal o informal en que opera. Para el caso de estudio, la Tabla 8 muestra los canales definidos por las interacciones entre procesos y el esquema de operación con que funcionan.

Esquema Formal: Son las actividades económicas registradas o inscritas de acuerdo con los lineamientos legales.

Esquema Informal: Son las actividades económicas que no cumplen con los lineamientos legales.

*Tabla 9. Canales de distribución*

<b>Conexión entre actividad o proceso</b>	<b>Esquema de Operación</b>
<b>Generación – Adquisición</b>	<b>Formal</b>
<b>Adquisición – Valorización</b>	<b>Formal</b>
<b>Valorización – Reintegración</b>	<b>Formal</b>

En la Tabla 9 se muestran las conexiones entre las actividades de los tres canales principales y que el esquema de operación de estos es formal.

Generación-Adquisición: en esta conexión la empresa del caso de estudio participa en la adquisición del RME, sin embargo, no participa en el proceso de generación.

Adquisición –Valorización: esta conexión es realizada por la empresa en estudio, el proceso de adquisición es coleccionar los RME de sus diferentes proveedores, ya que se tienen almacenados en los depósitos, se valorizan mediante tecnología y procesos químicos.

Valorización –reintegración: los RME son valorizados y posteriormente el residuo recuperado es transportado a los clientes para su reintegración a una cadena de suministro directa (CSD).

## **2.3 PROBLEMÁTICA DEL MANEJO DE LOS RSU**

A partir de lo presentado en la descripción de la CSI del caso, la problemática asociada al manejo de RSU se plantea en tres secciones las cuales son:

### **1. La problemática de los RSU.**

Se debe a la gran cantidad que se genera diariamente debido al desarrollo industrial y crecimiento de la población, la generación per cápita y sus patrones de consumo.

Un papel central en la generación de RSU lo tiene el patrón dominante de producir, consumir y desechar, conocido como economía lineal. La causa central de la generación de RSU es la forma en que los bienes son producidos a partir de materias primas vírgenes, vendidos, utilizados y finalmente desechados como residuos (Ellen Macarthur Foundation, 2016). Aunado a la generación de RSU, está la gestión de estos ya que no se valorizan en su totalidad los residuos con potencial de reciclaje, solo se valoriza el 38% de los RSU (SEDEMA, 2017), todo esto trae como consecuencia costos elevados en las actividades de la gestión de RSU, problemas para encontrar lugares con capacidad para la disposición final, el daño ambiental que conlleva verter los RSU a estos lugares afecta el suelo, la flora, la fauna y atrae plagas, animales nocivos para la salud, etc.

### **2. La problemática de los RME.**

Existe la problemática en los RME debido a la gran cantidad que se genera en las industrias, comercio y hogares, así como, la falta de gestión para los diferentes RME pues varios de estos residuos son muy contaminantes, otros son

voluminosos, de difícil eliminación, también hay una problemática al no valorizar los diferentes RME que se generan. Estos problemas contribuyen a la contaminación del medio ambiente, a la flora y fauna, al suelo, al agua, etc.

### 3. La problemática del RME-ACU.

Este residuo es altamente contaminante principalmente para el agua y el ecosistema que en este habita, además los costos son elevados para el tratamiento de aguas cuando existe ACU. La falta de normativa en planes de gestión para el ACU en México también es un problema, puesto que no se ha implementado alguna norma regulatoria que gestione, recolecte, transporte y tenga una disposición final del ACU, es decir, hace falta la creación de infraestructura que desarrolle una CSI y mejore las OLT para valorizar la mayor cantidad de ACU que se genera en la CDMX.

## **2.4 PROBLEMÁTICA DE LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO**

La problemática del manejo del ACU de la empresa caso de estudio se determinó mediante la investigación de campo realizada en un periodo de seis meses durante los cuales se observaron las actividades operativas y la recolección de datos. A continuación, se enlistan los problemas que se detectaron en la empresa caso de estudio:

- a) Retrasos en la recolección de ACU, debido a que no había disponibilidad de los vehículos cuando proveedores solicitaban realizar la recolección del ACU en fechas cercanas;
- b) Existen tiempos muertos operativos que se presentan cuando los proveedores no han generado el ACU suficiente para realizar un viaje con carga completa;
- c) Costos elevados en la recolección del ACU provocados por una planeación inadecuada ya sea que el vehículo realice una recolección de ACU con carga parcialmente llena o alguna elección de ruta inadecuada;
- d) Gastos inesperados por alguna intersección de trabajo de recolección provocando que se deba alquilar un vehículo de transporte o contratar un servicio de recolección externo a la empresa;

- e) Demoras en el embalaje del ACU, esto se debe a falta de documentos que indiquen los procedimientos operativos, es decir cómo realizar la recolección de acuerdo con el estado físico y la cantidad del ACU, así como, utilizar adecuadamente el equipo de seguridad para las actividades de riesgo;
- f) Riesgo potencial en las actividades operativas de transporte y valorización del ACU, estos riesgos pueden perjudicar a la empresa caso de estudio en diferentes ámbitos: económicos, sociales, relaciones de trabajo, legales, etc.;
- g) Mejorar las utilidades de la empresa sin perjudicar alguna actividad o elemento, es decir mantener un balance de costos equilibrado, por ejemplo:
  1. Realizar una modificación en la elección del modo de transporte, es decir, adquirir vehículos con capacidad de carga diferente a la existente para obtener una gestión satisfactoria en la recolección de ACU de ciertos proveedores, con el fin de disminuir el costo de recolección del ACU, sin embargo, aumenta los gastos de la empresa puesto que se considera la adquisición de vehículos y se afectaría el balance de costos;
  2. Realizar rutas alternas para mejorar o satisfacer el servicio al cliente sin afectar considerablemente los costos de combustible o casetas;
  3. Adquirir o desarrollar infraestructura como almacenes con su debida configuración de rutas para estas;
  4. Realizar diferentes embalajes para el manejo del ACU.

Considerando los párrafos anteriores, en esta tesis se aborda como problema de investigación, por un lado, el riesgo asociado a la actividad de transporte ya que es muy frecuente y no se conoce el impacto que este puede afectar a la empresa, de esta manera se pretende apoyar en la toma de decisiones en los niveles de planeación del transporte de carga y las actividades de transporte. El balance de costos es otra problemática que esta tesis analiza debido a los efectos que pueden

conllevar las modificaciones en la actividad de transporte en el balance de costos de la empresa caso de estudio, de manera que se tomen decisiones en los niveles de planeación operativo, táctico o quizá estratégico, es decir, una vez hechos los análisis se pueden prescribir acciones de mejora en las actividades de relacionadas al transporte. Los problemas de la empresa caso de estudio están relacionados con lo que en la literatura especializada se llaman operaciones logísticas de transporte.

## **2.5 OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS**

Esta tesis tiene como objetivo general llevar a cabo dos análisis de dos operaciones logísticas de transporte asociadas a la empresa caso de estudio, por un lado, un análisis de riesgos bajo las condiciones actuales de funcionamiento y, por otro lado, un balance de costos de los costos logísticos.

Ambos análisis se alimentan de datos proporcionados y obtenidos de la empresa caso de estudio y de datos y estimaciones de otras fuentes. Posterior a los análisis se hacen propuestas que podrían satisfacer las necesidades operativas de la empresa y las OLT.

El análisis de riesgos sólo considera las operaciones de transporte, esto es, aquellos riesgos que se dan en el traslado desde el proveedor de ACU hasta la empresa. Se dejan de lado los riesgos asociados a operaciones como almacenamiento, procesos de valorización como la separación de ACU de otros materiales externos (polvo, basura, partículas de alimentos quemados, etc.) y la distribución del ACU valorizado. Mediante datos estadísticos de INEGI, CENAPRED se describen los riesgos a los que está expuesto el transporte de carga, tomando en cuenta las causas que lo provocan.

El análisis de balance de costos considera las operaciones de transporte, esto es, aquellos elementos como son: el vehículo, el conductor, la vía terrestre, la carga, los cuales participan en el traslado desde el proveedor de ACU hasta la empresa caso de estudio. En este análisis se proponen escenarios que minimizan tiempos

de recolección creando almacenes para consolidar el ACU y aumentando el costo de almacenamiento.

Este objetivo se apoya de la caracterización de la CSI del ACU que se describió en la sección: descripción del caso de estudio de este capítulo, en el cual se especifica que la empresa realiza actividades para la valorización del ACU en la CDMX.

## **2.6 JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE DE LA TESIS**

La problemática del RSU, RME y ACU deben ser atendidos de manera que disminuyan los daños ambientales y de salud que generan estos actualmente.

Esta tesis se enfoca en la problemática del ACU de la empresa caso de estudio con la justificación de integrar la información proporcionada por la misma empresa y otras fuentes para analizar algunas Operaciones Logísticas de Transporte (OLT) que se identificaron algunas posibles mejoras o rendimientos, reducción de costos y riesgos. Esto implica que la empresa caso de estudio pueda poner en práctica los análisis realizados en esta tesis para favorecer las OLT que se desarrollaron. También mediante estos análisis otras empresas dedicadas al mismo rubro o similar utilicen esta metodología para posibles mejoras o reducción de costos y riesgos.

El alcance de la tesis es que la empresa caso de estudio tome en consideración los análisis realizados para la recolecta de ACU, considerar la opción de invertir en infraestructura, o considerar las amenazas frecuentes a las que se expone la empresa caso de estudio, para disminuir el riesgo en el transporte. Con el fin de obtener beneficios, que crezca como empresa y sea paradigma de otras del mismo entorno.

## CAPÍTULO 3. MARCO CONCEPTUAL PARA EL ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES LOGÍSTICAS DE TRANSPORTE EN EL MANEJO DEL ACU

El capítulo tres este compuesto por dos temas:

- El primer tema son los niveles de planeación, estos son la planeación estratégica, táctica y operativa;
- El segundo tema son las operaciones logísticas de transporte. Estas se componen de ocho diferentes OLT y se describe cómo funcionan.

### **3.1 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA, TÁCTICA Y OPERATIVA**

Cuando se pretende modificar el esquema de alguna OLT para mejorar el rendimiento, o lograr mayor beneficio, se deben tomar decisiones que modifiquen el esquema actual, realizar una planeación, desarrollar modelos y métodos de investigación apropiados, así como herramientas de planeación. De acuerdo con Crainic, y Laporte, (1997), la planeación se puede considerar en tres niveles clásicos de toma de decisiones: estratégico, táctico y operativo.

La planeación estratégica (a largo plazo) a nivel de la empresa, generalmente involucra el más alto nivel de gestión y requiere grandes inversiones de capital a largo plazo. Las decisiones estratégicas determinan las políticas generales de desarrollo y, en general, dan forma a las estrategias operativas del sistema. Los principales ejemplos de decisiones en este nivel de planificación son el diseño de la red física y su evolución (actualización o cambio de tamaño), la ubicación de las instalaciones principales (centros de distribución, plataformas multimodales, etc.), la adquisición de recursos (unidades de transporte, el material móvil ferroviario, etc.), la definición de políticas amplias de servicios y tarifas, etc. La planificación estratégica también se lleva a cabo a nivel internacional, nacional y regional, donde las redes o servicios de transporte de varios operadores se consideran simultáneamente.

La planeación táctica (a medio plazo) tiene como objetivo garantizar, en un horizonte de mediano plazo, una asignación eficiente y racional de los recursos existentes

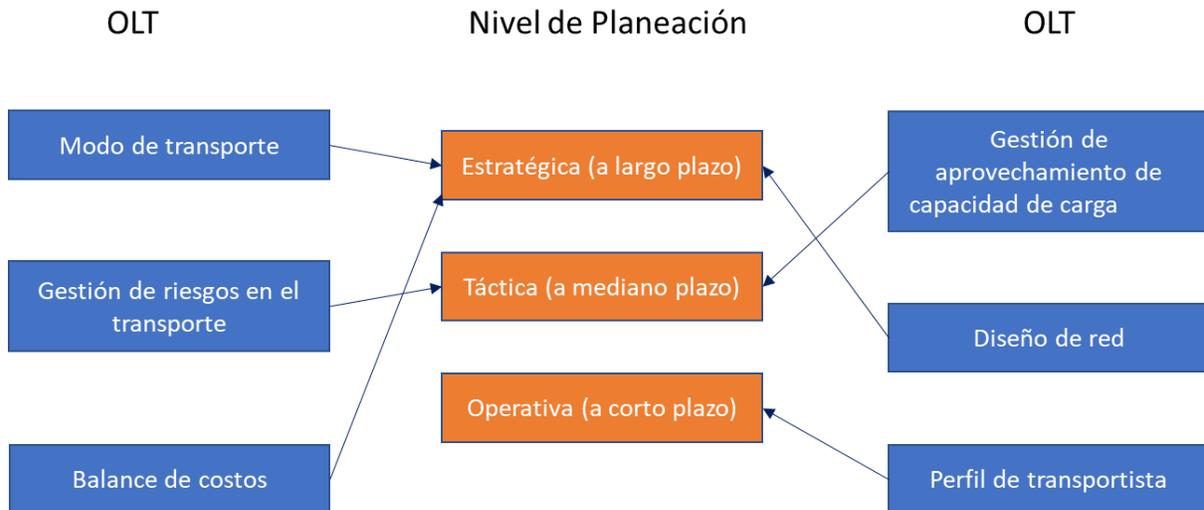
para mejorar el rendimiento de todo el sistema. En este nivel, los datos se agregan, las políticas se abstraen un tanto y las decisiones solo son sensibles a las amplias variaciones en los datos y los parámetros del sistema (como los cambios estacionales en la demanda de tráfico), sin incorporar la información cotidiana. Deben tomarse decisiones tácticas principalmente sobre el diseño de la red de servicio, es decir, elección de ruta y tipo de servicio a operar, reglas generales de operación para cada terminal y asignación de trabajo entre terminales, enrutamiento de tráfico utilizando los servicios y terminales disponibles, reposicionamiento de recursos (por ejemplo, vehículos vacíos), para usar en el próximo período de planificación.

La planeación operativa (a corto plazo) la lleva a cabo la administración local en un entorno altamente dinámico donde el factor tiempo juega un papel importante y representaciones detalladas de vehículos, instalaciones y actividades. La programación de servicios, las actividades de mantenimiento, las cuadrillas, etc., el enrutamiento y despacho de vehículos y tripulaciones, la asignación de recursos son decisiones operativas importantes.

Esta clasificación destaca cómo fluye la información entre los niveles de toma de decisiones y cómo se establecen las pautas de política. El nivel estratégico establece las políticas y directrices generales para las decisiones tomadas a nivel táctico, que determina los objetivos, las reglas y los límites para el nivel de decisión operacional que regula el sistema de transporte. El flujo de datos sigue la ruta inversa, cada nivel de planificación proporciona información esencial para el proceso de toma de decisiones en un nivel superior. Esta relación jerárquica impide la formulación de un modelo único para la planificación de sistemas de transporte lo cual exige diferentes formulaciones de modelos que abordan problemas específicos en niveles específicos de toma de decisiones.

Considerando lo anterior, se anexa la Ilustración 7, donde se ubican las OLT en los niveles de planeación para la empresa del caso de estudio.

### Ilustración 7. Representación de los niveles de Planeación de las OLT



### 3.2 OPERACIONES LOGÍSTICAS DE TRANSPORTE.

Antes de describir las OLT definimos logística, que de acuerdo con Robusté F. (2005), es la ciencia que estudia cómo las mercancías, las personas o la información superan el tiempo y la distancia en forma eficiente, así la logística se contempla como envolvente natural del transporte. La logística incluye todas las operaciones necesarias para mantener una actividad productiva. Entre las operaciones se encuentran las OLT, que se pueden clasificar en las siguientes:

- Modos de transporte;
- Gestión para el aprovechamiento de la capacidad del transporte;
- Diseño de la red de transporte;
- Definición del perfil del transportista;
- Actuación de agentes logísticos;
- Gestión del riesgo en el transporte;
- Gestión de la fricción logística.
- Balance de costos de transporte.

### 3.2.1 DEFINICIÓN Y OPERACIÓN DE LOS MODOS DE TRANSPORTE

Se puede seleccionar entre dos alternativas: transporte multimodal e intermodal. La operación de los modos de transporte depende de aspectos como:

- Aprovechamiento de la capacidad del transporte;
- Relación precio – volumen;
- Tamaño del envío;
- Perfil del transportista;
- Relación entre el modo de transporte valor de lo que se transporta, por ejemplo, productos de alto valor requiere de transporte más rápido; productos de bajo valor recurren al transporte multimodal (Reyes A., Medina, E., y Sánchez, B. 2018).

La OLT asociada a la selección del modo de transporte, está incluida o corresponde al nivel de planeación estratégico puesto que los temas considerados en este nivel por lo general conciernen a todo el sistema de transporte, o una parte significativa de él, a los productos que lo utilizan, así como a la interacción entre los viajes de los pasajeros o los flujos de mercancías.

Las modificaciones del modo de transporte del entorno implicarían problemas como: el impacto en el rendimiento del sistema de las modificaciones de infraestructura, la evolución de la demanda en la utilización del sistema, el impacto de las políticas gubernamentales o industriales, etc.

De acuerdo con Crainic, T.G. y Laporte, G. (1997), en el contexto de la planificación estratégica de los flujos de mercancías a escala nacional o regional, el uso más eficiente de la infraestructura de transporte es transportar el flete al menor costo total. La noción de costo es central para el modelo y se interpreta de la manera más general, en el sentido de que puede tener diferentes componentes, como el costo monetario, el retraso (en terminales y en las líneas de la red), el consumo de energía, el ruido y nivel de contaminación, riesgo (en caso de incidentes y accidentes que involucren productos peligrosos), etc.

