



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA DE SISTEMAS – PLANEACIÓN**

**CARACTERIZACIÓN DE OPERACIONES LOGÍSTICAS DE ADQUISICIÓN DE RESIDUOS  
SÓLIDOS URBANOS VALORIZABLES EN EL CONTEXTO DE MERCADOS EMERGENTES**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**DOCTOR EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:**  
**M.I. JAVIER GÓMEZ MATURANO**

**TUTOR PRINCIPAL**  
**DR. BENITO SÁNCHEZ LARA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA.**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR**  
**DR. TOMÁS BAUTISTA ODÍNEZ,**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA.**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**DR. MIGUEL GASTÓN CEDILLO CAMPOS**  
**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., ENERO DE 2024**



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.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: DR. BAUTISTA GODINEZ TOMÁS

Secretario: DRA. ELIZONDO CORTÉS MAYRA

1 er. Vocal: DR. SÁNCHEZ LARA BENITO

2 do. Vocal: DR. CEDILLO CAMPOS MIGUEL GASTÓN

3 er. Vocal: DR. GARCÍA VILLANUEVA LUIS ANTONIO

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO

**TUTOR DE TESIS:**

DR. SÁNCHEZ LARA BENITO

-----  
**FIRMA**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

Deseo dedicar este trabajo a mi familia que ha sido un apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida, me han motivado siempre para mejorar y crecer. A mis padres, que descansan en paz, pero que con su ejemplo y amor me acompañan y guían. A mis hijas, que quiero tanto, ellas son el motor de mi vida que me impulsa a seguir adelante.

Agradezco a Dr. Benito Sánchez Lara, mi tutor principal, a los integrantes de mi comité tutor, Dr. Tomás Bautista Godinez y Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos y a los integrantes del Jurado, Dra. Mayra Cortés Elizondo y Dr. Luís Antonio García Villanueva, por compartir conmigo todo su conocimiento y experiencia de manera incondicional siempre que así lo necesité. Su valioso acompañamiento en este proceso ha sido vital para la ejecución de este y otros proyectos que hemos desarrollado.

Finalmente agradezco al El Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de doctorado.

## Contenido

GLOSARIO DE SIGLAS .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
Capítulo 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
I CONTEXTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	4
1.- El modelo de economía lineal y la generación de residuos .....	4
2.-Impactos medioambientales, económicos y sociales de la gestión de RSU .....	8
3.- Valorización de materiales de los RSU mediante cadenas de suministro inversas .....	10
4.-Marco Normativo para las CSI que valorizan RSU.....	14
5.- Valorización de RSU mediante CSI y desarrollo sustentable .....	16
6.- Mercados emergentes de RSU y negocios en la base de la pirámide social.....	19
7.- La función de adquisición de RSU en CSI de mercados emergentes.....	21
II.- PROBLEMÁTICA DE LA ADQUISICIÓN DE RSU VALORIZABLES .....	25
1.- Entorno transaccional y contextual de la función de adquisición.....	27
2.- La adquisición no sustentable de RSU .....	32
III PROBLEMA, PREGUNTAS Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	36
1.- Problema de Investigación.....	36
2.- Preguntas de investigación .....	37
3.- Objetivos de la investigación .....	37
4.- Hipótesis de trabajo .....	38
IV JUSTIFICACIÓN, RESULTADOS ESPERADOS Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
1.- Importancia del desarrollo de la investigación .....	38
2.- Resultados esperados .....	41
3.- Alcances de la investigación .....	42
Capítulo 2.- MARCO CONCEPTUAL .....	44
I.- ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	44
1.- Logística inversa y cadena de suministro inversa .....	45
2.- Problemas abordados en cadena de suministro inversa .....	47
3.- Líneas de trabajo en CSI que valorizan RSU .....	50
II.- BASES CONCEPTUALES .....	57
1.-Cadenas de suministro de ciclo cerrado e inversa.....	57
2.- Economía lineal, economía circular y cadenas de suministro .....	59
3.- Gestión de RSU y economía circular .....	62
4.- Gestión sustentable de la CSI .....	68

5.- Desagregación funcional de la CSI-RSU.....	72
6.-Desagregación funcional del sistema de gestión de la CSI-RSU .....	72
7.- Sistema de propósitos para la gestión sustentable de CSI-RSU.....	75
8.- Desagregación funcional del sistema conducido en la CSI-RSU.....	79
9.- Operaciones Logísticas de Adquisición de RSU .....	81
10.- Identificación de agentes de la CSI.....	83
11.- Identificación de <i>stakeholders</i> de la CSI .....	85
<b>Capítulo 3.- MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>88</b>
<b>I.- MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>88</b>
1.- Modelo conceptual para la caracterización de OLA-RSU .....	88
2.- Diseño conceptual de los instrumentos para caracterizar OLA-RSU .....	94
<b>II.- ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>97</b>
1.- Diseño de la estrategia de investigación .....	98
2.- Definición de la zona de estudio .....	101
3.- Ubicación de centros de acopio y centros de transferencia .....	102
4.- Análisis geoespacial del entorno de las OLA-RSU.....	111
5.- Estudio de operaciones logísticas de adquisición en un conjunto de CA y CT (casos) .....	117
6.- Caracterización de las operaciones logísticas de adquisición.....	125
<b>Capítulo 4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>128</b>
<b>I. Caracterización de las operaciones logísticas de adquisición de RSU en Nezahualcóyotl .....</b>	<b>128</b>
1.- La recolección de RSU valorizables en Nezahualcóyotl.....	133
2.- El almacenamiento temporal de RSU valorizables en Nezahualcóyotl .....	145
3.- El transporte de RSU valorizables en Nezahualcóyotl.....	163
4.- La Transferencia de RSU valorizables en Nezahualcóyotl.....	175
5.- El manejo de materiales de RSU valorizables en CA en Nezahualcóyotl.....	177
<b>II. Caracterización del entorno en que se desarrollan las OLA-RSU .....</b>	<b>181</b>
1.- Intensidad de OLA-RSU en la ZMVM.....	181
2.- Centros generadores de RSU y clústeres de adquisición en la ZMVM. ....	187
3.- Variables sociales de los AGEB y localización de CA.....	194
4.- Intensidad de actividades económicas y localización de CA .....	196
5.- Porcentaje de pobreza de la población y localización de CA .....	198
6.- Caracterización del Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México. ....	203
<b>III. Discusión de resultados .....</b>	<b>211</b>
<b>Capítulo 5.- CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>218</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>227</b>

<b>ANEXO 1.- Documentos de la revisión.....</b>	<b>227</b>
<b>ANEXO 2.- Diseño conceptual de los instrumentos de observación sistemática para caracterizar las OLA-RSU .....</b>	<b>229</b>
<b>ANEXO 3.- Instrumentos para la observación sistemática de las OLA-RSU.....</b>	<b>233</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>282</b>

## **GLOSARIO DE SIGLAS**

<b>AGEB:</b>	Áreas Geoestadísticas Básicas
<b>AMAI:</b>	Asociación Mexicana de agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión
<b>BOP:</b>	Base de la pirámide social, por sus siglas en inglés
<b>CA:</b>	Centro de Acopio
<b>CdMx:</b>	Ciudad de México
<b>CS:</b>	Cadena de Suministro tradicional
<b>CSCC:</b>	Cadena de Suministro de ciclo cerrado
<b>CSI:</b>	Cadena de Suministro Inversa
<b>CT:</b>	Centro de Transferencia
<b>DENUE:</b>	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
<b>DS:</b>	Desarrollo sustentable
<b>EC:</b>	Economía Circular
<b>GCS:</b>	Gestión de la Cadena de suministro
<b>IDH:</b>	Índice de Desarrollo Humano
<b>LI:</b>	Logística Inversa
<b>NSE:</b>	Nivel Socio Económico
<b>MEL:</b>	Modelo de Economía Lineal
<b>OLA:</b>	Operaciones Logísticas de Adquisición
<b>RAEE:</b>	Residuos eléctricos y aparatos electrónicos
<b>RSU:</b>	Residuos Sólidos Urbanos
<b>SIG:</b>	Sistemas de Información Geográfica
<b>SUN:</b>	Sistema Urbano Nacional
<b>UE:</b>	Unidades Económicas
<b>ZMVM:</b>	Zona Metropolitana del Valle de México



## **INTRODUCCIÓN**

Este trabajo está integrado por cinco capítulos en los que se reporta la investigación documental y empírica desarrollada desde enero de 2017 hasta enero de 2021. En el Capítulo 1 se presenta el planteamiento del problema de investigación, partiendo de una contextualización, que, si bien podría ser muy amplia, busca clarificar las particularidades de la investigación situándola de la forma más precisa que pudo el autor. La contextualización inicia estableciendo la relación entre generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y modelo de producción lineal, seguida de los impactos medioambientales, económicos y sociales del manejo inadecuado de RSU, principalmente en áreas urbanas. La valorización de materiales de los RSU mediante cadenas de suministro inversas (CSI) es la menos deseable de las opciones del manejo sustentable de residuos y de la economía lineal; pero es tal vez, la única opción aplicable en el mediano plazo en los mercados emergentes. El Marco Normativo para las CSI que valorizan RSU divide la operación en formal e informal y al revisarlo se puede entender el por qué en México las redes de valorización de RSU operan principalmente en la informalidad. Las implicaciones sustentables de la valorización de RSU en mercados emergentes sitúa finalmente el contexto en el que se desarrolla la investigación haciendo hincapié en las grandes implicaciones del contexto en la forma operativa que toman las CSI en México y cómo los grupos en la base de la pirámide social se involucran.

La segunda parte del Capítulo 1 se concentra en la problemática de la adquisición de RSU valorizables para el desarrollo sustentable de áreas urbanas en mercados emergentes. Se presenta la función de adquisición en CSI como sistema de interés. La presentación del entorno transaccional y contextual de la función de adquisición pretende destacar la importancia de las condiciones del entorno en las Operaciones Logísticas de Adquisición (OLA) y cómo es que la inclusión de estas características en el estudio de las operaciones es un elemento diferenciador de la presente investigación. La parte esencial del Capítulo 1 es la presentación del problema de investigación, la pregunta general de investigación y las preguntas auxiliares, los objetivos de la investigación y la hipótesis de trabajo. Al final del capítulo se recapitula sobre los elementos que justifican la investigación, aunque la mayoría de ellos se exponen en el apartado de contextualización.

En el Capítulo 2 se presenta el marco conceptual de la investigación, el cual da soporte a los términos empleados en este trabajo y provee una visión del mundo para la interpretación de los fenómenos bajo estudio. La primera sección del capítulo son los antecedentes del problema, los cuales deben leerse como los estudios e investigaciones hechas por otros autores y que se aproximan a las OLA de RSU valorizables. Los estudios de logística inversa y CSI se abordan en la sección uno, también se

presenta una estructuración de los problemas abordados en la CSI y las líneas de trabajo que incluyen la valorización de RSU.

La base conceptual se presenta en la segunda sección del Capítulo 2. El andamiaje de la investigación inicia con la conceptualización de los términos cadena de suministro de ciclo cerrado y CSI. Los términos de economía lineal, economía circular y cadenas de suministro también son precisados en esta segunda sección. Muy importante es la conceptualización que se hace de la gestión de RSU y por qué conceptualmente la presente investigación no puede inscribirse en esta línea de trabajo. El término de desarrollo sustentable y sus enfoques es uno de los términos más difíciles de precisar y aunque no se reporta una exhaustiva discusión del término, si se precisan sus implicaciones y uso en la presente investigación.

La desagregación funcional de CSI que valoriza RSU se presenta en el último punto del Capítulo 2, siendo un ejercicio de aplicación del enfoque de sistemas para modelar el sistema conceptual que se estudia en esta investigación: OLA. Se incluye en esta construcción sistémica: una desagregación funcional del sistema CSI de RSU; identificación del sistema de propósitos para la gestión sustentable de CSI-RSU; una desagregación funcional del sistema conducido en la CSI-RSU; conceptualización de las OLA de RSU; identificación de agentes de la CSI; identificación de *stakeholders* considerando como criterios los entornos contextual y transaccional de la CSI y tres dimensiones de sustentabilidad: económica, medioambiental y social. Uno de los productos más importantes del marco conceptual es un modelo conceptual de los atributos de sustentabilidad de las OLA, marco conceptual de los instrumentos de observación presentados en el capítulo 3.

En el Capítulo 3 se presenta la base metodológica sobre la cual se diseñó la estrategia de investigación formulada para dar respuesta a las preguntas de investigación. La base metodológica de este trabajo está fuertemente influenciada por el paradigma positivista y post positivista, al ser este un estudio predominantemente descriptivo. Sin embargo, ello no implica que se caigan en especulaciones ni que se limite el análisis de resultados a la descripción pura de los hallazgos. La estrategia de investigación se apoya del método observacional empleando diversas técnicas para la recogida de datos, tales como la observación sistemática, los cuestionarios estructurados y el análisis documental de bases de datos gubernamentales. La estrategia de investigación incluye tanto elementos cualitativos como cuantitativos que permiten el estudio de las OLA-RSU y su contexto en un punto en el tiempo, pero que también permiten hacer comparaciones con sus condiciones en periodos anteriores.

Para presentar el marco metodológico en que se formula la estrategia de investigación, en la primera parte de este capítulo se discuten ocho elementos metodológicos que permitieron el diseño de la estrategia de investigación seguida en este trabajo. El método observacional y sus técnicas empleadas en este trabajo se presentan en el tercer capítulo, también se discute la importancia del uso de sistemas de información geográfica, lo que, si bien no es una práctica común en el campo de la gestión de la cadena de suministro, es uno de los elementos diferenciadores de la presente investigación. Para el análisis de las OLA-RSU *in situ* se presenta un marco de análisis soportado en los estudios de sustentabilidad y en la selección de casos específicos, principalmente por el criterio de conveniencia. La importancia de la revisión de la literatura en la fundamentación metodológica se discute al final de la primera sección del tercer capítulo.

La parte medular del Capítulo 3 es la presentación de los elementos de la estrategia de investigación, la cual se constituye por siete etapas: definición de la zona de estudio; ubicación de centros de acopio y centros de transferencia; análisis geoespacial; estudio de las OLA en un conjunto de casos; referente sustentable para las OLA; valoración de la sustentabilidad de las OLA. Cada uno de estos elementos se discute detalladamente.

El Capítulo 4 es la integración de resultados tanto de la observación sistemática en campo y virtual de las OLA como del análisis de bases de datos del INEGI sobre RSU y unidades económicas enfocadas a la adquisición de estos, empleando principalmente sistemas de información geográfica. En este capítulo se presentan y discuten los resultados de la investigación. El capítulo tiene tres secciones, en la primera se presenta la caracterización de las OLA de RSU. En la segunda, las características de la zona donde se ubican los centros de acopio y centros de transferencia. Se describen las OLA que se realizan en los Centros de Acopio del municipio de Nezahualcóyotl, identificando agentes, condiciones en las que se desarrollan y sus impactos. La tercera sección del capítulo 4 se concentra en la discusión de los resultados.

# Capítulo 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## I CONTEXTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO

### 1.- El modelo de economía lineal y la generación de residuos

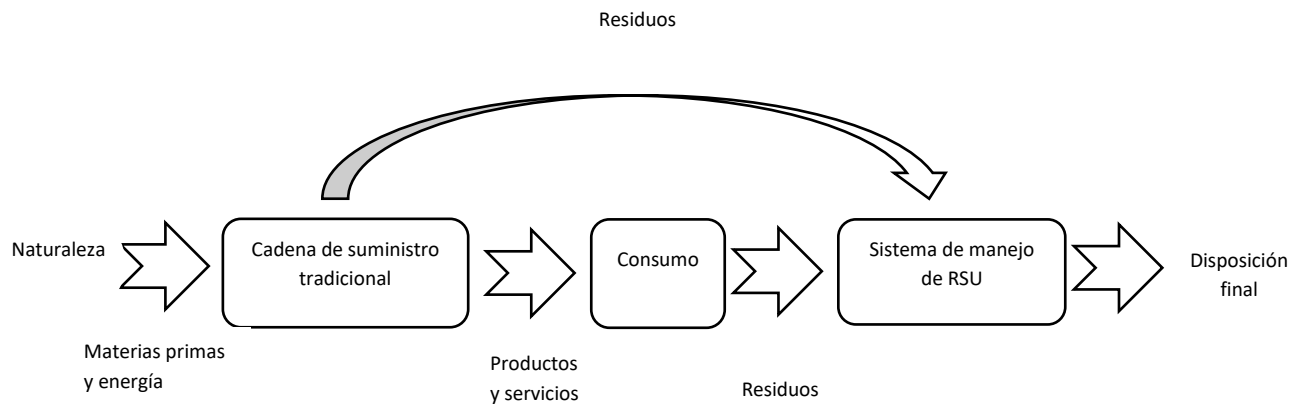
En esta parte del trabajo se argumenta sobre el modelo de producción y el flujo de materiales y energía que explica el acelerado incremento en las tasas de generación de RSU en el mundo.

Los RSU deben comprenderse como el resultado de la interacción de las sociedades con sus ecosistemas, los RSU son un reflejo de los modelos sociales, de sus estructuras productivas, reproductivas y relaciones de poder (Solíz, 2017). Iniciar el estudio de los RSU dejando de lado la forma en que se producen y su relación con el modelo de producción y consumo es un error que impide su contextualización. Por ello es fundamental:

*“...reconocer que la basura es resultado de la relación dialéctica entre las sociedades y sus naturalezas, y que por ende es un espejo del tipo de modelo de extracción, transformación, distribución y consumo, dando cuenta a su vez, de los contextos sociohistóricos en los que gesta, de la equidad o inequidad de estos modelos y de las relaciones de poder.”* (Solíz, 2017: pág. 26)

Como resultado del crecimiento de los sistemas productivos y de la acumulación del capital, es cada vez mayor el volumen de RSU de todo tipo. Esto refleja el gasto excesivo o en el subconsumo de mercancías, lo que constituye parte del motor del capitalismo (Acosta y Martínez, 2017). Alrededor de 65 mil millones de toneladas de materias primas vírgenes ingresaron al sistema económico en 2010, y se estima que esta cifra aumente y llegue a 82 mil millones de toneladas en 2020 (GRI, 2015).

La generación de enormes cantidades de desechos de envases, empaques, embalajes, de productos al final de su vida útil o al final de su uso y otros materiales derivados del consumo masivo, es resultado del modelo económico. Este modelo consiste en producir-consumir-desechar y también se conoce como economía lineal (GRI, 2015). El Modelo de Economía Lineal (MEL) ilustrado en la **Figura 1.1.1** extrae de la naturaleza las materias primas necesarias para producir bienes y servicios destinados a satisfacer las necesidades de la población. Las Cadenas de Suministro tradicionales (CS) se encargan del flujo físico de materiales, desde las fuentes de materias primas hasta el consumidor final (Chopra, Meindl & Kalra, 2013). Toda actividad de consumo genera algún tipo de residuo (SEMARNAT, 2016). Los materiales de desecho ingresan a los sistemas de manejo de RSU, que se encargan de llevarlos a disposición final (GRI, 2015).



**Figura 1.1.1.-** Sistema productivo basado en un MEL

El volumen de RSU generados bajo este modelo seguirá creciendo. El Banco Mundial (2016) señala que en 2012 se generaron 130 millones de toneladas de RSU en las principales ciudades del mundo, en 2016 la cifra aumentó a 2010 millones de toneladas y se estima que en los próximos 30 años se generarán 3400 millones de toneladas (Kaza, Yao, Bhada-Tata & Van Woerden, 2018).

Bajo un MEL, la CS se encarga de la producción de bienes y servicios orientados al consumo, tomando de la naturaleza materia y energía necesarias para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente (**Figura 1.1.1**). Esta producción, al tener tasas de eficiencia reducida, genera residuos a lo largo de sus fases productivas: parte importante de las materias primas que ingresan al sistema productivo serán desechadas a lo largo del ciclo de producción-consumo en forma de residuos (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Por ejemplo, en Europa, se estima que el reciclaje de materias y la recuperación de energía basada en residuos capturan sólo el 5% del valor original de las materias primas, mientras que el 31 % de los alimentos se desechan a lo largo de la CS (Ellen MacArthur Foundation, 2016).

Una vez que llega el final de la vida útil del producto, se convierte en un residuo destinado al desecho por su poseedor, constituyendo un desperdicio de recursos con altos impactos en los entornos económico, medioambiental y social. Una vez que el producto se desecha, ingresa a un sistema de manejo de RSU para conducirlo a disposición final (tiraderos a cielo abierto o rellenos sanitarios) que es manejado principalmente por autoridades municipales (LGPGIR, 2021).

Visto como un proceso, el MEL toma como insumos las materias primas extraídas de su entorno natural y devuelve RSU (**Ver Figura 1.1.1**). Las visiones progresistas de este modelo se concentran en un ciclo de vida parcial del producto, en la que los materiales fluyen de la “cuna a la tumba”

(Foolmaun & Ramjeeawon, 2013) mediante dos grandes sistemas que sirven a esta lógica de producción: las cadenas de suministro tradicionales (Chopra, Meindl & Kalra, 2013) y los sistemas de gestión de RSU (Bing, Bloemhof, Ramos, Barbosa-Povoa, Wong & van der Vorst, 2016).

La extracción de materiales –que han tardado siglos en constituirse– se realiza a velocidades vertiginosas con una creciente pérdida de energía, rompiendo los ciclos naturales y acumulando montañas de desechos que no alcanzan a reintegrarse a los procesos metabólicos del planeta (Acosta y Martínez, 2017). Por ejemplo, el 70% de los RSU generados en la Ciudad de México (CdMx), se envía a disposición final, sin ningún tipo de tratamiento (SEDEMA, 2016). En los últimos 200 años, las tasas de crecimiento económico, cercanas al 2%, a nivel mundial, han roto las raíces materiales del MEL y desfasado su tasa de intercambio con la naturaleza (Acosta y Martínez, 2017) haciendo insostenible dicho modelo de producción. Esto significa que el MEL consume más recursos de los que la naturaleza puede producir.

El MEL, de aparente crecimiento infinito, ha roto el equilibrio interno del medio ambiente. El equilibrio de la Naturaleza se da cuando el residuo de una actividad productiva podría ser el recurso para otro uso provechoso: los frutos que tira un árbol se desperdician en el suelo, pero en realidad constituyen nutrientes para insectos rastreros y microorganismos. Sin embargo, con el MEL, la acelerada acumulación de RSU despoja a la naturaleza de su poder generador y regenerador (Acosta y Martínez, 2017). Actualmente el ritmo de consumo de recursos naturales es 1.5 veces más rápido que lo que la naturaleza tarda en renovarlos (PNUMA, 2015).

La rápida aceleración de las economías de consumo y extractivas observada desde mediados del siglo XX, se ha realizado bajo el MEL. Esto ha afectado el diseño y operación de las empresas, provocando un crecimiento exponencial de factores externos negativos (GRI, 2015). Este modelo es una expresión de los absurdos económicos, sociales y medioambientales de la forma de producir y consumir que caracteriza al capitalismo (Paz-Miño y Martínez-Alier, 2017).

Hoy en día parece tan natural el desperdicio de materia y energía en las actividades de consumo, que se cuestiona muy poco el modelo responsable de dicho desperdicio. La generación de RSU parece inherente al modelo de producción dominante, SEMARNAT (2016) así lo reconoce:

*“La producción y el consumo de bienes y servicios generan inevitablemente algún tipo de residuos. Éstos pueden ser sólidos (ya sea de naturaleza orgánica o inorgánica), líquidos (que incluyen a los que se vierten disueltos como parte de las aguas residuales) y los que escapan en forma de gases” (pág. 431).*

Cuando se habla de RSU, generalmente se presta poca atención al MEL responsable de su generación. La literatura de RSU consultada suele explicar el acelerado crecimiento en las tasas de generación de RSU a partir del desarrollo urbano, el crecimiento poblacional y el ingreso, dejando de lado el MEL a partir del cual se producen estos RSU. El Banco Mundial señala que el incremento en la generación de RSU está impulsado por la urbanización y el crecimiento poblacional (Kaza et al., 2018). SEMARNAT (2016) coincide al señalar que el aumento en la generación de RSU en áreas urbanas es resultado principalmente del crecimiento urbano, el desarrollo industrial, las modificaciones tecnológicas y el gasto de la población, señalando incluso que los RSU son producto de cualquier actividad de producción-consumo. Fujii, Fujita, Ohnishi, Yamaguchi, Yong & Park (2014) señalan que los cambios en la generación de RSU obedecen principalmente a cambios poblacionales y niveles de ingreso.

En el MEL, el consumo constante y el desecho subsecuente constituyen la base del funcionamiento económico, así lo señala Paz-Miño y Martínez-Alier (2017):

*“La acumulación geométrica de capital necesitó desde su nacimiento el fuelle del consumo para reproducirse. Para que los dueños de las grandes empresas acumulen, son necesarios ejércitos de consumidores que sigamos comprando, cada familia de acuerdo con sus posibilidades, lo importante es que cambiemos de modelos, que desechemos los artículos cuya obsolescencia ha sido inteligentemente programada para mantenernos en la línea del consumo y seguirnos haciendo “felices”.” (Pág. 2).*

La conciencia social y política se ha desarrollado muy poco pese al conocimiento de los impactos medioambientales y sociales negativos de las actividades industriales. La documentación de casos de afectación al medio ambiente y de irresponsabilidad social ha afectado muy poco la reputación de corporaciones multinacionales como Wal-Mart, Nike, Gap, H&M y Mattel (Varsei, Soosay, Fahimnia & Sarkis, 2014). Distribuidores de ropa y calzado como Nike, Disney, Levi's, Strauss, Bennetton, Adidas o C&A han sido señalados por las condiciones inhumanas de trabajo de sus manufactureras o por la contaminación del ambiente local que provocan, pese a ello siguen siendo marcas líderes en su ramo (Seuring & Müller, 2008).

En años recientes el MEL ha comenzado a cuestionarse. Las leyes de responsabilidad extendida de fabricantes de equipos originales están modificando la configuración de las CS, al reconocer la responsabilidad de los fabricantes en la generación de residuos. Las leyes de responsabilidad extendida que se aplican en algunos países europeos y asiáticos obligan a los fabricantes a recuperar

aquellos equipos que han llegado al final de su vida útil; similares regulaciones se aplican en Japón, Corea y Nueva Zelanda (Schröter & Spengler, 2005). El impacto de la legislación de recuperación de residuos en Europa y Alemania ya regula la generación de residuos de computadoras, televisores, baterías de automóviles, envases de vidrio, aluminio y de papel (Lebreton, 2007) constituyendo un estímulo para la adopción de esquemas de recuperación de RSU e internalizando los costos asociados a su manejo. En la industria automotriz de la Unión Europea, donde la normatividad obliga a los fabricantes de automóviles a organizar redes de recolección de los vehículos al final de su vida útil (Cruz-Rivera & Ertel, 2010). Además, en muchos países se aplican medidas económicas y mecanismos legislativos para presionar a los fabricantes a asumir la responsabilidad de la recuperación del producto usado. Por ejemplo, la directiva de la Unión Europea sobre RSU de equipos eléctricos y electrónicos ha introducido la responsabilidad extendida del productor a los fabricantes de productos eléctricos y electrónicos en el mercado europeo, que especifica sus responsabilidades en la recolección y el reciclaje (Yu & Solvang, 2016).

El MEL debería estar en la mesa del debate para alcanzar un desarrollo sustentable, en este debate el propósito y alcance de las CS y la gestión de RSU son puntos nodales. En esta sección se cuestionó el papel del MEL en la generación de RSU. El problema de la recuperación de los RSU del flujo convencional de la cuna a la tumba, característico del MEL, constituye la piedra angular para la disrupción entre linealidad y circularidad de los modelos productivos.

## **2.-Impactos medioambientales, económicos y sociales de la gestión de RSU**

En este apartado se abordan los impactos de la gestión adecuado de los RSU en las dimensiones medioambiental, social y económica, ocasionados principalmente en áreas urbanas. La mitigación de la contaminación medioambiental derivada de la gestión inadecuada de los RSU es uno de los principales retos que deben resolver las grandes ciudades en el mundo, principalmente aquellas ciudades de países emergentes como México. Para ello, en este apartado se reconocen cuáles son esos impactos. La reducción de desechos se ha convertido en una preocupación principal en los países de mayor desarrollo, por ejemplo, la directiva de la Unión Europea que obliga a todos los Estados miembros a establecer la colección de papel, plástico, metal y vidrio desde 2015 y reutilizar y reciclar el 50% de los materiales reciclables de los hogares para 2020 (Kinobe, Gebresenbet & Vinnerås, 2012).

El auge industrial del siglo pasado, y su MEL, caracterizado por altas y crecientes tasas de producción y consumo en áreas urbanas, ha gestado un sistema de problemas asociado al manejo y disposición



de grandes volúmenes de RSU. Una de las cuestiones más importantes en el mundo contemporáneo es el crecimiento significativo de la producción de RSU, incluidos los RSU que no son de naturaleza biodegradable (Farahbakhsh & Forghani, 2019).

Para que se puedan reducir las emisiones y los costos medioambientales relacionados con la gestión de RSU en áreas urbanas es necesario mejorar su rendimiento general (Fujii et al., 2014). Los principales problemas medioambientales de la eliminación de RSU son la erosión del suelo, la contaminación del aire y las emisiones de gases de efecto invernadero (Farahbakhsh & Forghani, 2019).

Pero no sólo se generan impactos negativos al medioambiente en la disposición final de los RSU, pues las actividades de recolección de los RSU que se desechan diariamente provocan contaminación del aire mediante la generación de gases de efecto invernadero (Farahbakhsh & Forghani, 2019). A nivel mundial, los sistemas de gestión de RSU necesarios para el tratamiento y la eliminación de desechos generaron la emisión de 1600 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, lo que representa alrededor del 5 % de las emisiones mundiales (Kaza et al., 2018).

En la dimensión ambiental, los impactos negativos de los RSU en las áreas urbanas ocasionan: la insuficiencia de basureros, rellenos sanitarios o lugares para la disposición final (SEMARNAT-INE, 2006); la contaminación de los mantos acuíferos y del suelo por sustancias peligrosas que son vertidas sin control y la contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero y sustancias que contribuyen al adelgazamiento de la capa de ozono (SEMARNAT-INE, 2006; SEMARNAT, 2012).

Los impactos de una inadecuada recolección de RSU en la salud pública se asocian a infecciones gastrointestinales y respiratorias, especialmente en los niños; además, la obstrucción de las alcantarillas agrava las inundaciones y favorece la propagación de enfermedades infecciosas (PNUMA, 2015). Se presentan afectaciones a la salud pública por estos contaminantes y la transmisión de patógenos y proliferación de fauna nociva (SEMARNAT, 2012 2016); así como impactos de orden estético, de incomodidad por ruidos y malos olores (SEMARNAT-INE, 2006).

Los impactos económicos de los RSU se asocian al gasto público que los gobiernos municipales deben hacer para la gestión de RSU, estimado entre 20 y 50% del presupuesto municipal (Seuring & Muller, 2008). Para América Latina y el Caribe la gestión de cada tonelada de RSU tiene un costo unitario promedio de US\$66,66. En la CdMx para el año 1998 el costo unitario por la gestión de RSU era de 107.5 dólares por tonelada incluyendo la inversión de capital, los costos recurrentes y los costos

ocultos; en 2015 se estimaba que costaba alrededor de 3,000 millones de pesos al año manejar los RSU en la CdMx (CIDAC, 2015).

La erogación promedio de los municipios para la gestión de los RSU es del 2 al 8 % del presupuesto de los municipios en América Latina (INEGI, 2018), un alto costo considerando que, por ejemplo, el gasto en educación es menor al 4%. La aceleración de la urbanización ha llevado a una gestión de RSU de alto costo financiero, que consume más recursos que los destinados a rubros como la educación y la salud, principalmente en las economías emergentes. A nivel mundial, se estima que el costo para la sociedad es entre 5 y 10 veces superior al costo financiero *per cápita* que representa una gestión de RSU adecuada, esto derivado de la atención sanitaria, la pérdida de productividad, daños causados por las inundaciones, perjuicios para las empresas y el turismo (PNUMA, 2015).

Los impactos negativos presentados en esta sección podrían mitigarse mediante la valorización sustentable de los RSU generados en áreas urbanas. En general, la valorización de materiales contenidos en los RSU mediante operaciones sustentables tiene un gran potencial para reducir el consumo de recursos fósiles y el CO<sub>2</sub> resultante de las emisiones de las industrias reintegrando los materiales valorizados a los insumos industriales, tanto como sea posible (Fujii et al., 2014). La valorización de los materiales contenidos en los RSU tiene un papel catalizador para impulsar a las industrias hacia una dirección más sostenible y medioambientalmente racional, estas actividades han mostrado tener un buen rendimiento económico, pero también podrían contribuir a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (Fujii et al., 2014).

El agotamiento de los recursos, el crecimiento de la población y los problemas medioambientales derivados de la gestión de grandes volúmenes de RSU debería obligar a las empresas a recolectar sus productos al final de su vida útil para su reutilización, reciclaje y restauración a través de CSI (Kianpour, Jusoh, Mardani, Streimikiene, Cavallaro, Nor & Zavadskas, 2017). La gestión sostenible de los RSU es un tema clave para implementar los principios del desarrollo sustentable, cuestión urgente en los países con economías emergentes.