### **3.2.2 GESTIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE.**

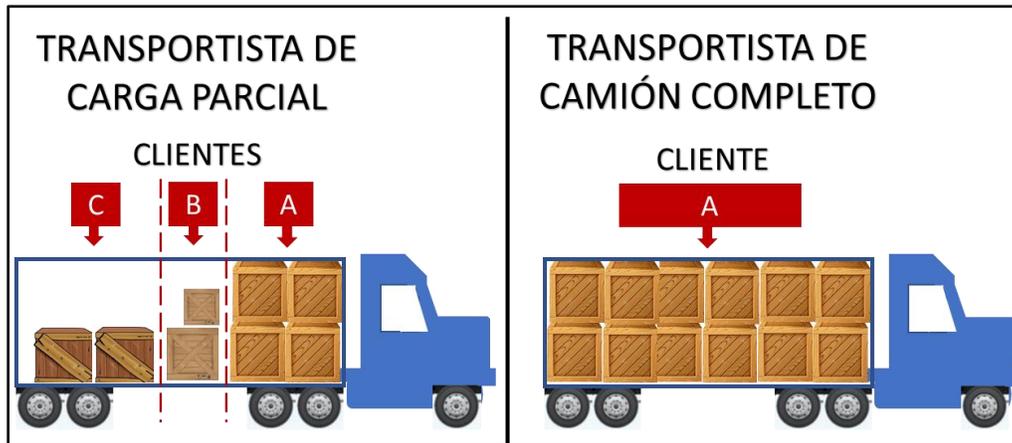
Se presentan dos alternativas para esta categoría, dos esquemas:

El modelo de LTL (*Less Than Truckload*) o transporte de carga consolidada, ocurre cuando cargas de diferentes clientes y con diferentes volúmenes se combinan en un mismo camión que va al mismo destino. Este modelo es pensado para aquellos embarques que no ocupan un camión de carga en su totalidad. Los transportistas de carga parcial operan compartiendo la capacidad del remolque entre varios clientes. Un transportista típico de carga parcial recolecta envíos de diversos clientes y los lleva a una terminal central. La carga es segregada basada en destinos geográficos y luego son cargados a camiones por segunda vez. El contenido del vehículo puede ser cargado y descargado muchas veces antes de su entrega final de acuerdo con la región geográfica que se está atendiendo. Las cargas consolidadas son también llamadas sobredimensionadas.

El modelo TL o también llamado FTL (*Full Truck Load*), camión de carga completa o carga de contenedor completo, se entiende como aquel transporte que requiere de una sola carga de camión debido al volumen, peso, especificaciones de sus productos o tiempos de entrega convenidos con sus clientes. Algunas de las ventajas que esta configuración aporta son:

- El uso exclusivo de la unidad;
- Gran capacidad de carga en la caja, tanto en tonelaje como volumen;
- Tiempos de tránsito correctos.

*Ilustración 8. Esquema de operación TL o FTL y LTL*



La Ilustración 8 muestra los dos esquemas de operación en el transporte de carga, del lado izquierdo se presenta el esquema LTL en la que se consolida carga de diferentes clientes, mientras que del lado derecho se muestra el esquema FTL ya que se realiza la carga de un solo cliente y también ocupa todo el camión.

### **3.2.3 DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE**

La forma de la red puede determinarse con relación al producto, al mercado, al tipo de transporte, a la ruta por sí misma, a las cantidades transportadas, a la tecnología usada, a las características y ubicación de los almacenes, incluso a alguna estrategia organizacional que se siga.

Por ejemplo, cuando se pondera el envío la red puede adoptar diferentes formas tales como:

- Envíos directos desde el almacén al fabricante (*Drop shipping*);
- Con almacenamiento y ensamble en tránsito (*In Transit Merge*);
- Con almacén intermedio del distribuidor;
- Con almacén intermedio, con entregas de última milla;
- Con almacén intermedio con entregas “ocurre”;
- *Cross Dock* o Cruce de Andén, donde los productos siempre se encuentran en movimiento sin incurrir en almacenamiento.

El diseño de una red tiene la finalidad de encontrar los flujos y elementos de la red, en número y ubicación, que conduzcan a costos globales mínimos, teniendo en

cuenta las restricciones de operación existentes y respetando los compromisos de servicio con el mercado.

La OLT denominada diseño de una red de transporte corresponde al nivel de planeación estratégico puesto que afecta el desempeño de la cadena de suministro porque establece la infraestructura dentro de la cual se toman las decisiones operacionales de transporte respecto al horario y las rutas. Una red bien diseñada permite a la cadena alcanzar el grado deseado de capacidad de respuesta a bajo costo. Se analizan diversas opciones de diseño de las redes de transporte y las fortalezas y debilidades de cada opción en el contexto de un comprador con múltiples ubicaciones que se abastecen de varios proveedores. Estas opciones pueden implementarse entre dos etapas cualesquiera de la cadena.

Los problemas de diseño de red son una generalización de las formulaciones de ubicación. Se definen en gráficos que contienen nodos o vértices, conectados por enlaces. Normalmente, los enlaces se dirigen y están representados por arcos en una red. Cuando no es necesario especificar una dirección, se representan por aristas. Algunos de los vértices representan los orígenes de alguna demanda de transporte de uno o varios productos, mientras que otros (posiblemente los mismos) representan los destinos de este tráfico. Los enlaces pueden tener varias características, como longitud, capacidad y costo. En particular, los costos fijos pueden estar asociados a algunos o todos los enlaces, lo que indica que tan pronto como uno elige usar ese arco en particular, uno tiene que incurrir en el costo fijo, que excede el costo de utilización, que en la mayoría de los casos está relacionado con el volumen de tráfico en el enlace. Se debe tener en cuenta que cuando los costos fijos están asociados a los nodos, uno obtiene las formulaciones de un problema de ubicación. Tales representaciones se usan generalmente para modelar el costo de construir nuevas instalaciones, o de ofrecer nuevos servicios de transporte, o de agregar capacidad a las instalaciones existentes. En los problemas de diseño de red, el objetivo es elegir enlaces en una red, junto con capacidades, para permitir que los productos fluyan entre su origen y destino al menor costo posible del sistema, es decir, el costo fijo total de seleccionar los enlaces, más el costo total de las variables de usar la red.

## **Modelo problema de ruteo de vehículos (VRP)**

El diseño de Red concerniente a la recolección entre plantas de revalorización y generador de RME-ACU se pueden resolver por el método de ruteo de vehículos (VRP). Sus aplicaciones se encuentran en la colecta de residuos sólidos, limpieza de calles, ruteo de camiones escolares, transporte de minusválidos, ruteo de compradores, mantenimiento de unidades, entre muchas otras.

En particular, la solución de un VRP designa la determinación de un conjunto de rutas, cada una realizada por un único vehículo que comienza y termina en su propio almacén, tal que todos los requerimientos de los clientes son abastecidos, las restricciones operacionales son satisfechas, y el costo global de transporte minimizado.

Las variaciones de este problema están consideradas al tener diferentes restricciones operacionales que pueden imponerse en la construcción de rutas y de los posibles objetivos alcanzados en la optimización de los procesos, como es el caso de la capacidad y el número de los vehículos, las ventanas de tiempo de los clientes, restricciones en la red de caminos, tiempos de recorrido, etc.

La transportación de bienes se realiza usando una flota de vehículos cuya composición y tamaño puede ser fijo definido de acuerdo con los requerimientos de los clientes. Las características típicas de los vehículos son:

- Almacén base del vehículo, y la posibilidad de finalizar el servicio en un almacén distinto.
- Capacidad del vehículo, expresada como el peso máximo, o volumen, o número de pallets (plataformas de carga), que el vehículo puede cargar;
- Posible subdivisión de vehículo en compartimientos, cada uno caracterizado por capacidad y por el tipo de bienes que puede llevar;
- Dispositivos disponibles para las operaciones de carga y descarga;
- Subconjunto de arcos del grafo de caminos que puede ser atravesado por el vehículo; y

- Costos asociados con la utilización del vehículo (por unidad de distancia, por unidad de tiempo, por ruta, etc.).

Varios y frecuentemente contrastantes objetivos se pueden considerar en los VRP.

Los objetivos típicos son:

- Minimización de los costos globales de transporte, dependen de la distancia global recorrida (o del tiempo de viaje global) y de los costos fijos asociados con el uso de vehículos (y sus conductores);
- Minimización de número de vehículos (o choferes) requeridos;
- Balanceo de rutas, para tiempo de viaje y vehículo cargado;
- Minimización de penalizaciones asociadas con servicio parcial a los clientes o una combinación ponderada de esos objetivos.

**Las principales variantes de VRP son los siguientes:**

1. VRP Capacitado (CVRP);
2. VRP con Distancia Restringida (DCVRP);
3. VRP con ventanas de tiempo (VRPTW);
4. VRP con *Backhaul* (VRPB);
5. VRP con estrategias y colectas (*Pick-up and Delivering*) (VRPPD).

### **3.2.4 DEFINICIÓN DEL PERFIL DEL TRANSPORTISTA**

Para definir el perfil del transportista, se debe definir el material que se transporta, ya que existen diversos materiales, algunos son frágiles, muy densos, líquidos, peligrosos, etc.; por lo tanto, cada tipo de material debe llevar su adecuado transporte. De igual manera se debe buscar transportistas que den resultados satisfactorios de manejo del vehículo, ya que las prácticas y costumbres de conducción de los operadores afecta directamente los costos de combustible, y por ello el transportista también debe estar capacitado para manejar el tipo de vehículo que conducirá, así como del pleno conocimiento de este y de los accesorios que utiliza para su buen funcionamiento. Además de la capacitación, deben estar comprometidos y satisfechos con las actividades que realizarán y con el ambiente laboral donde se desenvuelven. El nivel de satisfacción personal del operador del

autotransporte y su potencial accidentabilidad (o riesgo) tienen una relación inversa y no necesariamente interdependiente, debido a que esta relación se ve alterada por los diferentes factores interpersonales del operador que mantienen una relación compleja, la cual, a su vez, se ve influida por las condiciones laborales y el entorno.

El papel que juega el operador del vehículo en los siniestros adquiere otra dimensión, ya que el nivel o potencial de accidentabilidad se estima que se deriva del grado de relación que tengan los rasgos de su personalidad y su nivel de satisfacción laboral. De manera específica, prever que el nivel de satisfacción personal del operador del autotransporte y su accidentabilidad potencial tienen una relación inversa, implica que, por un lado, el nivel de riesgo se pretende reducir al mínimo, pero por el otro, los operadores tratan de lograr el máximo beneficio personal y para ello ponen en juego todas sus habilidades, capacidades, tiempo, trabajo, etcétera; con el objetivo de lograr beneficios directos a corto plazo, a veces en detrimento de la seguridad. Por ejemplo, el tiempo excesivo de conducción se convierte en el caso más concreto por el cual un operador aumenta el riesgo de accidentabilidad en busca de alcanzar su satisfacción personal. En este caso, el operador podrá realizar más viajes que se traducirán en dinero para cubrir ciertos satisfactores, sin embargo, tendrá que dedicar más horas al trabajo y menos a descansar, aumentando automáticamente el riesgo de accidentabilidad.

Existen cursos de Conducción técnica económica, proporcionados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), el cual tiene el propósito de capacitar a los operadores para que estos logren ahorros de gasto de combustible durante el manejo de los vehículos. Este curso utiliza una técnica que se basa en el conocimiento sincronizado del proceso de aceleración-cambio de velocidades. En otros casos, se usan llantas especiales para lograr dicho ahorro.

De acuerdo con Jiménez y Jiménez (2016), la diferencia de consumo de combustible, de llantas o de refacciones entre dos operadores de vehículos de transporte, por el mismo recorrido, puede llegar a ser de hasta 40%, lo que significa que existen diversos tipos de manejo y que algunos son más económicos que otros. Por este motivo, es posible alcanzar este porcentaje de ahorro de combustible,

siempre y cuando el operador de camiones de carga tenga la oportunidad de lograr un estilo de conducción y una mentalidad que le permita la búsqueda sistemática de una conducción eficiente, sobre todo de los vehículos pesados.

Cuando un operador muestra una conducción agresiva, regularmente se caracteriza por exceder los límites de velocidad a partir de un indiscriminado número de aceleraciones y una gran cantidad de cambios de velocidad, provocando un aumento en el consumo de combustible, e incrementando significativamente los costos de operación vehicular. En lo que respecta a un manejo normal del vehículo dentro de los límites de velocidad establecidos por la normatividad, se lleva a cabo un número moderado de cambios de velocidad, que aun así presenta un consumo alto de combustible. Así, la conducción técnica es la mejor práctica de manejo y comportamiento que un operador desarrolla en relación a un vehículo automotor para lograr el consumo mínimo de combustible, llantas y refacciones, independientemente de las características del camino o las condiciones del tránsito reduciendo las emisiones contaminantes, mediante el menor número de cambios de velocidad para alcanzar la velocidad de cruce y utilizando baja aceleración del motor. Para capitalizar estas ventajas, es de vital importancia que el operador, además de conocer una serie de términos técnicos sobre el motor y el comportamiento del vehículo, también conozca cómo se relacionan estos componentes durante el proceso de conducción. Mientras mayor dominio se tenga de los factores de la conducción técnica, se logrará un mejor uso de los vehículos.

### **3.2.5 ACTUACIÓN DE AGENTES LOGÍSTICOS**

Los agentes logísticos involucrados en una cadena de suministros son diferentes. Todos ellos son relevantes en relación con las actividades de transporte que realizan y cómo estas actividades definen la naturaleza del transporte. A continuación, se describen algunos agentes logísticos involucrados en diferentes medios de transporte de la cadena de suministros:

- Agente de carga, transitorio o *freight forwarder*, que actúa como un tercero que apoya a cliente y al transportista. Consigue carga para el transportista,

ofrece soluciones a los clientes, coordina el transporte de carga y firma contratos en su nombre y representación;

- Consolidador, que recoge y consolida la carga de diferentes clientes y que se destina a uno o más consignatarios de acuerdo con las instrucciones de cada cliente;
- Operador logístico integrador, que presta servicios logísticos de transporte, entre ellos, gestión de inventarios, almacenamiento, etc., de manera integral y que se adaptan a las necesidades de cada cliente;
- Estibador, que realiza la carga y descarga (estiba y desestiba) de la carga;
- Armador, este es el propietario del barco o buque, regularmente es una compañía financiera que compra el barco y los renta a las navieras;
- Naviera, es una compañía de transporte marítimo que se encarga de explotar los barcos que renta y proporcionar el servicio.

Además de los anteriores hay otros agentes como: consignatario, broker marítimo, agente IATA, agente aduanal, la aduana. Por supuesto, está considerado el transportista, ya descrito, que se encarga de trasladar la carga, permite la conexión entre centros de producción y puertos, aeropuertos o terminales interiores de carga, plataformas logísticas, etc.

### **3.2.6 GESTIÓN DEL RIESGO EN EL TRASPORTE**

Dentro del contexto del transporte de materiales, el riesgo existe en la probabilidad de ocurrencia de consecuencias indeseables dentro del proceso del transporte de mercancías en el cual pueden presentarse diversos riesgos en las diferentes etapas, ya sea desde la carga, durante la movilización o en la descarga de su destino final.

Los posibles daños pueden ser directos o indirectos.

- Daños directos son: daño parcial o total de la mercancía, tiempos largos de entrega, pérdida total de la carga.
- Daños indirectos, consecuencia de los anteriores, como pérdida de la imagen de la empresa en el sector o pérdida de trabajo es decir pérdida de clientes, una liberación del material puede conducir a una variedad de resultados,

provocando incidentes como la muerte, lesiones, daños a la propiedad, pérdida del valor de las propiedades, daños al ambiente, etcétera.

### **Administración de Riesgos**

Por las razones mencionadas, en los párrafos anteriores es que se vuelve necesario que se busque utilizar la Administración de Riesgos como una herramienta para minimizar el impacto de estos sobre el sistema y mejorar su posición competitiva en el sector.

El proceso del análisis de riesgo puede dividirse en una serie de componentes, la aplicación de estos componentes permite el establecer una revisión cualitativa y cuantitativa de los riesgos que puede abarcar desde eventos frecuentes a eventos raros, y de baja consecuencia a eventos mayores. Los componentes o técnicas del proceso de análisis de riesgos ayudan a identificar los mayores contribuyentes al riesgo y por lo tanto se pueden hacer recomendaciones y ayudar en la toma de decisiones en la aplicación de medidas para su disminución. El análisis de riesgos puede variar en profundidad desde un estudio elemental hasta uno de mayor detalle, de acuerdo con el número de incidentes considerados, el grado de sofisticación de las frecuencias y probabilidades, así como de los modelos empleados para la determinación de consecuencias.

La metodología más comúnmente utilizada involucra la Identificación, análisis y evaluación de los riesgos a los que normalmente se enfrentan las empresas dedicadas al transporte en las diferentes etapas del proceso, con el fin de obtener una visión más global y conocimiento general para hacer un cambio en la forma en que se tratan estos problemas. La administración de riesgos es un proceso que incluye a la identificación y análisis de estos; la identificación, análisis y selección de medidas alternativas de control de riesgo, y la subsecuente evaluación del desempeño, también incluye la recolección de datos, análisis y comunicación de información para su uso en la formulación de políticas, toma de decisiones y sobre el manejo de los riesgos. Este proceso es una herramienta útil para mejorar la seguridad y la aplicación efectiva de recursos.

## **Método de Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad (AR&V)**

El primer paso para el diseño, estructuración y puesta en funcionamiento de un Programa de “Gestión de Riesgos”, es conocer y valorar las posibles situaciones de siniestro que puedan presentarse en el sistema y el impacto que puedan tener sobre la estabilidad del mismo. Para ello, se cuenta con diferentes técnicas, una de estas es el Análisis de Riesgos y Vulnerabilidad, que es un método lo suficientemente flexible para adaptar su aplicación a necesidades y circunstancias particulares. Para realizar un AR&V, debe desarrollarse el siguiente procedimiento:

- Definición del sistema (empresa, planta de producción);
- Definición del ámbito de aplicación (planta, proceso, línea, equipo);
- Definición del alcance del estudio;
- Selección de los factores de vulnerabilidad;
- Identificación de amenazas;
- Inventario de recursos amenazados;
- Definición de escenarios para siniestros;
- Diseño de tablas de valoración de probabilidad y gravedad de las consecuencias;
- Valoración de probabilidad y consecuencias de cada escenario (para cada factor de vulnerabilidad);
- Calificación del riesgo por escenario;
- Construcción de matriz de aceptabilidad de riesgos;
- Definición del perfil de riesgos (económico y humano);
- Determinación del Patrón de Distribución de Escenarios.

Una vez obtenidos los perfiles de riesgo económico y humano para la empresa, indicados en el listado anterior, se determina el patrón de distribución de escenarios en estos perfiles, el cual es un indicador que representa la manera en la que se distribuyen los escenarios en cada uno de los niveles o zonas de aceptabilidad del perfil de riesgo. Es necesario tener en cuenta que el propósito último de un proceso de gestión de riesgos es “llevar” todos los escenarios a un nivel aceptable; sin embargo, esto sólo podrá ser logrado a mediano plazo, y en algunos casos no podrá

alcanzarse en su totalidad. Esto hace que, en un momento determinado, haya escenarios distribuidos en los diferentes niveles de aceptabilidad. Para poder determinar si la forma como se distribuyen los riesgos en un sistema puede considerarse “normal”, es necesario establecer un criterio de referencia al respecto. Este criterio se expresa como el “Patrón de Distribución Normal”, y con respecto a éste es que se debe comparar el Patrón de Distribución de Escenarios obtenido para la empresa. Este patrón de distribución normal es entonces el que deberían tener todas las organizaciones, es decir, representa la distribución ideal de los escenarios en un Perfil de Riesgo, esto se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10. Patrón de Distribución Normal (ideal)**

<b>Zona de Aceptabilidad</b>	<b>Distribución Normal</b>	<b>Cantidad de escenarios</b>
Aceptable	Mínimo el 60%	$\leq 60$
Tolerable	Máximo el 30%	$\geq 30$
Inaceptable	Máximo el 10%	$\geq 10$
Total	100%	100

*Fuente: Bedoya A. y Villalba S. (2004)*

El Patrón de Distribución de Escenarios se construye dividiendo el número de escenarios que están en un nivel, por el total de escenarios en el sistema; luego esto se multiplica por 100. El resultado queda entonces expresado en porcentaje. En la Tabla 11 se muestra un ejemplo del Patrón de Distribución de Escenarios del perfil de riesgo humano de una empresa.

**Tabla 11. Patrón de Distribución de Escenarios del perfil de Riesgo Humano**

<b>Zona de Aceptabilidad</b>	<b>Cantidad de escenarios</b>	<b>Distribución de la empresa</b>	<b>Distribución Normal</b>
Aceptable	16	$(16 \div 36) * 100 = 44.44\%$	Mínimo el 60%
Tolerable	14	$(14 \div 36) * 100 = 38.89\%$	Máximo el 30%

Inaceptable	6	$(6 \div 36) * 100 = 16.67\%$	Máximo el 10%
Total	36	100 %	100%

Fuente: Bedoya A. y Villalba S. (2004)

En el ejemplo mostrado anteriormente, los resultados que no cumplen con los porcentajes de distribución ideal de cada zona, esto nos indica que la zona aceptable no cuenta con la cantidad mínima de escenarios, ya que debería tener 21 escenarios para llegar a la distribución ideal, por otra parte la zona tolerable e inaceptable, sobrepasan los porcentajes de la distribución ideal, esto nos implica que se debe reducir la cantidad de escenarios de estas zonas, a 10 y 3 respectivamente, para lo cual se debe bajar el riesgo mediante medidas de seguridad.

Para realizar el estudio del análisis de riesgo se describen los conceptos involucrados en el análisis de riesgo:

**El riesgo** (NOM-009-SEGOB-2015), es algo inherente a las actividades de transporte de materiales, este puede ser controlado o reducido, pero no eliminado. Es el daño o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador.

**Amenaza** es la probabilidad de que un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa, provoque efectos adversos sobre las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente, que pueden ocasionar, la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. La amenaza se determina en función de la intensidad y la frecuencia.

**Vulnerabilidad** (NOM-006-SEGOB-2015), es la susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales.

### **Identificación y clasificación de los elementos y las fuentes de riesgos**

En esta etapa se determina el origen de los riesgos, los sujetos sobre los que podría ocasionarse y sus respectivos efectos.

## **1. Grupo de elementos**

En este punto se identifican todos los sujetos que de alguna manera están expuestos a verse afectados por cualquier evento que los perturbe negativamente, ya sea en salud, integridad física o sociológica, si se trata de personas; o el daño o destrucción parcial o total si se trata de bienes de la empresa o terceros.

Cada uno de los activos y sujetos que intervienen en la situación del riesgo, se clasifican en una serie de grupos, que se definen a partir de las actividades desarrolladas por la empresa. Estos sujetos pueden agruparse así:

- personal Propio;
- activos Materiales;
- activos Inmateriales;
- activos de Terceros.

## **2. Fuentes de riesgo – amenazas**

El análisis de las etapas del proceso de transporte (carga, movilización y descargue) se dividen en grupos de la siguiente forma:

### **a) Derivados del vehículo transportador y del transporte**

Incendio, explosión, impacto con otros vehículos, eventos generados por frenado y aceleración inadecuados, oscilación en las curvas, vibración, vuelco, derrumbamiento, caída al vacío o desde el vacío, eventos generados por: falla del motor, falla de frenos, falla de la dirección del vehículo, falla de las llantas por desgaste, avería o rotura de las piezas del vehículo; eventos generados por comportamiento del conductor: acción, omisión, negligencia, efectos del estrés; manejo de la carga: efectos de un cargue o descargue inadecuado, empuje y arrastre inapropiado, caídas de la carga.

### **b) Derivados de hechos externos**

Rayo, inundaciones y tempestades, derrumbes y arrastrada de puentes, terremoto; atraco o robo, falta de entrega, mal estado de las carreteras y vías públicas, explosión o incendio en algún predio, contaminación por residuos o por olores, asonada, rebelión, terrorismo, motín, conmoción civil, actos de huelguistas.

### **c) Derivados de la naturaleza del bien movilizado**

- Bienes sin empaque: saqueo, avería;
- Naturaleza de la carga: avería;
- Clases de empaque: derrame, evaporación, avería.

Algunos riesgos que implican actividades de gestión para los vehículos de transporte son:

#### 1. Asaltos

Sin un buen sistema de protección del vehículo, es fácil ser víctima de un asalto en medio de una entrega. Esto no sólo ocurre a los conductores novatos, ya que día a día ladrones se las ingenian para buscar nuevas formas de apropiarse de la carga e incluso del vehículo. Un sistema de bloqueo del motor, o un botón de aviso de emergencia podrían solucionar este problema.

#### 2. Exceso de velocidad

El exceso de velocidad es otro de los causantes más comunes de accidentes en carreteras para vehículos de carga pesada. Para prevenirlos, se deben respetar los límites establecidos por ley, por lo que, un asistente de conducción sería una gran solución.

#### 3. Vías intransitables

Atochamientos de tráfico y rutas en mal estado son una gran amenaza. Por esto, es recomendable cambiar las vías por la que se ha planificado el trayecto de entrega. Se debe tener precaución con el paso por túneles. Algunos camiones exceden el tamaño permitido y pueden dañarse (y dañar la carga) gravemente si no logran pasar.

#### 4. Peligros para el conductor

Otros riesgos en el transporte de carga que pueden afectar al conductor están asociados a:

- Exposición a vibraciones del vehículo por mal estado de la carretera;
- Exposición a ruidos fuertes;
- Exposición a condiciones climáticas adversas;
- Fatiga por manipulación de cargas;

- Fatiga por conducción prolongada.
5. Riesgos de transporte de mercancías
- Vuelco;
  - Choque;
  - Ocasionando accidentes de:
    - Incendio;
    - Explosión;
    - Descarrilamiento;
    - Rotura de enganches entre vagones.

### Información de riesgos y percances de vehículos de transporte en México

Las estadísticas de percances de vehículos de carga se muestran en la Tabla 12, que indica los números generados por cada tipo de percance en los que están involucrado los vehículos de carga y tractores con o sin remolque en el año 2018.

**Tabla 12. Estadísticas de los percances de vehículos en el año 2018**

Tipo de percance	Número de percances por Camión de carga	Número de percances por Tractor con o sin remolque	Total
Colisión con vehículo automotor	12,359	7,051	19,410
Colisión con peatón (atropellamiento)	254	112	366
Colisión con animal	29	8	37
Colisión con objeto fijo	2,485	1,803	4,288
Volcadura	480	322	802
Caída de pasajero	18	4	22
Salida del camino	352	206	558
Incendio	21	7	28
Colisión con ferrocarril	22	44	66
Colisión con motocicleta	637	234	871
Colisión con ciclista	154	49	203
Otro	193	319	512
<b>Total</b>	<b>17,004</b>	<b>10,159</b>	<b>27,163</b>

Fuente: INEGI. (2018).

De acuerdo con Vargas, E. (2018), la información del riesgo de robo a vehículos de carga fue recabada por la firma SensiGuard, con el fin de mostrar el alto riesgo que se presenta en México, puesto que en el año 2017 se reportó un total de 4,030 incidentes de robo al transporte de carga, lo cual representa un incremento del 127% con relación al 2016 y un 266% con el 2015. La Tabla 13 muestra el comparativo del año 2017 y 2016 de los diez estados de la república que presentan mayores incidentes.

**Tabla 13. Estados con mayor número de robos del año 2017**

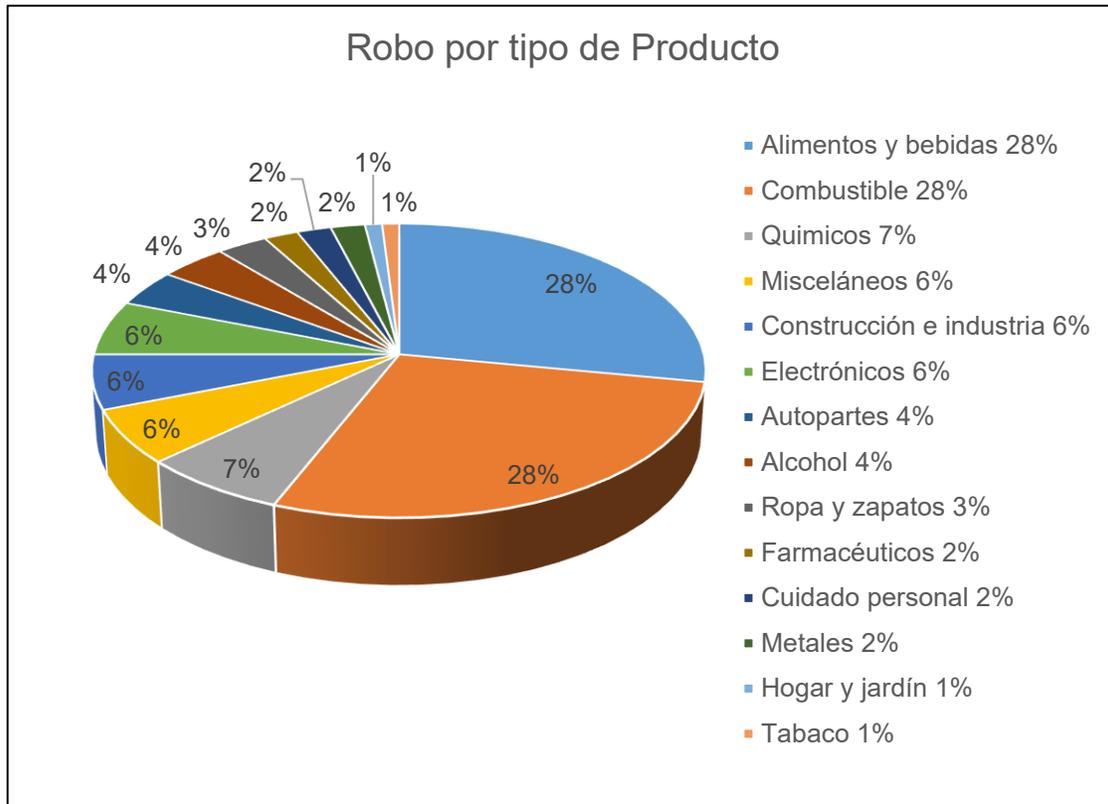
<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Entidad</b>	<b>Robos 2016</b>	<b>Robos 2017</b>	<b>Incremento en %</b>
Severo	Puebla	306	1235	303.6%
Alto	Tlaxcala	77	452	487.0%
	Veracruz	171	421	146.2%
	Guanajuato	313	366	16.9%
	Querétaro	129	311	141.1%
	Nuevo León	23	262	1039.1%
	Estado de México	141	258	83.0%
Elevado	Jalisco	111	116	4.5%
	Ciudad de México	49	73	49.0%
	Michoacán	130	55	-57.7%

*Fuente: Vargas, E. (2018)*

Como las cifras lo demuestran Puebla, Tlaxcala y Veracruz forman el triángulo delictivo para el transporte de carga en México.

En la Ilustración 9 se muestran una gráfica circular de robo de carga por tipo de producto en el año 2017 en México, expresados en porcentaje.

**Ilustración 9. Grafica de Robo de carga por tipo de producto 2017**



Fuente: Vargas, E. (2018)

La Tabla 14 proporciona la información de los tramos carreteros con tendencia a robos en el año 2017. La información indica que la autopista México-Veracruz, el corredor México-Querétaro-León y la autopista México -Zacatepec son las vías de mayor riesgo para el robo de carga.

Cabe señalar que las estadísticas de robos proporcionadas por SensiGuard son datos recabados por el Centro de Inteligencia de la Cadena de Suministro de SensiGuard *Security Services* y otros obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, es importante señalar que las cifras de robos probablemente sean más elevadas debido a que no todos los robos son denunciados.

**Tabla 14. Tramos carreteros con tendencia a robos de carga 2017**

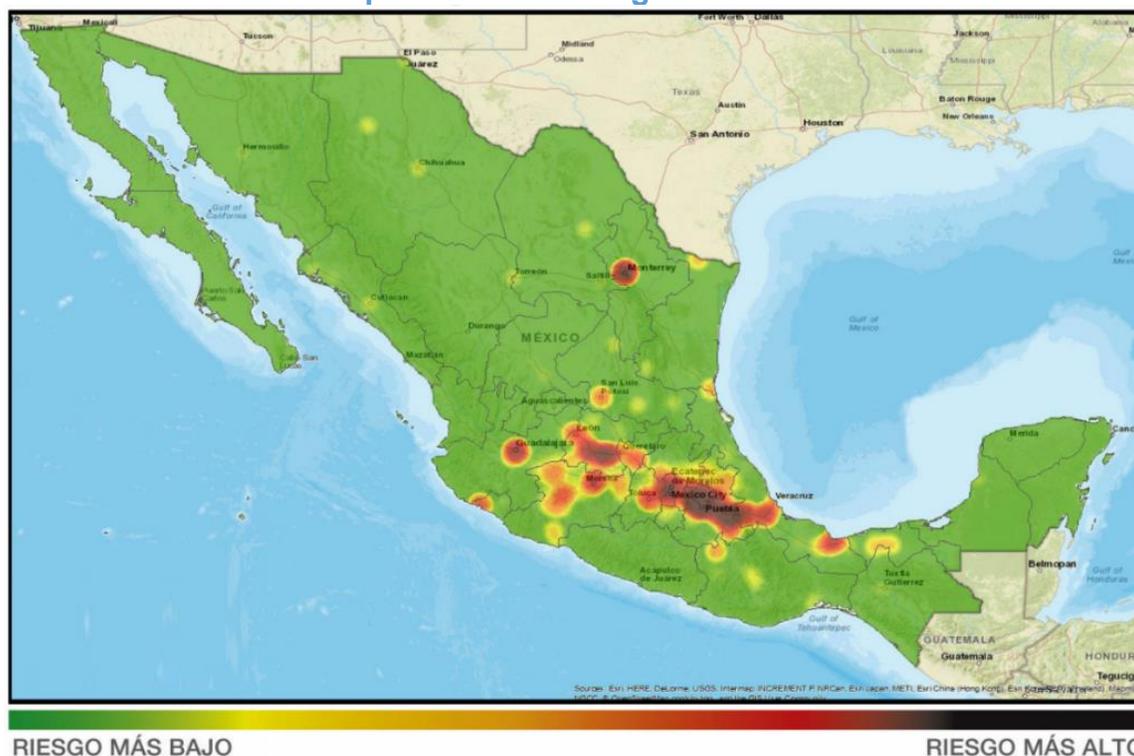
Nivel de Riesgo	Autopista/ Carretera	Robos 2017
Severo	Aut. México - Veracruz (MEX-150D)	1369
Alto	Aut. Querétaro - León (MEX-45)	322

	Carr. México - Zacatepec (MEX-136)	203
	Aut. Reynosa-Torreón (MEX-40D)	219
	Maxipista (MEX-15D)	160
	Aut. México - Saltillo (MEX-57D)	133
	Aut. La Tinaja - Coatzacoalcos (MEX-145D)	118
Elevado	Circuito Exterior Mexiquense	94
	Aut. Cópandaro - Uruapan (MEX-14D)	93
	Aut. Arco Norte (MEX-M40D)	88

Fuente: Vargas, E. (2018)

El robo al transporte de carga está presente en todo el territorio mexicano, sin embargo, como se puede observar en el Mapa 1, las zonas con mayor índice de robos son aquellas que muestran manchas negras y rojas, como son los estados de México, Puebla, CDMX, Veracruz, Nuevo León, Jalisco, Guanajuato y Michoacán.

Mapa 1. Robo de carga en México



Fuente: Vargas, E. (2018)

### **3.2.7 GESTIÓN DE LA FRICCIÓN LOGÍSTICA**

La logística, como disciplina, promete la aceleración de la circulación de los bienes y suministros, además de la disminución de periodos de tiempo ocupados por la cadena de suministro, incluso la eliminación de elementos de fricción. Para lo anterior utiliza herramientas que permiten a las empresas, minoristas o fabricantes, coordinar inventarios y con ello minimizar los costos y eliminar la necesidad de almacenamiento.

En este contexto, la fricción logística o impedancia, es la resistencia al flujo continuo de las mercancías o carga derivado de la complejidad de los sistemas de distribución. Elementos básicos de la fricción logística son:

- los costos de transporte;
- la organización de la cadena de suministro;
- ambiente transaccional; y
- entornos en el que se desarrolla la distribución de la carga.

La fricción logística es el nivel de servicio con el que se realizan las actividades logísticas para llevar un producto desde su origen hasta su destino final en términos de costo, tiempo, estructura de la cadena de suministro e infraestructura en las condiciones previstas.

Cuando se habla del nivel de eficiencia ofrecido por cada modo de transporte, desde el punto de vista del usuario, se hace referencia en cierta forma a la impedancia percibida por el tomador de decisiones, la cual involucra variables como: tiempo de espera, tiempo en tránsito, (vinculado con la velocidad y estado de los vehículos), confiabilidad, frecuencia, tarifas, pérdidas y daños, servicios adicionales (empaquete, documentación, seguimiento de la carga, acuerdos), etc.

La impedancia del transporte es un factor relacionado con la selección del tipo de transporte. Así, las diferentes alternativas para transportar mercancía conforman un conjunto de opciones con características exclusivas y con atributos especiales que subscriben distintos niveles de impedancia.

Las variables mencionadas son consideradas para medir la eficiencia del servicio de transporte, sin embargo, destaca la dificultad de medir la confiabilidad que el tomador de decisiones le otorga a cada modo en particular, la cual, se reconoce que tienen una gran influencia en el juicio de la elección del modo de transporte.

De acuerdo con Jimenez, J., Martinez, L. y De la Torre, M. (2009), el nivel de servicio del transporte ( $\varphi_m$ ) del modo de transporte  $m$  para mover la cantidad ( $Q_{mi}$ ) de producto  $i$ , está en función directa a la distancia  $d_k$ , e inversamente proporcional al tiempo total de desplazamiento agregado, compuesto por el tiempo en tránsito  $t_1$  en el tramo  $k$  y el tiempo de procesamiento de la carga  $t_2$  en el sitio de trasbordo  $r$ , es decir:

$$\varphi_m = \frac{d_k}{t_{1k} + t_{2r}} \dots \dots \dots (1)$$

De esta manera, se deriva la atracción relativa de cada modo de transporte y calibra la decisión del tomador de decisiones a la resistencia por seleccionar un modo de transporte.