### **3.- Valorización de materiales de los RSU mediante cadenas de suministro inversas**

Bajo el MEL, el residuo es todo material que es destinado al abandono por su productor o poseedor, constituyendo un desperdicio de recursos (materia y energía) con altos impactos en los entornos económico, medioambiental y social, tal como se ha mostrado en los apartados anteriores. Sin embargo, haciendo un cambio de paradigma, como el propuesto por Dijkema et al. (2002, citado en Kinobe et al., 2012), se puede considerar al residuo como una sustancia que se experimenta como una

pérdida hoy, pero puede ser un recurso en el futuro; o bien puede ser un desperdicio en una industria, pero puede ser una materia prima en otra. Este cambio de paradigma no es más que una alineación del modelo económico a los ciclos naturales y al papel de regeneración que ha desarrollado la naturaleza durante milenios (Paz-Miño y Martínez-Alier, 2017).

La valorización de RSU es la búsqueda de recuperar el valor económico y funcional de los materiales, mismo que se redujo mediante su uso. En general, se valorizan los RSU usando tecnologías y procesos industriales para reincorporar a la misma CS que los originó o a otras CS (Gómez-Maturano y Sánchez-Lara, 2018). La valorización incluye algunas de las siguientes actividades: limpieza, inspección, selección, desmontando, reúso, reciclaje, remanufactura, reparación y restauración.

Los sistemas de logística inversa en las empresas surgieron con el propósito de recuperar el valor residual de las devoluciones de productos de los clientes, mediante reparación, remanufactura (recuperación de valor agregado), o reciclaje (recuperación de material) de los productos devueltos (Umeda, 2013). Cuestiones económicas y no medioambientales impulsaron el desarrollo de estrategias de recuperación de productos post-consumo por las empresas (Georgiadis & Vlachos, 2003) y la implementación de sistemas de logística inversa. Guide, Harrison & Van Wassenhove (2003) señalan que el creciente interés de las empresas por adoptar estrategias de valorización de RSU se debe a la rentabilidad potencial que se ofrece en países como Estados Unidos de Norte América; o bien debido a la presión legislativa establecida en los países de la Unión Europea. Cruz-Rivera & Ertel (2010) señalan que en México los incentivos para recuperar RSU provienen de ingresos directos, al recuperar el valor de los materiales manejados y al reducir el consumo de materia prima, además de la reducción de costos en la gestión y disposición de RSU. En estos enfoques predominan planteamientos economicistas.

Un sistema de logística inversa requiere de un recolector, un remanufacturador y un reciclador, un conjunto de estos elementos conforman una CSI genérica que para el aprovechamiento de los flujos inversos de un producto en particular (Umeda, 2013). Sin embargo, la organización de los componentes para la gestión de un flujo inverso para la valorización del residuo de un producto es más complejo que los componentes del canal directo (Umeda, 2013). La logística inversa empresarial suele ser insuficiente para la gestión de los flujos inverso de un producto en particular dado que la empresa debe distraer su propósito principal de la generación de valor para el consumidor, por lo que suelen incluirse a otros actores y terceras partes (Ilgin & Gupta, 2013).

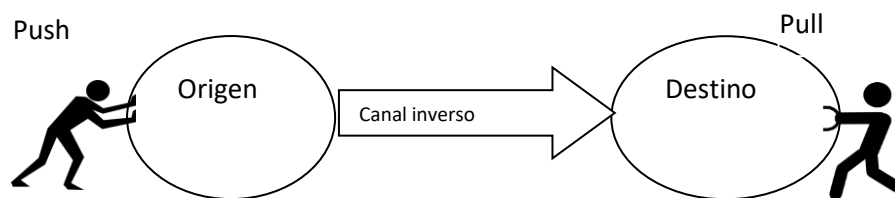
Para valorizar los RSU se requieren cuatro agentes: fuentes de generación, recolectores, procesadores y mercados demandantes; además, son requeridos detonantes o estímulos para la valorización. Para responsabilizarse de los RSU de un producto o una familia de ellos las redes inversas suelen ser más complejas que las directas (Ilgın & Gupta, 2013), ahora bien, para valorizar los RSU que se componen de una infinidad de productos la complejidad será aún mayor.

La CSI se encargan de extraer el valor de los productos al final de su ciclo de vida mediante las operaciones coordinadas de varios agentes, ofrece un medio para perseguir la sostenibilidad a través del reciclaje, remanufactura, remodelación y reutilización (Yoon & Jeong, 2016). Rogers & Ronald (1999) definieron a la CSI como el proceso de recolección de productos de los clientes para generar valor a partir de su reutilización. A decir de Yoon & Jeong (2016) las CSI es uno de los métodos sostenibles a los que vale la pena que las empresas presten atención, las principales razones por las que se involucran son para aumentar las ganancias al reutilizar productos usados, proteger la imagen de marca ante los clientes que son sensibles a cuestiones medioambientales y dar cumplimiento a las regulaciones gubernamentales.

Una CSI en el ámbito de la iniciativa privada se impulsa considerando que la reducción del volumen y la prevención de RSU permite que las empresas ahorren en materias primas, energía y mano de obra, se estima que a escala mundial los ahorros para las empresas representan cientos de miles de millones de dólares al año (PNUMA OMS, 2015). Williams, Kahhat, Allenby, Kavazanjian, Kim & Xu (2008) presentan un conjunto de datos que soportan el impulso económico que reciben las CSI para enfocarse en la valorización de RSU: la exportación de desperdicios y desechos de productos usados de los Estados Unidos se valoró en US\$ 15 mil millones en 2005, el 1.5% del total de las exportaciones en aquel año.

Definir incentivos legales, económicos y sociales para apoyar el reciclaje, mejorará el desempeño de las CSI, reconociendo que la reducción de los impactos medioambientales y sociales no es suficiente (Farahbakhsh & Forghani, 2019). Desde el punto de vista económico, el movimiento de los materiales valorizables de los RSU a través de CSI puede darse por dos modelos *push* y *pull* (Gómez-Maturano y Sánchez-Lara, 2018). el modelo *Push*, impulsa desde atrás, desde la fuente de generación, el movimiento de un eslabón a otro, hasta el destino se da por la presión de los eslabones precedentes que quieren deshacerse del residuo inyectando recursos desde la fuente y financiando parcialmente las operaciones de la CSI (Véase la **Figura 1.I.3**). dado que hay un mercado demandante de RSU revalorizados que son ocupados como materias primas en otros procesos, también hay un modelo *pull* en la CSI en el que el valor comercial de los RSU jala los procesos de recolectores y acopiadores que

mueven los materiales hacia los puntos de consumo intermedio, que hacen aquellas empresas que valorizan RSU mediante procesos industriales.



**Figura 1.I.3.-** Modelos de movimiento de materiales valorizables de los RSU en CSI

**Fuente:** Tomado de Gómez-Maturano y Sánchez Lara (2018).

La normatividad vigente en México constituye un impulsor de las CSI que inyecta recursos públicos y privados para financiar las operaciones de recolección y valorización de RSU. La generación y composición de los RSU son elementos clave en las operaciones de la CSI en áreas urbanas: en cuanto mayor sea la generación, mayor será la intensidad de las actividades de la CSI que los valoriza. Lo mismo ocurre si la fracción de materiales valorizables de los RSU se incrementa.

El inventario de RSU de la SEMARNAT (2012) identifica una fracción del 35% de RSU que tienen un alto potencial para ser reciclado. Durán-Moreno et al. (2013) identifican que 26.8 % de los RSU generados en la CdMx son materiales inorgánicos con alto potencial de reciclaje, pero los esquemas actuales de manejo de RSU imposibilita su aprovechamiento. En México sólo se recicla formalmente el 4% de los RSU, considerando el reciclaje informal, el valor estimado alcanzaría el 10% (SEMARNAT-INE, 2006). En la CdMx, la infraestructura pública de manejo de RSU recupera apenas el 1.26% de los RSU susceptibles de valorización mientras que los esquemas privados formalizados recuperan alrededor del 0.16 % (SEDEMA, 2016).

Para fines de comparación, son los países de la Unión Europea los más avanzados en la gestión sustentable de RSU, estos han colocado en el centro de su política la reducción de los RSU generados y el incremento del reciclaje. En 2010 reciclaron 35% de sus RSU y su meta para 2020 es 50%, México está muy lejos de alcanzar esta tasa de valorización. Hoy el día, alrededor de 25% de los RSU podrían reincorporarse a CS mediante recuperación y acopio, sin embargo, el esquema actual no lo permite.

El esquema de manejo de RSU en México no estimula la valorización, agentes públicos y privados realizan actividades de valorización que operan al margen de la política pública y en la informalidad económica. Mayoritariamente la valorización la desarrollan agentes privados que constituyen CSI,

redes de recolección y acopio, su operación al menor costo económico posible transfiriere a otros agentes pasivos económicos, sociales y medioambientales.

Un sistema de gestión de RSU robusto y rentable es un requisito para una sociedad sostenible, éste debería ahorrar una gran cantidad de recursos vírgenes y así reducir las emisiones medioambientales y reducir también los costos totales de las operaciones (Fujii et al, 2014). La reducción de residuo, el reciclado, la gestión de RSU, las fuentes de generación de energía, el uso de métodos industriales de recolección y clasificación de RSU, así como el establecimiento de unidades de recuperación industrial juegan un papel esencial en el desarrollo económico (Farahbakhsh & Forghani, 2019).

Las CSI ayudan a reducir el volumen de consumo de materiales vírgenes y energía en los procesos de producción, así como reducir impactos medioambientales, principalmente a partir de la reincorporación de los RSU a los procesos productivos en mercados emergente. Bajo este enfoque, el residuo se convierte en materia prima mediante una secuencia de actividades que valorizan el residuo y lo reintegran en uno de los eslabones de la cadena productiva original, o en una cadena secundaria. Esto es deseable siempre que el costo medioambiental derivado de la valorización de los RSU sea menor al costo de la disposición final.

#### **4.-Marco Normativo para las CSI que valorizan RSU**

Un marco normativo es un conjunto general de reglas, criterios, lineamientos, principios y sistemas, incluso leyes, que establecen la forma en que deben desarrollarse las acciones o guiar la conducta en un contexto dado. Para este trabajo, las leyes de responsabilidad extendida y compartida aplicada a fabricantes de equipos originales constituyen un precedente importante del marco normativo en el que operan las CSI enfocadas a RSU. Estas leyes, hasta ahora aplicadas sólo en países europeos y asiáticos, puede trastocar el MEL e impulsar las operaciones CSI en el mediano plazo (Yu & Solvang, 2016). Si bien un efecto positivo podría ser que países como México adopten leyes similares para compartir la responsabilidad en la gestión de los RSU; también las CS pueden ejercer resistencia a este cambio normativo. La internalización de los costos en la gestión de los RSU constituye un impulso desde el entorno normativo a nivel global.

El marco normativo en México, y particular en la CdMx, respecto de la gestión de RSU es robusto. Calva-Alejo y Rojas-Caldelas (2014) identifican tres momentos en la historia de la gestión de RSU en México: regulación sanitaria, que inicia en 1964; la gestión básica de los RSU inicia en 1988 a partir de la creación de la Legislación Ambiental Nacional y; manejo sustentable de los RSU, inicia en 2003 con la creación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Las

siguientes son leyes y reglamentos vigentes: Ley de Residuos Sólidos en el DF que establece los criterios para concretar las políticas de la Agenda 21 en materia de RS así como del empleo de infraestructura para la gestión de RS, promoción de la cultura, educación y capacitación medioambiental, además de establecer mecanismos de participación de la población, sociedad civil organizada y sector privado (LGPGIRS, 2021); el Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos para el DF tenía como objetivo la instrumentación de un sistema integral de manejo de residuos sólidos que deriven en la instrumentación de programas y estrategias eficientes de minimización y aprovechamiento de residuos, separación, desarrollo de mercados de reciclaje, regulación ecológica, comunicación y capacitación medioambiental, así como libre acceso a la información (SEDEMA, 2016; p. 35). Otras leyes son: Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos; Ley Ambiental de Protección a la Tierra del Distrito Federal y; Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

En México, el marco normativo establece que la gestión de los RSU es responsabilidad de los Gobiernos Municipales (LGPGIRS, 2021). El marco normativo establece que la recolección es un servicio público que comprende la colecta de los RSU en el sitio donde se producen-usualmente las casas, las industrias, los comercios o los edificios públicos- y su traslado hasta el sitio donde se tratan o disponen (SEMARNAT, 2016).

En el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (INEGI, 2018) se reportan datos sobre la **recolección** diaria de RSU, pero no sobre la **generación**. Sobre la recolección, se recaba información sobre tipos de recolección, parques vehiculares para recolección y traslado de residuos, identificación de prestadores de servicios de recolección, servicios de recolección. En la transferencia se indaga sobre características e identificación de las estaciones de transferencia, centros de acopio municipales, recolección por tipo de material. Sobre el tratamiento de los residuos se indaga sobre características e identificación de plantas de tratamiento de los RSU. Finalmente, se identifican los sitios de disposición final, su capacidad, infraestructura y gestión. Otros aspectos del censo son los estudios sobre la generación y composición de residuos, programas orientados a su gestión integral y la participación ciudadana.

El marco normativo en México constituye uno de los detonantes del movimiento de residuos a través de sus leyes, reglamentos y programas aprobados, impulsando un modelo *push* de gestión. Otro de los detonantes es el financiamiento que recibe el sistema de manejo de residuos, dado que los productores de estos deben financiar parte de las actividades de manejo mediante propinas o pago de servicios a las entidades recolectoras (Florisbela-dos Santos y Wehenpohl, 2001). Aunque la fuente

principal de financiamiento es el gasto público, ya que entre el 20% y el 50% de los presupuestos municipales de los mercados emergentes son consumidos en la gestión de RSU (Seuring & Müller, 2008). Además, los grandes generadores están obligados a presentar programas de manejo de sus residuos y establecer la infraestructura y procesos requeridos para ello (SEDEMA, 2016), por lo que el flujo en este canal formalizado es también por un modelo *push* desde la fuente.

A partir de los datos presentados por SEMARNAT (2016) y SEDEMA (2016) se puede establecer que otros esquemas de operación, fuera del marco normativo de la gestión de RSU, son los que valorizan la mayor cantidad de RSU en México. En su momento, Florisbela-dos Santos y Wehenpohl (2001) señalaron que en México las actividades de manejo pueden desarrollarse principalmente en tres esquemas: manejo formal, manejo informal y manejo ilegal. Formal, respetando todas las leyes fiscales, de trabajo y sociales; informal, no todas las leyes son respetadas, principalmente las que se refieren al fisco, trabajo y derechos sociales de los trabajadores; informal ilegal, ni las leyes fiscales, de trabajo y sociales se respetan, además el producto o servicio de la producción y comercialización son ilegales.

## **5.- Valorización de RSU mediante CSI y desarrollo sustentable**

El desarrollo sustentable ha puesto sobre la mesa del debate mundial la viabilidad del MEL y un consumo desmedido. El patrón de producción y consumo es insostenible social y medioambientalmente, ya se han mostrado cifras al respecto. El modelo económico dominante presenta contradicciones sustanciales con modelos de desarrollo social y preservación medioambiental. El desarrollo sustentable es la búsqueda de nuevos modos de producción que mejoren la relación con el entorno social y medioambiental.

El concepto de sustentabilidad se originó en el contexto de los recursos renovables, como los bosques o la pesca, y posteriormente fue adoptado como un eslogan amplio por el movimiento ambientalista, la mayoría de los defensores de la sustentabilidad la interpretan como la existencia de las condiciones ecológicas necesarias para sostener la vida humana a un nivel específico de bienestar a través de generaciones futuras (Lélé, 1991). Pero hoy en día, la acepción más difundida, es aquella en la que el desarrollo sustentable es definido como el desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (Brundtland, 1987). El desarrollo sustentable es a veces reducido a mejoras medioambientales, pero es necesario conocer las interrelaciones de las tres dimensiones de la sustentabilidad, economía, sociedad y medioambiente, y no sólo ver las cuestiones medioambientales a manera de regulación (Seuring & Müller, 2008).



El modelo de desarrollo basado en el MEL no es sustentable, inicialmente por el consumo desmedido de recursos naturales y la enorme producción de RSU. Lélé (1991) hace una descripción detallada del círculo vicioso que muestra la irracionalidad y no sustentabilidad del modelo de desarrollo basado en la economía lineal: el acceso a los recursos de una población genera riqueza, entre más recurso habría mayor bienestar; lo que podría ocasionar un consumo excesivo; las tendencias consumistas, que obedecen a los aspectos culturales-incluso ideológicos- y los valores de la sociedad, generan un consumo excesivo y una degradación medioambiental, la que además puede incrementarse por el empleo de tecnología contaminante o sucia empleada por la población humana; la degradación medioambiental genera contaminación y pérdida de recursos naturales, que a su vez genera pobreza en las poblaciones, quienes consumirán de forma inadecuada los recursos reforzando el círculo vicioso de la degradación medioambiental y la pobreza.

El ritmo de consumo de recursos naturales hoy en día ocasiona que las reservas naturales se agoten, lo que, de mantenerse, llevará a la humanidad a agotar todo recurso y carecer de los medios para satisfacer sus necesidades actuales (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Los sistemas socioeconómicos se mantienen introduciendo continuamente energía y materia de baja entropía (recursos energéticos y materiales) y devolviéndolas al entorno en formas de alta entropía (contaminación energética y residuos materiales), debido a que estamos en un universo entrópico, los recursos se gastan y se transforman en desechos, los desechos materiales pueden volver a reciclarse como recursos materiales pero a costa de un gasto energético y con una eficiencia limitada (Luffiego García, 2000). Por estos motivos, el planeta Tierra, que es un sistema materialmente cerrado, no puede soportar el crecimiento económico mundial infinito (Luffiego García, 2000), menos aún con el MEL.

Pero incluso un modelo de economía circular no puede ser sostenible con patrones sociales de consumismo o en lugares con marcos legales de protección medioambiental ineficaces. Si la sociedad no es sensible a la compra de productos reciclados, por ejemplo, las CSI que los comercializan fracasarán. Hay un límite en esta propuesta y es el principio de la entropía, la segunda ley de la termodinámica que plantea una frontera física infranqueable respecto a la reintegración de material en los procesos productivos. La economía circular puede reintegrar los materiales de los productos posconsumo, pero sólo a partir de suministrar nuevos materiales y energía en el ciclo, pues una parte significativa de la energía no será aprovechable. Bajo esta restricción, la ganancia neta en cuanto al ahorro de energía y de RSU, lo que se vuelve un problema de eficiencia del proceso inverso. Por ello, tal vez el mismo modelo de economía circular puede ofrecer márgenes estrechos de ahorro de materia y energía, sin considerar si estas actividades benefician al sistema social.

Aunque a nivel macro, los tomadores de decisiones y planeadores de organismos internacionales como la Organización de Naciones Unidas, la Unión Europea o la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, están construyendo directrices hacia el desarrollo sustentable que pueden inscribirse en un marco normativo, para actuar en los sistemas económicos, sociales y medioambientales de cada país y región (GRI, 2015). Existen diversos modelos de sustentabilidad que proveen marcos de referencia para el actuar de los gobiernos en términos del desarrollo sustentable, incluso modelos para evaluar la efectividad de los proyectos gubernamentales y las políticas públicas.

Lamentablemente, la gestión de RSU en México sufre un fuerte atraso respecto al desarrollo que han alcanzado otros países. La normatividad en México asociada a los RSU habla de manejo integral y las actividades de manejo se concentran en la recolección y disposición final, principalmente en tiraderos a cielo abierto y en rellenos sanitarios. Lo mismo pasa en la CdMx, que envía a disposición final, sin tratamiento previo, al 67.4 % de los RSU generados (SEDEMA, 2016). La gestión actual de RSU deja de lado los principios básicos de la gestión sustentable: minimización en la generación y maximización del reciclaje (Pires, Martinho, & Chang, 2011). En consecuencia, el desempeño de los sistemas de manejo de RSU se concentra en la tasa de recolección y la reducción de los costos de disposición final, dejando de lado indicadores de desempeño sustentable como la tasa de reciclaje, la distancia recorrida por tonelada de RSU, el consumo de espacio público por tonelada de RSU que se dispone finalmente, etc. (Brundtland, 1987).

La capacidad de reciclaje del país está determinada por la composición de RSU y la infraestructura disponible para el desarrollo de las actividades de reciclaje y valorización. Un factor asociado a esta baja tasa de recuperación es la recolección no selectiva que se hace en el país, pues un 89% de la recolección se realiza revolviendo material orgánico, inorgánico, materiales con bajo y alto valor (SEMARNAT, 2012). Por otro lado, de 2400 municipios a nivel nacional, solo 148 enviaban por lo menos una fracción de sus residuos recolectados a una planta de tratamiento (INEGI, 2011).

El inventario de residuos de la SEMARNAT (2012) identifica una fracción del 35% de residuos que tienen un alto potencial para ser reciclado en México. Pese a que en la CdMx la SEDEMA (2016) no presenta cifras sobre la composición de los RSU. Durán-Moreno, et al. (2013) publican un estudio en el que se identifica que 26.8 % de los RSU son materiales inorgánicos con alto potencial de reciclaje tales como papel, cartón, metales ferrosos y plásticos. Estas cifras muestran que alrededor de un 25% de los RSU pueden reincorporarse a las CS mediante su valorización, pero que los esquemas actuales de manejo de RSU imposibilitan su aprovechamiento.

En contraste, a nivel mundial, los países más avanzados en el tema de manejo sustentable de RSU son los integrantes de la Unión Europea, que han colocado en el centro de su política la reducción de la generación y el incremento del reciclaje. Europa recicló en 2010 el 35% de sus residuos y su meta para 2020 es reciclar el 50% de los RSU. En contraste en México “formalmente” sólo se recicla el 4% de los RSU, considerando el reciclaje informal, el valor estimado alcanzaría el 10% (SEMARNAT, 2012). En la CdMx, la infraestructura pública de manejo de RSU permitió recuperar apenas el 1.26% de los RSU susceptibles de valorización, mientras que los esquemas privados formalizados recuperan alrededor del 0.16 % (SEDEMA, 2016).

A las empresas establecidas formalmente se agregan incontables negocios y personas que operan informalmente en actividades de recolección y reciclaje de RSU. La "pepena" de RSU orientados al reciclaje genera economía y no siempre opera en la informalidad por su bajo nivel de operación o por factores asociados a la marginalidad (Williams et al., 2008). Este sector económico informal interviene no sólo en el reciclaje, también está involucrado en la recolección, siendo muchas veces usado por las autoridades municipales como sustituto parcial del sector formal, teniendo como principales fuentes de ingreso el pago de propinas o gratificaciones, así como la venta de los subproductos de mayor valor, obteniendo percepciones que en algunos casos sobrepasan la cantidad que costaría un servicio formal por parte del municipio (Florisbela-dos Santos y Wehenpohl, 2001).

Dado que muchas actividades del sector se realizan en la informalidad, se carece de información que permita cuantificar la magnitud de la operación de las personas y agrupaciones dedicadas al manejo de RSU y su contribución a la gestión sustentable.

## **6.- Mercados emergentes de RSU y negocios en la base de la pirámide social**

La aparición de los mercados de la base de la pirámide y la creciente importancia de las economías en desarrollo como nuevas fuentes de innovaciones han atraído el interés de académicos y profesionales (Rosca, Arnold & Bendul, 2017). Se estima que en México existen al menos cuatro millones de personas que venden distintos materiales a las redes de centros de acopio de todo el país y que el negocio genera alrededor de 100,000 millones de pesos al año.

Negocios en la base de la pirámide social es un término que se refiere a la administración de negocios con enfoque hacia los segmentos de población que han sido olvidados, grupos marginados por su bajo nivel de ingreso, y su integración en las cadenas de valor de los negocios (Bendul, Rosca y Pivovarova, 2017). Los mercados de estos negocios incluyen un estimado de 2.7 a 4 mil millones de

personas, con ingresos diarios promedio de 2 dólares o menos y un poder adquisitivo combinado de aproximadamente cinco billones de dólares (Parmigiani & Rivera-Santos, 2015).

De una muestra de 1840 municipios en México, en los que se concentra el 35% de la población, más de la mitad de su población se encontraba en condición de pobreza (CONEVAL, 2018). En su mayoría, la población en la base de la pirámide social se ubica en el sur del territorio nacional, en los estados de Oaxaca, Chiapas, Puebla y Veracruz y conforme se avanza hacia el norte, la incidencia de la pobreza disminuye; no obstante, en el norte también existen municipios con porcentajes altos de pobreza, principalmente en San Luis Potosí, Zacatecas, Jalisco, Durango y Chihuahua (CONEVAL, 2018). Para las zonas metropolitanas de México, el porcentaje de pobreza promedio es del 34 %, sin embargo, la mitad de la población en situación de pobreza se agrupó en 184 municipios, los cuales son centros urbanos de más de 50,000 habitantes y 120 corresponden a una de las 74 zonas metropolitanas (CONEVAL, 2018).

El Banco Interamericano de Desarrollo (2015) estima que más del 75% de la población mexicana podría catalogarse como en la base de la pirámide social, teniendo un mercado de 170 mil millones de dólares. La base de la pirámide social (BOP, por sus siglas en inglés) es un mercado altamente atractivo para las corporaciones multinacionales por su acelerado crecimiento, porque las oportunidades son limitadas en los mercados desarrollados y debido a que la responsabilidad social se ha convertido en primordial (Parmigiani & Rivera-Santos, 2015).

A pesar de que hay varias historias de éxito de las grandes corporaciones en mercados BOP, estos mercados plantean varios desafíos, especialmente relacionados con CS (Parmigiani & Rivera-Santos, 2015). Sin embargo, la literatura es escasa sobre modelos de CS y mejores prácticas para los mercados de BOP (Bendul et al., 2017).

La mayoría de las investigaciones de BOP y CS se centran en las dificultades del desarrollo de productos, modelos de negocio, asociaciones y proveedores, comercialización y distribución, pero una perspectiva de CS integrada para BOP es tal vez la mayor dificultad de estos proyectos (Bendul et al., 2017). Una revisión sistemática de la literatura sobre los modelos circulares de negocios, que incluyen el reciclaje de RSU, es desarrollada por Rosa, Sassanelli y Terzi (2019). En esta revisión de 283 artículos los modelos de negocio centrados en la reutilización, remanufactura y reciclaje (3R) es uno de los arquetipos más comunes; así mismo se encuentra modelo de negocio Canvas es el marco de clasificación más ocupado.

## **7.- La función de adquisición de RSU en CSI de mercados emergentes**

El paradigma de la economía circular enfatiza el papel de los sistemas de producto-servicio como uno de los modelos de negocios más prometedores en este campo y los sistemas de devolución centrados en la fabricación como la forma más eficiente de reutilizar, desensamblar, restaurar y reciclar materiales dentro de la misma cadena de valor (Larsen, Masi, Jacobsen & Godsell, 2018). Un mayor reciclaje lleva a un menor impacto medioambiental, un menor consumo de fuentes de energía y menores costos económicos (Bing et al., 2016) lo que sin duda es deseable. El proceso de recolección es un tema crítico debido a la logística necesaria para recuperar los materiales valorizables del flujo convencional y los costos asociados, pero pese a los múltiples beneficios económicos y medioambientales de la recuperación de RSU, el tema ha sido relativamente limitado (Larsen et al., 2018). Aún se considera que las operaciones de la CSI son un costoso efecto secundario de las operaciones normales, un subproducto no deseado de logística directa o una molestia (Larsen et al., 2018).

Al implementar los procesos de recuperación de RSU se podría contribuir a la sustentabilidad medioambiental, sin embargo, administrar una CS inversa es un desafío en términos de planificación de capacidad, control de los flujos de materiales y obtención de ganancias de las actividades de recuperación que requieren una consideración adicional en la planificación, diseño y control de sus actividades (Dissanayake & Sinha, 2015). Las CSI que permiten recuperar y reprocesar RSU son partes indispensables para hacer sustentables a las CS (Flygansvær, Dahlstrom, & Nygaard, 2018). Originalmente, las CSI fueron consideradas como una solución para manejar los desechos o recuperar el valor residual de estos, pero se ha demostrado que pueden desempeñar un papel fundamental en la determinación de la ventaja competitiva de las empresas (Ellen MacArthur Foundation, 2016).

Las CSI eficientes y efectivas representan una ventaja no solo para las empresas, sino también para la sociedad en general, al tratar los problemas de desperdicio y escasez de recursos (Diener y Tillman, 2012 citados en Larsen et al., 2018). La operación de las CSI está promoviendo la transición a una economía circular que propone nuevos patrones de producción, consumo y uso basados en flujos circulares de recursos (Ghisellini, Cialani & Ulgiati, 2016 citados en Larsen et al., 2018).

Si bien la prevención en la generación de RSU es la opción más deseable para un desarrollo sustentable, la disposición final de RSU es la opción dominante, con una incipiente industria de la preparación para la reutilización, el reciclaje, la recuperación mediante CSI (Gusmerotti, Corsini, Borghini, & Frey, 2018). Parte de la literatura consultada en gestión de operaciones y economía se ha

centrado en la rentabilidad del reciclaje, en estrategias políticas y económicas para fomentar el reciclaje influyendo tanto en la oferta como en la demanda, y en métodos para crear rutas logísticas eficaces, eficientes y óptimas para el retorno del producto (Sarkis, Helms, & Hervani, 2010)

Además del reciclaje, la reutilización es uno de los esquemas de valorización más desarrollados mediante CSI. La reutilización es cualquier operación por la cual los productos o componentes que no son desechos se vuelven a utilizar (con o sin modificaciones) para el mismo propósito para el que fueron concebidos, enfocándose, por lo tanto, en el sector de RSU de consumo (Gelbmann & Hammerl, 2015 citado en Gusmerotti et al., 2018).

El funcionamiento de la CSI incluye actividades tales como la recolección de productos usados de los clientes, logística inversa, inspecciones y clasificación, operaciones de recuperación y, finalmente, remarketing (Guide y Van Wassenhove 2006 citando en Larsen et al., 2018). Para Schuh, Novoszel & Maas (2011) las funciones de la CSI se pueden dividir en recolección, selección, reprocesamiento y redistribución (Schuh et al., 2011).

Si bien las funciones de CSI, como la reutilización, la recuperación y el reciclaje, han crecido en alcance y aceptación, recibir bienes y materiales devueltos a través de los sistemas de gestión de RSU está cargado de implicaciones sociales que afectan no solo a la organización sino también a redes industriales más grandes, comunidades, CS internacionales y el medio ambiente (Sarkis et al., 2010).

En esta investigación, la función de adquisición describe el proceso de devolución de los materiales valorizables a partir del desecho y su disponibilidad para el proceso de recuperación posterior; la función de adquisición comprende actividades de recolección, selección, almacenamiento y transporte. El diseño de la red de la función de adquisición depende del tipo de producto que retorna, del sistema de recolección, así como del grado de centralización e integración de los recursos logísticos e instalaciones (Schuh et al., 2011).

Los principales problemas a nivel de la planificación de la recolección son los tipos de desechos que se recolectarán, la organización de la recolección y los vehículos utilizados (Bing et al., 2016). En general, existen dos tipos de ubicaciones para la recolección de RSU, ya sea recolección en la acera o en los puntos centrales de recolección donde los dueños de casa tienen que llevar sus desechos (recolección de entrega) (Bing et al., 2016).

Los recolectores realizan una selección de estas actividades, incluida la recolección, acumulación, clasificación, manejo y transporte, la tarea de los recolectores es identificar las fuentes de generación

de RSU y asegurar que éstos sean conducidos a valorización cuando se definen como desechos (Flygansvær et al., 2018).

En algunos casos, la separación de los materiales reciclables (papel, metal, plástico, etc.) del resto de RSU se realiza en el punto de recolección, mientras que en otros casos los RSU se recolectan y envían a un centro de separación para este procedimiento (Bing et al., 2016). El desensamble es un método sistemático para separar un producto en sus partes constituyentes, componentes, subconjuntos u otros grupos. La separación de RSU significa que un material valorizable es separado y clasificado del resto de los materiales, según su naturaleza, en familias de materiales (plástico, cartón, papel, metales), cada uno de ellos constituye un "producto" (Bing et al., 2016).

Después de la separación, los RSU se envían normalmente a un centro de clasificación, donde se realiza la clasificación rigurosa del material por color y / o composición, dependiendo del tipo de residuo, definiendo subproductos específicos como PET, hojalata, aluminio (Bing et al., 2016). Los centros de cross-docking o transferencia son lugares donde se realizan transbordos y embalajes de materiales valorizables (Bing et al., 2016). Los materiales clasificados se transfieren después a instalaciones de tratamiento especializadas o valorización para volver a fundirse o transformarse para su reintegración, cumpliéndose la función de adquisición en la CSI.

Los centros de recolección y acopio desempeñan un papel importante para el desarrollo sostenible en las CSI, ya que son las locaciones en que se concentran las actividades de adquisición de los productos al final de su vida útil, para reintegrarlos a la economía (Alegoz & Kaya, 2017). La recuperación de productos y materiales comienzan a recibir atención creciente en todo el mundo, principalmente en los países de la Unión Europea, principalmente por tres razones: legislaciones gubernamentales, valor económico a recuperar y preocupaciones medioambientales (Suyabatmaz, Altekin y Sahin, 2014). Las CSI promueven el reciclaje y aprovechamiento de los recursos naturales, representando un factor clave en el desarrollo de la economía circular (Bennekrouf, Boudahri, & Sari, 2011).

Sin embargo, las operaciones de la CSI a menudo se ven afectada por muchas interrupciones, como mal tiempo, disputas laborales, incendios y condiciones de transporte (Bennekrouf et al., 2011): existe incertidumbre en el suministro de RSU. La recolección y el transporte de productos recuperados tienen una carga medioambiental debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, además de la carga económica que impone que el suministro de materiales valorizables siempre debe ser más barato que las materias primas vírgenes (Ellen MacArthur Foundation, 2016).

Las CSI en la mayoría de los países desarrollados se enmarcan en la legislación de responsabilidad extendida del productor en la consideración de la protección del medio ambiente. En este marco de regulación de las CSI se tienen reglas claras sobre la responsabilidad del reciclaje y el tratamiento de los desechos, y a veces los productores y los residentes deben pagar el reciclaje y la eliminación de los desechos, las CSI en este contexto están integradas por empresas estandarizadas y especializadas, siendo sistemas formales (Wilson et al., 2006 citado en Fei et al., 2016). Sin embargo, para mercados emergentes como México, que tienen un nivel económico y de regulación relativamente bajo, la gestión de los RSU es deficiente y dado el nivel de ingresos relativamente bajo de su población, esos trabajadores con bajos salarios pueden obtener beneficios mediante la compra y reventa de RSU (Fei, Qu, Wen, Xue, & Zhang, 2016).

La recolección y el reciclaje en países emergentes enfrenta serios retos, por ejemplo, reducir la tasa de relleno (enviar RSU a disposición final) que oscilan entre el 82% y el 98% (Bing et al., 2016). Las organizaciones formales de gestión de RSU y CSI han establecido esquemas piloto para la separación desde las fuentes de materiales reciclables; sin embargo, estos esquemas aún deben fortalecerse, para que los sectores informales estén activos en la recolección, procesamiento y comercialización de recursos reciclables (Fei et al., 2016).

La función de adquisición de RSU involucra a grupos sociales pobres y marginados que utilizan la recolección de RSU como fuente de ingresos, y a menudo como su única estrategia de supervivencia (Sembiring & Nitivattananon, 2010). La adquisición de RSU en mercados emergentes es realizada informalmente por individuos, grupos o pequeñas empresas no registradas, no reguladas, denominados carroñeros, recicladores o compradores itinerantes de RSU, con un consumo de trabajo intensivo, con baja tecnología y bajos ingresos (Sembiring & Nitivattananon, 2010).

En Bandung, Indonesia, al menos una de cada 1000 personas trabajaba en el sector informal de actividades de reciclaje en la calle, en sitios de almacenamiento temporal y en vertederos; las actividades realizadas se asocian con riesgos, entornos antihigiénicos, actividades delictivas, falta de vivienda, desempleo, pobreza y atraso, además son excluidos de la gestión gubernamental de RSU (Çetinsaya Özkir, Efendigil, Demirel, Çetin Demirel, Deveci & Topçu (2015).

El reciclaje informal ha sido practicado tradicionalmente por grupos marginales en los mercados emergentes, como parte de la exclusión social que sufren, las sociedades de carroñeros generan sus propios hábitos y valores, y a menudo son objeto de acoso por parte de las autoridades y la policía (Wilson et al., 2006 citado en Fei et al., 2016). Las actividades de reutilización y reciclaje de RSU



constituyen una actividad económica significativa y su empleo asociado debe considerarse como un factor a considerar en las decisiones sociales relacionadas con la CSI (Çetinsaya Özkir et al., 2015).

Más que el desempeño y eficiencia de las redes de adquisición de RSU para CSI, en los mercados emergentes, los estudios se asocian a los impactos medioambientales y sociales de las prácticas rudimentarias de reciclaje y reutilización (Williams et al., 2008).

El tema central relacionado con las CSI internacionales ha sido el impacto medioambiental de las actividades informales de reciclaje; tal es el caso de los aparatos eléctricos y electrónicos al final de su vida uso se exportan a menudo de los países desarrollados a los mercados emergentes y luego se recicla a través de una "industria de patio trasero" utilizando procesos que podrían considerarse primitivos (Williams et al., 2008).

Por ejemplo, en el reciclaje informal de residuos electrónicos, los cables se extraen de las computadoras, se recogen y se queman en pilas abiertas para quitar las cubiertas y recuperar el cobre reutilizable; las placas de circuitos se tratan para extraer cobre y metales preciosos con ácido, cianuro y / o mercurio, a veces junto a los ríos; en tales situaciones, el cobre a veces se recupera de los cables mediante una combustión abierta para eliminar la carcasa, que emite niveles considerables de dioxinas, furanos y otros tóxicos (Williams et al., 2008).

El crecimiento del reciclaje informal está impulsado económicamente por la generación de ganancias netas en lugar de un costo neto para el reciclaje; sin embargo, existe una creciente evidencia de que los impactos medioambientales y sociales negativos del reciclaje informal en los mercados emergentes son graves (Williams et al., 2008). Particularmente para los residuos electrónicos el reciclaje informal es el problema medioambiental más urgente, los impactos negativos de las actividades informales de reciclaje de productos electrónicos se han documentado en muchas partes del mundo, incluidos Guiyu y Wenqiao en China, Bangalore, Chennai, Dehli y New Dehli en India, Lagos en Nigeria y Karachi en Pakistán.

## **II.- PROBLEMÁTICA DE LA ADQUISICIÓN DE RSU VALORIZABLES**

La función de adquisición de materiales valorizables de RSU en CSI de mercados emergentes constituye el sistema bajo análisis en este trabajo. Los siete apartados abordados en la sección anterior

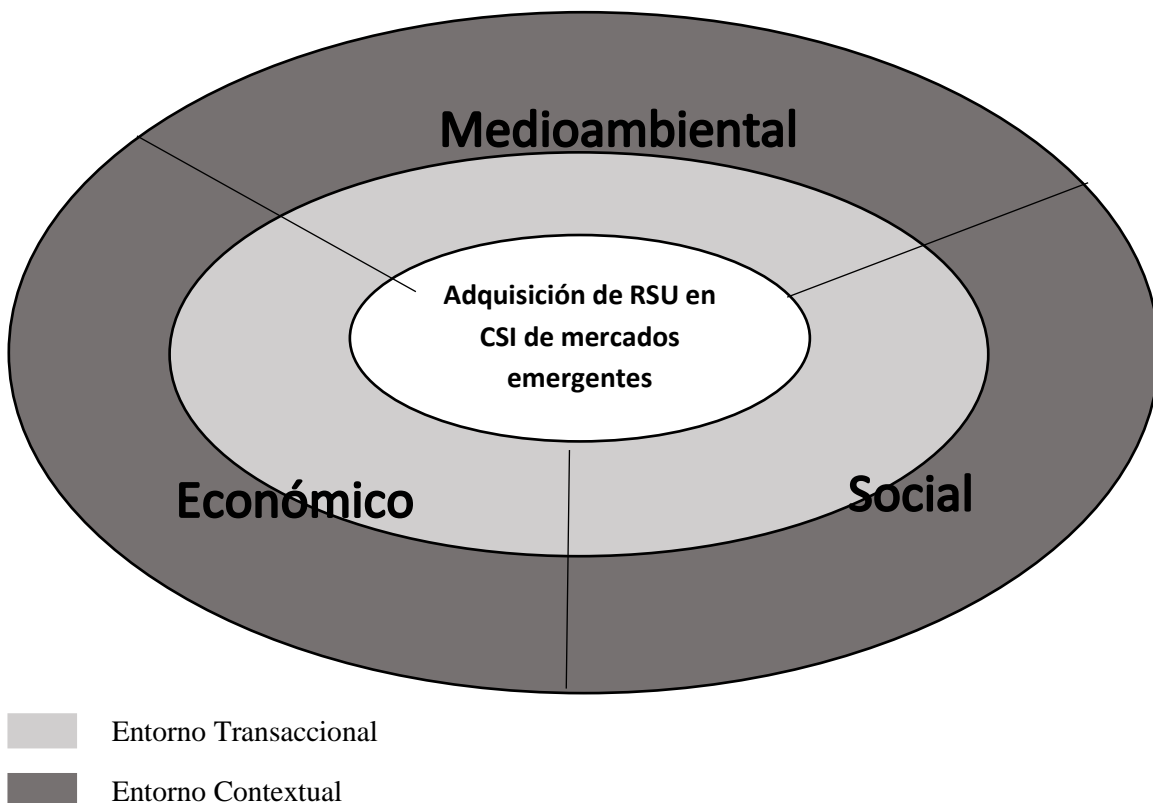
presentan las categorías para contextualizar y delimitar la problemática de la adquisición de materiales valorizables de los RSU en CSI de mercados emergentes, estos argumentos son:

1. La generación de RSU a nivel mundial en áreas urbanas se ha incrementado y tiene una correlación con el número de habitantes, el nivel de ingreso y la densidad poblacional
2. La generación de RSU en áreas urbanas no sólo se explica por aspectos poblacionales, sino que obedece al MEL. Bajo este modelo, las CS y los sistemas de gestión de RSU permiten un flujo de materiales lineal, de la cuna a la tumba.
3. El volumen de generación de RSU en áreas urbanas y las deficiencias en la gestión de los RSU ocasiona impactos negativos en áreas urbanas, tanto en lo económico, lo medioambiental y lo social.
4. Los RSU manejados por los sistemas públicos de gestión puede reducirse de forma significativa si se revalorizan los materiales contenidos en ellos mediante CSI. Las CSI se constituyen principalmente por agentes privados y permiten la materialización de modelos de economía circular.
5. El marco normativo para la gestión de los RSU confiere a los gobiernos municipales la responsabilidad de la gestión de RSU. Este marco deja de lado la responsabilidad de las CS en la generación de residuos de sus productos. El marco normativo también frena la participación de los agentes de CSI que podrían valorizar RSU, pues prácticamente los sistemas de gestión y los agentes de adquisición compiten por los RSU, unos para valorizarlos, otros para llevarlos a disposición final.
6. Las CSI que valorizan RSU tienen fuertes implicaciones sustentables, los materiales que se movilizan a través de ellas ocasionan afectaciones al medioambiente y a la población.
7. En mercados emergentes como México, la base de la pirámide social es muy amplia y los negocios de autoempleo y subsistencia constituyen en muchas ocasiones la única fuente de ingreso para los sectores de la población más pobre. Las actividades de la CSI constituyen un sector demandante de mano de obra que pertenece a la base de la pirámide social.
8. La función de adquisición de CSI-RSU es un elemento de disrupción del MEL y en mercados emergentes suele constituir la única manera de transición hacia modelos de economía circular. En los mercados emergentes la función de adquisición es desarrollada por agentes privados informales que conforman grupos sociales pobres y marginados.

## 1.- Entorno transaccional y contextual de la función de adquisición

El entorno de un sistema engloba al conjunto de circunstancias o factores de diferente naturaleza que engloban a un sistema (Lara-Rosano, 1990). El entorno puede incluir los factores sociales, culturales, morales, económicos, profesionales, etc., que rodean una cosa o a una organización, incluso a una persona, colectividad o época. Estos factores y circunstancias afectan e influyen en su estado o desarrollo. En este sentido se entenderá el entorno de las OLA-RSU.

A fin de identificar las interacciones del sistema de adquisición de RSU con factores externos a su operación, se incluyen en el análisis del sistema dos niveles de su entorno: contextual y transaccional (Véase **figura 1.II.1**). Para cada entorno, se incluyen las tres dimensiones clásicas de la sustentabilidad: medioambiental, social y económico.



**Figura 1.II.1.-** Entornos contextual y transaccional del sistema de adquisición de RSU

### A.- Entorno contextual

El entorno contextual es la parte de la realidad que sólo indirectamente afecta o es afectada por el sistema (Lara-Rosano, 1990), lo que no significa que la afectación sea superficial o de bajo impacto. De hecho, como lo muestra la primera parte de este capítulo, el contexto tiene una afectación indirecta

pero profunda sobre la función de adquisición de RSU en mercados emergentes. Como se verá, el contexto de los mercados emergentes para las OLA de RSU es determinante. En este sentido se identifican los siguientes elementos del entorno contextual de las CSI-RSU que se agrupan en lo económico, social y medioambiental.

El entorno contextual actual ha puesto sobre la mesa del debate mundial la viabilidad del modelo económico dominante, el modelo capitalista tiene como efecto una producción lineal y un consumo desmedido que está agotando los recursos naturales del planeta. El patrón de producción y consumo ha estimulado el crecimiento económico, pero ha generado tensiones en lo social y medioambiental, pues aunado al crecimiento económico se han derivado problemas medioambientales. La tensión y contradicción entre lo medioambiental, social y económico modifica el diseño y operación en las CSI, que por la naturaleza de los materiales que maneja, requieren incluir un balance. El desarrollo sustentable es justamente una propuesta de reducción de las tensiones entre los tres sistemas, en la búsqueda de equilibrar las fuerzas que en algunos momentos se han mostrado antagónicas.

**a) Económico:** los patrones de consumo dominantes basados en la economía lineal (producción-consumo-desecho) afectan el diseño y operación de las empresas y sus CS (GRI, 2015) dando poca atención a las actividades de recuperación de RSU. El aumento en la intensidad de actividades económicas en áreas urbanas incrementa los flujos de entrada de la logística urbana y genera mayor congestión vehicular (Ehmke, 2012), lo que además incrementa la presión para atender los flujos de salida; por ello el número de vehículos de carga moviéndose dentro de los límites de la ciudad está creciendo (Crainic, Ricciardi & Storchi, 2009). La modificación a un sistema de producción mundial integrado (Matos & Hall, 2007a). en el que los desechos contienen materiales de muchas partes del mundo intensifica esta situación. Pero tal vez la coyuntura más importante sea el cambio en los patrones de producción de la economía lineal por patrones de economía circular que trastocan la operación de las CS e impulsan a las CSI. Sin embargo, aunque se transite de un modelo de economía lineal a un modelo de economía circular, predomina el enfoque económico y se dejan de lado las implicaciones medio ambientales y sociales. Los siguientes son puntos de la problemática en el entorno económico contextual:

- Los patrones de economía lineal (producción-consumo-desecho) afectan el diseño y operación de las empresas y su CS dando poca atención a las actividades de recuperación de RSU.
- Patrones de producción basados en el MEL y cuyo principal propósito es incrementar el rendimiento económico.

- Incremento de la presión para atender los flujos de salida; por ello el número de vehículos de carga moviéndose dentro de los límites de la ciudad está creciendo.
- El incremento en la intensidad de actividades económicas en áreas urbanas incrementa los flujos de entrada de la logística urbana y genera mayor congestión vehicular.
- Globalización de la industria de valorización de RSU que escala la exposición a contaminantes fuera de las zonas urbanas en que se generan.
- La modificación a un sistema de producción mundial integrado en el que los desechos contienen materiales de muchas partes del mundo.
- La gran industria de la valorización de RSU se apoya y oprime a los pequeños actores que la suministran.
- Incipiente impulso a los modelos de economía circular.
- Cambio en los patrones de producción de la economía lineal por patrones de economía circular que trastocan la operación de las CS e impulsan a las CSI.
- Concentración monopólica u oligopólica de la industria de la valorización de RSU.
- Necesidad de mejorar la eficiencia en el consumo de materia y energía en canales inversos ante el surgimiento de modelos de economía circular.

b) **Medioambiental:** el planeta experimenta un cambio climático antropogénico cuya magnitud no se había registrado en la historia. El cambio es planetario y afecta no sólo a todas las sociedades, sino a todas las especies. Uno de los factores asociados al cambio climático es la emisión de gases de efecto invernadero, cuyo principal generador son las actividades de transporte (SEMARNAT, 2012). El agotamiento de los recursos naturales también ejerce una presión sobre las CSI-RSU para aprovechar mejor los materiales y recuperar más RSU. La contaminación de aire, suelo, agua ocasionada por el inadecuado manejo de los RSU es una realidad bien documentada (SEMARNAT, 2012; Barradas-Rebolledo, 2009; SEMARNAT-INE, 2006). Islas de plástico flotando en el mar, contaminación de mantos freáticos y toxicidad del suelo es el resultado de décadas de manejo inadecuado de los RSU y hoy en día obliga a repensar la operación de las CSI. Los siguientes son puntos del entorno medioambiental contextual:

- Agotamiento de los recursos por la sobreexplotación derivada del MEL.
- Cambio climático derivado del calentamiento global y el incremento de fenómenos climáticos extremos. Los RSU son la tercera fuente de generación de gases de efecto invernadero en el planeta.

- Contaminación del suelo, aire y agua por la gestión inadecuada de los RSU.
  - Dificultad para desarrollar modelos de producción sustentables.
- c) **Social:** la mayoría de la población vivirá en un entorno urbano en los próximos años lo que incrementará la presión por generar condiciones de bienestar social. En México 72.3% de la población ya vive en áreas urbanas y la presión por el cumplimiento de las necesidades elementales va en aumento. La necesidad de empleo orilla a un número creciente de trabajadores a emplearse en actividades informales y tradicionalmente marginadas como la recolección de RSU y la pepena. Se señala que hay una violación constante de derechos humanos y laborales que se reflejan incluso en ciudades de países desarrollados, esta situación es una constante en los empleos generados en la fase informal de las CSI-RSU. La pobreza en la que viven millones de mexicanos también orilla a las personas a aceptar condiciones inadecuadas de trabajo para obtener un ingreso y tener un medio de subsistencia. Los siguientes son puntos del entorno social contextual:

- Patrones de consumo basados en el MEL: “usar” y “desechar”. Esto aumenta la tasa de generación per cápita.
- Concentración de la mayor parte de la población en áreas urbanas que incrementa la generación de RSU.
- Un alto porcentaje de la población vive en pobreza y en condiciones de marginalidad, carentes de fuentes de empleo digno.
- Creación de “cinturones de miseria” al interior de las áreas urbanas, propicias para el almacenamiento y comercialización de RSU.

## **B) Entorno transaccional**

Este entorno es el que directamente afecta o puede ser afectado por el sistema (Lara-Rosano, 1990). Aquellos elementos que se encuentran en interacción directa con el sistema de interés constituyen el entorno transaccional. Haciendo una categorización idéntica de elementos que constituyen el entorno contextual, el entorno transaccional es dividido en las tres dimensiones de la sustentabilidad: económica, social y medioambiental.

La materialización de modelos de economía circular en un entorno de mercados emergentes implica el análisis de sus operaciones para detectar aquellas operaciones clave que hagan verdaderos los supuestos del ahorro energético y de materiales. El supuesto generado por el pensamiento común es que una CS sustentable minimizará las contradicciones entre el buen desempeño económico de la CS y el bienestar social y medioambiental. Una CSI-RSU permite concretar un modelo de economía

circular, dado el pensamiento común, debería reducir los impactos negativos al ambiente y la sociedad, y ser sostenible económicamente. Este supuesto sobre el que se ha impulsado la industria de la valorización de RSU aún debería de validarse. La esencia en la proliferación de CSI-RSU no es clara, pues los supuestos medioambientales y sociales no han sido sometidos a prueba aún. ¿Qué pasa si bajo un proceso de investigación estructurado resulta que los impactos generados por las CSI-RSU resultan ser mayores que los que se generan en las CS sin componentes que las hacen inversas?

a) **Económico:** las operaciones de las CSI-RSU conforman un subsector industrial en expansión. Aunque no haya aún una definición clara de estas actividades en el sistema de clasificación industrial vigente, el tema de los RSU constituye un campo para la generación de riqueza y empleo, pero también constituye un gasto significativo de recursos públicos. Los siguientes son puntos que considerar en el entorno económico transaccional:

- Informalidad económica de las OLA de RSU.
- Estructura de precios bajos para los RSU valorizables.
- Necesidad de aprovechar la economía de escalas para transportar los RSU, incluso al extranjero.
- Tiempos de ciclo prolongados para aprovechar la economía de escala.
- Subvención de costos a partir del uso y aprovechamiento de los sistemas de manejo de RSU municipales y de la ciudad, por parte de los actores que desarrollan operaciones de adquisición.

b) **Medioambiental:** la generación y manejo de RSU tiene un triple impacto medioambiental: contaminación, desperdicio de recursos y necesidad de espacios para su disposición final. Los siguientes son puntos que considerar en el entorno medioambiental transaccional:

- Contaminación del suelo en espacios públicos y privados por el almacenamiento inadecuado de RSU.
- Contaminación del aire por las emisiones de vehículos que transportan RSU y contaminación por partículas desprendidas de su manejo.
- Proliferación de fauna nociva y cambio en los vectores de ciertos patógenos, como los transmitidos por mosquitos y ratas.
- Deterioro de la imagen urbana.

c) **Social:** la informalidad económica en la que se desarrollan las actividades de las CSI-RSU afecta el bienestar social de sus colaboradores. Sólo 643 de las unidades económicas que forman parte de las CSI-RSU en el país están establecidas formalmente, 87 en la ZMVM

(INEGI, 2018). Las actividades de las CSI-RSU se realiza principalmente en la informalidad (SEMARNAT, 2012) e incluso en la ilegalidad (Florisbela-dos Santos y Wehenpohl, 2001). Trabajo precario, violación de derechos laborales son algunos aspectos derivados de la informalidad, pero también se considera el uso del trabajo infantil, los riesgos a la salud para los involucrados directamente en las CSI-RSU. Sin embargo, también existen *stakeholders* en el entorno cercano que sufren el incremento en la congestión vehicular derivado de las actividades de transporte de RSU y del PET, las afectaciones a la imagen urbana, a la salud por la contaminación del espacio urbano, el ruido y otros elementos derivados de las actividades de las CSI-RSU. Los siguientes son puntos que considerar en el entorno social transaccional:

- Incremento de la inseguridad en espacios públicos ocupados para almacenar temporalmente los RSU.
- Ocupación del espacio público para el desarrollo de operaciones de adquisición.
- Inconformidad por ruidos, malos olores y otras incomodidades derivadas de las operaciones de adquisición.
- Incremento de las enfermedades gastrointestinales y respiratorias de la comunidad circundante a las operaciones de adquisición.
- Generación de empleos precarios, sin seguridad social y de alta riesgo a la exposición de patógenos y sustancias tóxicas.
- Tensión social entre actores de la adquisición y la comunidad aledaña.
- Integración de grupos de actores que desarrollan un poder fáctico basado en relaciones políticas y hegemonía económica.
- Presencia de trabajo infantil en OLA.

## **2.- La adquisición no sustentable de RSU**

La función de adquisición en CSI que alimenta la incipiente industria de valorización de RSU en México, se realiza en condiciones de marginación económica y social que afecta su desempeño, obstaculizando el reaprovechamiento de RSU y su integración a las CS. Las OLA se desarrollan por pequeños actores privados informales que se valen del sistema público de manejo de RSU, en sus diferentes subprocesos, para obtener los materiales que comercializan, buscando hacerlo al menor costo económico, lo que genera externalidades negativas. Las OLA son la recolección, transporte, almacenamiento temporal, manejo de materiales y transferencia.



Las OLA tienen un pobre desempeño manifestado en: bajas tasas de recuperación de RSU con alto potencial de valorización; manejo inadecuado de materiales recuperados que imposibilitan su aprovechamiento y generan desperdicios; limitado desarrollo de la industria de la valorización por la insuficiencia de materiales que cumplan los requerimientos de calidad, regularidad y en la cantidad suficiente.

Los modelos de economía circular requieren el desarrollo de canales inversos eficaces y eficientes para que la naciente industria de valorización de RSU contribuya a la reducción en el consumo de energía y materias primas vírgenes. Por ello, el estudio de las OLA en CSI-RSU se vuelve relevante. Dada la naturaleza de los RSU, las OLA tienen alto potencial de generar impactos negativos, así su estudio requiere integrar elementos medioambientales y sociales. Las OLA en CSI-RSU han sido poco estudiadas en mercados emergentes, dado el carácter predominantemente informal de los agentes involucrados y por el escaso valor residual de los materiales recolectados. Considerando la coyuntura, descrita en la primera sección de este capítulo (contextualización), en la que el progreso de los modelos de economía circular está supeditado al aseguramiento de un suministro de RSU confiable y de calidad a través de las OLA. Las operaciones de recolección, almacenamiento temporal, transporte y transferencia han proliferado en áreas urbanas dinamizando la economía local, principalmente en los grupos sociales marginados.

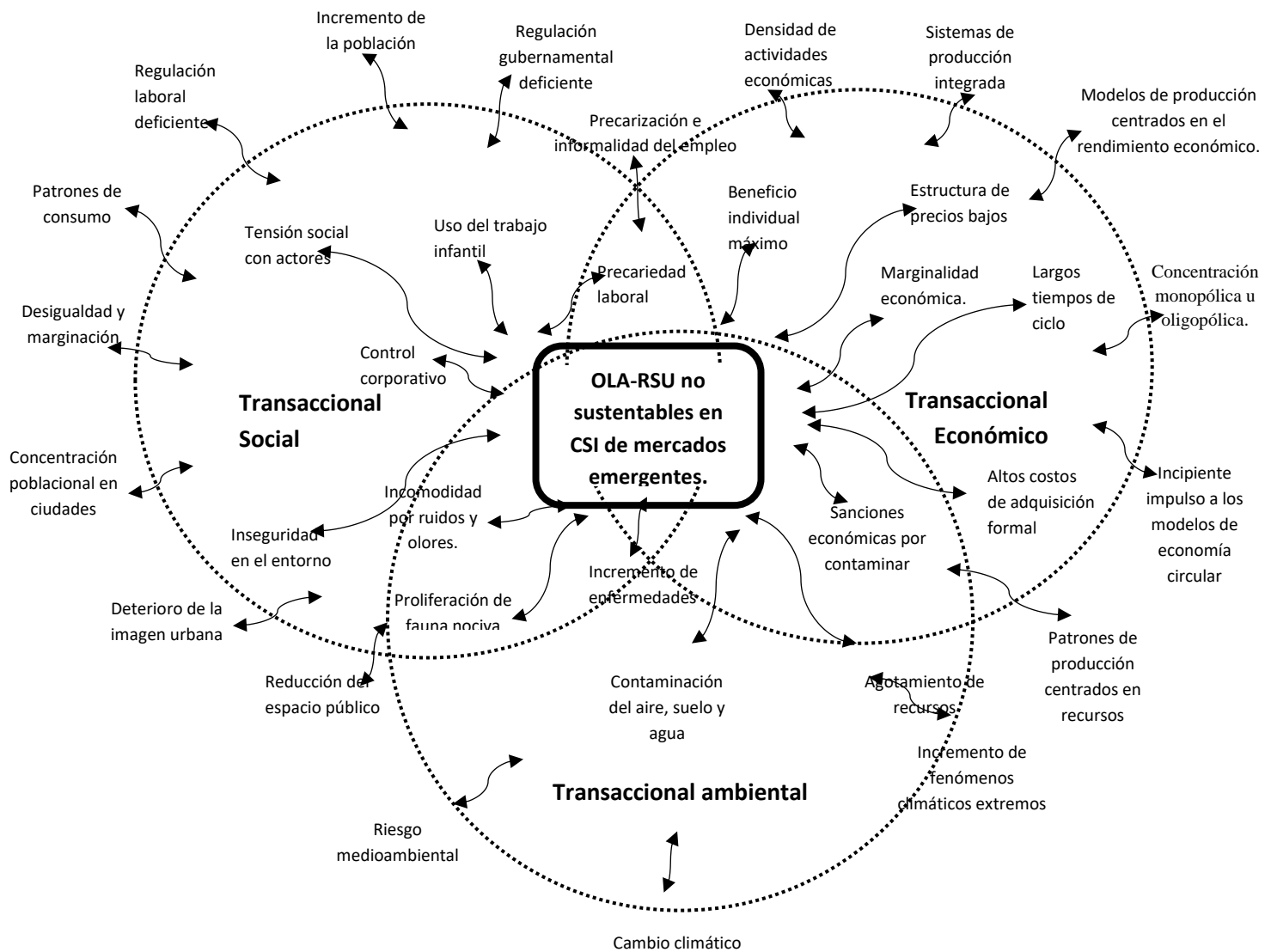
Considerando que un campo de estudio es el desarrollo del conocimiento sobre un tema en específico, por ejemplo, logística y CS, un subcampo de conocimiento sería el desarrollo del conocimiento en un subtema específico, como las CSI. Se utiliza el término campo de conocimiento en lugar de disciplina o campo disciplinar, cuando el conocimiento se construye de forma multidisciplinaria o transdisciplinario (Morin, 1994), no sólo como una disciplina o rama disciplinar. Esto sucede con la logística y CS, que es un campo de conocimiento multidisciplinario (Chase, Jacobs, Aquilano, Matus, Benítez & Muñoz, 2009; Bowersox, Closs & Cooper, 2007; Lambert, Cooper & Pagh, 1998). Los subtemas y problemas que emergen conforme se desarrolla el campo, se agrupan en subcampos, por ejemplo, logística inversa, transporte multimodal, etc. En este trabajo se considera que la CSI constituye un subcampo de conocimiento dentro del campo de logística y CS, siguiendo a Gupta (2016). Además, en la investigación realizada, el problema de la adquisición de RSU en mercados emergentes no sólo se abordó desde el campo de logística y cadena de suministro, también se incorporaron elementos de la gestión de RSU y de desarrollo sustentable.

Entonces, desde el subcampo de CSI, los estudios de las OLA-RSU se abordan desde una perspectiva técnica-económica que busca asegurar la recuperación del valor residual de los materiales y la factibilidad económica de su reintegración a las CS.

En CSI prevalece un enfoque *pull*, impulsado por el valor comercial del residuo y la rentabilidad de las OLA-RSU, sin reparar en los impactos negativos asociados. Una de las razones por las que se deben considerar elementos sociales y medioambientales en el estudio de las OLA es porque se presentan fuertes impactos al medioambientales y a la sociedad. El análisis de los impactos de la gestión y disposición de RSU hecho desde la gestión sostenible de RSU ha permitido establecer directrices para reducir la contaminación de las OLA de RSU; sin embargo, esto no es más que la contraparte de lo que pasa en CSI. En la gestión de RSU prevalece un enfoque *push* cuya fuerza radica en la aplicación del marco normativo y el gasto público-privado que alimenta la gestión de RSU. Garantizar la no contaminación de las OLA-RSU compromete su factibilidad económica y su contribución social al empleo. Sin duda, la contribución social de las OLA-RSU es una de las aristas que menos interés despierta en la literatura (Bendul et al., 2017; Varsei et al., 2014; Schaltegger & Burritt, 2014; Baumgartner, 2011; Sarkis et al., 2010, Seuring & Müller2008) y que, sin embargo, es parte fundamental de la responsabilidad social de los agentes involucrados.

Son escasos los estudios que buscan identificar las características de las OLA de RSU, por ejemplo, Flygansvær et al. (2018), Williams et al. (2008); aún son menos los estudios centrados en materiales de los RSU, por ejemplo, Foolmaun & Ramjeeawon (2013), Bing, et al. (2016), Bing, et al. (2015).

Lo que se muestra en la **Figura 1.II.2** es una estructuración de la problemática de las OLA-RSU para CSI de mercados emergentes. Las OLA constituyen el sistema bajo análisis y su operación bajo los principios del desarrollo sustentable es el objeto de estudio de esta investigación. Los principios de la sustentabilidad de la gestión de RSU están establecidos desde Brundtland (1987) y la agenda XXI de la ONU, y algunos de ellos se muestran en la parte central de la **Figura 1.II.2**.



**Figura 1.II.2.-** Factores asociados a la sustentabilidad de las OLA-RSU para CSI de mercados emergentes

Los siguientes son elementos de la problemática de las OLA en CSI-RSU:

- Las OLA-RSU son quizá la mayor fuente de generación de impactos negativos en las CSI-RSU.
- Mientras las OLA-RSU no sean sustentables, la valorización de RSU no contribuirá a disolver la problemática de las OLA en áreas urbanas.
- Las condiciones de marginalidad económica, precariedad laboral, riesgo medioambiental, control corporativo, estructura de precios bajos, hacen que las OLA-RSU no sean sustentables.

- Los esquemas operativos de adquisición actuales generan impactos negativos medioambientales, sociales y económicos.
- Las condiciones del entorno contextual y transaccional, en las que se desarrollan las operaciones de adquisición complican la identificación de los factores<sup>1</sup> causantes de los impactos negativos a los tres entornos, considerados en el desarrollo sustentable
- El análisis de las OLA-RSU basado en criterios de la rentabilidad, eficiencia y eficacia es insuficiente para poder prescribir mejoras para que el proceso de adquisición sea sustentable.
- Identificar las OLA-RSU requiere un análisis multidimensional que hasta el momento ha sido poco estudiado.
- En general, las herramientas de mejora de procesos están basadas en criterios de rentabilidad, eficiencia y eficacia dejando de lado principios sociales y medioambientales.

### **III PROBLEMA, PREGUNTAS Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

Las secciones precedentes aportan elementos sobre la importancia del análisis de OLA en CSI-RSU bajo un enfoque de sustentabilidad y teniendo el contexto de los mercados emergentes. La recuperación de materiales valorizables de los RSU mediante OLA-RSU tiene importantes implicaciones sociales y medioambientales. El análisis de las OLA centrado en criterios económicos es infructuoso para prescribir directrices que mitiguen sus externalidades negativas. Parece sólo factible ampliando el marco de análisis e integrando atributos de gestión sostenible. Bajo esta línea de ideas se presentan los siguientes elementos de la investigación doctoral.