### 3.2.8 BALANCE DE COSTOS DE TRANSPORTE

El balance de costos depende de los diferentes factores de relevancia y la estructura de costos, entre ellos: el transporte, capacidad de respuesta, número de instalaciones y costo de inventario. La estructura de costos se constituye por el tipo de costos considerados.

Clasificación de costos:

Costos Fijos (CF), establecidos por vehículos día, constituyen parte del costo fijo total de la empresa atribuible a un día de operación por cada vehículo de transporte. Un ejemplo sería el costo del seguro de responsabilidad civil en un mes de 25 días de operación.

Costos Variables Unitarios (CVu), son los costos que varían de acuerdo con las condiciones de operación y se establecen en un precio por kilómetro, por ejemplo, el valor de venta del diésel consumido por kilómetros de recorrido.

Costos Variables Dependiente (CVd), son costos que, aunque no son fijos, varían, pero no en consideración de las condiciones de operación, ni en función directa del kilometraje recorrido, sino de factores, como, por ejemplo, los peajes, las labores de carga y descarga, etc. Este costo se establece en un precio por viaje. En la Tabla 15 se clasifican los diferentes tipos de costo.

**Tabla 15. Estructura de costos**

Tipo de costo		Naturaleza
Costos directos	Costos fijos	Personal (operarios de transporte)
		Mantenimiento ajeno
		Amortización (vehículos)
		Seguros
		Cargas fiscales (visado de tarjeta, impuesto de vehículo)
	Costos variables	Combustible
		Neumáticos
		Mantenimiento diario
Provisión de multas		
Costos indirectos	Costos fijos	Personal auxiliar
		Personal administrativo
		Amortización (equipos)
		Arrendamiento (planta y vehículos extras que se requieran)

Además de los costos antes mencionados, es conveniente resaltar que existen elementos normalmente desapercibidos que influyen en la determinación del precio del transporte como:

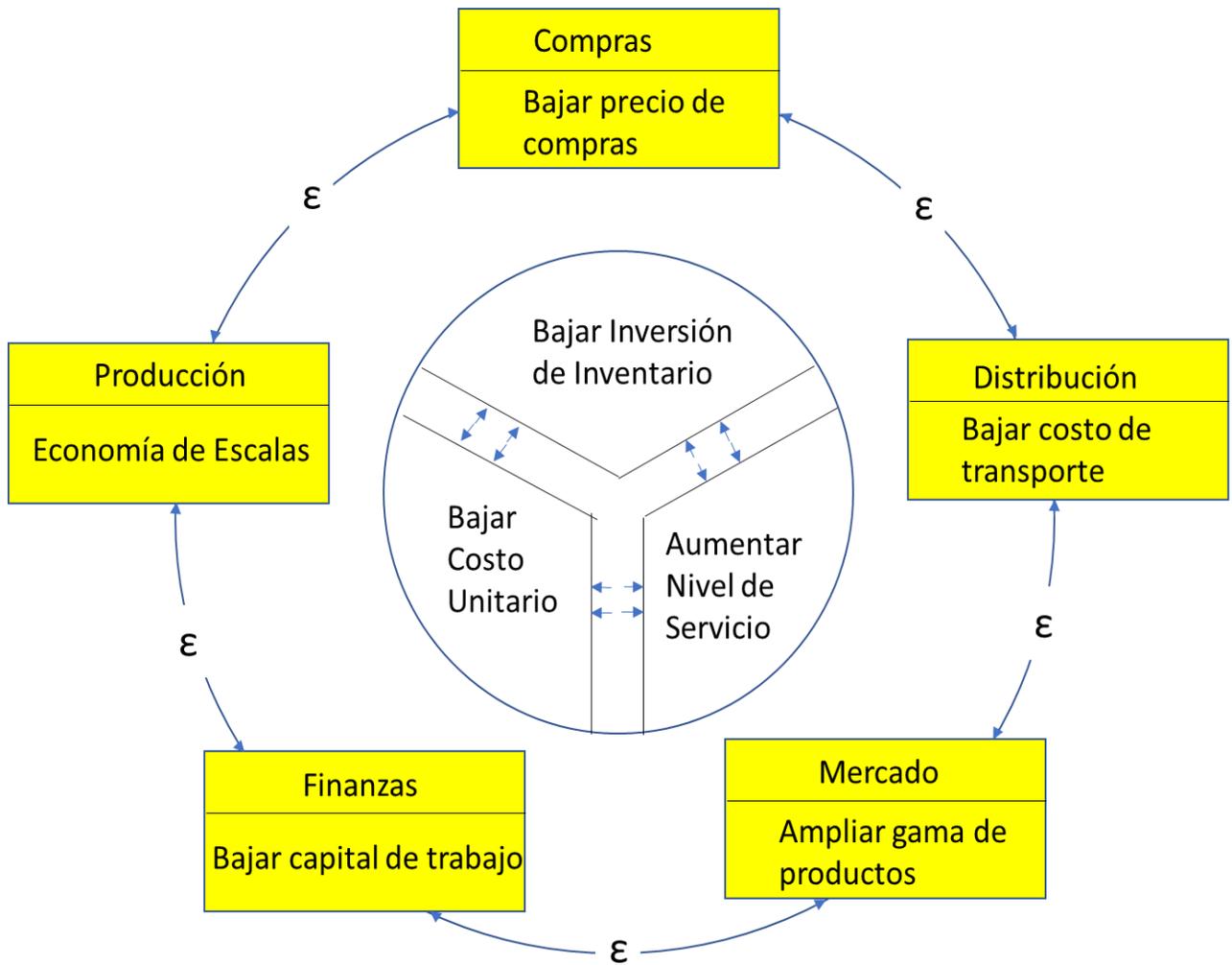
- La duración y distancia real del servicio;
- El factor ruta, estado y geografía de la ruta;
- El grado de utilización de la capacidad instalada;
- El periodo de operación;
- La intensidad del uso de la flota.

El costo de transporte en que incurre una cadena está estrechamente vinculado con el grado de capacidad de respuesta que la cadena busca proporcionar. Si una empresa tiene una gran capacidad de respuesta y envía todos los pedidos al día siguiente que los recibió de los clientes, tendrá embarques salientes pequeños, lo

que dará por resultado un alto costo de transporte. Sí disminuye su capacidad de respuesta y agrega los pedidos durante un horizonte de tiempo más largo antes de enviarlos, podrá explotar las economías de escala y tener un costo de transporte más bajo, debido a que los embarques serán más grandes. La agregación temporal es el proceso de combinar los pedidos a través del tiempo. Disminuye la capacidad de respuesta de la compañía debido al retraso del embarque, pero también disminuye los costos de transporte como resultado de las economías de escala que producen los grandes embarques. Por lo tanto, una compañía debe considerar el equilibrio entre la capacidad de respuesta y el costo de transporte al diseñar su red de transporte. Se puede apreciar en la Ilustración 10, cómo están relacionadas las operaciones de una empresa, representadas por  $\epsilon$ , así como el balance mostrado por la dimensión de cada departamento y los objetivo mostrados en los recuadros externos.

En términos de una cadena de suministros, lograr un balance de costos implica considerar los diferentes eslabones que constituyen a la cadena, además de las funciones que cada eslabón tiene. Es relevante que cada eslabón considera diferente objetivo lo que implica balancear objetivos diferentes y que en principio están en conflicto.

*Ilustración 10. Funciones objetivo en el balance de una cadena de suministros*



*Fuente: Stevens, G. (2007).*

## CAPÍTULO 4. BALANCE DE COSTOS Y ANÁLISIS DE RIESGO EN EL TRANSPORTE DEL ACU

Este capítulo se divide en tres partes:

- El análisis del balance de costos de la empresa caso de estudio, la definición de los elementos que componen este análisis para obtener los costos de transporte de ACU de los diferentes vehículos, así como el costo de adquisición de ACU y la mano de obra;
- El análisis de riesgo en el transporte de ACU, utilizando el método de AR&V, y se hace una gráfica integrando la topografía de la ruta 6, el índice de percances de vehículos de carga por municipio, en la ruta 6;
- Análisis de los resultados de los métodos, conclusiones y recomendaciones de estas.

El objetivo de los análisis es mostrar alternativas que pueden llevar a propuestas dirigidas a la empresa del caso de estudio y a otras empresas que valorizan el ACU o algún otro residuo con potencial de valorización.

### 4.1 ANÁLISIS DE BALANCE DE COSTOS

Partiendo de esta OLT se desarrolla el balance de costos delimitando el sistema del análisis en la recolección del ACU, en el cual se consideran los costos de elementos del transporte, costos de insumos y los costos operativos del transporte. El balance de costos se hace ponderando la distribución de los elementos que integran esta OLT tal como se muestra en la Ilustración 10, ya que estos elementos están relacionados entre sí y al modificar las cantidades de suministros de cualquier elemento, afectan directamente a los otros elementos, por ejemplo, si se invierte en equipos de transporte para agilizar la recolección, este afecta los precios de los productos unitarios, es decir las ventas y éste a su vez afecta la producción, etc.

El balance de costos propone analizar dos alternativas:

1. Cambiar las rutas de distribución para comparar y analizar costos de ruta;

2. identificar puntos de localización de almacenes para consolidar la carga en los viajes de recolección del ACU, específicamente en los viajes de recolección que no realizan la carga completa del vehículo, con el fin de minimizar costos de transporte del ACU.

### **Estructura de los costos.**

Los costos que se consideran en el análisis se presentan en la Tabla 15. Parte del balance de costos implica calcular los costos de transporte de los dos diferentes tipos de vehículos que maneja la empresa caso de estudio, así mismo se consideran los costos de insumos como son:

- Gasolina o diésel, la cual está en función del rendimiento del vehículo y la distancia;
- Casetas;
- Mano de obra (operador/transportista).

En la Tabla 16 y 17 se muestran los datos del balance de costos de los diferentes vehículos, cabe señalar que los datos de estas Tablas fueron obtenidos de diversas fuentes de información, como son:

1. Datos proporcionados por la empresa mostrados en las Tablas 4 y 5. Estas son: frecuencia de recolección, capacidad de carga del vehículo y destino o lugar de localización del proveedor del ACU;
2. Rendimiento de vehículo, que se obtuvo de la base de datos de CAPUFE, (tabla de rendimientos de maquinaria, vehículos y equipo de conservación).
3. Trayecto, se obtuvo del proveedor de mapas Alphabet Inc. en el cual se colocaron los puntos de Origen – Destino para calcular las distancias aproximadas de cada ruta;
4. Los precios del combustible, este dato se obtuvo de GasolinaMX.com con fecha de 31 de agosto del 2018;
5. Los costos de casetas o puentes, que fueron obtenidos de la plataforma de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) llamada traza tu ruta.

## **Análisis de los costos del transporte del ACU**

Elementos que componen los costos del transporte se muestran en las Tablas 16 y 17, las cuales son: el rendimiento (R), el trayecto (L), el consumo (C), el precio total del combustible (PT), el gasto o pago de casetas y puentes (P), el costo total (CT) y el nombre de casetas.

El rendimiento del vehículo es el concepto asociado al trabajo que realiza para desplazarse en diferentes situaciones de tráfico, ya sea urbano, carretera y mixto, en función del consumo de combustible y se expresa en kilómetros por litros (Km/l).

El trayecto es la distancia que existe entre el punto de origen al destino final, este se expresa en kilómetros.

El consumo es la relación entre el rendimiento del vehículo y la longitud que existe en algún viaje de recolección, se expresa en litros.

$$C = \frac{L}{R} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

*C*: consumo en litros;

*L*: trayecto medido en km;

*R*: rendimiento en unidades litros/km.

El precio total del combustible (PT), es la relación entre el precio del combustible con el consumo en litros que requiere el vehículo para realizar el recorrido, este se expresa en pesos.

$$PT = C * PUC \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

*PT*: precio total del combustible en pesos;

*C*: consumo en litros;

*PUC*: precio unitario del combustible, medido en pesos/litro;

Gasto de casetas es el pago que hace el operador cuando pasa por una caseta, por las cuales el vehículo realizar la recolección del ACU, este se expresa en pesos y dependen de la ruta y el tipo de vehículo.

El costo total por realizar la recolección mensual de un proveedor es la suma de los conceptos por precio total de combustible, y el pago de casetas, esta suma se multiplica por el número de viajes que realiza al mes.

$$CT = [(PT) + (P)] * (N) \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

- CT*: costo total, medido en pesos;
- PT*: precio total del combustible, en pesos;
- P*: gasto por concepto de casetas, en pesos;
- N*: frecuencia de servicio de recolección

Las Tablas 16 y 17 muestran los mismos elementos mencionados diferenciando el tipo de vehículo. La Tabla 16 analiza los costos asociados al vehículo de capacidad máxima de 8.5 toneladas mientras que la Tabla 17 analiza los costos asociados del vehículo con capacidad máxima de 30 toneladas.

**Tabla 16. Balance de Costos considerando al vehículo como factor de cambio (vehículo tipo camión 8.5 ton)**

PROVEEDOR	FRECUENCIA DEL SERVICIO (MENSUAL)		FACTOR DE CARGA (%)	DESTINO	RENDIMIENTO (KM/LT)	TRAYECTO (KM)	CONSUMO (LT)	PRECIO TOTAL COMBUSTIBLE (PUC=\$19.01/LITRO)	GASTO DE CASSETAS O PUENTES	COSTO TOTAL	NOMBRE DE CASSETAS
		N			R	L	C=L/R	PT=\$*C	P	CT=(PT+P)*N	
P1	VIAJE 1	1	94.12%	EDO MÉX NICOLÁS ROMERO	3	80.50	26.83	\$ 510.04	\$ 72.00	\$ 582.04	San Cristobal
P2				EDO MÉX ATIZAPÁN							
P3	VIAJE 2	1	100.00%	MICHOACÁN ACÁMBARO		518.00	172.67	\$ 3,282.46	\$ 1,666.00	\$ 4,948.46	Tultepec, Jorabas, Atlacomulco/Qro. San Juanico, Contepec, Zinapécuaro
P4	VIAJE 3	1	100.00%	HIDALGO		159.00	53	\$ 1,007.53	\$ 210.00	\$ 1,217.53	Ojo de Agua
P5	VIAJE 4	1	70.59%	PUEBLA		290.00	96.67	\$ 1,837.70	\$ 1,170.00	\$ 3,007.70	Ecatepec, Tulancingo/Texmelucan, San Martín
P6	VIAJE 5	1	100.00%	PACHUCA		162.00	54	\$ 1,026.54	\$ 210.00	\$ 1,236.54	Ojo de Agua
P7	VIAJE 6	1	94.12%	AGUASCALIENTES		972.00	324	\$ 6,159.24	\$ 2,402.00	\$ 8,561.24	Tultepec, Jorabas CM, Jorabas, Palmillas, Queretaro, Salamanca, León, Encarnación
P8				AGUASCALIENTES							
<b>SUMA DEL COSTO TOTAL DE TRANSPORTE DEL VEHÍCULO CAMIÓN</b>										<b>\$ 19,553.51</b>	

**Tabla 17. Balance de Costos considerando al vehículo como factor de cambio (vehículo tipo pipa 30 ton)**

PROVEEDOR	FRECUENCIA DEL SERVICIO (MENSUAL)		FACTOR DE CARGA (%)	DESTINO	RENDIMIENTO (KM/LT)	TRAYECTO (KM)	CONSUMO (LT)	PRECIO TOTAL COMBUSTIBLE (PUC=\$20.03/LITRO)	GASTO DE CASSETAS O PUENTES	COSTO TOTAL	NOMBRE DE CASSETAS
		N			R	L	C=L/R	PT=\$*C	P	CT=(PT+P)*N	
P9	VIAJE 7	2	100.00%	MONTERREY	2	1,803.00	901.5	\$ 18,057.05	\$ 3,850.00	\$ 43,814.10	Tultepec, Jorabas CM, Jorabas, Palmillas, Chichimequillas, San Nicolas de los Jassos, Mateguala, Puerto Mex/Huachichil, Ojo Caliente
P10	VIAJE 8	3	100.00%	AGUASCALIENTES		972.00	486	\$ 9,734.58	\$ 5,188.00	\$ 44,767.74	Tultepec, Jorabas CM, Jorabas, Palmillas, Queretaro, Salamanca, León, Encarnación
P11	VIAJE 9	1	100.00%	QUERÉTARO		415.00	207.5	\$ 4,156.23	\$ 2,430.00	\$ 6,586.23	Tultepec, Jorabas CM, Jorabas, Palmillas
P12	VIAJE 10	2	100.00%	Z. METROPOLITANA		80.00	40	\$ 801.20	\$ -	\$ 1,602.40	
P13	VIAJE 11	2	100.00%	Z. METROPOLITANA		80.00	40	\$ 801.20	\$ -	\$ 1,602.40	
<b>SUMA DEL COSTO TOTAL DE TRANSPORTE DEL VEHÍCULO PIPA</b>										<b>\$ 98,372.87</b>	

## Análisis de costos de adquisición del ACU

Con los datos obtenidos de las Tablas 16 y 17 se estima la adquisición mensual del residuo que realiza la empresa caso de estudio, así como los egresos generados del transporte.