#### **1.- Problema de Investigación**

La adquisición de RSU para suministrar a CSI se realiza en condiciones de marginalidad económica y social en mercados emergentes, como México. Hay una predominante informalidad de los agentes involucrados en las OLA y un mercado de bajo valor de los RSU que pueden valorizarse. Los efectos negativos de las OLA han sido bien documentados desde el enfoque de la gestión sustentable de RSU, pero como parte de un MEL. Las CSI que valorizan RSU logran articular los incipientes modelos de economía circular que hay en mercados emergentes y compiten con los sistemas de gestión de RSU

---

<sup>1</sup> Elemento, circunstancia, influencia, que contribuye a producir un resultado.

para romper el flujo lineal de materiales. Son pocos los estudios que reconocen la importancia de la adquisición sustentable de RSU para CSI.

Para que las CSI-RSU tengan un desarrollo sustentable se requiere un suministro económicamente sostenible, socialmente aceptable y amigable con el medioambiente. Es a través de la forma en que se desarrollan las OLA como una CSI-RSU puede ser más o menos sustentable.

Por lo anterior, es necesario investigar las características de las OLA y de su entorno, operaciones que constituyen el suministro en CSI-RSU en mercados emergentes. Con la investigación se tendría evidencia para valorar qué tan sustentables son las CSI-RSU.

## **2.- Preguntas de investigación**

*¿Qué características tienen las operaciones logísticas de adquisición y su entorno en CSI de RSU en el contexto de mercados emergentes?*

### Preguntas auxiliares

- 1) *¿En qué condiciones se da la recuperación de materiales valorizables de los RSU en mercados emergentes?*
- 2) *¿Qué elementos técnicos, operativos y económicos caracterizan a las OLA-RSU en mercados emergentes?*
- 3) *¿Qué impactos, desde el marco de desarrollo sustentable, son característicos de las OLA-RSU?*
- 4) *¿Cuáles son las características internas que contribuyen al desarrollo sustentable de las CSI de RSU?*
- 5) *¿Qué elementos considerar en el diseño de una red de adquisición de RSU sustentable?*

## **3.- Objetivos de la investigación**

### Objetivo general

*Identificar características de las operaciones logísticas de adquisición de RSU en mercados emergentes utilizando métodos de investigación cualitativos y cuantitativos.*

### Objetivos específicos

1. Analizar las características económicas, sociales y medioambientales de las zonas en que se desarrollan las OLA-RSU mediante sistemas de información geográfica.
2. Identificar los impactos generados por las OLA-RSU en su entorno transaccional económico, medioambiental y social.
3. Identificar características de sustentabilidad de las OLA de RSU en un conjunto de casos de centros de acopio en el Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México.
4. Aportar elementos para el diseño de CSI a partir de OLA-RSU que sean sustentables en mercados emergentes.

#### **4.- Hipótesis de trabajo**

*Las características de marginalidad e informalidad en las que se realizan las OLA de residuos sólidos urbanos de mercados emergentes inciden desfavorablemente en el desarrollo sustentable de las CSI-RSU.*

## **IV JUSTIFICACIÓN, RESULTADOS ESPERADOS Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.- Importancia del desarrollo de la investigación**

El **objeto de estudio** de esta investigación son las OLA-RSU en mercados emergentes. Este trabajo se inscribe en el campo de investigación de la gestión de la cadena de suministro (GCS). El campo de la GCS provee un marco para conceptualizar la concatenación de los agentes encargados del flujo de materiales de los puntos de origen a los puntos de destino, así como de las herramientas de análisis y mejora de las operaciones en estos flujos de materiales, información y otros recursos.

Identificar las características de las OLA en CSI-RSU se hace necesaria para un posterior análisis de los elementos operativos que las pueden hacer sustentables y contribuir al desarrollo de modelos de economía circular en mercados emergente. Un análisis económico, medioambiental, social y normativo de las OLA-RSU, es decir, en el marco del desarrollo sustentable, se vuelve un problema relevante en el subcampo de la gestión de la CSI aplicado en el contexto particular de mercados emergente. La inclusión de las características económicas, sociales y medioambientales del entorno en el análisis de las OLA-RSU representa un acercamiento a enfoques de sustentabilidad, lo que no es común en los estudios de CSI.

Hay dos tendencias en el campo de la GSC que confluyen en el objeto de estudio de esta investigación: la sustentabilidad de la CS y la recuperación del valor sobrante de los RSU mediante CSI. Los principios del desarrollo sustentable han permeado en el campo de la GCS, esto derivada de la presión clientes, accionistas, gobiernos, organizaciones no gubernamentales (ONG) y autoridades (Varsei et al., 2014). Para Seuring & Müller (2008) las presiones provienen de tres fuentes: clientes, gobiernos de cualquier orden y otros stakeholders, como sindicatos, organizaciones sociales y grupos ambientalistas. El número de publicaciones que se asocian la GCS y el desarrollo sostenible se ha incrementado (Winter & Knemeyer, 2013). A partir de una exploración en la base de datos Scopus®, se identifica que hasta el año 2007 sólo existían 361 artículos que incluían los términos de *Supply chain* y *sustainable development*, cifra que se incrementó exponencialmente hasta alcanzar un total de 3280 investigaciones en 2018. Otra tendencia en el campo de la GCS es la reintegración de materia y energía en los procesos de la CS mediante esquemas de cadena de suministros de ciclo cerrado o cadena de suministros inversas. La investigación sobre *closed loop supply chain* (CSCC) muestra un crecimiento exponencial que llega a 1352 artículos publicados en la base de datos Scopus®, 92% en la última década. Un crecimiento mayor lo muestra la investigación sobre CSI: de los 3556 artículos que incluyen el término *reverse supply chain*, el 74.8% se ha publicado en la última década.

A pesar de que en el campo de CSI la operación está basada en principios de conciencia medioambiental, no sólo en las ganancias y reducción de costos (Ilgin & Gupta, 2013), la inclusión de los principios del desarrollo sustentable no es identificada totalmente. Una búsqueda de las palabras clave "*reverse supply chain*" y "*Sustainable*" muestra un total de 89 publicaciones, desde 2005 hasta 2018, 27 % de ellos desde la disciplina de la ingeniería, 17% de las ciencias de negocios y administración. Una búsqueda aún más específica que incluye además la palabra "*waste*" permite identificar que el tema de la sustentabilidad en CSI para RSU ha sido escasamente estudiado. La base de datos Scopus® muestra apenas 30 trabajos publicados de 2008 a 2018, que incluyen los términos "*reverse supply chain*", "*Sustainable*" y "*waste*". La mitad de los trabajos corresponden a las disciplinas de ingeniería, administración-negocios y toma de decisiones.

Las tres palabras clave que confluyen en esta investigación son "*reverse supply chain*", "*Sustainable*" y "*waste*", temática que comienza a tomar fuerza ante el agotamiento de los recursos naturales y la necesidad de transitar a modos de producción sustentables. Desde la academia se estudia el problema de no tener un suministro sustentable de RSU para la industria de la valorización.

La base objetiva del problema la constituyen los impactos a los entornos social, medioambiental y económico, derivados de un suministro no sustentable de RSU. Los directamente involucrados en

este problema son los actores de la CSI que desarrollan alguna actividad de adquisición de RSU en áreas urbanas. Estos actores son los propietarios o representantes de las empresas, organizaciones, agrupaciones, etc. que integran una CSI de RSU. Mediante la forma en que operan los agentes de la adquisición de RSU, se generan impactos negativos que afectan a los actores y a los *stakeholders* primarios y secundarios. Los dueños del problema son los agentes, pero los *stakeholders* primarios son afectados directamente por los impactos negativos derivados de la adquisición no sustentable de RSU. Como estos *stakeholders* primarios se encuentran los trabajadores y la comunidad cercana a donde se desarrollan las actividades de adquisición, pero también se incluyen las autoridades gubernamentales obligadas a hacer cumplir la normatividad legal en el sector. En los *stakeholders* secundarios son los grupos que componen el resto de la sociedad, todos aquellos afectados o beneficiados, en última instancia, por el suministro no sustentable de RSU.

En los actores de la CSI recaen las decisiones para mejorar los procesos de adquisición, si integran en su gestión los principios del desarrollo sustentable. La investigación contribuye directamente para que los agentes de la CSI tomen mejores decisiones en cuanto a la forma en que realizan las operaciones de adquisición. De esta manera mejoran su eficiencia técnica y rendimientos económicos. También permite reducir los costos sociales y medioambientales de las OLA en CSI-RSU. La identificación de las operaciones clave asociadas al suministro sustentable puede ayudar a los actores a mejorar sus procesos, más si la identificación se acompaña de propuestas de mejora y manuales de buenas prácticas para la adquisición sustentable de RSU.

Otro grupo de decisores que no está involucrado directamente en las operaciones de adquisición, son las autoridades municipales, estatales y federales, encargadas de vigilar el cumplimiento de las leyes y reglamentos de protección medioambiental y bienestar social. Los resultados de la investigación aportan elementos para el fortalecimiento de la normatividad legal, al detectar fuentes de impactos negativos que no hayan sido identificadas, o bien, aportar elementos sobre la magnitud de los impactos que deberían ser considerados para determinar la magnitud de las sanciones. Igualmente se pueden desarrollar políticas y programas públicos que apoyen a los actores para la modificación de sus operaciones.

Una identificación de operaciones clave para la adquisición sustentable de RSU puede orientar el diseño y puesta en marcha de nuevos modelos de negocio que se orienten al suministro de RSU para la industria de la valorización, transitando de una operación informal con altos impactos negativos, a una operación formal que cumpla todas las leyes y reglamentos. El estudio busca aportar elementos para el impulso de modelos de economía circular en mercaos emergentes. Por ello, el sector privado



formalizado, que actualmente tiene poca participación en los procesos de adquisición, puede verse estimulado a participar toda vez que las operaciones se van transparentando y se identifica su importancia. Los resultados del estudio pueden darle evidencia al sector privado sobre la posibilidad de generar riqueza a partir de los RSU, respetando la normatividad medioambiental y procurando el bienestar social.

Otros beneficiarios directos de la modificación de las operaciones de adquisición, es la industria de la valorización de RSU, que se abastece de materiales a través de las operaciones de adquisición. Este está limitado por el suministro confiable, regular y de calidad, criterios que los actores de la adquisición no siempre pueden cumplir. Diseñar procesos de adquisición sustentables puede fortalecer la industria de la valorización al asegurar el suministro de RSU y estimular la creación de más industria de reciclaje.

El estudio es una apuesta a que, mediante la mejora de las OLA, en un marco de sustentabilidad, se puede generar riqueza económica de los RSU sin generar impactos medioambientales o sociales al entorno en que se desarrollan.

## **2.- Resultados esperados**

El resultado principal es una caracterización de las OLA de RSU para cadenas de suministro inversas de mercados emergentes; particularmente, las referentes a recolección, almacenamiento temporal, manejo de materiales, transporte y transferencia. También es un resultado esperado la identificación y caracterización de los agentes involucrados en estas operaciones y de la naturaleza de los impactos generados por las OLA-RSU.

Se pretende alcanzar un estudio de las OLA en CSI a través de las cuales se valorizan los RSU para su reintegración al sistema productivo. Las redes están constituidas por agentes pequeños e informales que desarrollan operaciones recolectores, acopiadores, transportistas va desde sus fuentes de generación hasta sus puntos de valorización industrial. Una tipología operativa de estas redes en áreas urbanas es uno de los principales productos esperados de esta investigación.

La caracterización de la función de adquisición en CSI permite aportar elementos sobre cómo se materializan los modelos de economía circular en la Zona Metropolitana del Valle de México.

La principal aportación de este trabajo es el estudio de las redes logísticas que valorizan los RSU. Las operaciones desarrolladas en esta red tienen características específicas y sus agentes, que desarrollan

tipos especiales de relaciones de colaboración, no han sido documentadas completamente. Además, los flujos de materiales valorizables a través de la ciudad demandan que las operaciones sean sustentables, no sólo rentables y eficaces. La descripción de estos flujos en áreas urbanas constituye un primer paso en el desarrollo de alternativas sustentables para la valorización de RSU en mercados emergentes. Este trabajo reporta la forma de incluir la dimensión social al análisis de las OLA-RSU.

### **3.- Alcances de la investigación**

El problema de la recuperación de los RSU del flujo convencional de la cuna a la tumba, característico de la CS tradicional, constituye una piedra angular para la disrupción entre linealidad y circularidad de los modelos productivos en un marco de desarrollo sostenible. Si bien en esta investigación no se presenta un diseño acabado de cómo podría resolverse este problema, abona en la identificación de los factores más importantes de la adquisición de RSU y la operacionalización de modelos de economía circular en las condiciones de marginación.

El alcance de la presente investigación es una estructuración a nivel descriptivo de la forma en que se realizan las OLA-RSU y cómo contribuyen, o no, al desarrollo sustentable de áreas urbanas, en términos de investigación de operaciones (Sagasti & Mitroff, 1973), se hace una conceptualización de la problemática obteniéndose un modelo conceptual que permite identificar los rasgos operativos de los agentes involucrados en la adquisición de RSU para abastecer CSI. No se modela una solución ni se ensayan diseños alternativos, pues aún falta un análisis causal riguroso que permita explicar por qué operan las redes de adquisición de la forma en que lo hacen. La conceptualización de esta investigación deberá compararse aún con lo que en otros lugares y momentos se ha documentado para avanzar en la transición a modelos circulares y también para la realimentación que permita fortalecer la caracterización alcanzada en este trabajo.

Las CSI que permiten la recuperación de RSU para su valorización constituyen un tipo de CS con fuertes implicaciones sociales y medioambientales cuyas operaciones son particulares y distintivas a las de otras CS. Establecer estas particularidades es el alcance más ambicioso de este proyecto de investigación, a un nivel descriptivo, más que explicativo o prescriptivo. Estas implicaciones plantean un conjunto de problemas particulares de las CSI de RSU que van más allá de la eficiencia operativa y la rentabilidad, lo que hace más complejo el análisis e identificación de las características propias de las OLA-RSU.

Los resultados de esta investigación enriquecen la discusión sobre la sostenibilidad de la CS tradicional y la necesidad de ampliar sus funciones y alcances, particularmente en lo tocante a su

responsabilidad compartida en la generación de RSU post consumo. La desagregación funcional de los flujos directos e inversos de la CSI, realizada gracias a la aplicación del enfoque de sistemas, muestra la variedad requerida para la implementación de modelos de economía circular lo que se soporta con observaciones en campo.

## **Capítulo 2.- MARCO CONCEPTUAL**

### **I.- ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

La economía circular (EC) otorga al residuo un papel dominante, está sustentada en la reutilización inteligente del desperdicio, sea éste de naturaleza orgánica o de origen tecnológico. La EC es un modelo cíclico que imita los ciclos naturales (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Para transitar a un modelo de economía circular la estructura tradicional de la CS debe modificarse incrementando sus funciones y ampliando su alcance hacia los flujos inversos de materiales.

Bajo el MEL, el residuo es cualquier material que es destinado al abandono por su productor o poseedor, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza. Con un nuevo paradigma, como el propuesto por Dijkema et al. (2002), citado en Kinobe et al. (2012), se considera un residuo como una sustancia que se experimenta como una pérdida hoy, pero puede ser un recurso en el futuro, o bien puede ser un desperdicio en una industria, pero puede ser una materia prima en otra. Por ello, todos los residuos podrían reintegrarse a las CS, o bien almacenarse hasta que su reincorporación sea factible.

En este sentido, la economía circular se presenta como una solución para reducir el consumo de materiales vírgenes, así como la reducción de las huellas de carbono e hídrica en las operaciones de la CS (Seuring & Müller, 2008). Bajo la EC, el residuo de una CS se convierte en la materia prima para abastecer a otras CS, con un mínimo de impactos.

A continuación, se presentan los estudios realizados en el campo de la Gestión de la Cadena de Suministro (GCS) que se concentran en las CSI, gestión de residuos sólidos urbanos y desarrollo sustentable. Desde el campo de GCS, uno de los retos es garantizar el desarrollo de estrategias para reducir los residuos en la producción de bienes de consumo, las operaciones amigables con el ambiente, el manejo de los mercados secundarios y el cumplimiento de normas ambientales (Kocabasoglu, Prahinski & Klassen, 2007). Elegir el campo de la gestión de la CS en lugar de la gestión de residuos sólidos urbanos obedece a la tendencia global que reconoce que la responsabilidad del manejo de residuos debe ser de las CS que los producen y lanzan al mercado, compartida por el consumidor, la sociedad y los gobiernos (Schröter & Spengler, 2005).

El modelo de EC se abre paso y se materializa en marcos normativos que se aplican en algunos países europeos y asiáticos, pero las presiones gubernamentales, las organizaciones de la sociedad civil y la cultura del consumidor constituyen fuentes de presión para que las CS modifiquen sus prácticas (Seuring & Müller, 2008). El impacto de la legislación de recuperación activa en Europa ya regula

la generación de residuos de computadoras, televisores, baterías de automóviles, envases de vidrio, aluminio y de papel (Lebreton, 2007) constituyendo un estímulo para la adopción de esquemas de recuperación de residuos e internalizando los costos asociados a su manejo. Un caso similar se presenta en la industria automotriz en Europa, donde la normatividad obliga a los fabricantes de automóviles a organizar redes de recolección de sus vehículos (Cruz-Rivera & Ertel, 2010).

Cuestiones económicas también impulsan el desarrollo de estrategias de recuperación de residuos por las empresas (Georgiadis & Vlachos, 2003) y la operacionalización de la EC. Guide et al. (2003) señalan que el creciente interés de las empresas por adoptar estrategias de valorización de residuos se debe a la rentabilidad potencial que se ofrece en países como E.E.U.U. o bien debido a la presión legislativa establecida en los países de Europa. Cruz-Rivera & Ertel (2010) señalan que en México los incentivos para recuperar residuos provienen de ingresos directos, al recuperar el valor de los materiales manejados y al reducir el consumo de materia prima, además de la reducción de costos en el manejo y disposición de residuos.

El interés por los beneficios económicos y ecológicos de la recuperación de residuos detonó una importante cantidad de investigaciones a partir de la década de los 90's (Georgiadis & Vlachos, 2003). El cambio del modelo económico de producción y la necesidad de modelos de producción y consumo más sustentables abren el abanico de problemas que debe enfrentar y resolver en la GCS. Estos nuevos problemas impulsan estudios en el campo de la GCS que operacionalizan los principios de la EC, principalmente en dos líneas de trabajo: Cadena de Suministro de Ciclo Cerrado (CSCC) y CSI.

## **1.- Logística inversa y cadena de suministro inversa**

En la década de los 90 surge el concepto de Logística Inversa (LI), el cual orienta los esfuerzos de la logística al reciclaje, disposición de desperdicios y el manejo de materiales peligrosos. La LI incluye las actividades llevadas a cabo en la reducción de entradas, reciclaje, sustitución, reúso de materiales y su disposición final; asimismo, Rogers & Ronald (1999) agregan el término de flujo de información, que va desde el punto de consumo hasta el punto de origen, considerando el movimiento del producto o materiales en la dirección opuesta, para el propósito de crear o volver a capturar su valor o bien, para una adecuada eliminación.

La LI incluye los temas relacionados con las actividades logísticas encaminadas al reciclaje, la reducción, la sustitución, el reúso y eliminación de materiales. LI es el proceso de planear, implementar y controlarla el flujo eficiente y económico de materias primas, inventario en proceso, bienes terminados y la información relacionada, desde el punto de consumo hasta el punto de origen

con el fin de recuperar el valor de los residuos o eliminarlos adecuadamente (Rogers & Ronald, 1999). La LI es definida como el proceso de planeación, implementación y control del flujo inverso de materiales, inventario en proceso, empaçado y productos terminados, proveniente de la manufactura, distribución o punto de consumo, al punto de recuperación o punto de disposición adecuada.

La revisión de la literatura hecha muestra que la investigación en el campo de la LI involucra la fase y los temas pertinentes a la adopción e implementación de pronóstico de productos retornados, subcontratación, redes de LI desde la perspectiva de mercados secundarios y decisiones de disposición que no se han repetido extensamente. Esta investigación pretende llenar la brecha existente en la revisión de la literatura de estos temas y establecer líneas futuras para la investigación basada en análisis de brechas de investigación. Con un total de 242 artículos publicados que se seleccionaron, categorizaron, analizaron y se identificaron huecos en la literatura que sugieren oportunidades de investigación futura. La revisión puede ser usada por académicos, investigadores y practicantes para conocer de LI y guiar futuras investigaciones (Agrawal, Singh & Murtaza, 2015).

En años recientes la LI se ha convertido en un campo de investigación importante para todas las organizaciones debido a la creciente preocupación por el ambiente, la legislación, la responsabilidad social de las empresas y la competitividad sostenible (Agrawal et al., 2015).

Las actividades de LI están determinadas por el tipo de retorno que atiende: retornos de los clientes, retornos de productos en arrendamiento, retornos para servicios o devoluciones, retornos de contenedores reusables, retornos de productos al final de su vida. La recolección, clasificación e inspección son actividades comunes a todos los tipos de retornos provenientes del cliente. En caso de que los retornos del cliente, los productos arrendados, los contenedores reusables y los retornos de servicio o reparación no cumplan las condiciones para ser valorizados y no se puedan restaurar, reparar o reusar, se convierte en retornos. Es caso de tener las condiciones adecuadas en la inspección, los retornos son sometidos a operaciones de restauración y reparación para ponerlos nuevamente a disposición del cliente (Ilgin & Gupta, 2013).

Las empresas pueden adoptar LI por elección porque ofrece ventajas económicas o competitivas inherentes; también la pueden adoptar por la fuerza, resultado de la legislación o por razones ambientales (Agrawal et al., 2015). En años recientes la LI recibe una creciente atención en el ámbito académico e industrial (Ilgin & Gupta, 2013). Existen buenas razones ambientales y económicas para ello.

La logística es una parte del proceso de la CS que planea implementa y controla el eficiente y efectivo flujo y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada del punto de origen al punto de consumo con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente (Chopra et al., 2013). De esta manera, algunos otros autores han asumido que la CS es la logística, pero extendida más allá de las fronteras de la empresa (Bowersox et al., 2007).

El término de logística se asocia principalmente a la acción de la logística empresarial, dentro del alcance de acción de una empresa (Ballou, 2004). La logística es parte del proceso de la CS que planea implementa y controla el eficiente y efectivo flujo y almacenamiento hacia delante y en reversa de bienes, servicios e información relacionada del punto de origen al punto de consumo con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente (Chopra et al., 2013).

Lo mismo sucede con el concepto de LI y CSI, pues inicialmente la LI se concentra en las actividades de recuperación desarrolladas por una empresa particular, sin atender las interacciones interorganizaciones, la CSI tiene un enfoque más amplio que involucra la colaboración y coordinación entre los integrantes del canal inverso (Kocabasoglu et al., 2006).

## **2.- Problemas abordados en cadena de suministro inversa**

Guide et al. (2003) señalan que al incluir la serie de procesos necesarios para recuperar un producto usado de un cliente y deshacerse de él o reutilizarlo, se integran las CSI. Por su parte Nakashima & Gupta (2013) establecen que la CSI consiste en la serie de actividades necesarias para recuperar productos al final de su vida desde los clientes, ya sea para las actividades de recuperación de su valor sobrante para el mercado, o para eliminarlos. En ambas definiciones de CSI se hace explícita la ampliación de la responsabilidad de la CS hacia el manejo de los residuos producidos en ella.

En esta investigación se entenderá que una CSI es una serie de procesos y actividades necesarias para recuperar, post-consumo, los productos usados, sus componentes o materiales asociados, ya sea para valorizarlos (reutilizarlos, reciclarlos, restaurarlos, re-manufacturarlos, canibaizarlos, etc.) o para disponerlos apropiadamente (Guide et al., 2003; Kinobe et al., 2012; Nakashima & Gupta, 2013). Las CSI surgen de la incorporación de otras funciones operativas a la CS tradicional, con las cuales se puede recuperar el valor residual de los residuos de productos o de los productos al final de su vida. Es importante señalar que existe una diferencia fundamental entre una CSI y un sistema de manejo de residuos, pues, aunque sus funciones pueden coincidir, el propósito al que responden es distinto.

Las CSI buscan recuperar el valor sobrante de los productos y materiales que han sido desechados, por ello constituyen una bifurcación del MEL. Las CSI emergen como un subcampo de investigación en la gestión de la CS en la que los estudios se han concentrado en la recuperación del valor residual de los productos retornados (Guide et al., 2003): adquisición de productos usados y residuos, LI, inspección y disposición de materiales, procesos de reacondicionamiento o valorización y distribución y ventas.

Los flujos inversos no pueden tratarse igual que los flujos directos, por lo que una CSI no puede operar sólo como una CS “al revés”. Ilgin & Gupta (2013) establecen una serie de diferencias entre las cadenas de suministro directas e inversas, las cuales se muestran en la **Tabla 2.I.2**. Estas diferencias justifican el desarrollo de funciones propias de un sistema cuyo propósito es el aprovechamiento y valorización de residuos.

**Tabla 2.I.2.-** Diferencias entre cadena de suministro inversa y directa

Directa	Inversa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está enfocada en la obtención de ganancias y optimización de los costos</li> <li>• Es relativamente más fácil pronosticar la demanda de productos.</li> <li>• Menos variación en la calidad del producto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está enfocada en principios de conciencia ambiental. Así como en las ganancias y optimización de costos.</li> <li>• Es muy difícil tener una previsión de los retornos de productos.</li> <li>• Calidad variable de los productos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las técnicas comunes de marketing pueden emplearse.</li> <li>• Los tiempos y etapas de fabricación o procesamiento están bien definidos e incluso estandarizados.</li> <li>• Los bienes son transportados desde una locación hacia muchas locaciones.</li> <li>• La velocidad es una ventaja competitiva.</li> <li>• Los embalajes y empaques de los productos son estándar.</li> <li>• Estructura estándar del producto: dimensiones, peso, forma, volumen, etc.</li> <li>• La estructura de costos es constante por lo que la estimación de costos es fácil de determinar por el sistema de contabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen factores que complican el marketing.</li> <li>• Los tiempos y etapas del procesamiento dependen de las condiciones del producto retornado.</li> <li>• Los productos retornados provienen de muchas locaciones y arriban a un centro de procesamiento.</li> <li>• La velocidad no es un factor crítico.</li> <li>• Los embalajes y empaques dependen de las condiciones del producto retornados, incluso muchos de ellos carecen de estos componentes.</li> <li>• Estructura diversa de productos retornados: variabilidad en la forma, tamaño, peso, volumen, etc.</li> <li>• La determinación y visualización de los factores de costos es complicada debido a los cambios constantes en los procesos de recuperación, tanto por las condiciones de los materiales, como por la dificultad de adquirir los mismos.</li> <li>• Las alternativas de almacenamiento para los productos retornados dependen de sus condiciones.</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las alternativas de almacenamiento son claras.</li> <li>• Importancia primaria para la manufactura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importancia primaria para los procesos de recuperación</li> </ul>
---	--

**Fuente:** Tomado de Ilgin & Gupta (2013:3).

En la CSI se identifican cinco categorías de problemas académicos (Guide et al., 2003):

1. Adquisición de productos usados.
2. Logística inversa.
3. Inspección y disposición.
4. Reacondicionamiento o revalorización.
5. Distribución y ventas.

Por su parte, Ilgin & Gupta (2013), señalan que en las CSI se observan cinco procesos clave:

- Adquisición de productos usados, que corresponde a las actividades necesarias para suministrarse de productos retornados por el cliente.
- Logística Inversa.
- Inspección de productos retornados, clasificación de los mismo y almacenamiento temporal, así como disposición final.
- Valorización o restauración de productos retornados y marketing de los mismo.

Algunos de los temas de las actividades de la CSI son los sistemas de manufactura de retornos que presentan retos para la administración y planeación de las funciones en la CS, estos retos son: la incertidumbre en el tiempo y calidad de los retornos; la necesidad de balancear la demanda con los retornos; la necesidad de desensamblar los productos retornados; la incertidumbre en la recuperación de materiales desde los artículos devueltos; el requerimiento de redes de LI; las complicaciones en la restricción de maquinado de materiales; los problemas de enrutamiento estocástico de materiales para las operaciones de reparación y remanufactura y la alta variación de los tiempos de procesamiento (Guide et al., 2003).

Govindan, Soleimani, & Kannan, (2015) clasifican los problemas de CSI y CSCC en trece categorías, de las cuales se destacan:

- **Diseño y planeación.** - Se abordan problemas de planeación y diseño de redes, tema estratégico de largo plazo para las CS. Se identifican las principales variables para la toma de decisiones en cuanto a la localización y la capacidad de las instalaciones que componen la CS. Esta categoría representa el 18% de los estudios revisados por Govindan et al. (2015)

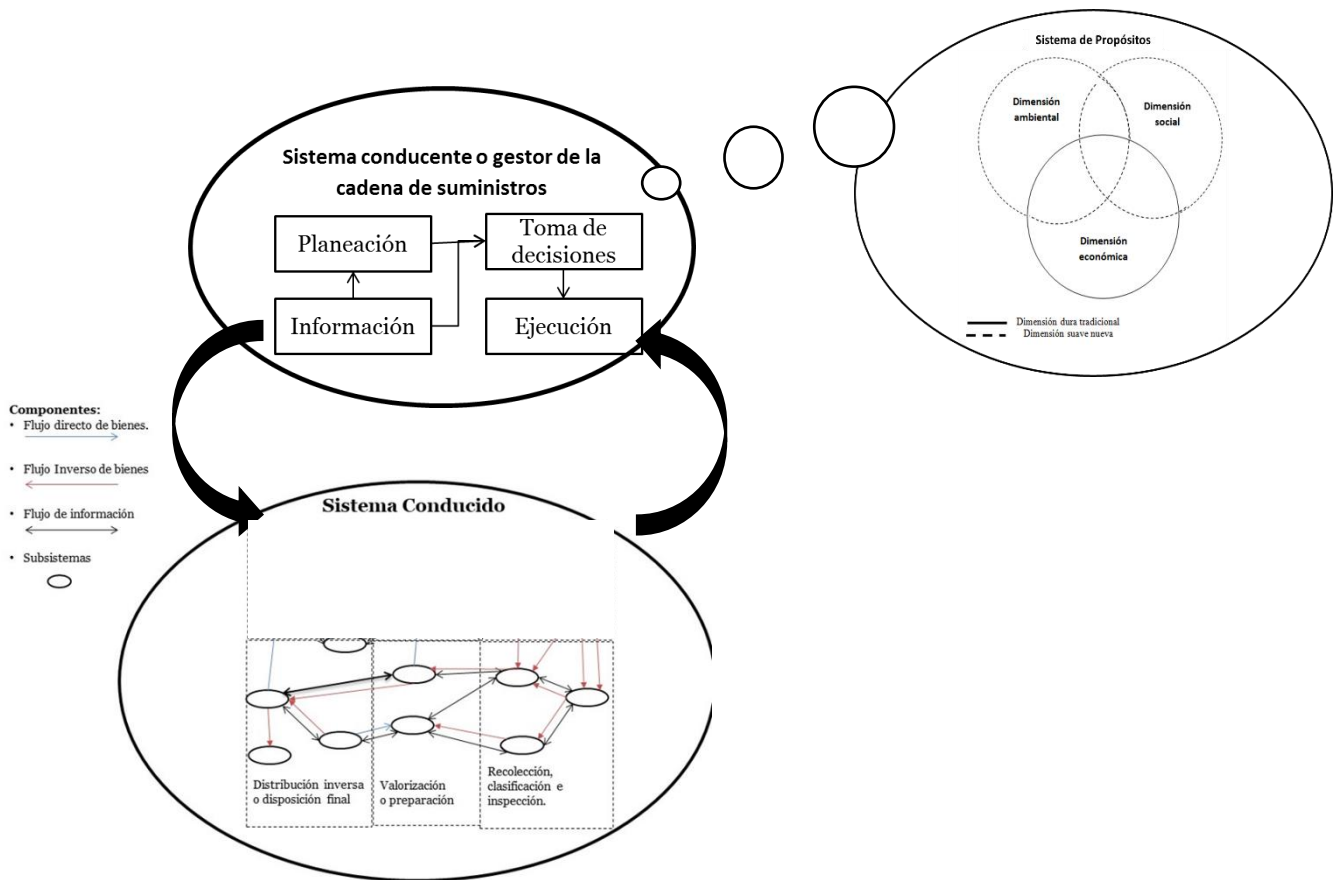
- **Toma de decisiones y evaluación del desempeño.** - Es de las categorías de investigación más importantes en la LI y la CSCC es el estudio de la evaluación del desempeño de redes y de estrategias de recuperación (Govindan et al., 2015).
- **Otros estudios.** - relacionados con la prevención de residuos, como el estudio de los métodos de ecodiseño enfocado en la estrategia de reintegración productos a final de su vida;

Estas categorías de problemas se pueden abordar desde distintos marcos conceptuales, como la sustentabilidad o la eco-industria, así como por las CSCC, estableciéndose un vínculo muy estrecho en estos campos (Govindan et al., 2015).

De la revisión sobre CSI y CSCC se concluye que se presenta un cambio en la estructura de las redes de agentes involucrados y en las actividades que desarrollan, ampliándose las funciones y alcance de las mismas, a partir de la integración del canal inverso en la CSCC; además hay un cambio en los propósitos que se persiguen, tal como lo establece Ilgin & Gupta (2013): mientras que la CS tradicional está basada en el lucro y optimización de los costos, la CSI está basada en principios de conciencia ambiental. Por ello, las investigaciones en el campo de la CSI y CSCC no sólo amplían la estructura de las redes, sino además se modifica el sistema de propósitos que persiguen los agentes involucrados, pues los objetivos de corte económico se amplían incluyendo otros objetivos de su relación con el entorno.