Los elementos que componen la Tabla 18 son el resumen de los costos de adquisición de ACU, en la cual se enlistan los 13 proveedores que tiene la empresa caso de estudio, la frecuencia de viajes que determina el número de viajes que realiza el vehículo en un mes para llevar a cabo la recolección del ACU, la carga por viaje indica las toneladas que recolecta la empresa, el costo de adquisición del ACU de cada proveedor en un mes. Este costo es de 8 pesos/kg, ya que es el valor promedio del ACU que fue proporcionado por la empresa caso de estudio y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo del ACU} = \left( \frac{\text{Frecuencia de servicio de recolección}}{\text{de recolección}} \right) * \left[ \left( \frac{\text{Carga por viaje en kg.}}{\text{viaje en kg.}} \right) * \left( \$8 \frac{\text{pesos}}{\text{kg}} \right) \right] \dots \dots (5)$$

**Tabla 18. Costos de adquisición del ACU de cada proveedor**

PROVEEDOR	FRECUENCIA DEL SERVICIO (MENSUAL)		"CARGA POR VIAJE (KG)"	COSTO DE ADQUISICIÓN DEL ACU (8*KG)
P1	VIAJE 1	1	4,000	\$ 32,000
P2			4,000	\$ 32,000
P3	VIAJE 2	1	8,500	\$ 68,000
P4	VIAJE 3	1	8,500	\$ 68,000
P5	VIAJE 4	1	6,000	\$ 48,000
P6	VIAJE 5	1	8,500	\$ 68,000
P7	VIAJE 6	1	4,000	\$ 32,000
P8			4,000	\$ 32,000
P9	VIAJE 7	2	30,000	\$ 480,000
P10	VIAJE 8	3	30,000	\$ 720,000
P11	VIAJE 9	1	30,000	\$ 240,000
P12	VIAJE 10	2	30,000	\$ 480,000
P13	VIAJE 11	2	30,000	\$ 480,000
<b>Costo Total de Adquisición de ACU</b>			<b>\$</b>	<b>2,780,000.00</b>

## **Análisis de los costos operativos del transporte de ACU**

Para realizar las actividades de recolección, la empresa caso de estudio utiliza dos operadores. No fueron proporcionados los ingresos exactos de cada operador, sin embargo, se proporcionaron sus ingresos aproximados, los cuales están en función de los viajes que realizan. El operador 1 maneja la pipa y tiene un salario aproximado de 20 mil pesos mensuales, el operador 2 maneja el camión y tiene un salario aproximado de 15 mil pesos. Estos operadores cuentan con varios años de experiencia en la empresa y los gastos mensuales generados por los operadores suman 35 mil pesos aproximadamente.

El costo total del transporte, de los operados y de la adquisición del ACU se muestra en la Tabla 19.

*Tabla 19. Resumen de costos*

<b>Total Adquisición de ACU</b>	<b>\$ 2,780,000.00</b>
<b>Total Mano de Obra (2 operadores)</b>	<b>\$ 35,000.00</b>
<b>Total Transporte Camión</b>	<b>\$ 19,553.51</b>
<b>Total Transporte Pipa</b>	<b>\$ 98,372.87</b>
<b>Total Balance de Costos</b>	<b>\$ 2,932,926.38</b>

Se busca analizar vías alternas o almacenes de consolidación de ACU para determinar beneficios que estos pueden proporcionar.

### **Rutas para la recolección de ACU**

En las tablas 4 y 5 se muestran los proveedores de ACU y sus localizaciones, de tal manera que con esta información se representen en un mapa. Para representarlo primeramente se utilizó la plataforma de la SCT llamada Traza tu ruta, ya que la empresa caso de estudio utiliza esta plataforma para obtener sus rutas. Las Ilustraciones 11 y 12 muestran la interface del portal Traza tu ruta, en el cual se debe colocar el punto de origen el estado y ciudad, el punto destino el estado y ciudad, el tipo de vehículo, y número de ejes; con estos datos se proporciona la ruta, distancias, nombre y costos de casetas, los precios de las casetas están en función del tipo de vehículo.

## Ilustración 11. Plataforma de la SCT Traza tu ruta



demás usuarios evitando deslumbrar con luces altas.

Evite distracciones. No utilice dispositivos móviles mientras cor

[English Version](#)

**SELECCION**

Para obtener una ruta, seleccione primero el estado y la ciudad de origen, después el estado y ciudad de destino y por último el tipo de vehículo en el que viajará.

Si desea añadir puntos intermedios (opcional), a la ruta se procede como en el caso anterior; en este caso es necesario que la ciudad Intermedia sea distinta de la de Origen y Destino.

Estado origen: México
Estado destino: Nuevo León

Ciudad origen: Xalostoc
Ciudad destino: Monterrey

Si requiere agregar puntos intermedios en la ruta : [Click aquí](#)

Tarifas de: Camión 4 ejes

Solución simplificada, (con tramos libres resumidos)  
 Solución detallada

Si requiere conocer gasto estimado de combustible : [Click aquí](#)

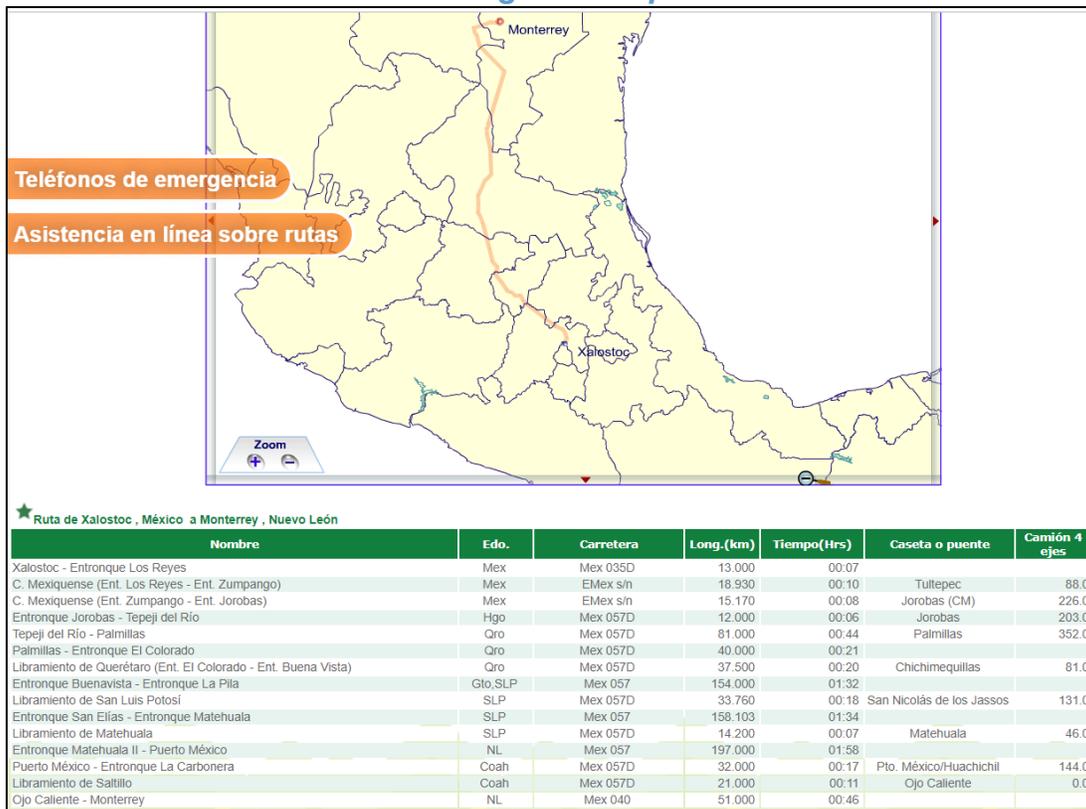
**NOTA IMPORTANTE:**

Su consulta es la No. 122485015

[Consultar](#)

Fuente: SCT (2018)

## Ilustración 12. Consulta generada por SCT Traza tu ruta



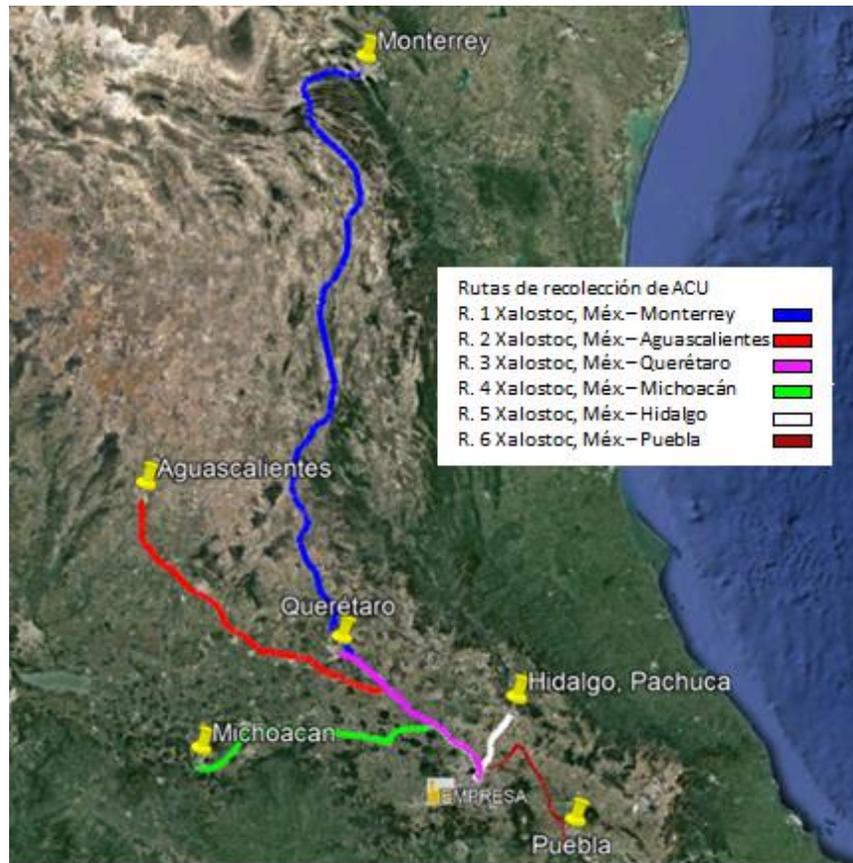
Fuente: SCT (2018)

De esta manera se obtuvieron las rutas de recolección del ACU para los diferentes proveedores. Posteriormente apoyados de Google Maps y Google Earth, se realizó el trazo y la representación de las rutas de recolección diferenciadas por colores, esto se muestra en el Mapa 2.

Las distancias obtenidas mediante el trazo de cada ruta en Google Earth fueron muy similares a las obtenidas a la plataforma de la SCT, las rutas trazadas son:

- Ruta 1 de recolección de Xalostoc, Méx. – Monterrey, (Ruta del proveedor 9);
- Ruta 2 de recolección de Xalostoc, Méx. – Aguascalientes (Ruta del proveedor 7, 8 y 10);
- Ruta 3 de recolección de Xalostoc, Méx. – Querétaro (Ruta del proveedor 11);
- Ruta 4 de recolección de Xalostoc, Méx. – Michoacán (Ruta del proveedor 3);
- Ruta 5 de recolección de Xalostoc, Méx. – Hidalgo (Ruta del proveedor 4 y 6);
- Ruta 6 de recolección de Xalostoc, Méx. – Puebla (Ruta del proveedor 5).

**Mapa 2. Representación de las Rutas de proveedores**



Fuente: Elaboración propia con Google Earth.

Cabe señalar que la empresa caso de estudio no pretende tomar rutas que utilicen carreteras libres, es decir, carreteras donde no se paga peaje por transitarlas, la razón es que existe un mayor riesgo y peligro en el tránsito de estas vías, como las condiciones inadecuadas de las vías, actividades delictivas, etc. Por otro lado, las carreteras de cuota tienen mantenimiento frecuente a las vías y hay seguridad para los que transitan en ellas. En la Tabla 20 se muestra el comparativo de las vías de cuota y libres.

**Tabla 20. Diferencias entre la carretera de cuota y carretera libre**

Libre	Cuota
Se les considera vías de uso y dominio público, cualquiera que tenga un vehículo, puede circular por ella. Bajo	Para usar esta carretera tienes que pagar una cuota, con la que se le da mantenimiento.

ninguna circunstancia, ninguna institución pública o privada puede cobrar a cambio de su uso.	Los costos varían mucho, dependiendo del tipo de vehículo que uses, que ciudades comunique y quién tenga la concesión de ellas.
Generalmente se encuentran en mal estado, porque son vías viejas, a las que se les da muy poco mantenimiento.	Las autopistas en la mayoría de las ocasiones se encuentran en buen estado y en mejores condiciones que la libre. Esto se debe a que son vías más nuevas, con mantenimiento y vigilancia constante.
En la mayoría de estas carreteras, sólo circulan uno de cada sentido. Suelen estar muy pegados los carriles y sin nada que separe uno del otro.	Las autopistas pueden tener de dos a tres carriles por sentido. Los dos sentidos suelen estar separados el uno del otro por un camellón, una valla o un pequeño muro de contención.
Se viaja sin seguro, cuentan con poco o nulo acceso a servicios de auxilio	Cuenta con seguro de daños a terceros, seguro del viajero y asistencia de viaje.

*Fuente: Total lubricants (2016)*

Contemplando la restricción de la empresa de no transitar por las vías libres, utilizamos datos de INEGI, los cuales mostramos en la Ilustración 13. En este cuadro se enlistan las capitales de los estados de la República Mexicana, ciudades importantes, las carreteras de cuota y las carreteras pavimentadas representadas por colores diferentes y está asociado con el mapa 3.

### Ilustración 13. Cuadro de datos del Mapa 3

● CAPITALES DE LOS ESTADOS		● OTRAS CIUDADES IMPORTANTES	
01. AGUASCALIENTES	25. CULIACÁN	36. CABORCA	60. ACAPULCO
02. MEXICALI	26. HERMOSILLO	37. NOGALES	61. PUERTO ÁNGEL
03. LA PAZ	27. VILLAHERMOSA	38. AGUA PRIETA	62. TAXCO
04. CAMPECHE	28. CD. VICTORIA	39. CD. JUÁREZ	63. TAPACHULA
05. SALTILLO	29. TLAXCALA	40. OJINAGA	64. CANCÚN
06. COLIMA	30. JALAPA	41. PIEDRAS NEGRAS	65. ENSENADA
07. TUXTLA GUTIÉRREZ	31. MÉRIDA	42. NUEVO LAREDO	66. SANTA ANA
08. CHIHUAHUA	32. ZACATECAS	43. REYNOSA	67. EMPALME
09. DISTRITO FEDERAL		44. MATAMOROS	68. CD. OBREGÓN
10. DURANGO		45. CUAUHTÉMOC	69. GUAMUCHIL
11. GUANAJUATO		46. HIDALGO DEL PARRAL	70. CD. DELCIAS
12. CHILPANCIINGO		47. LOS MOCHIS	71. CD. JIMENEZ
13. PACHUCA		48. GÓMEZ PALACIO	72. LAGOS DE MORENO
14. GUADALAJARA		49. TORREÓN	73. CELAYA
15. TOLUCA		50. SAN JOSÉ DEL CABO	74. ORIZABA
16. MORELIA		51. CABO SAN LUCAS	75. CHAMPOTÓN
17. CUERNAVACA		52. MAZATLÁN	76. AHUMADA
18. TEPIC		53. LEÓN	77. GUAYMAS
19. MONTERREY		54. TAMPICO	78. TOPOLOBAMPO
20. OAXACA		55. TUXPAN	79. SALAMANCA
21. PUEBLA		56. VERACRUZ	80. PÁTZCUARO
22. QUERÉTARO DEARTEAGA	33. TIJUANA	57. COATZACOALCOS	81. SANTA MARÍA DEL RÍO
23. CHETUMAL	34. SAN FELIPE	58. MANZANILLO	82. SAN LUIS DE LA PAZ
24. SAN LUIS POTOSÍ	35. PUERTO PEÑASCO	59. IXTAPA ZIHUATANEJO	83. R. FLORES MAGÓN

CARRETERA:

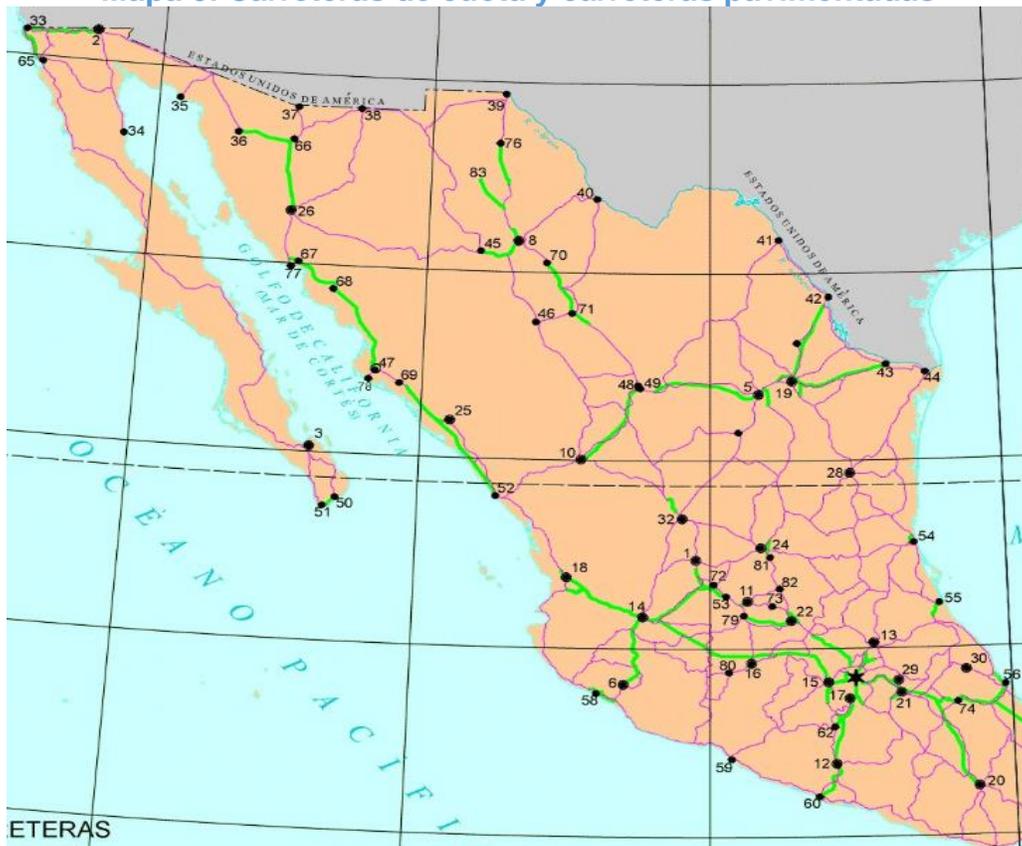
— DE CUOTA (línea verde)

— PAVIMENTADA (línea roja)

Fuente: INEGI (2018)

Posteriormente, en el Mapa 3 se muestra las vías carreteras de cuota representadas por color verde y las carreteras libres representadas por el color rojo.

### Mapa 3. Carreteras de cuota y carreteras pavimentadas



Fuente: INEGI (2018)

Como se puede observar, para llevar a cabo rutas diferentes de recolección a las mencionadas en el Mapa 2 se deben transitar por otras vías libres, pero las distancias de los recorridos aumentan considerablemente, por lo cual en este análisis no se puede proponer algún cambio de ruta.

### **Localización de un almacén**

La creación de infraestructura para consolidar la carga en un punto estratégico se analiza siguiendo el siguiente procedimiento:

- i. Determinar los viajes de recolección de ACU que no se realizan con una carga completa del vehículo, ya que existe un área de mejora, el cual consiste en consolidar la carga en un punto para que cuando se realice el viaje, se haga a carga completa.
- ii. Determinar el punto de localización del almacén, este depende del trayecto, del vehículo, de la generación del ACU y de cuántos proveedores realicen la consolidación.

### **Determinación de los viajes de recolección con una carga incompleta**

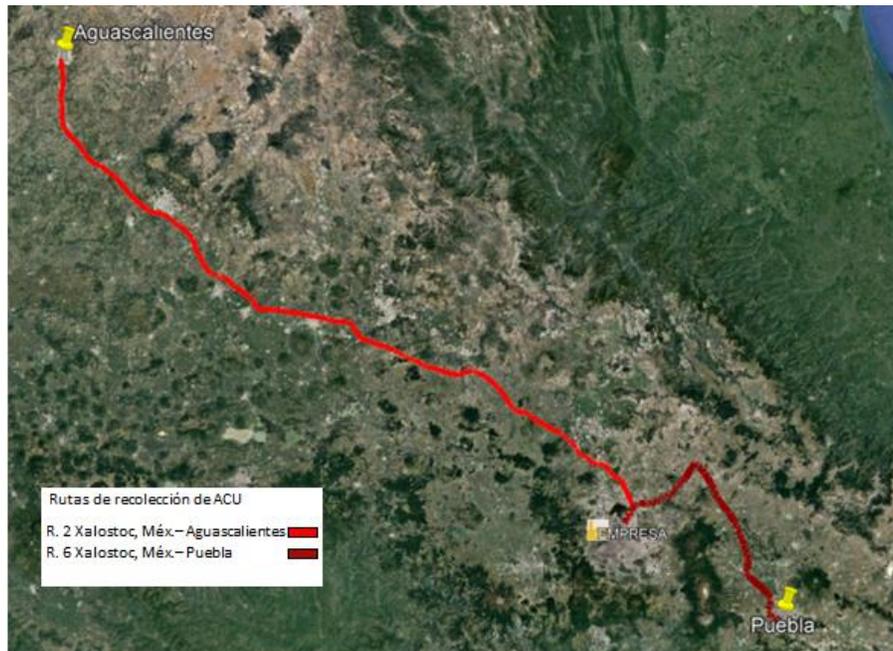
Las rutas que cumplen con la carga no completa son aquellos proveedores que no generan el ACU suficiente. Como se observó en la Tabla 4 y en el Mapa 2, los proveedores que no generan ACU suficiente para completar la capacidad total del vehículo son los proveedores 1 y 2, que realizan el viaje 1 en la zona metropolitana, con un factor de carga del 94.12%; el proveedor 5 que realiza la ruta 6, con un factor de carga del 70.59%; y los proveedores 7 y 8 que realizan la ruta 2, con un factor de carga de 94.12%.

Se descartan los proveedores 1 y 2 ya que se encuentran muy cerca de la empresa por lo cual no es factible crear un almacén en un punto intermedio

Los proveedores 7 y 8 son descartados a causa del factor de carga del 94.12%, este factor es alto y no presenta pérdidas considerables, puesto que menos del 6% de la

capacidad de carga del camión de 8.5 toneladas se desaprovecha, lo cual es 0.5 toneladas y considerando el costo de \$8 pesos el kg de ACU, hay una pérdida de aproximadamente \$4,080 pesos mensuales. En el Mapa 4 se muestran las rutas de los vehículos que no cumplen con la carga completa.

#### **Mapa 4. Rutas con capacidad de carga incompleta**



*Fuente: Elaboración propia con Google Earth.*

El proveedor 5 tiene la generación de ACU más desfavorable con respecto a los anteriores ya que el viaje que realiza lo hace a una capacidad de carga del 70.59%.

#### **Determinación de la ubicación del almacén**

Derivado de la capacidad de carga del proveedor 5, se analiza la localización de un almacén en una zona que sea rentable. El procedimiento para este análisis es el siguiente:

- i. Calcular el desaprovechamiento de la carga en pesos.
- ii. Identificar el costo de renta de un almacén cerca de la zona, con información obtenida de medios clasificados.
- iii. Representación y comparación de escenarios, implantando un almacén, analizando la pérdida del desaprovechamiento de la carga contra los costos generados por el almacén.

### **Cálculo del desaprovechamiento de los viajes de recolección**

El desaprovechamiento de la carga del proveedor 5 es del 29.41%, el vehículo es de 8,500 kg por lo cual el desaprovechamiento es de 2,499.85 kg, y la empresa indicó que el precio del ACU valorizado está entre \$14 a 18 pesos por kg.

La media del intervalo 14-18 la obtenemos con la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{14 + 18}{2} = 16$$

El número 14 corresponde al límite inferior del intervalo.

El número 18 corresponde al límite superior del intervalo.

La media es 16, sin embargo, se debe restar el precio de adquisición del ACU (\$8/kg).

$$\$16 \text{ pesos} - \$8 \text{ pesos} = \$8 \text{ pesos}$$

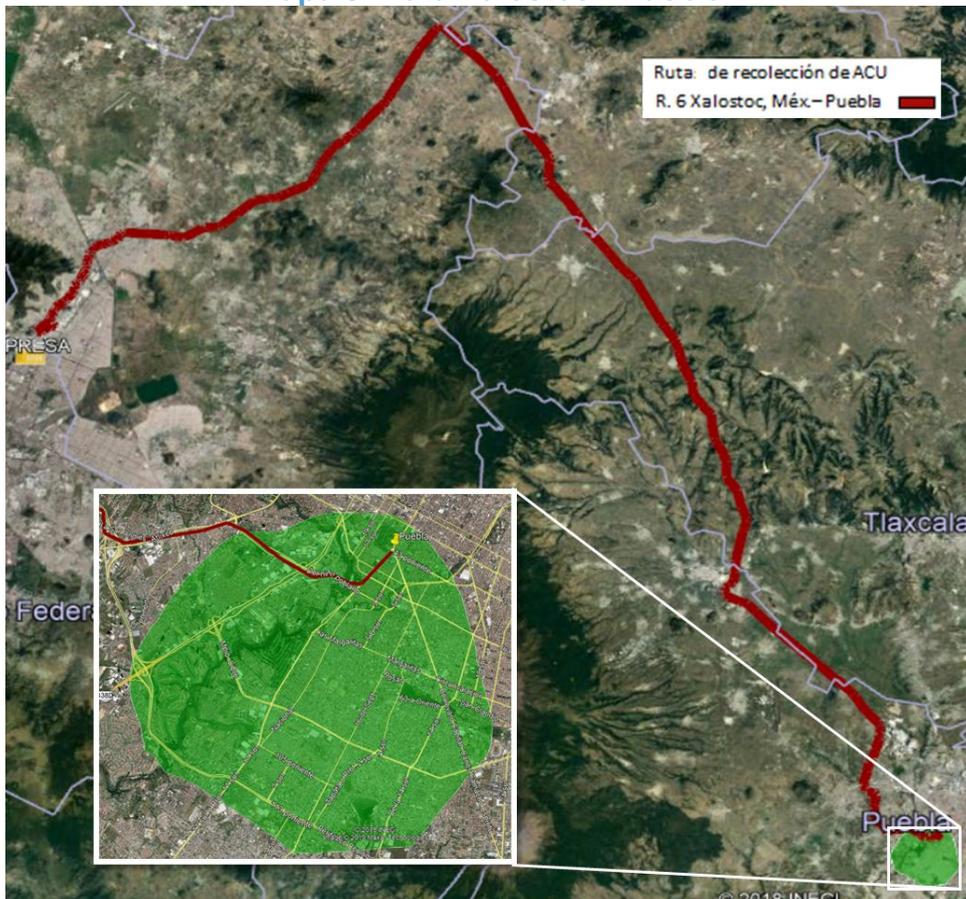
Por lo tanto \$8 pesos es la ganancia por cada kilogramo de ACU valorizado. El desaprovechamiento mensual se calcula realizando el producto de la ganancia de ACU valorizado por los kilogramos que se desaprovechan

$$\text{Desaprovechamiento mensual} = \$8/\text{kg} * 2,499.85 \text{ kg} = \$19,998.8$$

### **Identificación de costos de renta de almacén**

La renta de almacenamiento es de \$13,500 mensuales (Medios clasificados, 2019), esta se localiza en Puebla, cerca de la ruta 6 trazada del Xalostoc – Puebla. Esta se puede observar en el Mapa 5, la zona marcada en color verde representa la posible localización del almacén.

### Mapa 5. Ruta Xalostoc - Puebla



Fuente: Elaboración propia con Google Earth

#### Comparación de escenarios

Escenario 1 actual. Hay un desaprovechamiento de carga por un costo de \$19,998.80

Escenario 2 implementación del almacén. Se debe considerar el valor aprovechado de \$19,998.80, los costos de almacén, los costos de un transportista que traslade el ACU al almacén. Estos escenarios utilizan el mismo vehículo tipo camión y los representamos con las siguientes ecuaciones:

$$E1 = 19,998.80$$

$$E2 = 19,998.80 - CA - CT$$

Donde:

E1 es el escenario 1;

E2 es el escenario 2;

CA es el costo de almacenamiento;

CT es el costo del transporte del ACU del proveedor a el almacén.

La empresa caso de estudio no debe realizar la consolidación de ACU del proveedor 5 con sus vehículos de transporte, deberá contratar un servicio de transporte para movilizar la carga ubicada en la dirección del proveedor 5 hasta el almacén propuesto.

El proveedor 5 genera mensualmente 6 toneladas de ACU, por lo cual se deben obtener más proveedores de la misma zona para que se realice mensualmente un viaje completo de 8.5 toneladas, pero en caso de no conseguir otros proveedores, tendrá que esperar hasta que se consolide más ACU y complete la carga del vehículo, ya sea el vehículo tipo camión de 8.5 toneladas o el vehículo tipo pipa de 30 toneladas.

Con el vehículo de 8.5 toneladas se realizarán prácticamente 2 viajes cada 3 meses. En el primer mes el proveedor 5 genera 6 toneladas, por lo cual no se realiza el viaje por no completar la carga al 100%.

En el segundo mes se acumulan 12 toneladas de ACU y se podrá realizar el viaje, dejando en el almacén 3.5 toneladas para el siguiente mes.

El tercer mes se puede realizar el viaje, ya que se acumularon 9.5 toneladas

El cuarto mes no se realiza el viaje, porque solo se consolidan 7 toneladas de ACU.

El vehículo de 30 toneladas deberá esperar 5 meses para completar la carga y realizar el viaje. Su capacidad es la misma que la generación del proveedor cada 5 meses. Por lo tanto, se debe utilizar el vehículo tipo pipa cada 5 meses para realizar el viaje con carga completa.

El objetivo de este análisis es determinar, a partir de 2 diferentes escenarios, escenario 1 (situación actual), y escenario 2 (implementación de un almacén), cuál aporta mayores beneficios en términos económicos a la empresa caso de estudio. Para la implementación del almacén, se incluye el beneficio del aprovechamiento del espacio disponible de la carga y se considera el tiempo de espera (5 meses) para que se complete la carga del vehículo tipo pipa con capacidad de 30 toneladas.

Para completar la información se obtuvieron los costos de transporte, que se muestran en la Tabla 21.

**Tabla 21. Costos de transporte considerando el vehículo tipo pipa (30 ton.)**

RENDIMIENTO DEL VEHÍCULO (KM/LT)	TRAYECTO (KM)	CONSUMO (LT)	PRECIO TOTAL COMBUSTIBLE (\$20.03/LITRO)	GASTO DE CASSETAS O PUENTES	COSTO TOTAL	NOMBRE DE CASSETAS
R	L	C=L/R	CT=\$*C	P	PT=(CT+P)	
2.00	290.00	145	\$ 2,904.35	\$ 1,588.00	\$ 4,492.35	Ecatepec, Tulancingo/Texmelucan, San Martín

Se plantean las siguientes ecuaciones considerando un periodo de 5 meses para representar los dos escenarios, el primero utilizando el vehículo tipo camión que es la situación actual y el segundo escenario se considera el vehículo tipo pipa.

$$E1 = 5 * (\text{Costo de transporte}) + 5 * (\text{Desaprovechamiento de la carga})$$

Sustituyendo

$$E1 = 5 * (3,007.70) + 5 * (19,998.80) = 115,032.50$$

El resultado expresa la suma de los costos de transporte y los costos por el desaprovechamiento del transporte de carga

$$E2 = 1 * (\text{Costo de transporte}) + 5 * (\text{Desaprovechamiento de la carga}) + 5 * (\text{Costo de renta del almacén}) + 5 * (\text{Costo de transporte del proveedor al almacén})$$

Sustituyendo

$$E2 = 1 * (4,492.35) + 5 * (-19,998.80) + 5 * (13,500) + 5 * CTA = -28,001.65 + 5 * CTA$$

El resultado es un costo negativo, lo cual indica que son ganancias, sin embargo, está la incógnita de 5\*CTA.

Se comparan los dos escenarios igualándolos para obtener la diferencia económica.

$$115,032.5 - (-28,001.65 + 5 * CTA) = 0$$

$$143,034.15 = 5 * CTA$$

$$CTA = (143,034.15) / 5$$

CTA = 28,606.83

Es decir, CTA debe tener un costo menor a \$28,606.83 para que sea factible la propuesta de localización de un almacén en la Ruta 6 de recolección de Xalostoc, Méx. – Puebla.

Así, el costo de transporte de ACU del proveedor al almacén deberá ser menos de \$28,606.83 pesos mensuales, ya sea proporcionado este servicio por el proveedor o por otro transportista.

## **4.2 ANÁLISIS DE RIESGO DEL TRANSPORTE DE ACU**

La movilización o transporte de mercancías es un proceso clave para una cadena de suministro, por lo tanto, este proceso se debe realizar de manera oportuna, segura y satisfactoria.

Las empresas de transporte asumen riesgos desde el momento de carga, durante la movilización de mercancías y en la entrega, es por esa razón que se torna determinante la utilización de alguna herramienta que realice un Análisis de Riesgo para minimizar su impacto sobre el sistema y mejorar su posición competitiva en el sector. Para nuestro caso de estudio, la empresa que valoriza el ACU podrá conocer las amenazas a las que está expuesta, y combatir aquellas de mayor importancia que se generen en el análisis.

El análisis de riesgo es un proceso que intenta comprender la naturaleza de este para determinar el nivel del mismo, es la base para la evaluación de riesgos y las decisiones sobre las medidas de reducción del riesgo y preparación para la respuesta.

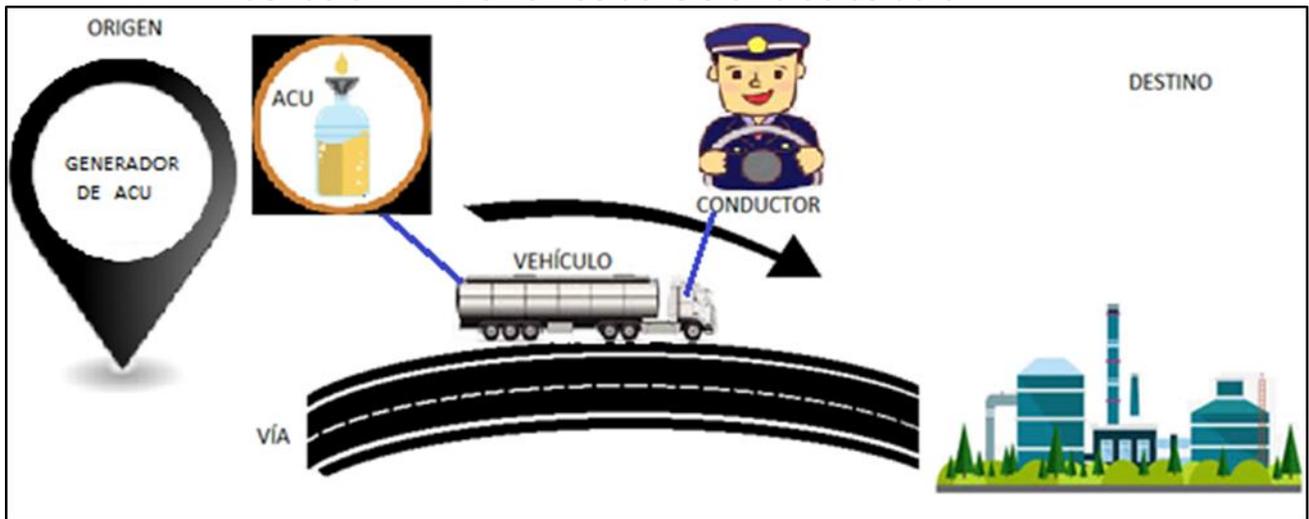
Como se mencionó en el marco conceptual, el procedimiento de AR&V tiene el fin de cuantificar los riesgos y obtener un criterio correcto al momento de establecer las opciones de tratamiento para estos, para reducir los posibles eventos no deseados o minimizar el impacto que estos provocan. A continuación, se desarrolla el método paso por paso.

### Primero. Identificación del sistema objeto de estudio

El sistema de este sistema es la empresa caso de estudio en la actividad de transporte del ACU. Los elementos involucrados se muestran en la Ilustración 14, son:

- La carga;
- El vehículo;
- El conductor;
- Las vías de transporte.

Ilustración 14. Elementos del sistema de estudio



### Segundo. Definición del ámbito de aplicación

Este hace referencia a los límites de validez de los resultados, que nos dice cuándo, dónde y sobre quién o qué se debe confrontar o atender; en este caso, es el proceso de transportación, en las normas operativas de transporte de la empresa.

### Tercero. Definición del alcance

El alcance del estudio es determinar los riesgos, amenazas y vulnerabilidades que la empresa caso de estudio está expuesta, así como los riesgos que son más

frecuentes, buscar aumentar el factor de seguridad en aquellas actividades de transporte con mayor vulnerabilidad y minimizar el impacto que provocan.

#### **Cuarto. Selección de factores de vulnerabilidad, identificación de amenazas y recursos amenazados**

La Tabla 22 asocia los riesgos de las Operaciones Logísticas de Transporte del caso de estudio que son más frecuentes, con los elementos que componen el sistema de estudio. Se identifican vulnerabilidades, amenazas y daños que pueden ser cuantificables, es decir, recursos amenazados.

Identificación de Riesgos:

- Retraso de envío;
- Asociado al ACU;
- Que el envío no llegue.