### **3.- Líneas de trabajo en CSI que valorizan RSU**

Para identificar las líneas de trabajo existentes en CSI se realizó una revisión de cincuenta y un artículos publicados en revistas académicas. Para seleccionarlos se incluyen las palabras clave *reverse supply chain and waste*. Con la revisión de los artículos se identificaron los problemas abordados en los estudios de CSI enfocadas a la valorización de residuos. Para estructurar los resultados de la revisión, se recurrió a una desagregación funcional del sistema de gestión de una CSI. La fundamentación conceptual de dicha desagregación se presenta en la siguiente sección de este segundo capítulo. Los artículos que integran la revisión se muestran en el **Anexo 1**, con ellos se aplicó la **Figura 2.I.3.1** en la CSI.



**Figura 2.I.3.1.-** Modelo conceptual para la gestión de la CSI

El modelo de la **Figura 2.I.3** constituye el punto de partida para presentar la revisión de la literatura sobre CSI-RSU, con estructura jerarquizada de la gestión de la CSI. Este marco conceptual se fundamenta en la siguiente sección, pero se utiliza aquí para presentar de forma ordenada los resultados de la revisión de la literatura. En la **Figura 2.I.3.1** se muestra el modelo conceptual de la gestión de la CSI que incorpora objetivos de sustentabilidad, el cual es un modelo cibernético que muestra tres sistemas componentes: un sistema de conducción o gestión (**sistema conductor**), un sistema de funciones y operaciones (**sistema conducido**) y un sistema de propósitos, objetivos y metas (**sistema de propósitos**).

La gestión de la CSI conceptualizada como un sistema cibernético, permite establecer tres categorías de problemas: problemas en el sistema conducido, problemas en el sistema conductor o problemas en el sistema de propósitos. En el sistema conducido, las funciones que desarrolla la CSI son adquisición, valorización y reintegración, además de la generación. Las operaciones de cada una de

estas funciones como el transporte, manejo de materiales, gestión de inventarios, empaque, envase y embalaje se agrupan en alguna de las funciones generales.

En cuanto al sistema conducente, se identifican tres funciones básicas: información, planeación, toma de decisiones y ejecución. Estas funciones se pueden dar en tres niveles: operativo, táctico y estratégico. Además, los objetivos de la gestión de la CSI también pueden darse a nivel operativo, táctico y estratégico; pero también en las tres dimensiones de la sustentabilidad: económico, medioambiental y social. La discusión conceptual del modelo conceptual de gestión de la CSI, sus sistemas componentes y funciones se presenta en la siguiente sección.

Los problemas abordados en los estudios sobre las operaciones de la CSI que valorizan residuos se presentan en la **Tabla 2.I.3**. En esta tabla se hace una descripción del problema que se estudia, se muestra la fuente y se establece una categoría en la que se inscribe dentro del marco conceptual de la **Figura 2.2**.

**Tabla 2.I.3.** Problemas abordados en la literatura de CSI enfocadas a residuos

<b>Categoría</b>	<b>Descripción del problema</b>	<b>Fuente</b>
Toma de decisiones operativas dentro de la adquisición.	Analiza el rendimiento del reciclaje en una CSI conformada por dos niveles, valorizador y reintegrador. Introducción de una perspectiva publicitaria para la reintegración de productos valorizados. Busca responder a las preguntas: ¿cuáles son las decisiones de equilibrio y las ganancias de cada modelo? ¿cuál de los tres modelos es el mejor para los miembros de una CS? ¿cómo afecta la publicidad el precio de recuperación y la cantidad de RAEE?	Guo et al. (2018).
Planeación estratégica en las tres funciones.	Un nuevo enfoque para la planificación de la CS a nivel estratégico, táctico y operativo. Realiza una revisión de la literatura centrada en los enfoques de planeación.	Bal & Satoglu (2018)
Gestión de la CSI a nivel estratégico.	Problemas y desafíos estratégicos clave en la gestión de la CSI.	Agrawal et al. (2015).
Gestión sustentable para la función de adquisición.	Estudia la forma como la cultura empresarial contribuye a resultados ecológicos y económicos positivos para los agentes involucrados en la CSI. Busca mecanismos para garantizar que los productores (o importadores) asuman la responsabilidad de sus productos al final de su vida útil, y asegurarse de que los equipos electrónicos se reciclen sin la liberación de materiales peligrosos al medio ambiente. Mecanismos de control empleados para regular el desempeño del agente.	Flygansvær et al.(2018).
Gestión sustentable de las tres funciones de la CSI.	La cultura y colaboración entre empresas sirven como antecedentes para triplicar el rendimiento final. Componentes del desempeño sustentable y las relaciones entre ellos. Relación entre el reciclador (es decir, el director) y los recolectores (es decir, los agentes) que actúan en nombre de los recicladores. Mecanismos basados en la confianza, la autoridad y el precio son cruciales para establecer y mantener una cultura interorganizacional que impulse el rendimiento.	Flygansvær et al. (2018).

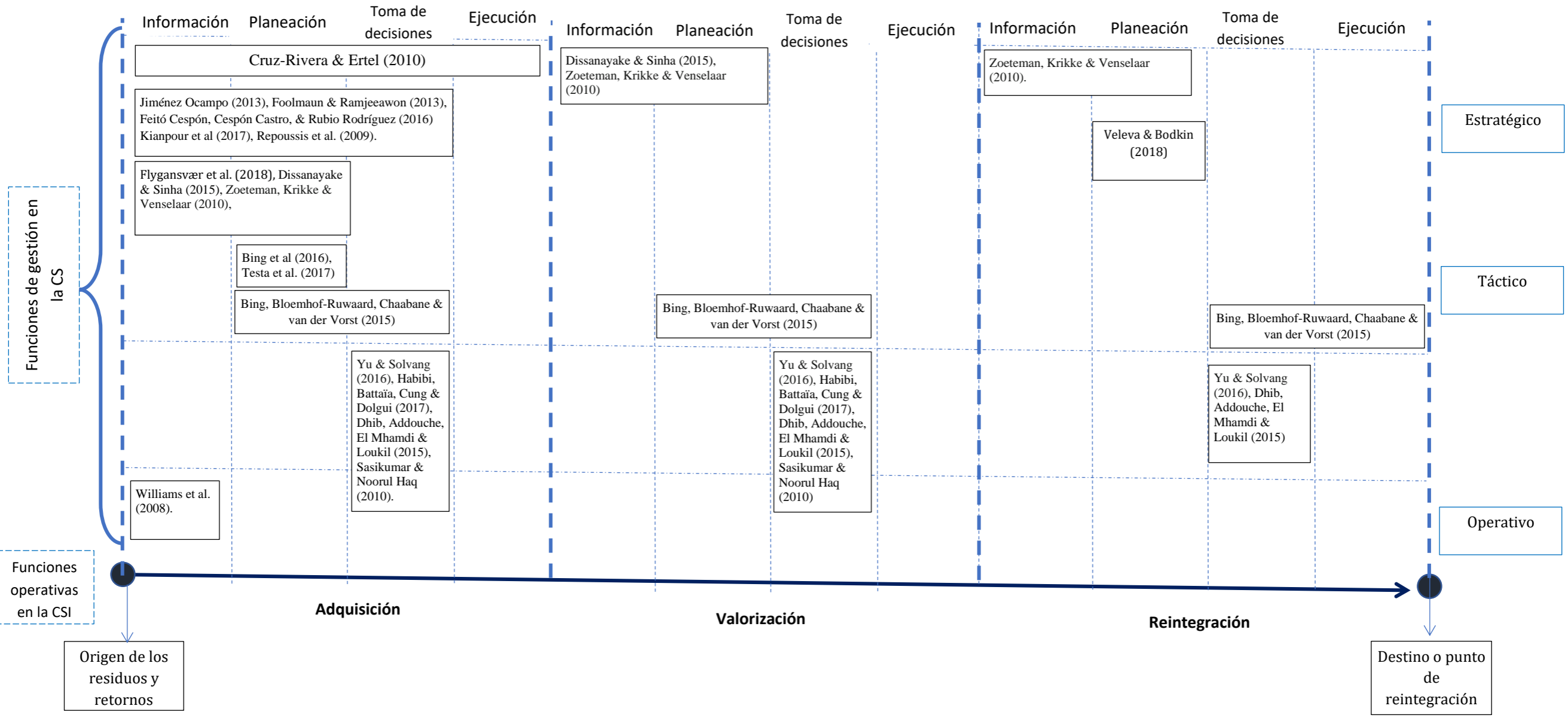
Gestión de la CSI.	Impulsores internos sobre los objetivos de la CSI de residuos (cero residuos) e impulsores externos, principalmente enfocados a las leyes y reglamentos de la unión europea.	Veleva & Bodkin (2018).
Gestión de la CSI.	Alineación entre el canal inverso y la estrategia competitiva de la empresa. Explorar la alineación entre las operaciones del canal inverso encargado de los retornos de la empresa y la estrategia competitiva de la empresa.	Larsen et al. (2010).
Toma de decisiones tácticas para la función de adquisición	Determinar un modelo de toma de decisiones para la inclusión de la preparación para la reutilización en escenarios de gestión de residuos.	Gusmerotti et al. (2018).
Información estratégica en la función de valorización.	El problema crítico en la CSI es el intercambio de información entre los fabricantes de equipos eléctricos y electrónicos y las plantas de desmontaje sobre los productos que ingresan al mercado y las materias primas y sustancias peligrosas utilizadas.	Nowakowski (2018).
Gestión sustentable de la CSI e informalidad	Impactos ambientales del reciclaje informal. Se hace una revisión críticamente los problemas ambientales, económicos y sociales asociados con la reutilización y el reciclaje internacional de computadoras personales. El trabajo explora los aspectos ambientales, sociales y económicos de una CSI internacional particular: reutilización y reciclaje de computadoras. Se examina y caracterizan los aspectos ambientales, sociales y económicos de la CSI internacional para computadoras.	Williams et al., (2008).
Modelo de gestión de operaciones en la CSI	La necesidad de contar con un marco para los procesos y operaciones de las CSI, identificando sus particularidades y diferencias con las operaciones de la CS tradicional.	Schuh et al. (2011).
Toma de decisiones operativas en la adquisición.	Examinar los factores importantes que influyen en la actitud de los clientes para entregar sus residuos a una CSI. También examinar los factores importantes que influyen en la norma subjetiva de los clientes para participar en CSI y los principales factores que influyen en el control de comportamiento percibido de los clientes. Examina la influencia de la actitud, las normas subjetivas y el control del comportamiento percibido en la intención de participación de los clientes en CSI.	Kianpour et al. (2017).
Planeación táctica operativa para la adquisición.	Diseño de redes logísticas para la recolección y transporte de neumáticos usados de varias fuentes. Las redes convergen en plantas de procesamiento industrial para la valorización de neumáticos.	Costa (2016).
Planeación estratégica para la adquisición sustentable.	Implementación de directrices que tienen como objetivo la minimización en la generación de residuos provenientes de productos complejos a través del aumento gradual en las tasas de reciclaje y recuperación. Se propone a nivel estratégico una red de recolección de vehículos al final de su vida útil en México. Dicha red tiene busca la maximización del número de vehículos captados al menor costo. Analiza la incorporación de la función inversa de la logística en la planificación estratégica como medio para la obtención de un desempeño superior (económico, social y ambiental).	Cruz-rivera & Ertel (2010).
Planeación sustentable de la función de adquisición	Evaluación de la sustentabilidad en las operaciones de una CSI. El objetivo final será determinar la evaluación de sostenibilidad del ciclo de vida	Foolmaun & Ramjeeawon (2013).
Planeación táctica operativa en la función de valorización.	Integrar los potenciales de remanufactura lo antes posible en el proceso de diseño para obtener los mayores beneficios tanto en la dimensión económica como en la ambiental. Uno de los	Pialot et al. (2012).

	aspectos del diseño del sistema remanufacturable es la definición de los varios ciclos de uso: ¿cuál es el número de ciclos y la duración de estos ciclos?	
Responsabilidad social en la gestión de la CSI	Las dimensiones sociales y éticas de la sustentabilidad, particularmente cuando se aplican a la CSI, son temas emergentes.	Sarkis et al. (2010).
Planeación a nivel estratégico de la función de adquisición	Los factores generales a favor de un enfoque global incluyen economía de escala y bajos costos de desembolso para la parte exportadora. Factores que favorecen lo regional. La opción de recuperación incluye reducir los costos de transporte, reducir las emisiones de co2 y evitar la congestión y problemas de capacidad de tratamiento en. Este documento explora en la sección 2 la magnitud de los flujos globales de RAEE e investiga los factores deseables. Cambios en estos flujos desde un punto de vista de desarrollo sustentable.	Zoeteman et al. (2010).
Planeación táctica operativa de la adquisición de rsu.	Los autores investigan el modelado de la logística de residuos sólidos municipales en general. Los problemas estratégicos se han modelado utilizando modelos de ubicación teniendo en cuenta períodos únicos o múltiples, objetivos únicos o múltiples e incertidumbre. Los problemas tácticos se han modelado utilizando modelos de asignación de flujo, modelos de colección y modelos de composición de flota.	Bing et al. (2016).
Planeación táctica operativa para la función de adquisición	Los autores proponen esquemas mejorados de descomposición de Benders para resolver un problema de diseño de la CSI. En este artículo, el problema de diseñar una CSI se aborda la red, y un doblador basado en descomposición de Benders se propone un algoritmo para resolverlo.	Santibanez-Gonzalez & Diabat (2013)
Planeación estratégica sustentable de la CSI	Los autores estudian el efecto látigo que puede afectar el desempeño ambiental de la CSI al aumentar las emisiones, el desperdicio y el consumo de recursos naturales. Con el objetivo de llenar este vacío teórico, este artículo compara las causas y los factores atenuantes del efecto de látigo en las CS avanzadas y las cadenas de suministro de ciclo cerrado. <i>¿cómo se caracteriza el efecto bullwhip en las cadenas de suministro de circuito cerrado? ¿son las causas que llevan al efecto látigo en las CS hacia adelante las mismas que las que se encuentran en las CS en circuito cerrado? ¿son los factores y las estrategias de gestión mitigando el efecto de cúpula en las CS futuras lo mismo que los que lo mitigan en las cadenas de suministro de ciclo cerrado?</i>	Braz et al. (2018).
Planeación estratégica de la función de valorización	Se abordan los principales desafíos para desarrollar el proceso de remanufactura, tales como la implementación de sistemas de li, desarrollo de instalaciones de clasificación, desmontaje y fabricación y las estrategias para acceder al mercado. A pesar de que la literatura presenta una visión general sobre el proceso de remanufactura de moda, se requiere más investigación para obtener una comprensión más amplia sobre el proceso de LI y el enfoque de los diseñadores para el desarrollo del producto/proceso.	Dissanayake & Sinha (2015).
Planeación y toma de decisiones tácticas para la función de valorización.	El estudio propone un modelo considera dos objetivos: minimizar los costos operativos del sistema y las influencias ambientales. Se aplican las emisiones de carbono como indicador para evaluar el desempeño ambiental de la LI en este estudio.	Yu & Solvang (2016).

	Además, también se requiere la tasa mínima de utilización de recursos para minimizar el desperdicio de recursos en vertederos. Los objetivos del modelo son conflictivos en la naturaleza, ya que se requieren más inversiones, más tecnologías avanzadas de fabricación y procesamiento para mejorar el desempeño ambiental y la utilización de los productos usados.	
Planeación y toma de decisiones para que la función de adquisición sea sustentable.	Este documento presenta un problema no lineal de enteros mixtos multiobjetivo estocástico para rediseñar la CS sustentable para reciclar ciertos productos. El problema de diseño (y rediseño) de una CS sustentable se ha identificado como un tema de investigación relevante. La mayoría de las contribuciones se centran en el diseño de nuevas CS y se ha identificado una falta de modelos que abordan el rediseño. Pocos modelos que abordan el rediseño de las CSI consideran el análisis simultáneo de los objetivos económicos, ambientales y sociales.	Feitó-Cespón et al. (2017).
Planeación estratégica para la adquisición y valorización.	El problema de recolección y desmontaje integra problemas de optimización tales como el dimensionamiento dinámico de lotes y el enrutamiento de vehículos en casos generales.	Habibi et al., (2017)

Tomando los artículos del **Anexo 1**, en la **Figura 2.I.3.2** se muestran los problemas y líneas de trabajo existentes en la literatura sobre CSI enfocadas a residuos. Para presentar el estado de la investigación sobre las operaciones de la CSI, se toma como marco la gestión cibernética mostrado en la **Figura 2.I.3.2**. En la figura se muestran las principales funciones operativas y de gestión de la CSI para residuos, también se muestran los estudios hechos en cada una de estas funciones. En la **Figura 2.I.3.2** puede observarse que la función de adquisición es la más estudiada, principalmente a nivel táctico y operativo. Los estudios sobre la adquisición se realizan en los tres niveles de toma de decisión, pero principalmente a nivel estratégico. Las funciones de gestión que más se estudian en las CSI son la de planeación y toma de decisiones a nivel estratégico. Los estudios más comunes en las CSI son modelos cuantitativos para la toma de decisiones.

**Figura 2.I.3.2.-** Funciones y subfunciones del sistema cadena de suministro Inversa de residuos

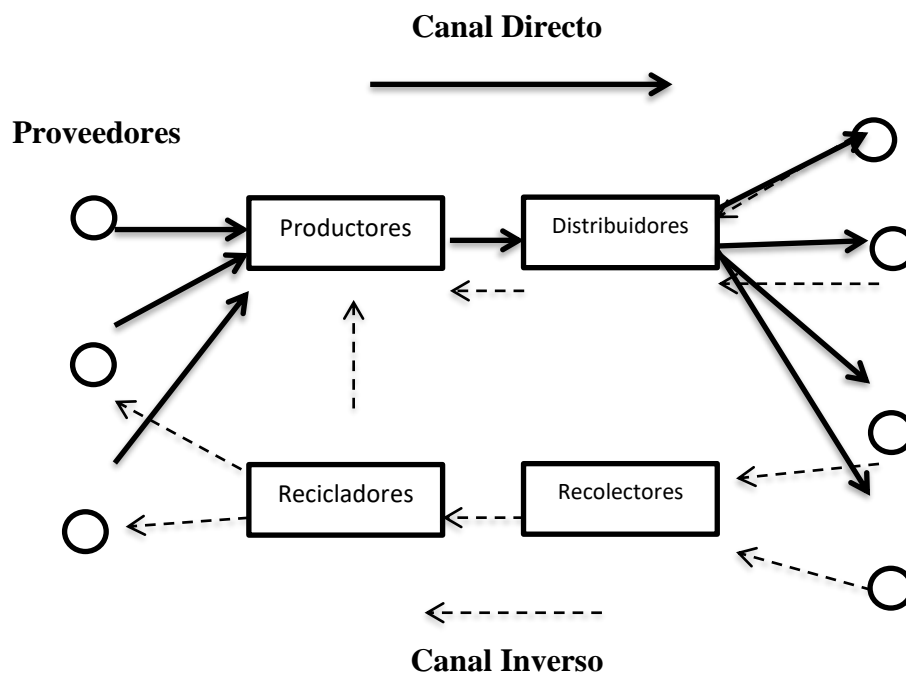




## II.- BASES CONCEPTUALES

### 1.-Cadenas de suministro de ciclo cerrado e inversa

A decir de Guide et al. (2003), para un número creciente de fabricantes, en industrias que van desde alfombras hasta computadoras, las CSI se están convirtiendo en una parte esencial del negocio. La CSI tiene un enfoque más amplio que la CS tradicional, ya que involucra la colaboración y coordinación entre los integrantes del canal inverso (Kocabasoglu et al., 2006). Además del típico flujo hacia adelante de materiales e información desde los proveedores hasta los consumidores, también hay flujos de productos hacia atrás desde los consumidores hasta los fabricantes y proveedores de materias primas. La gestión de la CSCC es el diseño, control y operación de un sistema para maximizar la creación de valor durante todo el ciclo de vida de un producto con recuperación dinámica de valor de diferentes tipos y volúmenes de devoluciones en el tiempo (Govindan et al., 2015).



**Figura 2.II.1.1-** Marcoconceptual para la distribución inversa

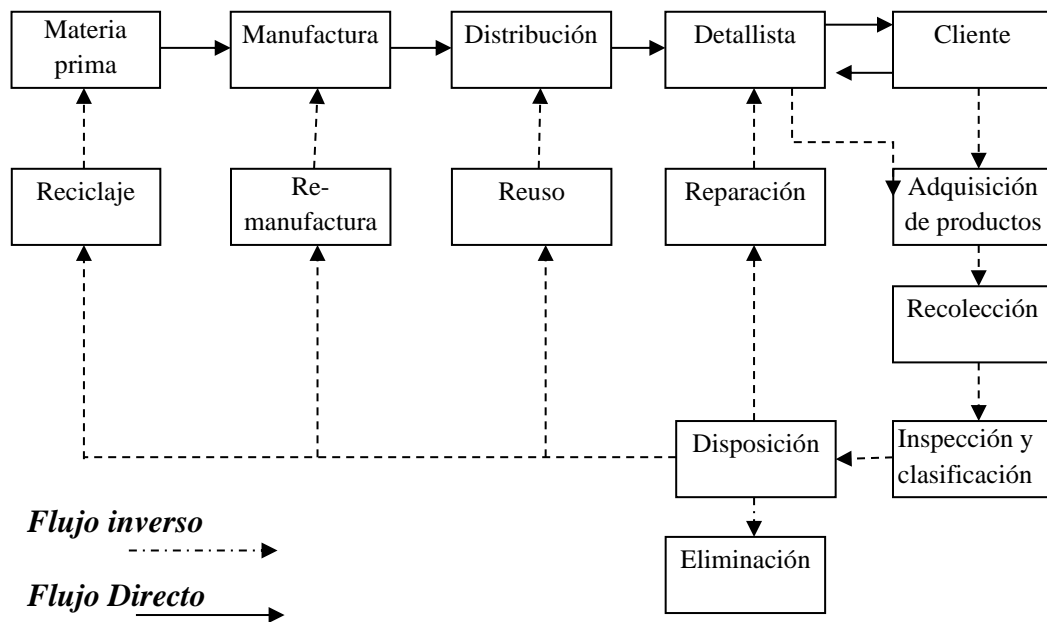
**Fuente:** Elaboración propia a partir de Fleischmann et al. (2000).

En su momento, Fleischmann et al. (1997) establecieron un modelo de red para la recuperación de retornos en la CS, en el modelo se integran los flujos directos e inversos de los que se pueden encargar las CSCC. En la estructura de CSCC que se muestra en la **Figura 2.II.1.1**, el flujo de productos se da a través del canal directo, desde los proveedores hacia los clientes, pasando por los productores y distribuidores. El modelo tradicional se completa con un canal inverso en el que los productos son

recuperados de los clientes por “recolectores” que los ponen a disposición de recicladores o directamente a los productores que pueden integrarlos nuevamente a la CS. El flujo inverso puede ir desde los clientes hasta los proveedores, agregando dos eslabones a la red directa: los recolectores y recicladores (Fleischmann et al., 2000).

La estructura de la **Figura 2.II.1.1** sin duda retoma los principios de EC y los estudios que se han detonado para su operacionalización en las CS actuales han mostrado un crecimiento exponencial, pero que se da en los últimos diez años.

Por su parte Nakashima & Gupta (2013) establecen que la CSI consiste en las actividades necesarias para recuperar productos al final de su vida desde los clientes, ya sea para las actividades de recuperación de su valor sobrante para el mercado, o para eliminarlos. En ambas definiciones se hace explícita la responsabilidad de la CS por los residuos producidos en ella.



**Figura 2.II.1.2.-** Flujos básicos del proceso de logística inversa y directa.

**Fuente:** Tomado de Agrawal et al. (2015: 78).

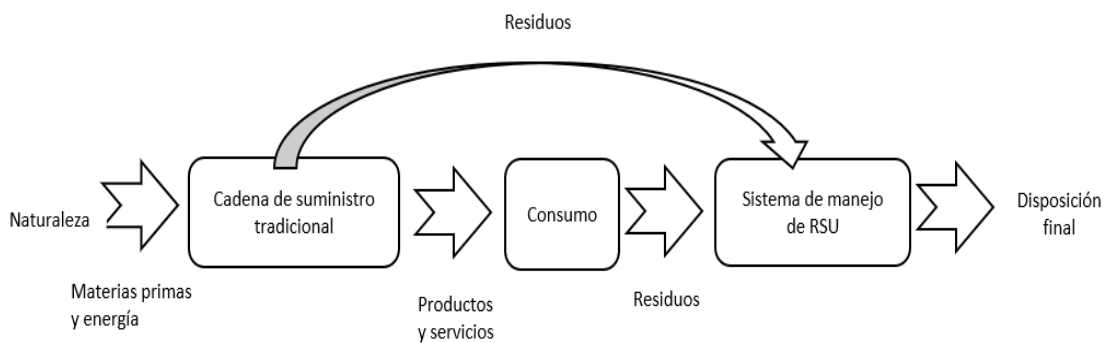
Los procesos desarrollados en la CS que permiten la recuperación de los residuos son identificados por Agrawal et al. (2015). El flujo directo lo realiza la CS tradicional, mientras que el flujo inverso es conducido por la CSI. Como se aprecia en la **Figura 2.II.1.2**, las actividades y procesos desarrollados en la CS tradicional se amplían, con la finalidad de recuperar el valor residual de los retornos de productos o de los productos al final de su vida. Ilgin & Gupta (2013) identifican cinco tipos de retornos de los que se puede encargar el canal inverso: retornos de los clientes, retornos por

servicio o reparación, retornos de productos al final de su uso o vida útil, retornos de contenedores reusables y retornos de productos arrendados.

La CS se amplía estableciéndose tres nuevas funciones, procesos y operaciones que modifican el flujo lineal de materiales. De tal manera que el sistema conducido se reestructura en la **Figura 2.II.1.2**. En general, las empresas que han tenido más éxito con sus CSI son aquellas que las coordinan estrechamente con sus CS hacia adelante, creando lo que llamamos un sistema de circuito cerrado (Guide et al., 2003).

## 2.- Economía lineal, economía circular y cadenas de suministro

Bajo un MEL, la CS se encarga de la producción de bienes y servicios orientados al consumo, tomando de la naturaleza materia y energía necesarias para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente (**Figura 2.II.2.1**). Una vez que el cliente consume el producto, al llegar al final de la vida útil del producto, este se convierte en un residuo destinado al abandono por su productor o poseedor, constituyendo un desperdicio de recursos con altos impactos en los entornos económico, ambiental y social. Una vez que el producto se desecha, ingresa a un sistema de manejo de RSU para conducirlo a sitios de disposición final. Los sitios de disposición final son tiraderos a cielo abierto o rellenos sanitarios. Este modelo de producción-consumo-desecho se conoce como economía lineal (Ellen MacArthur Foundation, 2016). El patrón de producción de la economía lineal se ha modificado muy poco desde los últimos 200 años (GRI, 2015) y es la forma que adopta la CS tradicional (Chopra et al., 2013).



**Figura 2.II.2.-** Sistema productivo basado en un MEL

La CS es una red de organizaciones, empresas o instalaciones que van desde el consumidor final hasta los primeros proveedores (Cruz-Rivera & Ertel, 2010). La CS incluye a proveedores, y sus proveedores, los fabricantes, distribuidores y vendedores mayoristas o detallistas, clientes y los clientes de estos clientes; pero no se reduce a ellos, pues incluye a todas aquellas partes involucradas

de manera directa o indirecta en las actividades de los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución de bienes y servicios (Chopra et al., 2013). A través de esta CS se da un flujo físico de bienes, materia prima, inventario en proceso y productos terminados, además de la información relacionada a estos (Bowersox et al., 2007).

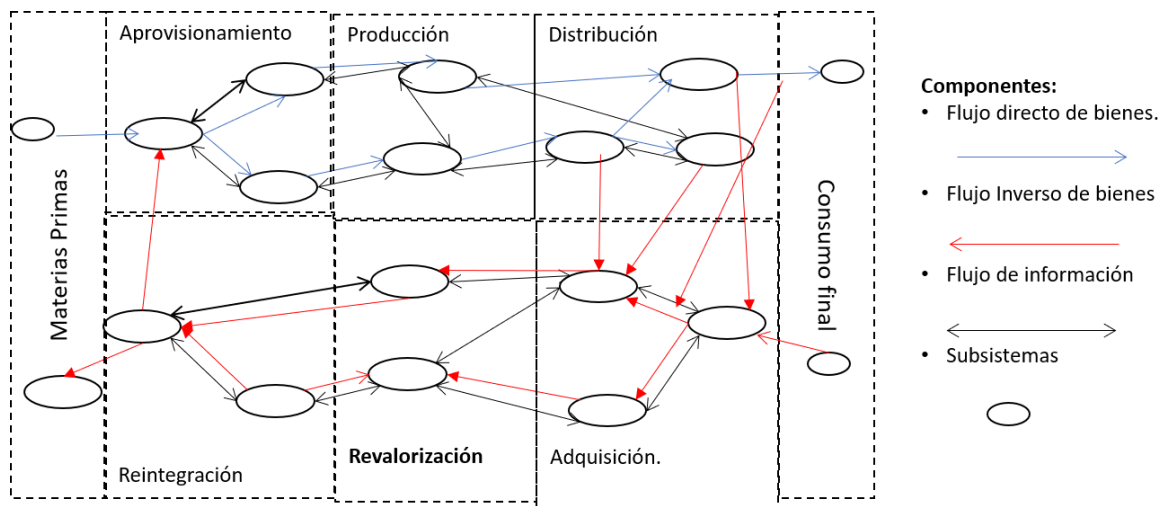
La CS es un sistema (Chopra et al., 2013; Bowersox et al., 2007), lo que concuerda con la visión propia en este trabajo. Un sistema comprende una combinación compleja de recursos (en forma de seres humanos, materiales, equipos, hardware, software, instalaciones, datos, información, servicios, etc.), integrados de tal manera que cumplen una función específica, o una serie de funciones, con el objetivo de responder a las necesidades identificadas (Blanchard & Blyler, 2016). Los recursos involucrados en el flujo de materiales e información en la CS son vastos; pero se concentran tradicionalmente en tres funciones: aprovisionar, producir y distribuir (Chopra et al., 2013). Así, los agentes se agrupan a partir de su función de aprovisionamiento en proveedores de distintos niveles, según la relación que guarden con una empresa focal. Los agentes encargados de la fabricación de un producto, componente o ensamble desarrollan la función de producción. Los distribuidores son agentes que intervienen en la colocación del producto terminado en los mercados de consumo. Esta desagregación funcional de la CS tradicional se muestra en la parte superior de la **Figura 2.II.2.1**. Los flujos directos de bienes se dan a partir de esta estructura funcional de la CS tradicional.

De forma disruptiva al flujo del modelo lineal, las CSI incluyen los procesos necesarios para recuperar un producto usado de un cliente y reutilizarlo (Guide et al., 2003). La CSI consiste en la serie de actividades necesarias para recuperar productos al final de su vida, desde los clientes, ya sea para las actividades de recuperación de su valor sobrante para el mercado, o para eliminarlos apropiadamente (Nakashima & Gupta, 2013). En esta investigación se conceptualiza la CSI como la serie de procesos y operaciones necesarias para recuperar, post-consumo, los productos usados, sus componentes o materiales asociados para valorizarlos, lo que implica reutilizarlos, reciclarlos, restaurarlos, re-manufacturarlos o canibalizarlos (Guide et al., 2003; Kinobe et al., 2012; Nakashima & Gupta, 2013).

Agrawal et al. (2015) identifican las siguientes operaciones de la CSI: aprovisionamiento o adquisición de residuos, colección (acumulación), inspección y clasificación, almacenamiento, valorización (reparación, reuso, remanufactura o reciclaje) o disposición final. Sin embargo, como bien lo establecen Ilgin & Gupta (2013), las operaciones de la CSI dependen del tipo de residuo que se maneje. Si bien hay actividades comunes como la colección, inspección y clasificación, otras actividades como las de valorización dependen del producto y de sus condiciones (Ilgin & Gupta, 2013).

En esta investigación se establecen cuatro funciones para las CSI orientadas a la valorización de RSU: **generación** de residuos por el consumidor final, incluye las actividades desarrolladas en las fuentes de generación de RSU, en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional una vez que el consumo del producto original se realiza; **adquisición**, se concentra en la recolección de los residuos producidos y almacenados por las distintas fuentes de generación, a partir de la infraestructura de manejo de basura; **valorización**, mediante tecnología y procesos industrializados, los materiales adquiridos se valorizan para ser reincorporados a las CS; **reintegración**, dirige el flujo de productos recuperados a las diferentes fases de una CS tradicional, se asemeja al proceso de distribución de la CS directa. Las funciones de generación, adquisición, valorización y reintegración se muestran en la parte inferior de la **Figura 2.II.2.2**, en ellas se presenta el flujo inverso de materiales.

La **Figura 2.II.2.2** constituye un modelo de CS de ciclo cerrado, en el que se presenta un flujo circular continuo de materiales, y la generación y recuperación de valor, a través de los canales directos e inversos. Un modelo de EC sólo puede materializarse a través de la sincronización entre CS tradicionales y CSI (Govindan et al., 2015).



**Figura 2.II.2.2.-** Modelo de Cadena de suministro de ciclo cerrado

A partir de la **Figura 2.II.2.2** se establece que la disrupción entre el MEL y su transformación en modelos de EC sustentables implica la recuperación de los residuos post consumo a través de CSI. Los trabajos de Lacy & Rutqvist (2015) y Veleva & Bodkin (2018) también se enfocan a la materialización de esta disrupción entre lo lineal y lo circular.