**Tabla 22. Riesgos, Amenazas y Vulnerabilidades en las OLT**

	<b>Factores</b>	<b>Vulnerabilidades</b>	<b>Amenazas</b>	<b>Daños probables cuantificables</b>	
<b>Factores Internos</b>	<b>Vehículo</b>	Falta o inadecuado mantenimiento del vehículo	Falla del vehículo Choque	Descompostura de algún elemento del vehículo por falta o inadecuado mantenimiento. Choque por falla vehicular	<b>Riesgo 1 Retraso</b>
	<b>Conductor</b>	Pericia del Conductor	Falla del vehículo Choque	Descompostura de algún elemento del vehículo por inadecuado manejo. Choque por el estilo de conducción	
	<b>Vía</b>	Vías inadecuadas para el tránsito	Choque Falla vehicular	Descompostura de algún elemento del vehículo por inadecuado estado de la vía. Choque por inadecuado estado de la vía	
	<b>Carga</b>	Peso Volumen Distribución	Choque	Choque por peso excedente de la carga o por inadecuada distribución.	
<b>Factores Externos</b>	<b>Delincuencia</b>	Retenes Tráfico	Robo Extorsión	Pérdida de clientes por demoras en retenes, tráfico, condiciones climáticas, delincuencia o manifestaciones. Penalizaciones por incumplimiento de fechas de entrega (ventanas de tiempo). Choque debido a otros conductores, condiciones climáticas. Robo o extorsión de manifestantes o delincuentes	
	<b>Personas inconformes</b>	Manifestaciones Tráfico	Robo Extorsión		
	<b>Condiciones climáticas</b>	Tráfico	Choque		
	<b>Actividades de seguridad</b>	Retenes Tráfico	Robo Extorsión		

<b>Factores Internos</b>	<b>Carga</b>	Peso Volumen Distribución	Choque	Choque por peso excedente de la carga o por inadecuada distribución. Volcadura y remediación de la vía para su tránsito normal.	<b>Riesgo 2 Asociados a la Carga de ACU</b>
<b>Factores Externos</b>	<b>Condiciones ambientales</b>	Embalaje	Contaminación del ACU	Incremento de costos asociados a la limpieza del ACU.	
<b>Factores Internos</b>	<b>Vehículo</b>	Falta o inadecuado mantenimiento del vehículo	Choque	Choque por pericia del conductor o por el inadecuado estado de la vía, teniendo pérdida total. Daño a las vías, medio ambiente y terceros.	<b>Riesgo 3 Que no llegue la carga</b>
	<b>Conductor</b>	Pericia del Conductor Obesidad del Conductor	Choque Problemas de salud del Conductor	Choque por pericia del conductor o choque por falla vehicular. Hospitalización del conductor debido a su mal estado de salud y pérdida de proveedor o cliente. Daño a las vías, medio ambiente y terceros.	
	<b>Vía</b>	Vías inadecuadas para el tránsito	Choque Falla vehicular	Derrame de carga por volcadura debido al inadecuado estado de las vías. Daño a las vías, medio ambiente y terceros.	
	<b>Carga</b>	Peso Volumen Distribución	Choque Derrame de la carga	Daño a las vías, medio ambiente y terceros por derrame.	
<b>Factores Externos</b>	<b>Delincuencia</b>	Retenes	Robo	Robo por delincuencia y pérdida de vehículo, carga o ambas.	

## **Descripción detallada de los riesgos del caso de estudio.**

Retraso. – Los riesgos asociados al retraso están relacionados por los elementos internos como el vehículo, la carga, el conductor y la vía. Las vulnerabilidades que cada elemento conlleva pueden ser un inadecuado mantenimiento del vehículo, el peso, volumen o distribución de la carga, la pericia o la falta de experiencia y conocimiento de manejo del conductor y las vías en estado inadecuado para el tránsito. Las amenazas a las que estas vulnerabilidades pueden provocar son accidentes por impacto con la vía u otro vehículo, alguna avería del vehículo, y esto puede provocar daños cuantitativos como los económicos a causa de gastos por mayor tiempo operativo de transporte, penalizaciones por incumplimiento de tiempos de entrega, pérdida de proveedores y clientes.

Los elementos externos que se relacionen con el riesgo de retraso de mercancía pueden ser la delincuencia, inconformidad de personas, condiciones ambientales, actividades de seguridad. Las vulnerabilidades que se presenta estos elementos son: el tráfico vehicular, manifestaciones y retenes, en consecuencia, sus amenazas pueden ser el robo, extorsión o algún accidente vehicular provocando daños cuantificables como los mencionados en los elementos internos.

Asociados a la carga del ACU. – el elemento interno de este apartado es únicamente la carga y presenta vulnerabilidad por el peso, volumen y distribución, esto trae como amenaza algún impacto vehicular o con la infraestructura carretera provocando daños incuantificables de contaminación ambiental por algún derrame, accidentes vehiculares provocados por el ACU derramado sobre la vía ya que los vehículos al pasar por una superficie de rodadura cubierta por ACU hacen que la adherencia de los neumáticos no sea la adecuada haciendo que derrapen, esto se refleja en el frenado.

El elemento externo que se puede presentar en este apartado son las condiciones climáticas ya que estas pueden alterar o contaminar el ACU por un inadecuado embalaje provocando que en el proceso de limpieza se dificulte por el residuo contaminado ya sea de polvo, tierra o agua, esto aumenta los costos de operación del proceso de purificación del ACU.

Derivado de la falta de datos asociados a los derrames de ACU, se buscó un siniestro similar y los derrames de petróleo tienen varias similitudes, aunque estos son más frecuentes y contaminantes. Los derrames de petróleo son incuantificables, sin embargo, en el año 2010 se calculó que la remediación del medio ambiente en el derrame de petróleo en la plataforma Deepwater Horizon, gestionada por British Petroleum en el Golfo de México causó 17,200 millones de dólares, este derrame fue por 507 millones de litros de petróleo, esto nos da una idea del costo por litro para la remediación del daño provocado por algún aceite el cual fue de 34 dólares en el año 2010 (el Economista 2017), sin embargo este fue el costo calculado por el daño causado al medio ambiente, aún falta los daños que afectaron a terceros como es la pesca, el turismo, etc.

No llega la mercancía. - Los elementos internos que se presentan en este riesgo son el vehículo, la carga, el conductor y la vía. Las vulnerabilidades que cada elemento conlleva pueden ser el inadecuado mantenimiento del vehículo, el peso, volumen o distribución de la carga, la pericia o la falta de experiencia y conocimiento de manejo del conductor y las vías en estado inadecuado para el tránsito. Las amenazas que estas vulnerabilidades pueden provocar son accidentes fatales por impacto con la vía u otro vehículo, alguna avería del vehículo, y esto puede provocar daños cuantitativos como los económicos a causa de gastos por pérdida del vehículo, de la carga, gastos de remediación y limpieza de la infraestructura vial, pago a terceros, pérdida de proveedores y clientes.

Los elementos externos que se relacionen con el riesgo de no entrega de mercancía puede ser la delincuencia, las vulnerabilidades que se presenta este elemento son: el robo, provocando daños cuantificables como el robo del vehículo junto con la carga, así mismo, la pérdida de clientes.

### **Definición de escenarios**

Las amenazas propensas a las vulnerabilidades pueden provocar diferentes accidentes o eventos no deseados, los cuales describimos como escenarios, por ejemplo:

Escenario A, el cierre de la vía por la cual se transita derivado de un accidente automovilístico provocando tiempos de espera no considerados, lo cual aumentan los gastos por mayor tiempo operativo de transporte. Este escenario es aceptable ya que son pérdidas económicas mínimas.

Escenario B, la avería del vehículo de carga debido a falta de mantenimiento afecta las utilidades de la empresa, derivado de gastos por mayor tiempo operativo de transporte, gastos de reparación del vehículo. Este escenario es tolerable ya que se puede remediar el daño del vehículo.

Escenario C, el impacto del vehículo con otro a consecuencia de la fricción y manejo inadecuado del operador provocando daños incalculables como pérdidas humanas o indemnizaciones laborales, penalizaciones por incumplimiento de tiempos de entrega, pérdida de proveedores y clientes. Este escenario es inaceptable debido a que una pérdida humana nunca será aceptable o tolerable en una empresa.

Debido a la falta de datos de siniestros indicados por la empresa caso de estudio, no se desarrollan los últimos pasos del método AR&V, es decir, el diseño de las tablas de valoración de probabilidad, la valoración de probabilidad con la consecuencia de cada escenario, matrices de aceptabilidad, los perfiles de riesgo y el patrón de distribución para la empresa, sin embargo, para realizar el procedimiento faltante de este método, utilizamos los datos de la Tabla 12 para ilustrar la utilidad de este método, con datos reales de los percances de vehículos de carga en México.

La Tabla 23 se realizó la suma de tipos de percances de los vehículos de carga del 2018, y de acuerdo con su fatalidad se definió el tipo de escenario. Esto se hizo con la información disponible, así los percances que no son fatales fueron considerados tolerables, debido a que afecta la integridad de alguna persona, los percances fatales se consideraron del tipo inaceptable por la pérdida humana, finalmente los

percances que solo indicaban daños se consideraron aceptables. La información fue obtenida de INEGI 2018.

**Tabla 23. Definición del tipo de Escenario**

Tipo de percance	Número de percances por vehículo de carga	Fatal Inaceptable	No fatal Tolerable	Solo daños Aceptable
Colisión con vehículo automotor	19,410	141	1,261	18,008
Colisión con peatón (atropellamiento)	366	60	306	0
Colisión con animal	37		4	33
Colisión con objeto fijo	4,288	11	139	4,138
Volcadura	802	32	143	627
Caída de pasajero	22	1	21	0
Salida del camino	558	20	43	495
Incendio	28	0	0	28
Colisión con ferrocarril	66	2	10	54
Colisión con motocicleta	871	45	383	443
Colisión con ciclista	203	19	113	71
Otro	512	3	13	496
<b>Total</b>	<b>27,163</b>	<b>334</b>	<b>2,436</b>	<b>24,393</b>

En la Tabla 24 se muestra el patrón de distribución de escenarios de los percances de carga en México en 2018, esto se obtuvo de la suma de los datos definidos como aceptables, tolerables e inaceptables y se obtuvo el porcentaje que representa cada uno de estos.

**Tabla 24. Patrón de Distribución de Escenarios de percances en México**

Zona de Aceptabilidad	Cantidad de escenarios	Distribución de los percances en México	Distribución Normal
Aceptable	24,393	89.80%	Mínimo el 60%
Tolerable	2,436	8.97%	Máximo el 30%
Inaceptable	334	1.23%	Máximo el 10%

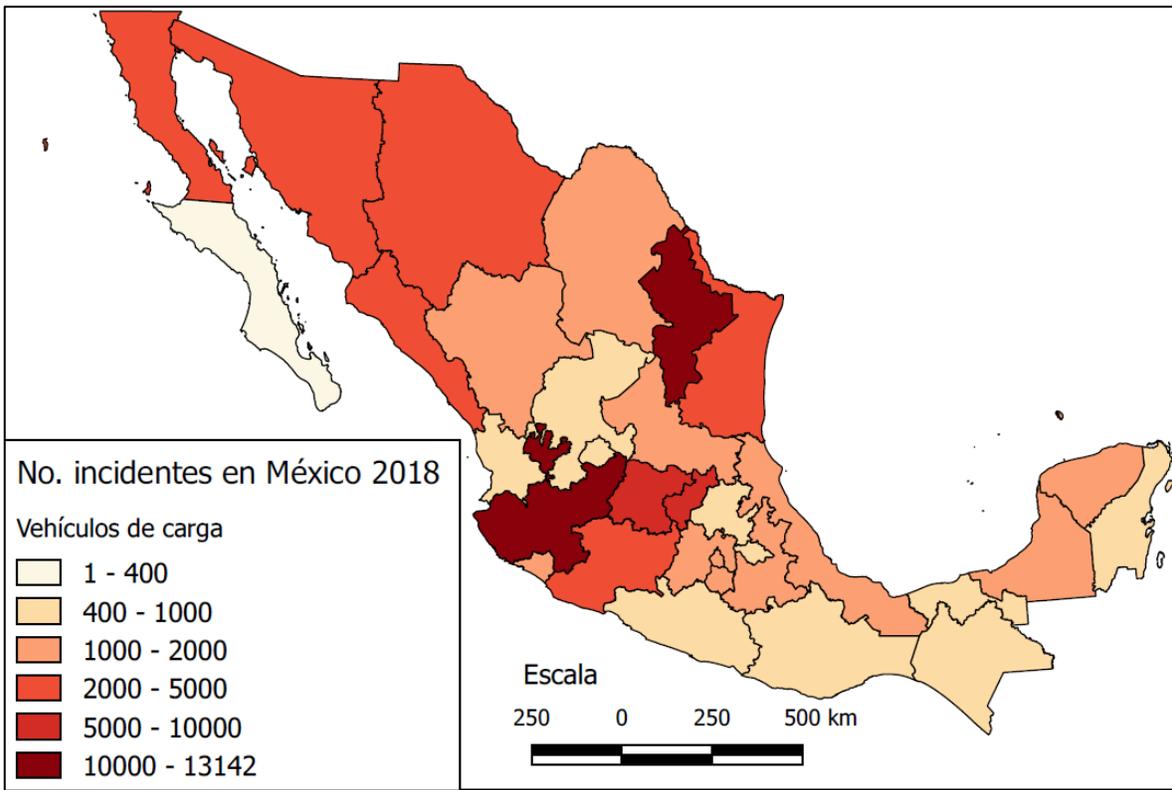
<b>Total</b>	<b>27,163</b>	<b>100.00%</b>	<b>100%</b>
--------------	---------------	----------------	-------------

En la distribución indicada en la Tabla 24 de los percances de vehículos de carga en México en el 2018, se observa una distribución ideal, debido a que se encuentra dentro del rango de este. Sin embargo, se debe desglosar aquellos percances que indican solo daños. Estos pueden ser daños de bajo costo o daños con pérdida de vehículo, carga y terceros, por lo cual cambiará de zona de aceptabilidad, esto quiere decir que el criterio de la empresa y la magnitud del percance determinará la zona de aceptabilidad. Por lo tanto, este análisis requiere mayor información para identificar las zonas de aceptabilidad de los percances, con el fin de obtener un análisis más real.

El mapa 6 muestra los incidentes de vehículos de carga sucedidos por estado, clasificados por colores. Este mapa se realizó utilizando los datos estadísticos de INEGI 2018 sobre incidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas, y utilizando el programa de QGIS 2.1826 para relacionar la tabla de datos con el mapa de la República Mexicana.

Se observa que existe un gran riesgo en los estados de Jalisco y Nuevo León, superando más de 10 mil incidentes anuales. Uno de los proveedores de ACU de la empresa caso de estudio se encuentra en el estado de Nuevo León, por lo cual se debe tomar precauciones y analizar las causas de esa ruta.

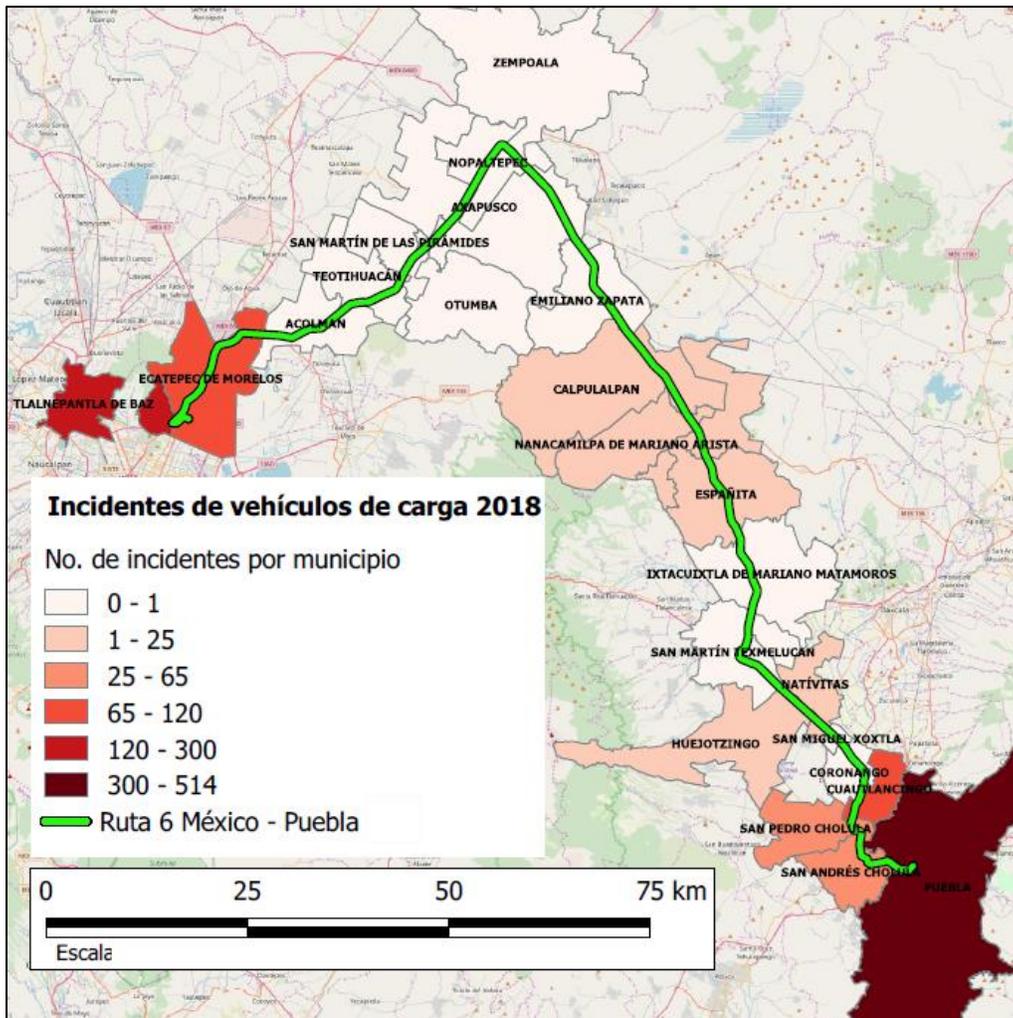
**Mapa 6. Incidentes de vehículos de carga en México en el 2018**



Para obtener mayor detalle de riesgos, amenazas en cada ruta, es necesario conocer las características del terreno, la topografía, la estabilidad de los taludes, las condiciones climáticas, las condiciones de la capa de rodadura del pavimento, las zonas inseguras, entre otras.

En el mapa 7 se observa los municipios que se encuentran en la ruta 6 México – Puebla, los cuales están representados por colores indicando los incidentes de vehículos de carga en el 2018. La ruta 6 está representada en color verde y los municipios por los que pasa son: San Martín Texmelucan, Españita, San Miguel Xoxtla, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Axapusco, San Pedro Cholula, Tepetitla de Lardizábal, Sanctórum de Lázaro Cárdenas, Teotihuacán, Nanacamilpa de Mariano Arista, Nativitas, Coronango, Zempoala, Nopaltepec, Huejotzingo, Puebla, Otumba, Cuautlancingo, Tlalnepantla de Baz, San Andrés Cholula, Ecatepec de Morelos, Emiliano Zapata, San Martín de las Pirámides, Acolman, y Calpulalpan.