Si consideramos las CS directas e inversas simultáneamente, la red resultante construirá una sistema de CS de ciclo cerrado (Govindan et al., 2015). De esta manera, la CSI complementa a la CS que

está en expansión y que pueden ayudar a la consolidación de modelos de EC. Estos nuevos retos impulsan estudios en el campo de la gestión de la CS operacionalizan los principios de la EC, principalmente en dos líneas de trabajo: cadena de suministro de ciclo cerrado CSCC y CSI.

La EC busca encontrar soluciones desde el sector privado para transformar desperdicios en riqueza, lo que tiene sentido financiero y hace posible el crecimiento de la economía sin que crezca la necesidad de aumentar los recursos naturales limitados (Lacy & Rutqvist, 2015). La EC es restaurativa y regenerativa y trata de que los productos, componentes y materias mantengan su utilidad y valor máximos en todo momento, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Para hacer esta transformación posible, además de contar con una industria de valorización sólida, es necesario un sistema de adquisición de RSU que suministre a dicha industria de forma sustentable.

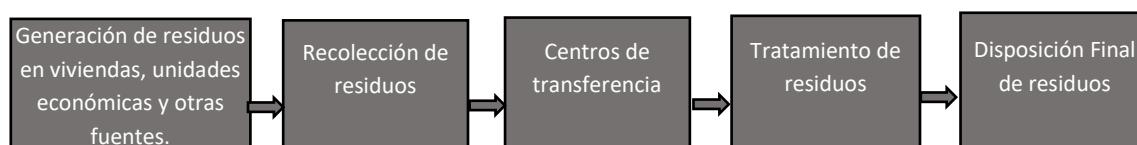
### **3.- Gestión de RSU y economía circular**

En manejo de los RSU de los países en desarrollo normalmente no es extensa y ni eficiente, comúnmente caracterizado por el uso de viejos vehículos de segunda mano que tienden a descomponerse a lo largo de la ruta, camiones gastados que ensucia los caminos de la ruta con la basura que se transporta (Kinobe et al., 2012).

Un sistema de manejo de RSU como el que opera en la CdMx está enfocado en conducir los residuos de los puntos de generación a los puntos de disposición final, completando el MEL a partir de las CS. El Manejo de RSU incluye las actividades de generación, almacenamiento temporal, barrido, recolección, transferencia, transporte, tratamiento (reciclaje, composteo, incineración, tratamiento mecánico-biológico, etc.) y disposición final (Hernández-Barrios, 2002, citado por CMIA, 2003), así como a los actores que desarrollan al menos una de estas actividades y a los terceros involucrados en ellas. En México el manejo integral de residuos incluye las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos (SEMARNAT, 2012). Existen tres funciones en un sistema de manejo orientado a la disposición final: generación, recolección-transferencias y disposición final.

La gestión integral de residuos sólidos, incluyendo los urbanos, se refiere a los aspectos relacionados con la generación, separación y tratamiento en la fuente de origen de los residuos, así como su recolección, transferencia y transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos (LGPGRS, 2021). El manejo integral de RSU incluye las actividades de generación, almacenamiento

temporal, barrido, recolección, transferencia, transporte, tratamiento (reciclaje, composteo, incineración, tratamiento mecánico-biológico, etc.) y disposición final (Hernández-Barrios, 2002, citado por CMIA, 2003). Un esquema básico de la gestión integral de residuos se muestra en la **Figura 2.II.3.1.**



**Figura 2.II.3.1.-** Gestión Integral de Residuos sólidos en áreas urbanas

**Fuente:** Elaboración propia a partir de LGPGIRS (2021).

La generación consiste en producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo (SEMARNAT, 2012). Las principales fuentes de generación de RSU son los domicilios, mercados, locales comerciales y de servicio (SEDEMA, 2016). El incremento de la producción de RSU está directamente relacionado con el aumento poblacional y el estilo de vida actual, los cuales definen, por lo general, un mayor consumo de bienes y servicios. Las cantidades de generación de desechos per cápita y la composición de los desechos pueden cambiar debido a los niveles de ingresos, los patrones de consumo, la promoción de la reducción, así cambios en la población, comportamientos de consumo, reducción de peso, reutilización de productos y condiciones económicas (Fujii et al., 2014).

Los residuos sólidos en México se clasifican en tres grandes grupos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial y residuos peligrosos (LGPGIRS, 2021). Los RSU son los residuos generados en las casas habitación, 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 residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que generen residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole (LGPGIRS, 2021). Los residuos de manejo especial son aquéllos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados residuos sólidos urbanos o peligrosos (LGPGIRS, 2021). Los RP Aquellos que poseen alguna de las características CRETIB que les confieren peligrosidad (corrosividad, C; reactividad, R; explosividad, E; toxicidad, T; inflamabilidad, I; o ser biológico-infecciosos, B), así como los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados (LGPGIRS, 2021).

La clasificación conforme a la NADF-024-AMBT-2013 es la siguiente:

- **Residuos Biodegradables susceptibles de ser aprovechados.** Los residuos biodegradables, son susceptibles de ser transformados en biomasa aprovechable, agua, dióxido de carbono, metano y otros gases. Estos materiales pueden ser incorporados a un tratamiento, para su aprovechamiento y valorización, con la posibilidad de obtener productos que puedan ser reincorporados al ciclo productivo.
- **Residuos Inorgánicos con potencial de reciclaje.** Los residuos inorgánicos con potencial de reciclaje son aquellos que por sus características tienen las posibilidades técnicas, económicas y ambientales de ser reincorporados a un proceso o tratamiento para permitir su valorización. Los materiales más comunes se muestran en la **Tabla 2.II.3.1.**

**Tabla 2.II.3.1. Residuos inorgánicos con potencial de reciclaje<sup>2</sup>**

Materiales	Valorización como:
Papel y Cartón Plástico Vidrio Metales Ropa y textiles Maderas Envases multicapas	Pulpa de papel y cartón Aglomerados Pellets Hojuelas Vidrio Productos metálicos Piezas metálicas varias Estopa

- **Residuos de manejo especial y voluminoso.** Son aquellos enseres domésticos y muebles que se desechan al considerarlos inutilizables y que, por su tamaño o componentes internos, deben ser objeto de un manejo específico, a través de planes de manejo, programas o jornadas de recolección previamente establecidos o autorizados por la Secretaría de Obras y Servicios en colaboración con la Secretaría y las Delegaciones. Los residuos de manejo especial más comunes se muestran en la **Tabla 2.II.3.2.**

<sup>2</sup> Los residuos inorgánicos con potencial de reciclaje son aquellos que por sus características tienen las posibilidades técnicas, económicas y ambientales de ser reincorporados a un proceso o tratamiento para permitir su valorización (NADF-024-AMBT, 2013: 29).



**Tabla 2.II.3.2.** Residuos de manejo especial y voluminosos

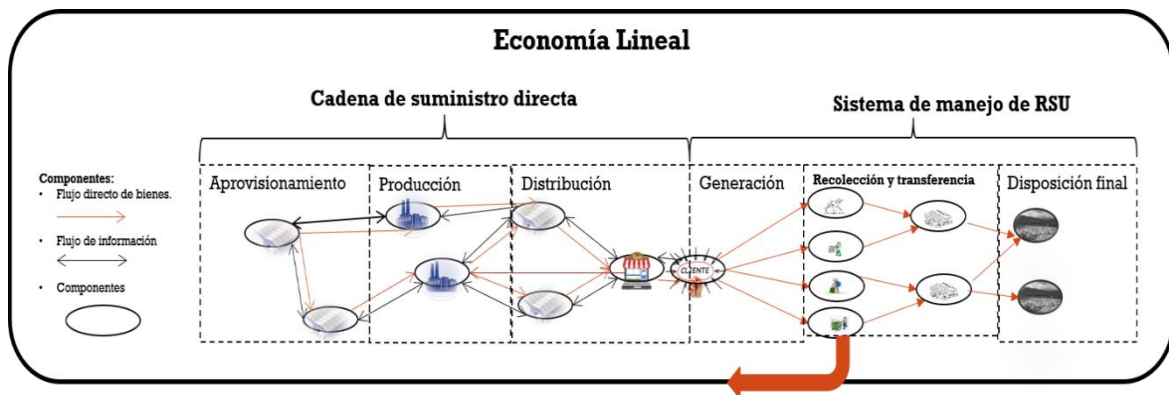
Enseres y muebles	Valorización
<p><b>Manejo especial</b>  Grandes y pequeños electrodomésticos.  Equipos de informática y telecomunicaciones.  Aparatos electrónicos de consumo y paneles fotovoltaicos.  Aparatos de alumbrado.  Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran tamaño). Instrumentos de vigilancia y control.  Pilas y baterías que contengan litio, níquel, mercurio, manganeso, plomo, zinc o cualquier otro elemento que permita la generación de energía eléctrica.  Radiografías.  Residuos Voluminosos como colchones y muebles.  Juguetes o equipos deportivos y de ocio.  Muebles/equipamientos sanitarios (con excepción de todos los productos infectados).  Máquinas expendedoras.</p>	<p>Reúso</p> <p>Extracción de materiales reciclables</p>

La recolección es la acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos en el equipo destinado o conducirlos a las estaciones de transferencia, instalaciones de tratamiento o sitios de disposición final. La recolección y transferencias es un acopio de desechos, ya sea por los servicios municipales o institucionales similares, o por corporaciones privadas o públicas, empresas especializadas o el gobierno en general, y su transporte al lugar de tratamiento o descarga (SEMARNAT, 2012).

La recolección del desperdicio municipal puede ser selectiva (realizada específicamente para un tipo de producto) o no diferenciada (cubriendo al mismo tiempo cualquier desecho) incluyendo recuperación de materiales secundarios para el reciclaje. Desde el punto de vista ambiental y de salud pública, los RSU recolectados tiene una relevancia fundamental, pues de esta manera se evita su dispersión; además de que los residuos que se colectan (al menos una parte de ellos) pueden ser valorizados o dispuestos adecuadamente. En contraste, aquellos que no se recolectan pueden permanecer en los sitios de generación o diseminarse, ocasionando efectos negativos, tales como: obstruir desagües y cursos de agua (con potenciales riesgos de inundaciones), contaminar los cuerpos de agua y los suelos, deteriorar el paisaje o convertirse en fuente de enfermedades potenciales a la población, entre otros.

Disposición final de residuos es la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (SEMARNAT, 2012).

Un sistema de gestión de RSU que incluye la generación, recolección, transferencia y disposición final completa el MEL, tal como se muestra en la **Figura 2.7**. Los sistemas de manejo de RSU inician con la generación de residuos postconsumo, donde termina la responsabilidad de las CS e inicia la de los sistemas de manejo de RSU. Las CS y los sistemas de manejo de RSU son corresponsables del flujo tradicional del MEL.



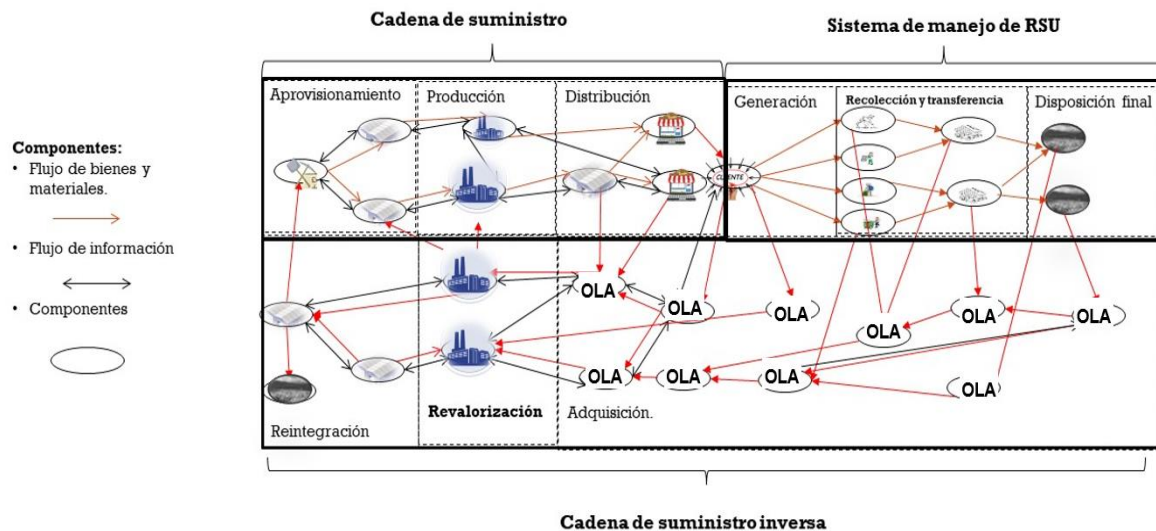
**Figura 2.II.3.2.-** Desagregación funcional del MEL

La operación de CSI difiere de la gestión de RSU en que se centra en la adición de valor a un material desechado, llamado sub-producto, que se recuperará del flujo lineal, los materiales valorizados entran en una nueva CS. Por el contrario, la gestión de residuos implica principalmente la recolección y el tratamiento de productos de desecho que no tienen nuevo uso (Kinobe et al., 2012).

El rompimiento de este modelo requiere que los residuos retornen a través de CSI, lo que se señala con la flecha anaranjada de retorno en la **Figura 2.II.3.2**. Para transitar del modelo dominante de la **Figura 2.II.3.2** y al modelo propuesto en la **Figura 2.II.3.1**, se requiere la ampliación y adaptación de la función de adquisición en la CSI. Con relación a los residuos, la EC plantea los mismos principios de la gestión sustentable de residuos (PNUMA OMS, 2015): centrarse en la prevención y minimización de los residuos, en la maximización de la recuperación y reciclaje de materiales. En este sentido, las CS desarrollan las siguientes estrategias (Kocabasoglu et al., 2007): reducir los residuos en la producción de bienes de consumo, realizar operaciones amigables con el ambiente, manejar los mercados secundarios y cumplir las normas ambientales. En cada vez más países se

reconoce que la responsabilidad del manejo de residuos no es sólo de los gobiernos, sino de las CS que los producen y lanzan al mercado (Schröter & Spengler, 2005).

El MEL mostrado en la **Figura 2.II.3.3** se puede interconectar con las CSI que valorizan RSU, operando simultáneamente modelos de economía lineal (formada por la CS tradicional y el sistema de manejo de RSU) y modelos de EC (CS tradicional e inversa). Tal como se muestra en la **Figura 2.II.3.3**, una CSI de RSU incrustada en el sistema de manejo de RSU permite la interrupción del flujo de RSU, de tal manera que la reincorporación a las CS se hace posible.



**Figura 2.II.3.3.-** Suprasistema de las operaciones logística de adquisición de RSU.

La **Figura 2.II.3.3** ilustra lo que se conoce como un sistema de sistemas: una colección de sistemas componentes que producen resultados inalcanzables solo para los sistemas individuales (Blanchard & Blyler, 2007). La CS no se responsabiliza de los residuos que genera, sino es a partir de un sistema de manejo de residuos. A su vez, la CSI no es capaz de recuperar el valor de los residuos sin la contribución de la CS, y en las condiciones de la CdMx, sin la contribución del sistema de manejo de RSU. Cada sistema en la estructura de un sistema de sistemas, es operativamente independiente y contribuye en cierta medida con el cumplimiento de la misión general (Blanchard & Blyler, 2007), los tres sistemas mostrados en la **Figura 2.II.3.3**, CS, sistema de manejo de RSU y CSI, cumplen con esto. Los ciclos de vida de los sistemas individuales pueden variar un poco, ya que habrá adiciones y eliminaciones en diferentes momentos, siempre que se cumplan los requisitos del propósito del sistema dado (Blanchard & Blyler, 2007), este dinamismo característico de los sistemas dentro de otros sistemas se manifiesta en la evolución reciente de las CSI, que se modifican, evoluciona e involucran según las pugnas propias del desarrollo de los demás sistemas. Por lo tanto,

puede haber algunos desarrollos nuevos en progreso, por ejemplo, las nuevas técnicas de reciclaje y valorización de RSU.

Referidos como funciones se destaca la envergadura de estos en cuanto a la cantidad de procesos y operaciones que los constituyen. Las OLA constituyen en eslabón de disrupción entre el MEL y el modelo de EC.

Las redes de adquisición están constituidas por agentes pequeños e informales que desarrollan alguna de las siguientes OLA: recolección, almacenamiento temporal, transporte, transferencia y manejo de materiales. El estudio de las redes logísticas a través de las cuales se desarrolla la función de adquisición de los RSU para su reintegración al sistema productivo es el propósito de esta tesis. Particularmente se estudian las operaciones logísticas de recolección, almacenamiento temporal, transporte y transferencias desde un enfoque de sustentabilidad.

#### **4.- Gestión sustentable de la CSI**

La sustentabilidad, y en especial el desarrollo sustentable, se cuentan entre los conceptos más ambiguos y controvertidos de la literatura (Gallopín, 2003), por ello se revisó la literatura para construir y precisar el *deber ser* de las CSI que se declaran sustentables o que buscan la sustentabilidad. Para precisar el “deber ser” de la CSI, se revisa el concepto de sustentabilidad y desarrollo sustentable. La *World Commission on Environment and Development* señala como sustentabilidad el uso de recursos para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (WCED, 1987 citada por Winter & Knemeyer, 2013).

El enfoque de sustentabilidad dominante en la GCS está guiado por el principio de creación de valor económico con menores impactos negativos sociales y ambientales (Schaltegger & Burritt, 2014). Los objetivos relacionados con la GCS son causar menos desperdicio y menos consumo de recursos en cada eslabón de la CS. Son consistentes con este enfoque los estudios de ecoeficiencia de la CS, mejoras en la eficiencia en la producción de los proveedores, el reciclaje, *down-cycling*, las CS de ciclo cerrado e inversas (Schaltegger & Burritt, 2014).

Por su parte, enfoques como la ecoeficiencia/eco-efectividad, la producción limpia, la ecología industrial, la evaluación del ciclo de vida, la iniciativa de reportes globales, la responsabilidad social corporativa, la familia de normas ISO 14000 y 26000, son empleados recurrentemente en la GCS para corregir las operaciones de la CS y atenuar los impactos negativos a los entornos social y

medioambiental (Baumgartner, 2011). Estas herramientas se centran en el uso eficiente de recursos (Schaltegger & Burritt, 2014).

Los enfoques de sustentabilidad dominantes se reducen a aspectos de rendimiento táctico operativo, en lugar de permitir una visión estratégica en la GCS. La corrección en la operación de un sistema, como lo es la CS, tiene un límite, que es el funcionamiento óptimo a partir del fin para el que fue diseñado el sistema. Una CS diseñada bajo los objetivos tradicionales de la GCS tiene una capacidad reducida de mejora en términos sustentables, puesto que el diseño inicial está enfocado en el desempeño económico.

En las CS se identifican enfoques de sustentabilidad específicos. Schaltegger & Burritt (2014) identifican tres enfoques de sustentabilidad en la GCS, el enfoque de eficiencia, el enfoque de coherencia y el enfoque de suficiencia.

- **Enfoque de eficiencia:** está guiado por el principio de creación de valor económico con menores impactos sociales y ambientales negativos (Schaltegger & Burritt, 2005 citado en Schaltegger & Burritt, 2014), los objetivos relacionados con la GCS son causar menos desperdicio y menos consumo de recursos en cada paso de la CS. Son consistentes con este enfoque los estudios de eco-eficiencia de la CS, mejoras en la eficiencia en la producción de los proveedores, el reciclaje, *down-cycling*<sup>3</sup>, las cadenas de suministro de ciclo cerrado y la LI (Fleischmann et al., 1997; Sahamie et al. , 2013; Stindt & Sahamie, 2014 citados en Schaltegger & Burritt, 2014). Este enfoque está dominado por la visión de sustentabilidad débil.
- **Enfoque de coherencia:** es sustituir los materiales no sustentables por materiales encontrados en la naturaleza; este enfoque pretende analizar y reemplazar todos los flujos insustentables de material y energía de toda la CS con materiales naturales e inocuos, por ejemplo, biodegradables. La LI y los sistemas de reciclaje diseñados por humanos no son necesarios, ya que los materiales son inofensivos y consistentes con los de los ciclos naturales del ecosistema (Schaltegger & Burritt, 2014). Los enfoques de GCS influenciados por la coherencia incluyen el diseño del producto, la sustitución de materiales, el agua y los portadores de energía. Se deduce de los trabajos en este sentido, que lo que se busca es mantener constante el nivel de producción, apeguándose a los ciclos naturales, fortaleciendo la relación sistémica entre CS y ecosistema, pero

---

<sup>3</sup>Downcycling es una práctica de reciclaje que consiste en desensamblar un elemento en sus elementos o materiales componentes, para reutilizarlos si es posible, pero usualmente como un producto de menor valor (Rouse, 2012).

enfocándose a internalizar los costos de las externalidades negativas y haciendo usufructo de los servicios de la naturaleza debido a su postura antropocéntrica. Un cuestionamiento muy claro a este enfoque es que el ecosistema es desnaturalizado de su complejidad ecológica y convertido en materia prima de un proceso económico, para ponerlo en palabras de Leff et al. (2002).

- **Enfoque de suficiencia:** toma como premisa de que cada producto que no tiene que ser producido no causará daño y no requerirá una CS con impactos perjudiciales (Schaltegger & Burritt, 2014). Reducir el consumo y la sustitución de productos por servicios son principios rectores de suficiencia (Halldórsson et al., 2009 citado por Schaltegger & Burritt, 2014). La GCS guiada por los principios de suficiencia se centra en la eliminación, por ejemplo, reducir el número de productos, reducir el número y el tamaño de las piezas en un producto y reducir el número de elementos en la CS.

Pese al creciente interés desde el campo de la GCS en la sustentabilidad y dada la complejidad inherente del concepto, el término no deja de estar sujeto a ambigüedad e interpretaciones diversas. La definición clásica de Desarrollo Sustentable (DS) puede colocarse a un nivel normativo del deber ser, la definición de DS a este nivel es tan general que se reconoce que es uno de los conceptos más ambiguos y controvertidos (Gallopín, 2003). En el campo de la GCS, las normas de sustentabilidad y los certificados verdes, en la práctica se vuelven nuevas formas de proteccionismo comercial disfrazadas de competencia por la calidad ambiental y la conservación ecológica que lejos de modificar las prácticas de la CS a nivel estratégico, se reducen a aspectos técnicos operativos (Seuring, 2013). De hecho, en la GCS existe polisemia del término sustentabilidad lo que conlleva a que se desarrollen prácticas heterogéneas y contradictorias llamadas comúnmente sustentables. Por ello, la GCS sustentable requiere de constructos que permitan discernir entre prácticas sustentables y estrategias comerciales. Aunque la GCS se dice sustentable, hasta ahora sólo se incluyen aspectos eficientistas y de sustituibilidad. Por sí misma, desde el punto de vista conceptual, la sustentabilidad adolece de ambigüedad en el campo de la GCS.

La valía de los enfoques de sustentabilidad en las CS es que trastocan los modos de producción tradicionales y la forma de operar de las CS (Oxfam, 2015; p. 2. 6 citado en GRI, 2015). Tomando en cuenta el trabajo de Gallopín (2003), el paradigma para alcanzar el DS es la pesimización, que apunta a evitar la caída en ámbitos catastróficos tomando el principio precautorio de “prevenir lo peor”, buscando el menor perjuicio posible, en vez del mayor beneficio posible. Bajo estos argumentos, las CS son entes insustentables, pese a los esfuerzos recientes de incorporar los objetivos del desarrollo sustentable en las CS.

El paradigma de la sustentabilidad puede balancear las necesidades económicas, ambientales y sociales (Tajbakhsh & Hassini, 2015). Es constante la investigación del vínculo entre las tres dimensiones del desarrollo sustentable (principalmente económicas, ambientales y, parcialmente, sociales) y sostienen que la implementación de iniciativas ambientales y/o sociales proporciona una ventaja económica potencial (Schaltegger & Synnestvedt, 2002 citado en Varsei, Soosay, Fahimnia, & Sarkis, 2014). La definición de cada una de las dimensiones del DS se muestra en la **Tabla 2.II.4.**

**Tabla 2.II.4.- Dimensiones de sustentabilidad en CSI**

<b>Dimensión</b>	<b>Definición</b>
<b>Ambiental</b>	Incluye un grupo de objetivos, planes y mecanismos que promuevan responsabilidad ambiental y aliente el desarrollo y difusión de tecnologías amigables con el medio ambiente (Winter & Knemeyer, 2013).
<b>Social</b>	Reconoce la importante el impacto de la empresa u organización en los sistemas sociales dentro de los cuales opera (GRI, 2015). La sustentabilidad social refiere a condiciones de trabajo, diversidad, conexión dentro y fuera de la comunidad, calidad de vida, etc.(Gimenez & Tachizawa, 2012)
<b>Económica</b>	Constituye el éxito a largo plazo y la competitividad es la base de la dimensión económica (Winter & Knemeyer, 2013). En contraste con las dimensiones ambiental y social, lo económico es cuantitativo y se enfoca al uso eficiente de recursos y al retorno de la inversión.

La gestión sustentable de la CSI es la integración estratégica y transparente de empresas que buscan objetivos sociales, ambientales y económicos mediante la coordinación sistémica de los procesos empresariales interorganizacionales para mejorar el desempeño económico a largo plazo de la empresa individual y sus CS (Carter y Rogers, 2008: pág. 368 citado en Varsei et al., 2014). La gestión sustentable de la cadena de suministro se define como la administración de los flujos de materiales, información y capital, así como la cooperación entre las compañías a lo largo de la cadena de suministro mientras se toman los objetivos de las tres dimensiones del desarrollo sustentable, económico, ambiental y social, que se derivan de los requerimientos del cliente y de todas las partes interesadas (Seuring & Muller, 2008: 1700).

## 5.- Desagregación funcional de la CSI-RSU

En esta investigación se ocupó el enfoque cibernético de planeación, propuesto por Gelman y Negroe (1982), considera que la conducción<sup>4</sup> se manifiesta como la relación determinante entre dos subsistemas, uno conducente y otro conducido. La gestión planificada se manifiesta cuando se ha preestablecido un estado futuro deseado del objeto conducido, así como ciertos criterios para seleccionar y organizar las actividades, en forma de proyectos y programas (Gelman y Negroe, 1982).

Para esta investigación, se considera que la CSI es un sistema **teleológico** que, bajo el enfoque **cibernético** de Gelman y Negroe (1982), está integrado por un **objeto conducido** y un **sistema conducente** (Gelman y Negroe, 1982) o **gestor**. En este caso, el **objeto conducido** es una red de empresas (desde el primer proveedor hasta el consumidor final y viceversa) que desarrollan procesos de aprovisionamiento, producción, distribución, adquisición, valorización y reintegración de bienes y servicios, y de la información asociada a ello, para satisfacer un requerimiento del cliente. El **sistema gestor** se encarga de administrar y coordinar sistemáticamente y a nivel estratégico estos procesos, buscando la integración entre las empresas para el cumplimiento de los propósitos de generación de valor, mejorar el desempeño, reducir los costos o desarrollar una ventaja competitiva.

La discusión presentada en los siguientes párrafos de este apartado conceptualiza a la CSI como un sistema, con componentes estructurados que cumplen una función para el logro de propósitos particulares.

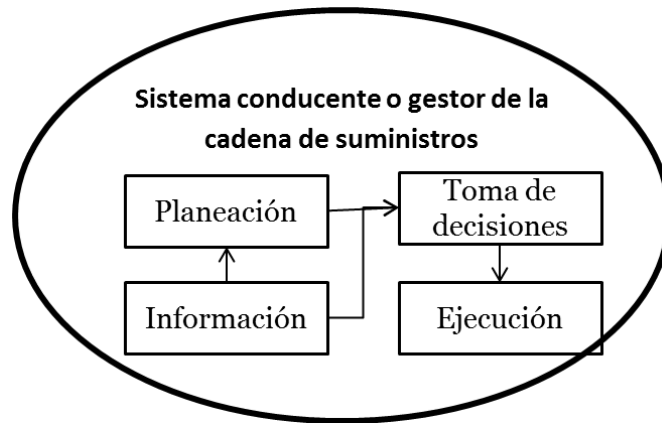
## 6.-Desagregación funcional del sistema de gestión de la CSI-RSU

En la **Figura 2.II.6.1** se muestra el sistema conducente de la CSI, el cual permite: la administración sincronizada (Christopher, 1992), coordinada (Simichi et al., 2000; *Council Logistics Management*, 2008), sistemática y estratégica (Mentzer et al., 2001); además de una integración (Cooke, 1997, *Global SupplyChainForum*, 1998) eficiente (Simichi et al., 2000; *Council Logistics Management*). Dicha integración de las actividades mejora las relaciones de la CS (Handfield & Nichols, 1999). El sistema conducente proyecta, implementa y controla (Bowersox et al., 2007).

---

<sup>4</sup> El concepto referido corresponde al término inglés *management*, que no cuenta en español con una palabra que lo defina en su totalidad, sino que constituye un conjunto de significados que cubren aspectos tales como regulación, gobernación, manejo, administración, control, gerencia, conducción, dirección, mando, guía y los verbos timonear y regir (Gelman y Negroe, 1982, pág. 254), en la literatura de CS domina el término de gestión, mismo que se ocupará en este trabajo.





**Figura 2.II.6.1.-** Sistema de Gestión de la CSI.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Gelman y Negroe (1982).

En las definiciones de gestión CSI se identifica un sistema conducente y los propósitos que persigue; así mismo permite identificar al objeto conducido. El proceso de conducción orientado al cambio dirigido, está integrado por cuatro funciones básicas (Gelman y Negroe, 1982) que son información, planeación, toma de decisiones y ejecución:

- La función de **toma de decisiones** puede dividirse en: decisiones a corto plazo basadas en la información disponible por el tomador de decisiones, se desvincula de las acciones inmediatas y se basa en un proceso de previsión de actividades futuras tomando en cuenta los orígenes y fines del sistema;
- Una segunda función es la **planeación**, la cual constituye un sistema de apoyo a la toma de decisiones que provee de un marco de referencia y criterios para seleccionar las soluciones a los problemas presentados;
- La función de **información** permite al proceso de toma de decisiones conocer el estado actual del desempeño a través de indicadores relevantes, tanto del objeto conducido como de otros sistemas vinculados, como el suprasistema;
- La **ejecución** de acciones es el resultado del proceso de toma de decisiones y constituye un segundo vínculo entre el objeto conducido y el sistema conducente.

La gestión planificada de la CSI puede entenderse como un proceso de cambio dirigido basado en cuatro funciones de conducción; información, planeación, toma de decisiones y ejecución; a través de las cuales la red de empresas que integran la CS es direccionada hacia el cumplimiento de los propósitos establecidos por el sistema gestor. En la **Figura 2.II.6.1, Sistema de Gestión de la CSI**, se muestran las funciones conceptualizadas en esta sección.

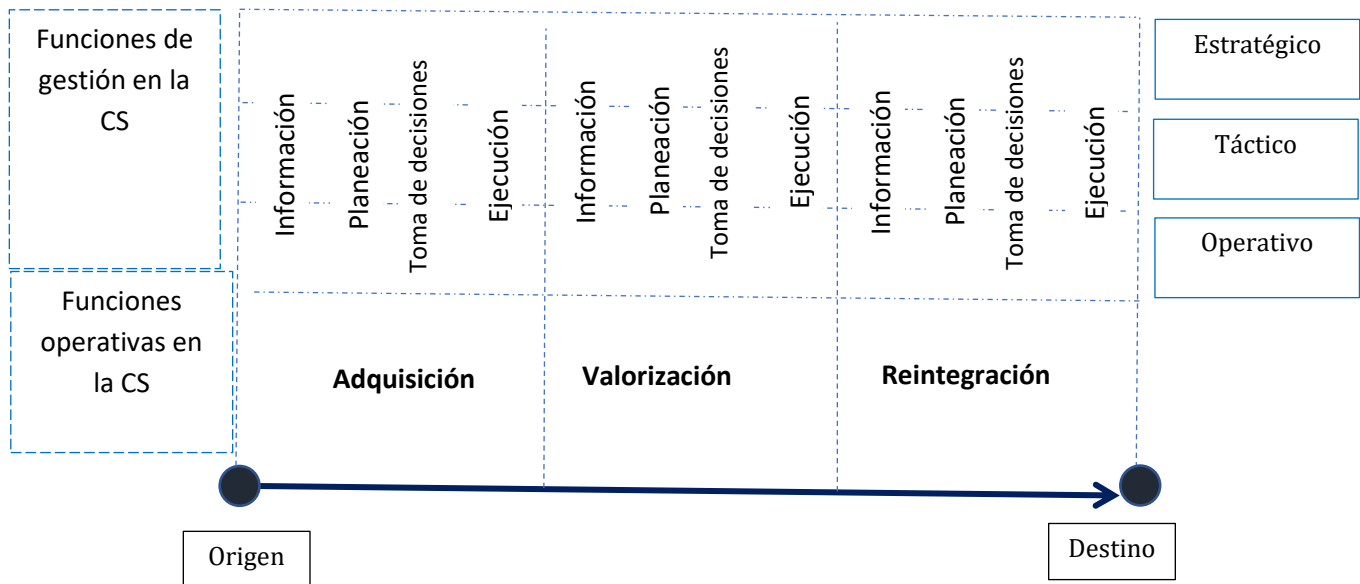
La **Figura 2.II.6.1** muestra la desagregación funcional del sistema gestor en la CSI de acuerdo con los elementos aportados por Gelman y Negroe (1982). El subsistema gestor busca el logro de los propósitos establecidos desarrollando cuatro funciones básicas: información, planeación, toma de decisiones e implantación.

Estas funciones de gestión de la CSI pueden estratificarse a partir de tres niveles de planeación: estratégico, táctico y operativo. Para la planeación estratégica es una planeación corporativa de largo plazo que se enfoca principalmente a la formulación de fines organizacionales. La planeación estratégica y táctica pueden diferenciarse sobre tres rasgos (Ackoff, 1978): el tiempo, las funciones y el objeto de planeación. En cuanto al tiempo, la planeación estratégica es de largo plazo y la táctica de un tiempo más breve, planeación estratégica trata sobre las decisiones de efectos Ackoff (1978) duraderos y difícilmente reversibles. En cuanto a las funciones de una organización, entre más funciones se vean afectadas por el plan, más estratégico es, por lo que entre mayor amplitud de funciones involucradas definirán si se planea a nivel estratégico o táctico. En cuanto a lo que debe planearse, la planeación táctica se reduce a la elección de medios para alcanzar los fines de las organizaciones, mientras que la planeación estratégica considera tanto la formulación de objetivos como la selección de medios para alcanzar dichos objetivos.

Siguiendo a Ballou (2004) en el ámbito de la logística y la CS, los niveles de planeación son: estratégica, táctica y operativa: la *planeación estratégica* se considera de largo alcance, donde el horizonte de tiempo es mayor de un año; la *planeación táctica* implica un horizonte de tiempo intermedio, por lo general menor de un año; la *planeación operativa* es una toma de decisiones de corto alcance, con decisiones que con frecuencia se toman sobre la base de cada hora o a diario.

Dicha jerarquía de estratégico, táctico y operativo se basa en el horizonte temporal de las actividades y la relevancia de las decisiones e influencia de los diferentes niveles de gestión, por ejemplo, las medidas de nivel estratégico influyen en las decisiones de gestión de alto nivel, a menudo reflejando la investigación de políticas de base amplia, planes financieros corporativos, competitividad y nivel de adherencia a los objetivos de la organización.

En la **Figura 2.II.6.2** se muestran las funciones y subfunciones del sistema CSI. Las funciones se jerarquizan en funciones operativas y funciones de gestión. Las funciones operativas son tres: aprovisionamiento, producción y distribución. A cada función operativa se asocian algunas funciones de gestión, a saber, información, planeación, toma de decisiones y ejecución. Cada función operativa puede incluir una o las cuatro funciones de gestión, lo cual depende del desarrollo de la CS. Se muestra que las funciones de gestión pueden ser de tres tipos: operativo, táctico y estratégico.



**Figura 2.II.6.2.-** Funciones y subfunciones del sistema CSI

En la **Figura 2.II.6.2** se representa una desagregación funcional del sistema CS, en la cual podrán ubicarse los componentes y recursos que la integran, de acuerdo con la función que realizan dentro del sistema en general. Además de los componentes y sus funciones, se requiere un propósito o necesidad identificada (Blanchard & Blyler, 2007). La necesidad identificada que busca satisfacer el sistema CS la proporciona el cliente o usuarios finales. Los autores revisados dotan de una serie propósitos a la CS, estos propósitos son la maximización de la producción de valor y su entrega al cliente final (La Londe, 1994; Chopra et al., 2013). Mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales como un todo es el propósito de la CS y buscar el menor costo es propuesto por Simichi et al., (2000), Bowersox et al. (2007). Finalmente, se indica en la literatura que satisfacer los requerimientos de los consumidores (Simichi et al., 2000; Council Logistics Management; Chopra et al., 2013) en forma eficiente (Bowersox et al., 2007) mediante la creación y entrega de mercancías o un servicio al cliente, es el propósito que busca la CS.

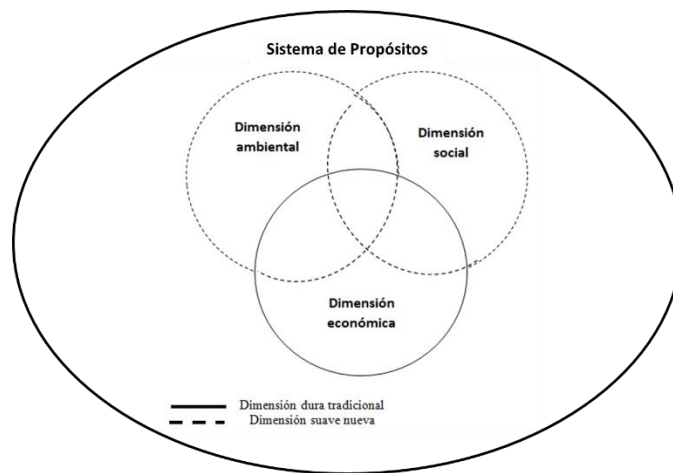
## 7.- Sistema de propósitos para la gestión sustentable de CSI-RSU

La **Figura 2.II.7.1** representa una conceptualización del sistema de gestión de la CSI que incorpora objetivos de sustentabilidad y desarrolla un proceso de planeación para el logro de dichos objetivos. Como se muestra en la **Figura 2.II.7.1** la planeación es una función de soporte al proceso de toma de decisiones para conducir la CSI. Es necesario que la toma de decisiones esté soportada en un proceso

de planeación que conduzca eficazmente al logro de los objetivos del DS, reto que enfrentarán las CS en los próximos años.

En las CS sustentables, los criterios medioambientales y sociales se deben cumplir para que los miembros permanezcan en la CS, mientras que se espera que la competitividad se mantenga a través de satisfacer las necesidades de los clientes y los criterios económicos relacionados (Seuring & Muller, 2008). La gestión de la sustentabilidad es un proceso de dirección de la empresa hacia los objetivos del DS, la GCS busca cambios en el diseño y configuración de las CS para lograrlo (Varsei et al., 2014).

A decir de Schaltegger & Burritt (2014) el propósito de la gestión de CS sustentable es identificar las deficiencias y riesgos sociales y medioambientales en la CSI y, por lo tanto, es una base para mejorar la gestión del riesgo. Además permite la diferenciación de productos y servicios que son más amigables con el ambiente y socialmente responsables, buscando las innovaciones de sistemas de producción bienes y servicio de productos, rediseñando las cadenas de valor bajo de la sustentabilidad (Schaltegger & Burritt, 2014).



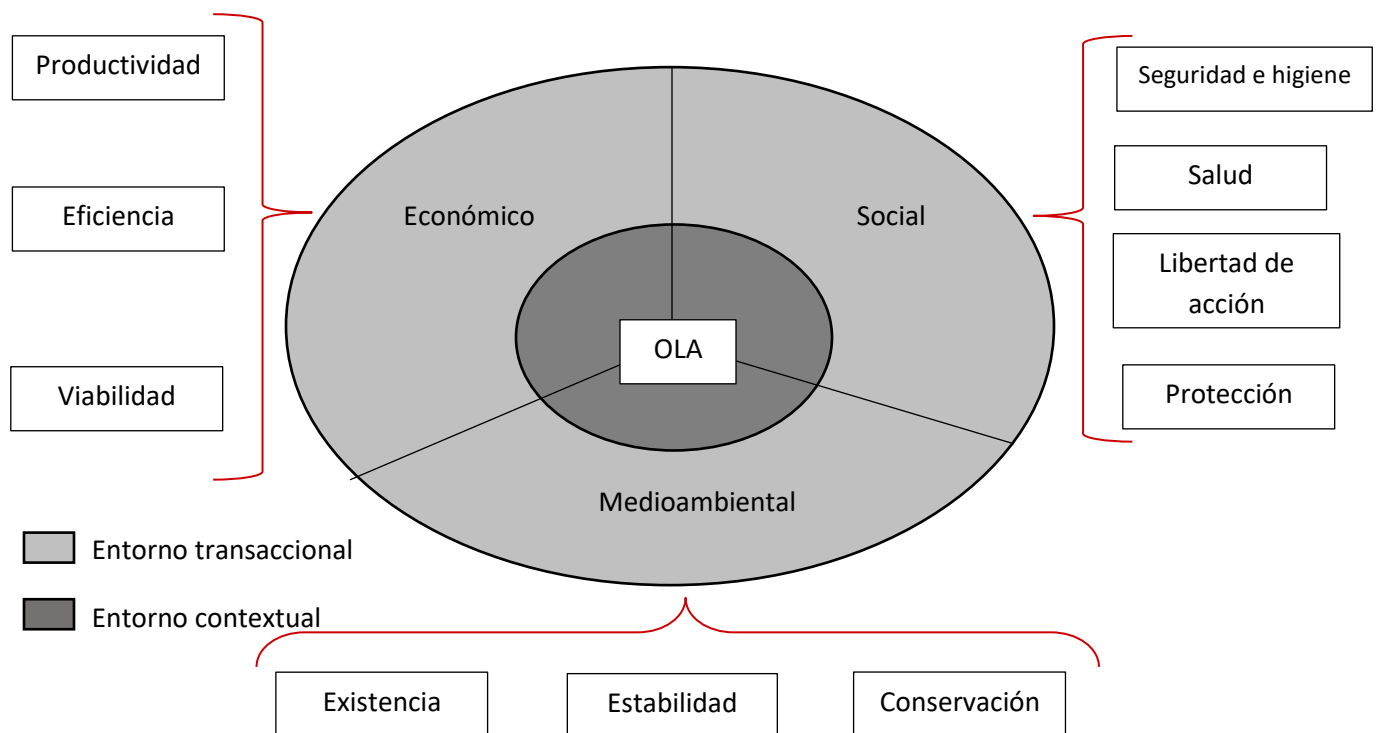
**Figura 2.II.7.1.-** Sistema de propósitos en la gestión de la CSI sustentable

La CSI sustentable es concebida como un sistema de actividades que incluye prácticas de administración y sistemas de medición que impulsan el desempeño general de sustentabilidad de la CS. El desempeño se puede monitorear a partir de los propósitos, objetivos y metas establecidos en su sistema de propósitos. En un marco de sustentabilidad, los propósitos serán: económicos, medioambientales y sociales (ver **Figura 2.II.7.2**).

El DS amplía el sistema de objetivos perseguidos convencionalmente en la GCS, incluyendo ahora los objetivos del DS en sus tres dimensiones componentes: ambiental, social y económica. De esta manera el sistema de objetivos de la GCS se modifica tal como se muestra en la **Figura 2.II.7.2**.

La CS es un sistema teleológico, es decir que el sistema persigue ciertos propósitos que le dan sentido a su operación, mismo que se muestran en la **Figura 2.II.7.2**. La sustentabilidad se traduce en un conjunto de atributos del sistema conceptual, los cuales deben observarse cuando el sistema entre en operación.

Once requerimientos se muestran en la **Figura 2.II.7.2** y están agrupados en las tres dimensiones de la sustentabilidad. La categorización de estos requerimientos es relativa, pues el nivel de interacción entre las tres dimensiones hace difícil la definición de la categoría precisa en que debe caer el requerimiento. Así, se constituyen requerimientos medioambientales como la **existencia, estabilidad y protección**.



**Figura 2.II.7.2.** Requerimientos para que una CSI sustentable

Además, se incluye el marco normativo como el conjunto de leyes y reglamentos que deben cumplir las OLA-RSU. Requerimientos únicamente sociales como la **seguridad, salud y libertad de acción**. Requerimientos únicamente económicos como **la eficiencia, productividad y resiliencia**. La

interacción entre las dimensiones medioambiental y social incluye requerimientos de **calidad de vida** y **conservación**. La **equidad y autogestión** son requerimientos derivados de la interacción entre las dimensiones social y económica. La **viabilidad y adaptabilidad** son requerimientos emanados de la interacción entre el medio ambiente y la economía. La **planificación, coexistencia y confiabilidad** son los requerimientos más fuertes de sostenibilidad, pues demandan la interacción de las tres dimensiones.

Las definiciones operativas de algunos de estos atributos se muestran en la **tabla 2.II.7**.

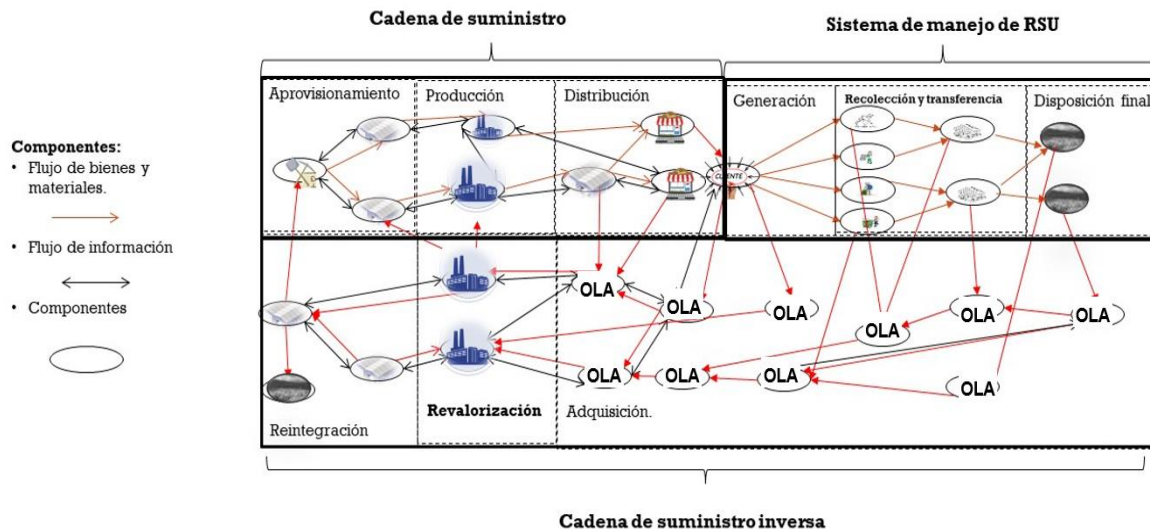
**Tabla 2.II.7.-** Definiciones operativas de los atributos de sustentabilidad para la gestión de CSI

<b>Dimensión medioambiental</b>	
<b>Atributo</b>	<b>Definición operativa</b>
Existencia	Garantizar la existencia de recursos naturales y de condiciones medioambientales favorables para las generaciones futuras.
Estabilidad	Se refiere al equilibrio ecológico y la relación armonica entre el hombre y los seres vivos con su medioambiente.
Conservación y protección	Se refiere a las distintas maneras que existen para regular, minimizar o impedir el daño que las actividades de índole industrial, urbana, comercial o de otro tipo que ocasionan a los ecosistemas naturales.
<b>Dimensión social.</b>	
<b>Atributo</b>	<b>Definición operativa</b>
Salud.	Los riesgos para la salud en el lugar de trabajo, incluidos el calor, el ruido, el polvo, los productos químicos peligrosos, las máquinas inseguras y el estrés psicosocial que provocan enfermedades ocupacionales y pueden afectar a la comunidad local.
Libertad de acción.	Cada persona puede dedicarse a la actividad lícita que desee, sin que nadie pueda imponer forma alguna de trabajo, ni condiciones distintas a las previstas por el derecho.
Seguridad (e higiene).	Prevención de riesgos laborales a través de la aplicación de medio y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.
<b>Dimensión económica.</b>	
<b>Atributo</b>	<b>Definición operativa</b>
Productividad	Es el resultado obtenido de un proceso relacionado con los recursos empleados y el esfuerzo que ello supone.
Eficiencia	Supone la valoración de la mayor cantidad de residuos al menor costo posible.
Viabilidad	Probabilidad que existe de llevar a cabo aquello que se pretende o planea, de concretarlo efectivamente.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Farahbakhsh, A., & Forghani, M. A. (2019).

## 8.- Desagregación funcional del sistema conducido en la CSI-RSU

La función de adquisición de RSU para CSI constituye el sistema de interés en esta investigación. Este sistema forma parte de un suprasistema, que es la CSI que valoriza RSU. Este suprasistema, tiene una marcada relación con los sistemas de gestión de RSU y con las CS. La **Figura 2.II.8** de esa sección muestra la interacción de los sistemas CS tradicional, CSI y sistema de gestión de RSU, la cual se vuelve a presentar para apoyar la discusión que aquí se presenta.



**Figura 2.II.8.-** Ubicaciones de las Operaciones logística de adquisición de RSU

La **Figura 2.II.8** muestra la interacción del sistema de adquisición con los elementos de sistema de gestión de RSU, las CS y el sistema de valorización de RSU. El sistema de adquisición tiene una naturaleza logística cuyo punto de origen son las fuentes de generación de RSU y los puntos de destino son las locaciones de valorización industrial. Las OLA son entonces aquellas operaciones necesarias para conducir los RSU valorizables del sistema de gestión de RSU a los sitios de valorización industrial.

En la **Figura 2.II.8** se representan los flujos directos e inversos de materiales, agrupándolos en los procesos directos de aprovisionamiento, producción y distribución. Pero se agregan los procesos inversos de recolección, clasificación e inspección; valorización que puede incluir, según reportan Ilgin & Gupta (2013), el reúso directo, la restauración, la remanufactura, el reciclaje o la canibalización; finalmente, una vez que el producto se encuentra apto para su reintegración al canal directo se realiza una distribución inversa que coloca al producto revalorizado en alguna de algún eslabón del canal directo, aquellos productos que no pueden reintegrarse se envían a disposición final.

Una CSI tiene cuatro funciones (Schuh et al., 2011):

- a) **Generación.** Incluye las actividades desarrolladas en las fuentes de generación de RSU, en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional una vez que el consumo del producto original se realiza. La generación se asocia a los patrones de consumo.
- b) **Adquisición.** La adquisición se concentra en la recogida de los residuos producidos y almacenados por las distintas fuentes de generación, a partir de la infraestructura de manejo de basura; además incluye la recolección, inspección, selección, almacenamiento y transporte, así como la consolidación.
- c) **Valorización de RSU.** Después de que los RSU han sido adquiridos, están disponibles para recuperar su valor económico y funcional, que se ha reducido durante su uso. Se valoriza, mediante tecnología y procesos industrializados, los materiales adquiridos para ser reincorporados a las CS. Esta fase incluye las actividades de limpieza, inspección, selección, desmontando, reuso, reciclaje, remanufactura, reparación, restauración, etc.
- d) **Reintegración.** La reintegración tiene lugar después de que el RSU se ha valorizado y dirige el flujo de productos recuperados a las diferentes fases de una CS tradicional. Esta fase abarca todos los pasos para vender, almacenar y transportar el producto recuperado a su nuevo punto de uso, por lo que se asemeja al proceso de distribución de la CS directa.

Respecto a la valorización o revalorización, el término se asocia al tratamiento, reciclaje y disposición final (Den Boer et al., 2007), pero en este trabajo se dejará de lado la disposición final pues queda fuera de los principios de EC.

- Los siguientes procesos de tratamiento de residuos han sido modelados: compostaje de residuos orgánicos recolectados por separado; digestión de residuos orgánicos recolectados por separado; pretratamiento aeróbico mecánico-biológico de residuos mixtos/residuales; pretratamiento anaeróbico mecánico-biológico de residuos mixtos/residuales; incineración con recuperación de energía de mezcla/residual residuos; reciclaje de materiales recolectados por separado: papel y cartón, vidrio, metales, plásticos, basura de empaquetado, reciclables secos mixtos y residuos eléctricos y aparatos electrónicos (RAEE); vertido de residuos mixtos/residuales.



- **Reciclaje:** los materiales recuperados de desechos domésticos reprocesados se pueden utilizar para substituir los materiales vírgenes; esto puede dar lugar a ahorros totales en materias primas, energía consumo y emisiones al aire, al agua y al suelo

Es a través del cumplimiento de estas cuatro funciones de la CSI que parte de los materiales contenidos en los RSU pueden valorizarse. Una estructura general de la CSI con su interacción con el sistema de manejo de RSU y la CS tradicional se muestra en la **Figura 2.II.8**. El modelo de EC, se integra de tres sistemas con alta interacción: CS tradicional, CSI y sistema de gestión de RSU. Una desagregación funcional detallada de estos sistemas se discute en el capítulo dos de este trabajo.

El modelo de EC mostrado en la **Figura 2.II.8** permite la valorización de materiales contenidos en los RSU, principalmente por las operaciones de adquisición de la CSI. La función de adquisición permite recuperar los materiales valorizables del flujo lineal que los conduce a disposición final, redirigiéndolos a proceso de valorización o revalorización industrial.

## **9.- Operaciones Logísticas de Adquisición de RSU**

Los procesos de adquisición dependen de la organización de los canales inversos. La recolección en sitio es posible si se manejan las sinergias entre la distribución directa e inversa. Cuando la recolección en sitio no se da se puede ocupar el canal detallista, sin embargo, al final del uso se dispone generalmente en el sistema de basura municipal, en este caso los fabricantes no están interesados en recuperar su flujo de residuos ya que podrían no haber proporcionado incentivos para adquirir sus productos al final de su vida útil. Esto parece estar sucediendo en Alemania con los equipos eléctricos y electrónicos que son reclamados por comerciantes independientes para vender en mercados secundarios o disponerlos fuera del país (Lebreton, 2007).

La adquisición de desechos domésticos es uno de los problemas operacionales más difíciles a los que se enfrentan las autoridades locales en la gestión de desechos en la mayoría de las ciudades en desarrollo de los países en desarrollo, donde atienden únicamente a una parte limitada de la población urbana que deja fuera a poblaciones de bajos ingresos que viven en áreas urbanas no planificadas que en la mayoría de los casos son inaccesibles debido a su ancho, pendiente, congestión o superficie (Kinobe et al., 2012).

El almacenamiento temporal es el punto donde los desechos domésticos dejan la casa y entra en el sistema de gestión de residuos, estos residuos se almacenan temporalmente en recipientes, contenedores o sacos antes de la recolección (Den Boer et al., 2007).

Recogida y transporte incluye (Den Boer et al., 2007): la recogida separada y mezclada de residuos sólidos y reciclables en un área urbana; el transporte de los desechos recolectados y reciclables a las instalaciones de procesamiento y eliminación.

La definición operativa de estas OLA se muestra en la **Tabla 2.II.9**:

**Tabla 2.II.9.- Operaciones Logísticas de Adquisición de RSU en CSI.**

OLA	Definición Operativa
Recolección.	Acción de tomar los materiales valorizables de los rsu de los lugares de generación o almacenan temporal, público o privado, para acumularlos y transportarlos a centros de acopio.
Almacenamiento temporal.	Es una etapa que comprende el acondicionamiento del residuo en recipientes apropiados, de acuerdo con la cantidad y tipo del residuo. Acción de retener temporalmente los residuos, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se transportan a otro centro de acopio, se disponen o desechan.
Manejo de materiales.	Actividades que implican los medios materiales y humanos para el movimiento de los residuos dentro de los almacenes y locales. Incluye: embalaje, manipulación, transporte interno, carga y descarga.
Transporte.	Acción de desplazamiento de los residuos desde los puntos de almacenamiento temporal hacia alguna estación de transferencia, planta industrial de valorización o relleno sanitario.
Transferencia o <i>cross docking</i> .	Es el traspaleo de la carga de residuos de un vehículo recolector a otro con mucha mayor capacidad de carga, lo cual es posible con el empleo de una instalación diseñada para tal fin, denominada estación de transferencia. El segundo vehículo, o transporte suplementario, es el que transporta los residuos hasta su destino final.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de NADF-024-AMBT-2013

La base de observación de estas OLA se da en los centros de acopio. Estos centros de acopio constituyen los nodos de las redes de adquisición de RSU para CSI. Dependiendo del tamaño de sus instalaciones y su capacidad de almacenamiento, estos pueden constituir centros de transferencia. Para los fines de esta investigación, se considera la siguiente definición de centros de acopio:

*El Centro de Acopio de Residuos Sólidos valorizables es un sitio de almacenamiento temporal de residuos valorizables, donde los residuos pueden ser clasificados y separados de acuerdo con su naturaleza (en plástico, cartón papel, vidrio y metales) para su pesaje, compactado, empaque, embalaje y posterior venta.*

*Es un establecimiento mercantil donde reciben y se acondicionan los materiales valorizables contenidos en los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, o bien, donde se reciben, cuantifican, reúnen, trasvasan y acumulan temporalmente residuos para ser enviados a instalaciones autorizadas para su tratamiento, reciclaje, reutilización, coprocesamiento o disposición final (SEDEMA, 2016).*

Los Centros de Transferencia (CT) son instalaciones de almacenamiento temporal de los residuos para ser transportados posteriormente a un sitio de valorización industrial, a otro centro de transferencia o a disposición final. Eventualmente, podría aplicarse algún otro proceso a los materiales recibidos, como la separación, compactación y trituración. Estos CT son de carácter privado y se enfocan a la comercialización de materiales valorizables de los RSU a gran escala. Para su identificación se recurrió al banco de registros de Planes de Manejo Autorizados en la Ciudad de México, que publica la SEDEMA (2016).

## **10.- Identificación de agentes de la CSI**

En la valorización de RSU mediante CSI existen muchas partes involucradas (*stakeholders*) y agentes responsables de la operación de CSI. Los agentes de las CSI-RSU pueden agruparse a partir de los procesos generales que realizan, o de las actividades particulares. Los agentes involucrados en los cuatro procesos generales son: generadores, recolectores-adquisidores, valorizadores y distribuidores. Para cada una de estas categorías de agentes realizan actividades muy específicas y pueden identificarse a partir de la actividad que desarrolla.

- El *agente generador*, es el desencadenante de la CSI-RSU. De él depende prácticamente el canal que siga el RSU en adelante. Factores como los patrones de consumo y el nivel de ingreso determinan la cantidad de RSU que genera. El acceso a servicios de recolección, la responsabilidad ambiental, la normatividad, entre otros, influyen en la calidad del RSU a recuperar.
- El *agente adquisidor* o recolector del RSU es un agente relevante, pueden ser personas, organizaciones y empresas. Se consideran características relevantes de cómo lleva a cabo las tareas y las condiciones en que las lleva a cabo.
- El *agente valorizador* del RSU es otro actor relevante de las CSI, también pueden ser personas, organizaciones y empresas, y de la misma manera se consideran características relevantes cómo lleva a cabo las tareas y las condiciones en que las lleva a cabo.

- El *Agente reintegrador* se encarga de colocar el material valorizado de los RSU en los mercados demandantes, que suelen ser mercados de consumo intermedio. El agente reintegrador realiza funciones de distribución en las CSI; suele desarrollar las mismas actividades que el distribuidor de las CS (Schuh et al., 2011).

Las necesidades de estos agentes se alinean para hacer operativa la CSI. Los agentes generadores tienen la necesidad de deshacerse de los residuos en el menor tiempo posible y al menor costo, impulsados principalmente por un modelo *Puhs*; es decir, el **generador** está dispuesto a proveer sus RSU al **adquisidor** de forma gratuita o incluso pagar para que se recolecten sus residuos. Los agentes adquirentes de RSU necesitan adquirir la mayor cantidad de RSU, al menor precio, recibiendo dádivas de los generadores privados y subvenciones directas del sistema de manejo de RSU público. El **adquisidor** busca operar al menor costo económico y suministrar al **valorizador** de la mayor cantidad de residuos, en condiciones de calidad y frecuencia aceptadas por éste. El **valorizador** requiere un suministro confiable, de calidad y en la cantidad suficiente para no detener sus operaciones, pero también estableciendo una estructura de precios bajos por el suministro de RSU. El **reintegrador** busca que los materiales revalorizados cumplan con una calidad equiparable al de las materias primas vírgenes, pero con un precio preferentemente menor a éstas, para asegurar su participación en el mercado.

**Tabla 2.II.10.-** Necesidades de los agentes de la CSI

Agente	Necesidad
Generador	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Que se recolecten sus RSU con la mayor frecuencia</li> <li>2. Pagar el menor costo por la recolección de sus RSU.</li> </ol>
Adquisidor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adquirir la mayor cantidad de RSU valorizables de los generadores.</li> <li>2. Obtener el máximo de dádivas de los generadores.</li> <li>3. Aprovechar al máximo las subvenciones por la colecta de RSU.</li> <li>4. Suministrar la mayor cantidad RSU a la industria de la valorización.</li> <li>5. Obtener el máximo precio de venta de los RSU adquiridos.</li> <li>6. Operar al menor costo posible</li> </ol>
Valorizador	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asegurar un suministro confiable del adquisidor (máxima cantidad, calidad y regularidad).</li> <li>2. Suministrarse de RSU al menor costo.</li> <li>3. Operar al menor costo.</li> <li>4. Aprovechar las subvenciones directas y los estímulos fiscales derivados de la naturaleza de su actividad.</li> </ol>
Reintegrador	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Distribuir materiales revalorizados con calidad equiparable al de los materiales vírgenes.</li> <li>2. Asegurar precios de distribución menores al de los materiales vírgenes.</li> </ol>

Una de las tendencias de la sustentabilidad en la CS, la más débil, es internalizar los costos derivados de los impactos que genera la operación de las CSI y cerrar el sistema para hacerlo lo más eficiente posible reduciendo el consumo de materias primas y la generación de emisiones contaminantes en aire, agua y suelo. Un enfoque de sustentabilidad fuerte de sustentabilidad obliga a considerar las interacciones de la CSI con sus tres entornos, en un nivel de análisis transaccional y contextual.

## **11.- Identificación de *stakeholders* de la CSI**

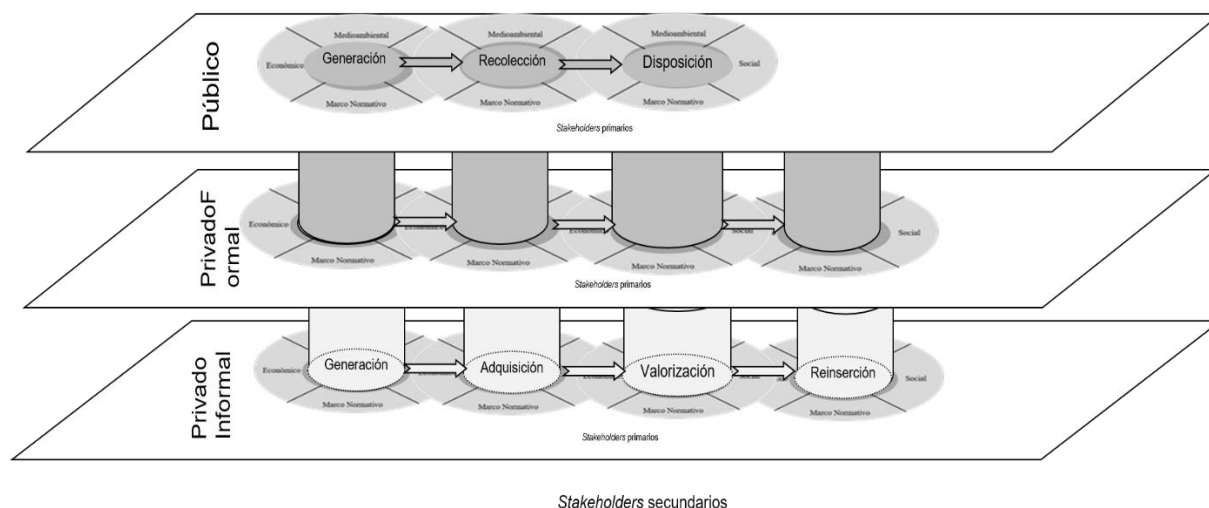
Freeman (1984) distingue entre partes interesadas primarias, aquellas que tienen un interés directo en la organización (por ejemplo, clientes, accionistas, empleados, proveedores y reguladores) y partes interesadas secundarias, aquellas que no participan en transacciones con la organización pero que pueden afectar, o se ven afectados por la organización (por ejemplo, instituciones académicas, ONG, vecinos y activistas sociales). Similar al concepto de parte interesada, Choi (2001) hace la distinción entre agentes y el medio ambiente en la red de suministro. Definen un agente como " un individuo, un equipo de proyecto, una división o una organización completa " y el medio ambiente como " mercados consumidores finales que ejercen demanda de productos y servicios proporcionados por la red del sistema, directa o indirectamente conectados los sistemas económicos y los sistemas institucionales y culturales más grandes que definen y limitan la interpretación de la realidad de las redes del sistema y su comportamiento posterior (Choi, 2001, pp. 352-353).

En este sentido, el análisis de necesidades para una CSI que sea sustentable debe considerar las necesidades de los *stakeholders* del sistema. Los *stakeholders*, son cualquier persona o entidad que es afectada o concernida por las actividades de la CSI. Gómez-Maturano (2019) establece dos categorías de *stakeholders*: los primarios que se encuentran en el entorno transaccional y los secundarios que se encuentran en el entorno contextual. Los *stakeholders* primarios, que son aquellas personas o grupos que tienen un contacto directo con alguno de los agentes de las CSI-RSU y se encuentran en la comunidad local en la que se establece alguna de las actividades de las CSI. Los *stakeholders* secundarios son los individuos o grupos que pertenecen a la sociedad en su conjunto y que se ubican en el entorno contextual, estos *stakeholders* son impactados en última instancia por las actividades desarrolladas en las CSI-RSU. Los elementos de sustentabilidad se consideran en la dimensión medioambiental, social y económica, pero además se hace necesario incluir el marco normativo aplicable a la gestión de los RSU. En la **Figura 2.II.11** se muestra una estructuración de las dimensiones de sustentabilidad y de los dos niveles de entorno, sobre el cual se puede hacer un análisis de *stakeholders*.