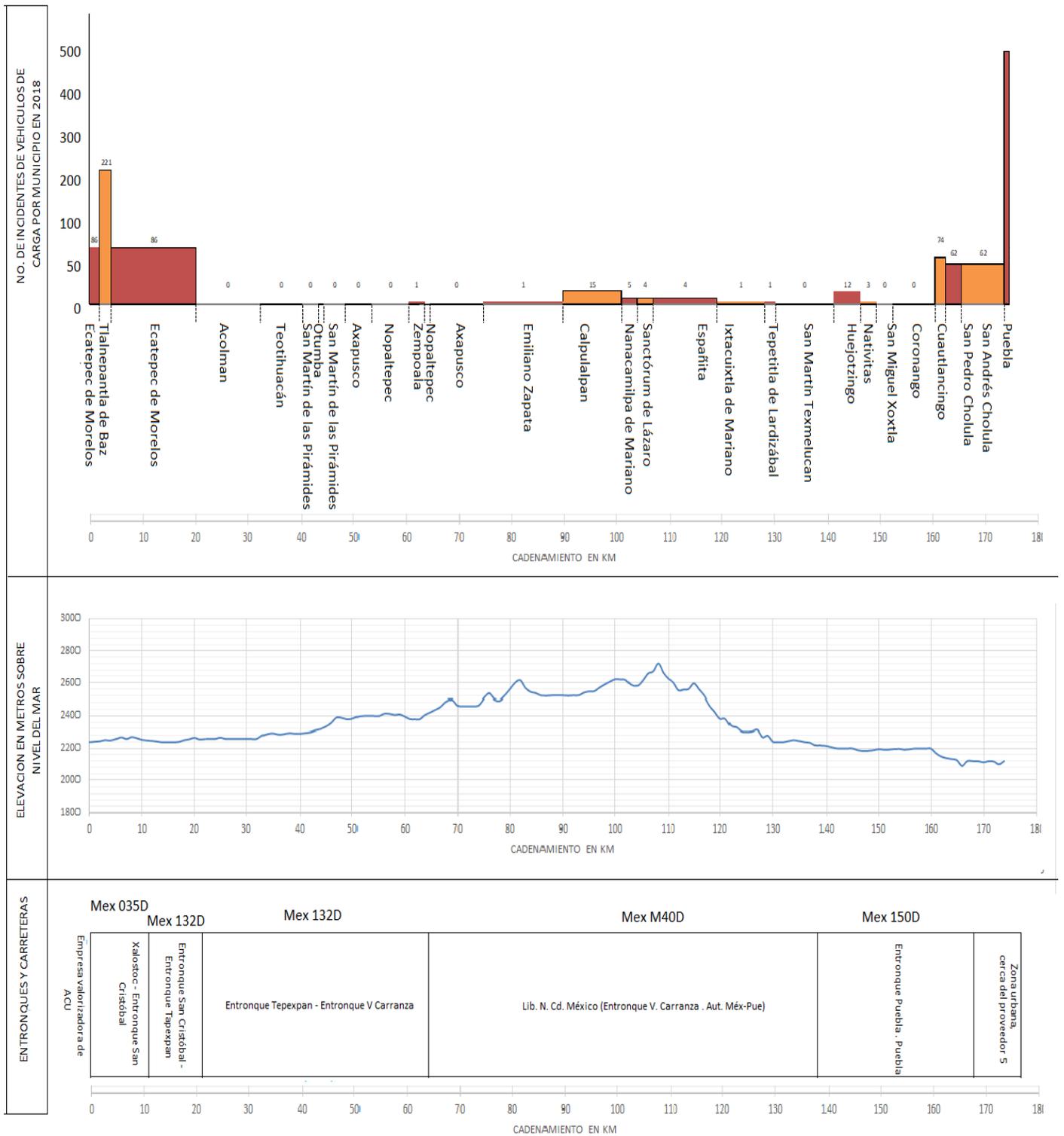
**Mapa 7. Incidentes de vehículos de carga por municipio de la ruta 6 en 2018**



A continuación, se analiza la Gráfica 2 de la ruta 6 para observar las relaciones que existen entre la topografía de la ruta, el índice de percances por municipio por las cuales se transita. Esta se elaboró con datos de INEGI, como son:

- Continuos de elevaciones mexicano, con el fin de obtener las curvas de nivel y su perfil topográfico, utilizando el programa Autocad Civil 3D y Global Mapper;
- Incidentes de vehículos de carga por municipio
- Información del marco geoestadístico de municipios de México

**Gráfica 2. Incidentes vehiculares de carga por municipio y perfil topográfico de los tramos carreteros de la ruta 6 en 2018**



### **4.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Derivado de los análisis del balance de costos y de riesgo, se presentan los siguientes resultados:

Las rutas de recolección de la empresa caso de estudio buscan modificar la ruta, sin embargo, debido a las restricciones de solo utilizar carreteras de cuota indicadas por la empresa no existe opción factible que proporcione beneficios o minimice costos.

Las rutas de recolección que no realizan la carga completa son: Ruta 2 que lleva acabo el vehículo tipo camión con un 94% de factor de carga y la Ruta 6 que efectúa el vehículo tipo camión con un factor de 70.5%

La ruta 6 de recolección de Xalostoc, Estado de México a Puebla es factible para implementar un almacén de consolidación de ACU siempre y cuando el almacén se localice en Puebla, en la zona donde se ubica el proveedor 5. La renta mensual del almacén se determinó en \$13,500 (Medios clasificados, 2019).

Los resultados indican que la factibilidad de integrar un almacén para la ruta 6, depende del costo del transporte del ACU, desde el lugar de localización del proveedor 5 hasta el almacén propuesto, deberá tener un costo menor a \$28,606.83 mensuales, ya sea este servicio lo proporcione el proveedor 5 o por otro transportista.

También se modifica el modo de transporte del ACU, en el traslado desde el almacén hasta la empresa caso de estudio, con el fin de reducir costos, ya que cada 5 meses se realizará un viaje con carga completa, utilizando el vehículo tipo pipa de 30 toneladas, en contraste con el modo de transporte actual que realiza un viaje por mes, con un camión de 8.5 toneladas de capacidad y un factor de carga 70.5%. desaprovechando prácticamente 30% de la capacidad de carga del camión en cada viaje.

Para el análisis de riesgo se identifican los riesgos más comunes que se presentan en la empresa caso de estudio o en cualquier otra empresa de transporte de carga.

Los riesgos más comunes son:

- Retraso de envío;
- Asociado al ACU;
- No llegue el envío.

Estos riesgos son afectados por diversas amenazas, la más frecuente en nuestro país es el robo, ya que los datos obtenidos de diversas fuentes así lo señalan. Por esta razón la empresa caso de estudio no pretende utilizar vías que sean menos seguras prefiriendo pagar por un recorrido más seguro mediante vías de cuota.

La falta de datos de percances en el transporte ocurridos en la empresa, así como, los detalles de los percances, no nos permitieron realizar el patrón de distribución de escenarios por lo cual, únicamente se identificó y describieron los riesgos frecuentes asociados a la empresa caso de estudio. Sin embargo, utilizamos datos de percances de vehículos de carga en México del 2018 para realizar las tablas de patrón de distribución. Para determinar el tipo de escenario se identificó que percance fue, ya sea fatal, no fatal o solo daños.

Los resultados indican que los percances de vehículos de carga están distribuidos de manera ideal, sin embargo, hace falta el criterio de la empresa de transporte en cada percance, ya que estos definen el tipo de escenario mediante el nivel de daños y el nivel de percances no fatales.

Por lo tanto, estos resultados solo abarcan el patrón de distribución en el perfil de riesgo humanos, y no considera la gravedad de los percances no fatales, puesto que no se indica en la información obtenida por INEGI.

Por otro lado, en la Grafica 2 se observa que los incidentes son frecuentes en el inicio y termino del recorrido de la ruta 6, esto es causado porque estas zonas son urbanas, ya que existe una mayor fricción en el transporte por la densidad vehicular. Mientras que en las zonas intermedias se observa que hay pocos incidentes derivado de que es una carretera de peaje, así como los municipios por los que debe transitar el vehículo de la ruta 6, son bajos o de nulos percances.

Los puntos mas elevados mostrados en esta gráfica demuestran un pequeño aumento de incidentes, sin embargo, son menores a 20 incidentes en el año 2018.

#### **4.4 RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO.**

Los análisis desarrollados en esta tesis podrían cambiar o satisfacer las necesidades de la empresa caso de estudio como la creación de un almacén considerando que el balance de costos se mantenga, es decir, que los costos de esta infraestructura no superen las pérdidas causadas por la recolección de ACU a carga semi completa en la Ruta 6. También, se debe verificar si se pueden adquirir proveedores frecuentes que maximicen la propuesta de almacén para aumentar los beneficios o minimizar el gasto.

Tomar en cuenta la información de las OLT para buscar alguna mejora en el desempeño de cada una de estas.

Recopilar información de los riesgos a los que está expuesto, es decir, llevar a cabo una bitácora para revisar incidentes sucedidos y realizar una base de datos con el fin de atender aquellos incidentes que son frecuentes en la empresa caso de estudio y reducir el impacto que puedan causar los incidentes transformándolos en perfiles de riesgo aceptables.

El alcance que tiene el ultimo análisis de riesgo es determinar otras relaciones que puedan ocasionar un riesgo al transportista, mediante datos de deslizamientos de taludes, tipo de carpeta asfáltica, las condiciones climáticas y demás información proporcionada por la empresa para contemplar las amenazas de otros factores, así mismo, se puede analizar las demás rutas de recolección.

## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados de la tesis han proporcionado una alternativa viable para maximizar la carga al 100% en la recolección de la ruta 6 y minimizando costos de transporte, estamos hablando del balance de costos el cual tiene la alternativa de implementar un almacén sin afectar el balance que existe en la empresa con los demás elementos que lo componen, para lo cual se requiere utilizar el vehículo tipo pipa realizando la recolecta del ACU cada 5 meses.

Se puede decir que se cumplió con el objetivo de analizar y encontrar una alternativa que proporcione veneficios en la recolección del ACU.

Los resultados que obtenga la empresa caso de estudio cuando ponga en práctica esta propuesta será lo que determine si la propuesta puede considerarse para otras empresas, determinará las fallas que tiene la propuesta y que conceptos no se consideraron o fueron inesperados.

El primer obstáculo para esta propuesta es financiarla, puesto que durante 5 meses se debe pagar el arrendamiento del almacén y los costos de transporte del ACU desde el proveedor al almacén.

Se puede aplicar este análisis en otras rutas de recolección de ACU que cuenten con el modo de transporte del camión de 8.5 toneladas, que la recolección sea fuera del estado de México, y realice una carga semi completa para maximizarla.

En el análisis de riesgo se concluyó que los accidentes en el transporte terrestre de materiales como ACU son eventos que pueden considerarse poco frecuentes; sin embargo, para un efectivo diseño de medidas para incrementar la seguridad es fundamental disponer de información detallada, precisa y suficiente sobre éstos, esto es, unidades de transporte, las características de carreteras y vías férreas, los volúmenes de tráfico, las consecuencias y otros aspectos relacionados, a partir de la cual se pueda realizar un análisis, comparar alternativas y vigilar el desempeño en términos cuantitativos.

Los registros o bases de datos sobre accidentes deben documentar las características particulares de cada uno de éstos, como el motivo del accidente, la

fecha y hora, etc., con las cuales se pueden clasificar, obtener la frecuencia y determinar el tipo de accidente, es decir, si son accidentes aceptables, tolerables o inaceptables.

Para las carreteras y vías férreas de México, no se dispone de información suficiente sobre accidentes y volumen de tráfico en el transporte de ACU.

El análisis de riesgo es una herramienta preventiva que sirve para determinar qué siniestro o evento no deseado es frecuente, por lo cual, se debe atender con el fin de que los impactos que pueda causar éste sean mínimos para la empresa de caso de estudio, así como a otras empresas de transporte, de acuerdo con la información contenida o disponible.

Su objetivo fue determinar y describir los riesgos asociados a la empresa caso de estudio, los cuales son: el riesgo por retrasos, el riesgo asociado a la carga, y el riesgo de que no llegue la carga a su destino.

Complementando el estudio se analizó los incidentes en el trayecto de la ruta 6, se concluyó que los incidentes se presentan con mayor frecuencia en el inicio y termino del recorrido, esto es causado porque estas zonas son urbanas, por lo cual existe una mayor fricción en el transporte por su densidad vehicular. Mientras que en las zonas intermedias se observó que hay pocos incidentes derivado de la carretera de peaje, es decir, tiene vigilancia y mayor mantenimiento, también los municipios por los que transita el vehículo de la ruta 6, prácticamente no tienen percances en la información del 2018.

Esta tesis aporta información para que empresas pertenecientes a una CSI logren generar mayores beneficios económicos y atiendan la problemática de la generación de RSU, valorizando mayor cantidad de residuos, especialmente el ACU.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Bedoya A., y Villalba, S. (2004). *Gerencia de riesgos en una empresa de transporte de carga masiva*. Revista Universidad EAFIT Vol. 40. No. 135. 2004. pp. 18-27,
2. CAPUFE, Dirección Técnica. (2004). *Gerencia de Instalaciones y Maquinaria, Tabla de rendimientos, combustible para vehículos, maquinaria y equipo de conservación 2004*. Anexo No. 5 [http://www.capufe.gob.mx/contenido\\_pw/normateca/normas/77\\_Bases\\_para\\_la\\_Administracion\\_del\\_Parque\\_de\\_Maquinaria\\_a\\_cargo\\_de\\_CAPUFE\\_dic\\_05/Anexo05.pdf](http://www.capufe.gob.mx/contenido_pw/normateca/normas/77_Bases_para_la_Administracion_del_Parque_de_Maquinaria_a_cargo_de_CAPUFE_dic_05/Anexo05.pdf)
3. Chopra, S., y Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro*. México: Pearson.
4. Crainic, T., y Laporte, G. (1997). *Planning models for freight transportation*. European Journal of Operational Research, ScienceDirect, Volumen 97, issue 3, 409-438.
5. El Economista. (2017). ¿Cuánto cuesta el derrame de BP a la naturaleza mexicana? <https://www.eleconomista.com.mx/internacionales/Cuanto-cuesta-el-derrame-de-BP-a-la-naturaleza-mexicana-20170424-0102.html>
6. Ellen Macarthur Foundation, M. & C. (2016). *Hacia una Economía Circular*. [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive\\_summary\\_SP.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf)
7. Gaceta Oficial del Distrito Federal (2003). *Reglamento de Residuos Sólidos del Distrito Federal*.
8. Gaceta Oficial del Distrito Federal (2015). *Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-024-AMBT-2013*.
9. González, I., y González, J. (2015). *Aceites usados de cocina. Problemática ambiental, incidencia en redes de saneamiento y coste del tratamiento de depuradoras*. <http://residusrecursos.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>

10. Gredson, N. (2017). *Logistics at Work: Trucks, Containers and the Friction of Circulation in the UK*, Department of Geography, Durham University, Durham, UK
11. Heredia, T. (2017). *Diferencia entre carga consolidada (LTL) y camión completo (FTL)*, Blog Innovación Logika de Transporte, S.A. de C.V. <http://blog.innovacionlogika.com/blog/diferencia-entre-modalidad-de-carga-consolidada-ltl-y-cami%C3%B3n-completo-ftl>
12. INEGI. (2017). *Estadísticas de accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas*.
13. INEGI. (2018). *Estadísticas de accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas*
14. Jiménez, J. E., y Jiménez, J. (2016). *Logística de Autotransporte de Carga: Estrategia de Gestión*. IMT. Publicación Técnica No. 483. Sanfandila, Qro. México. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt483.pdf>
15. Jiménez, J. E., Martínez, L. E., y De la Torre, M. E. (2009). *Apertura transfronteriza del autotransporte de carga: un análisis exploratorio de posibles escenarios*. IMT. Publicación Técnica No. 321. Sanfandila, Qro. México. <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt321.pdf>
16. López, J. (2010). *Tesis Incorporación de logística inversa en la Cadena de Suministro y su influencia en la estructura organizativa de las empresas*. Universidad de Barcelona. Barcelona, España. [http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1493/03.JLP\\_3de10.pdf;sequence=4](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1493/03.JLP_3de10.pdf;sequence=4)
17. Medios Clasificados (2019). *Nave Industrial / Bodega en Puebla*, Lamudi [www.lamudi.com.mx/industria-almacen/puebla](http://www.lamudi.com.mx/industria-almacen/puebla)
18. Norma Oficial Mexicana NOM-006-SEGOB-2015. (2015). *Tsunamis.- Características y especificaciones de prevención, alertamiento y evacuación*.
19. Norma Oficial Mexicana NOM-009-SEGOB-2015. (2015). *Medidas de previsión, prevención y mitigación de riesgos en centros de atención infantil en la modalidad pública, privada y mixta*.

20. Reyes, A., Medina, E., y Sánchez, B. (2018). Caracterización de cadenas de suministro inversas, el caso de una cadena para el manejo del aceite comestible usado, Memorias de las sesiones técnicas del 6° congreso internacional de logística y cadena de suministro, AML, CDMX, pp. 469-474.
21. Rivera, R. (2002). *Metodologías para la evaluación de riesgo en el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos*. CENAPRED, Informes Técnicos
22. Robusté, F. (2005). *Logística del Transporte*. Catalunya, España: Ediciones UPC.
23. Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (2018). *Aplicación traza tu ruta* [http://app.sct.gob.mx/sibuac\\_internet/ControllerUI?action=cmdEscogeRuta](http://app.sct.gob.mx/sibuac_internet/ControllerUI?action=cmdEscogeRuta)
24. SEDEMA. (2017). *Inventario de Residuos Sólidos Ciudad de México 2016*.
25. Soret, I. (2006). *Logística y marketing para la distribución comercial*, tercera edición. ESIC.
26. Stevens, G. C. (2007). *Integrating Supply Chain*, Semantic Scholar. Emerald Backfiles 2007. <https://pdfs.semanticscholar.org/792f/f5a74aac0672b52805198942a6051fd0caf1.pdf>
27. Total lubricants. (2016). *¿Qué diferencia hay entre la carretera de cuota y la libre?* <https://blog.total.com.mx/que-diferencia-hay-entre-la-carretera-de-cuota-y-la-libre/>
28. Vargas, E. (2018), *Las 10 zonas de alto riesgo de robo de carga en México*, Revista Transportes y Turismo <https://tyt.com.mx/noticias/las-10-zonas-de-alto-riesgo-de-robo-de-carga-en-mexico/>