**Tabla 2.II.11.-** Categorías de *Stakeholders*.

	Transaccional	Contextual
Social	Trabajadores de los agentes de la CSI.  Comunidad local	Sociedad en su conjunto
Económico	Otros agentes de la CSI-RSU o de otras CSI.  Unidades económicas locales.	Economía nacional
Medioambiental	Autoridades municipales y estatales	Autoridades nacionales e internacionales
Marco normativo		

Debe señalarse que los factores naturales locales constituyen una categoría de análisis que debe considerarse en el entorno transaccional, que se traduce a una lista de verificación de la normatividad aplicable y que son las autoridades municipales y estatales quienes en primera instancia deben estar interesadas en su cumplimiento.



**Figura 2.II.11.-** *Stakeholders* y agentes de la CSI-RSU en mercados emergentes

Como puede apreciarse en la **Figura 2.II.11** existen sistemas anidados en la valorización de RSU, que podrían identificarse en tres planos operativos: público, privado formal y privado informal. Los agentes de la CSI pueden colocarse en cualquiera de los tres planos establecidos en la **Figura 2.II.11**. Cada uno de estos planos puede albergar uno o más de las funciones de la CSI: generación,

adquisición, valorización, reintegración. Estas funciones y sus actividades pueden desarrollarse por agente ubicados en alguno de estos planos. Los *stakeholders* primarios se encuentran en alguno de los tres planos operativos. Cada uno de los *stakeholders* primarios estará afectando los objetivos de los agentes de la CSI directamente. Los *stakeholders* secundarios que se identifican en la **Tabla 2.II.11** son representados en la parte inferior de la **Figura 2.II.11**, fuera de cualquiera de los tres planos operativos de la CSI. En la **Figura 2.II.11** también se muestran los entornos transaccionales de cada función de la CSI: económico, social y medioambiental. Esta figura constituye un modelo conceptual del suprasistema de CSI-RSU.

En la **Figura 2.II.11** permite ubicar los niveles de análisis de la problemática en un sistema general de CSI, contenida en dos entornos (contextual y transaccional), que en mercados emergentes puede operar en tres planos y que tiene al menos dos categorías de *stakeholders*. En esta CSI-RSU genérica se muestran las relaciones entre los actores de la cadena, en la que se presentan las siguientes fuentes de insatisfacción y conflicto.

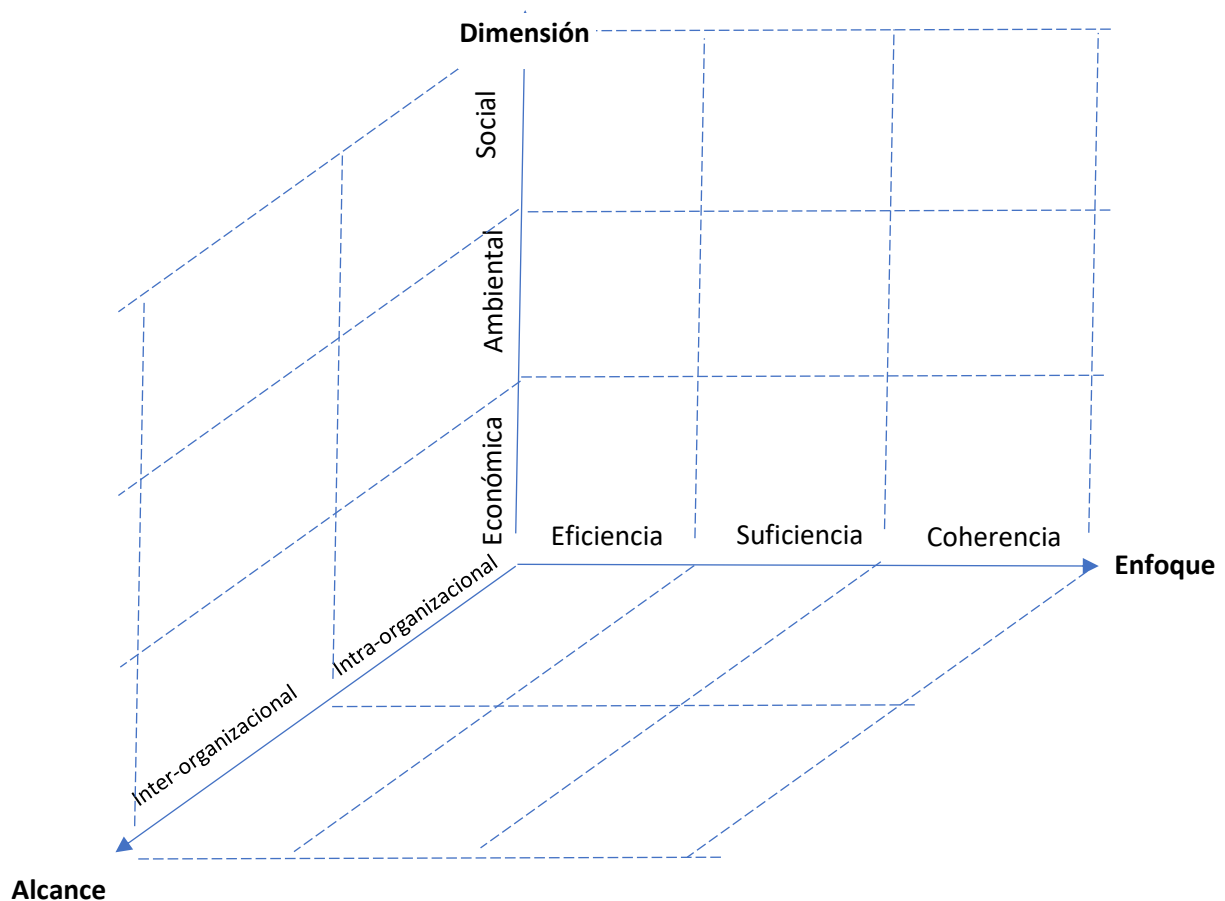
- Cada actor busca la maximización de su beneficio individual, a costa de afectar el beneficio de otros actores y menguando el rendimiento general de la CS.
- Hay una regulación gubernamental defectuosa y hay abismos legales en el sector de valorización de RSU.
- Los actores de la CSI realizan sus actividades en el plano operativo que les genera menores costos económicos, generalmente en la informalidad o la ilegalidad.
- Los materiales susceptibles de valorización son difíciles de adquirir del sistema de manejo de RSU gubernamental ocasiona que se incrementen los costos de adquisición.

# Capítulo 3.- MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

## I.- MARCO METODOLÓGICO

### 1.- Modelo conceptual para la caracterización de OLA-RSU

La caracterización de las OLA de RSU en un marco de sustentabilidad constituye una realidad comprensible a partir de construcciones mentales, modelos de representación que pueden tener múltiples atributos asignados socialmente; estas construcciones, son de naturaleza local y específica, pues responden a un contexto particular, espacial y temporal. Las construcciones obtenidas de las características de las OLA-RSU que dan respuesta a las preguntas de investigación planteadas son de alcance local y temporal y no se espera que sean aplicables al resto de OLA-RSU en otros contextos. Esta limitación ontológica de la investigación, planteada en párrafos anteriores justifica el uso de un marco expofeso para el análisis de las OLA-RSU en términos de sustentabilidad. Dicho marco se muestra en la **Figura 3.I.1.1** La aproximación al estado característico de las OLA-RSU puede darse a partir de tres ejes, ver **Figura 3.I.1.1**, dimensiones de sustentabilidad, enfoque de análisis y alcance.





### **Figura 3.I.1.1.-** Marco de análisis de sustentabilidad para OLA-RSU

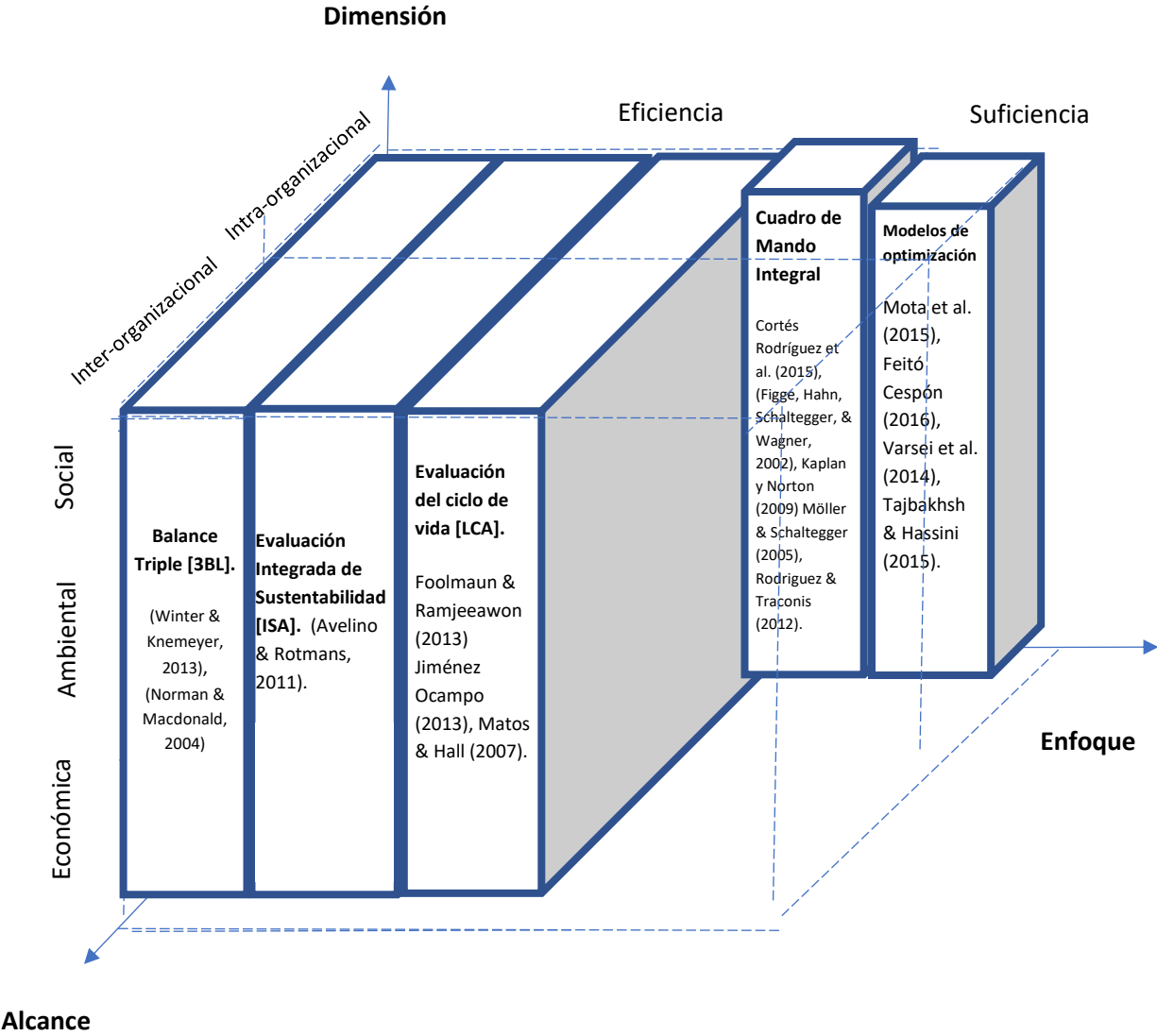
En la literatura revisada en esta investigación, se reconocen dos enfoques para aproximarse al estado de sustentabilidad en CS y delimitar el alcance del análisis, tal como se muestra en la **Figura 3.1**: un enfoque intraorganizacional, centrado en las operaciones dentro de la organización, se concentra en una empresa focal; otra tendencia es hacer análisis interorganizacionales, dos o más integrantes de la CS. El análisis intraorganizacional (Gallopín, 2003), se concentra en el comportamiento de un sistema individual, en términos de CS, suele centrarse el análisis en la llamada empresa focal. Desde una visión más amplia, el análisis debería hacerse al conjunto de organizaciones que participan en al menos una de las funciones básicas de la CSI, por ejemplo, la adquisición.

La llamada empresa "focal" constituye un término fundamental para la delimitación del análisis de sustentabilidad. La empresa focal está "en el centro" de la CSI y es vista como el actor más importante en este proceso, que influye en toda la CS debido a su posición y potencia relacionada. Señalar que es el centro de la CSI es una metáfora que busca destacar su predominio sobre el resto de los actores; sin embargo, no siempre hay una única empresa focal y pueden encontrarse "múltiples" empresas focales en la CSI (Van Bommel, 2011).

El eje de las dimensiones en la **Figura 3.I.1.1** se identifican las dimensiones de sustentabilidad: económica, medioambiental y social. Pocos métodos analizan las tres dimensiones de la sustentabilidad en las CSI (Schaltegger & Burritt, 2014), la mayoría de ellos analizan una sola dimensión (Avelino & Rotmans, 2011). Ello resulta preocupante ante la inminente evolución de las organizaciones sistemas sustentables, presionados por las condiciones contextuales que se avecinan (GRI, 2015). Los estudios de las últimas dos décadas enmarcadas en el desarrollo sustentable han dado lugar a un campo diverso de enfoques (Avelino & Rotmans, 2011): conceptos para el desarrollo sustentable en los sistemas productivos indicadores para medir el desarrollo sustentable, modelos para el desarrollo sustentable y escenarios para el desarrollo sustentable.

Los enfoques de análisis de sustentabilidad identificados en la literatura de CS y CSI se muestran en el eje horizontal de la **Figura 3.I.1.1**. El eje de enfoque va del más débil, colocado en la intersección con los otros dos ejes, este es el enfoque de eficiencia. El enfoque menos débil, no puede llamarse fuerte, para el análisis de sustentabilidad en CSI es el enfoque de coherencia, mostrado al extremo derecho del eje. El eje de enfoque es incremental mostrando los enfoques disponibles para analizar las OLA en CSI.

La tridimensionalidad de la sustentabilidad requiere un enfoque integrado e interdisciplinario, en el sentido de desarrollar herramientas e instrumentos analíticos que permitan la participación de los involucrados para atender la complejidad del desarrollo sustentable (Avelino & Rotmans, 2011). En este sentido, en la literatura de CSI se identifican algunas herramientas de análisis, medición y evaluación de la sustentabilidad que bien pueden aplicarse a la caracterización de las OLA-RSU, algunas de ellas ya se han aplicado a CSI. En la **Figura 3.I.1.2** se muestran las herramientas disponibles para el análisis, medición y evaluación de la sustentabilidad en CS.



**Figura 3.I.1.2-** Estado de la investigación sobre el análisis de sustentabilidad en CS

Lo que se observa es que las herramientas de análisis parten de un enfoque de eficiencia. Tres de las herramientas de análisis se pueden emplear para estudiar el comportamiento en más de una

organización, aplicando secuencialmente el análisis intraorganizacional. Después del análisis individual de las herramientas, los resultados de otras organizaciones se agregan para presentar resultados integrados, los cuales se obtienen con la suma de las cuentas individuales. Esto pasa en el 3BL, según lo reportan Winter & Knemeyer (2013) y Norman & Macdonald (2004), que no es más que una cuenta individual de cada dimensión de la sustentabilidad, cuenta a la que se le pueden agregar los resultados de proveedores o clientes de la organización para obtener un 3BL ampliado. Lo mismo sucede con el LCA, tal como se puede ver en Foolmaun & Ramjeeawon (2013), Jiménez Ocampo (2013) y Matos & Hall (2007) cuyo resultado final es la suma de los resultados individuales de cada proceso evaluado en dimensiones individuales.

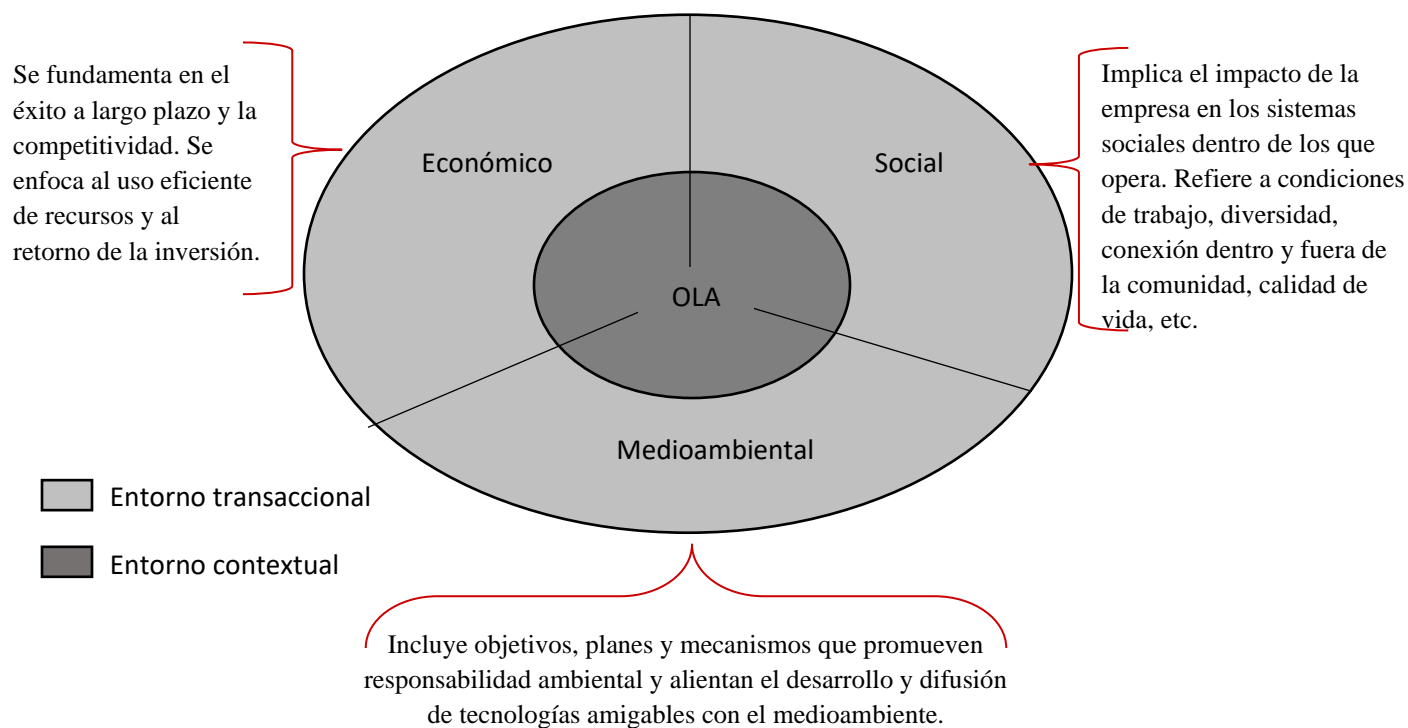
La **Figura 3.I.1.2** permite visualizar el estado de la investigación respecto del análisis, medición y evaluación de la sustentabilidad en CSI. Las herramientas presentes para ello se concentran en un análisis intraorganizacional, al interior de una empresa u organización. Las herramientas ocupadas para analizar dos niveles (dos eslabones de la cadena o dos empresas) o más en realidad sólo analizan secuencialmente la sustentabilidad en cada nivel (o eslabón en la cadena). No hay herramientas de análisis multinivel que considere las operaciones integradas en dos o más niveles (o eslabones en la cadena de suministro). Respecto a las dimensiones de sustentabilidad que se integran al análisis, el estado de la investigación es que la gran mayoría se concentra en la dimensión medioambiental, incluyendo algunas mediciones en esta dimensión. Considerando que la dimensión económica es la dimensión comúnmente estudiada en el ámbito de las CS, es la dimensión social la que representa una brecha en la investigación de la sustentabilidad en CS y CSI. Finalmente, respecto del enfoque dominante, las herramientas disponibles para analizar las CSI no responden a un enfoque fuerte de sustentabilidad. Las ideas planteadas en este párrafo constituyen el estado de la investigación en cuanto al análisis, medición y evaluación de la sustentabilidad en CS.

Una de las herramientas más ocupadas para la medición, análisis y evaluación de la sustentabilidad de la cadena de suministros es el cuadro de mando integral, que aplica sólo a una organización. Los trabajos de Cortés Rodríguez et al. (2015), Figge et al. (2002), Kaplan & Norton (2009), Möller & Schaltegger (2005), Rodríguez & Traconis (2012) muestran cómo esta herramienta incorpora principalmente el análisis ambiental y económico.

Por otro lado, los modelos de optimización también constituyen una herramienta de análisis y evaluación de la sustentabilidad, tal como lo muestran los trabajos de Mota et al. (2015), Feitó Cespón (2016), Varsei et al. (2014), Tajbakhsh & Hassini (2015). Sin embargo, estas herramientas suelen

integran sólo algunos indicadores y se concentran en análisis cuantitativos limitados a la información disponible.

A partir de los tres ejes mostrados en la **Figura 3.I.1.2** y conforme a lo que se reporta en la literatura de CSI de RSU, se presenta un modelo conceptual específico para el análisis de las OLA-RSU en la **Figura 3.I.1.3**.

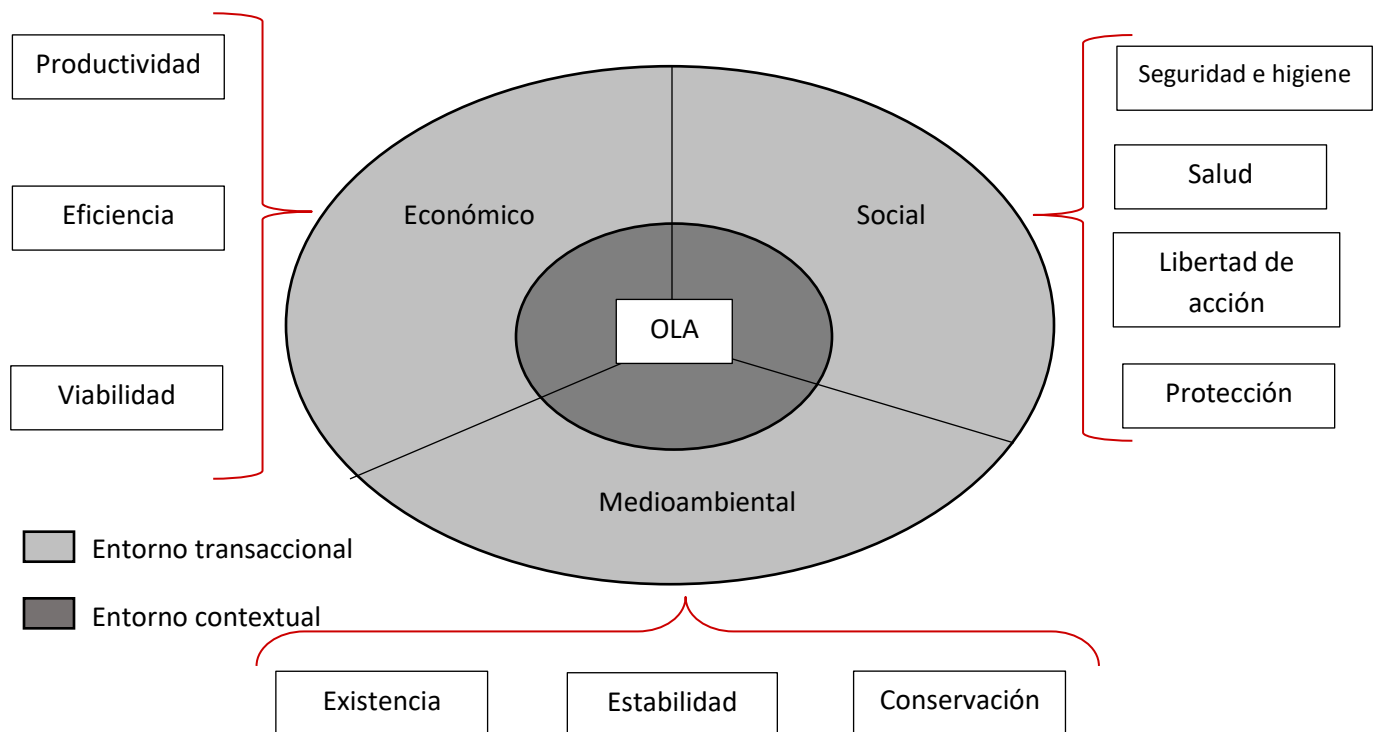


**Figura 3.I.1.3.-** Dimensiones de sustentabilidad para las OLA-RSU

La caracterización de las OLA-RSU se realiza a partir de un modelo de referencia de sustentabilidad construido expresamente para ellas a partir de la revisión de la literatura y la discusión reportada en el capítulo II de este trabajo. El modelo conceptual de referencia se construye a partir del marco de análisis presentado en los párrafos anteriores y se muestra en la **Figura 3.I.1.3**. Además de la dimensión económica, social y medioambiental se incluye elementos del marco normativo. Dos niveles del entorno se presentan, contextual y transaccional, ver **Figura 3.I.1.3**. El entorno contextual y transaccional se discuten en el capítulo I.

Para cada una de las tres dimensiones de sustentabilidad, se identificaron en la literatura atributos que deben tener las OLA para que sean sustentables. Un total de trece atributos, discutidos en el capítulo

dos, en las dimensiones medioambiental, social y económica son representados en la **Figura 3.I.1.4**. Las definiciones de estos trece atributos se presentaron en el **Capítulo II**. La agrupación de estos trece atributos en las tres dimensiones clásicas de sustentabilidad es relativa, pues el nivel de interacción entre las tres dimensiones hace difícil la definición de la categoría precisa en que debe caer el atributo. Así, se constituyen requerimientos medioambientales como la existencia, estabilidad y protección (ver **Figura 3.I.1.4**).



**Figura 3.I.1.4.-** Modelo conceptual para la caracterización de OLA-RSU en términos de sustentabilidad

En el modelo conceptual de la **Figura 3.I.1.4** se observan atributos meramente sociales como la seguridad, salud y libertad de acción. Atributos puramente económicos como la eficiencia, productividad y resiliencia. La interacción entre las dimensiones ambiental y social incluye requerimientos de calidad de vida y conservación. La equidad y autogestión son requerimientos derivados de la interacción entre las dimensiones social y económica. La viabilidad y adaptabilidad son atributos emanados de la interacción entre el medio ambiente y la economía.

## **2.- Diseño conceptual de los instrumentos para caracterizar OLA-RSU**

Para cada una de las cinco OLA-RSU, se establecen atributos que permiten juzgarlas como sustentable. Las OLA-RSU constituyen el objeto de estudio de esta investigación, las cuales pueden ser caracterizadas mediante la medición de sus atributos. En esta investigación, la medición es una actividad que usa la definición de la métrica para producir el valor de una medida (ISO,2019). Como se verá en las siguientes secciones de este capítulo, la métrica es la observación sistemática, entendiéndose como métrica al método de medición definido (ISO, 2019). De esta manera, los atributos de las OLA-RSU constituyen los criterios para valorar la sustentabilidad de las OLA-RSU en sus tres dimensiones: medioambiental, social y económica.

Desde el punto de vista metodológico, y no conceptual, un atributo es una propiedad mensurable, física o abstracta, de una entidad (ISO, 2019), OLA-RSU para esta investigación. El atributo puede ser interno o externo y se puede medir (cuantificar) por medio de una métrica directa o indirecta (ISO, 2019). Como se muestra en la sección de diseño conceptual de los instrumentos, las variables de esta investigación constituyen los ítems de los instrumentos de observación construidos a partir del marco conceptual de la **Figura 3.I.1.4**.

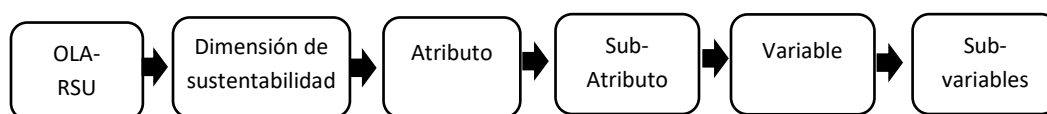
En el modelo conceptual para el diseño de la estrategia de investigación, cada dimensión tiene de tres a cuatro atributos asociados, **ver Figura 3.I.1.4**, que permiten hacer una cuenta en deciles respecto a la sustentabilidad de cada dimensión. Los atributos establecidos en cada dimensión del modelo conceptual constituyen la medida de sustentabilidad para esa dimensión, así como el número de categorías asignada a cada atributo representa la medida de ese atributo.

El modelo conceptual mostrado en la **Figura 3.I.1.4** constituye el marco conceptual de los instrumentos de observación sistemática empleados para caracterizar OLA-RSU. El modelo conceptual de la **Figura 3.I.1.4** constituye la base del marco conceptual para el levantamiento de información en esta investigación. Debe entenderse por marco conceptual de los instrumentos al ordenamiento de temas, categorías, variables y clasificaciones de los datos a recabar (INEGI, 2013). Las definiciones formales de cada uno de los conceptos a utilizar en los instrumentos de observación también se establecen a partir de su marco conceptual (INEGI, 2013).

Con el marco conceptual de la **Figura 3.I.1.4** se elaboró el diseño conceptual de los instrumentos de observación sistemática ocupados en esta investigación. El diseño conceptual es la serie de actividades mediante la cual se identifican (INEGI, 2013): las necesidades de información, con base en las cuales se determinan el marco conceptual de los instrumentos (temas, categorías, variables y

clasificaciones) a que serán referidos los datos; los esquemas para la presentación de resultados; los instrumentos para su captación (cuestionarios u otro tipo de formatos); los criterios de validación.

Para obtener el diseño conceptual se elaboró una desagregación de los atributos que se muestran en el marco conceptual. Cada atributo del marco conceptual es dividido en un conjunto de sub-atributos que se espera tenga la OLA-RSU para considerarse sustentable. Por ejemplo, para la operación de recolección, en su dimensión económica, tiene dos atributos, productividad y rentabilidad, los cuales se definen en el capítulo II. El atributo productividad, tiene los sub-atributos cobertura, tasa de recolección y capacidad de recolección. Cada uno de estos sub-atributos puede cuantificarse a partir de un conjunto de variables asociadas a su concepto. Estas variables pueden determinarse a partir de un conjunto de métricas que pueden obtenerse mediante observación sistemática. En la **Figura 3.I.2** se muestra el procedimiento para elaborar el diseño conceptual de los instrumentos a partir del modelo conceptual mostrado en la **Figura 3.I.1.4**.



**Figura 3.I.2.** Procedimiento de desagregación de los atributos de sustentabilidad en sub-atributos y métricas

Las dimensiones de sustentabilidad y sus atributos fueron presentados en el capítulo II de este trabajo. Desde el punto de vista metodológico, las dimensiones de sustentabilidad, sus atributos y sub-atributos constituyen las categorías y temas del levantamiento de información. Un tema del diseño conceptual es un enunciado genérico referente a un campo de conocimiento, por ejemplo, sustentabilidad social, su estudio constituye la justificación del proyecto estadístico (INEGI, 2013). Una categoría es un conjunto objeto de cuantificación y caracterización, por ejemplo, el atributo de productividad (INEGI, 2013).

Las categorías y temas permitieron establecer las diferentes secciones en la distribución de los ítems de los instrumentos de observación sistemática que se presentan al final de este capítulo. Las variables son los conceptos que admiten distintos valores para la caracterización o clasificación de un elemento o un conjunto de ellos (INEGI, 2013). En el diseño de los instrumentos de observación las variables se desagregaron en sub-variables, que finalmente se operacionalizaron en ítems aplicables a cada elemento de una categoría específica.

El diseño conceptual de los instrumentos de observación sistemática para esta investigación se muestra en las siguientes páginas. El diseño conceptual determina, para cada OLA-RSU, la distribución de contenidos (temas y subtemas), identificación de variables y su clasificación, mediante el planteamiento de ítems específicos.

En la **Tabla 3.I.2** se presenta un resumen del diseño conceptual de los instrumentos de observación sistemática elaborados para caracterizar las OLA-RSU. En esta tabla se muestra la desagregación de los instrumentos, desde los temas y subtemas de los instrumentos, hasta las variables y subvariables que se midieron. Se presentan ejemplos concretos de cómo se elaboró el diseño conceptual. El diseño completo se muestra en el **Anexo 1.-** Diseño conceptual de los instrumentos.

**Tabla 3.I.2.-** Diseño conceptual de los instrumentos de observación

<b>Tema</b>	<b>Subtema</b>	<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Subvariable</b>
OLA-RSU	Dimensión de sustentabilidad	Atributo de sustentabilidad	Componentes de los atributos.	Variable	Subvariable
Los temas representan las cinco operaciones logísticas que se caracterizaron: 1.- Recolección. 2.- Almacenamiento temporal. 3.- Transporte. 4.- Manejo de materiales. 5.- Transferencia.	Los subtemas están formados por las dimensiones de sustentabilidad, para cada una de las OLA-RSU son:  1.- Dimensión económica.  2.- Dimensión social.  3.- Dimensión medioambiental.	Las categorías se conforman por los atributos de sustentabilidad.  Para la dimensión medioambiental los atributos son: existencia, estabilidad, conservación y protección.  Para la dimensión social los atributos son: salud, libertad de acción y seguridad (e higiene).  Para la dimensión económica los atributos son: productividad, eficiencia y viabilidad	Las subcategorías están conformadas por los componentes de los atributos de sustentabilidad o sub-atributos. Algunos ejemplos son:  Para la operación de recolección, un atributo es la productividad. Un componente de la productividad es el beneficio neto.  Otro ejemplo, para la dimensión medioambiental, un atributo es la estabilidad, un componente de estabilidad para	Las variables son los elementos medibles de los atributos y sub-atributos. Por ejemplo, para el sub-atributo beneficio neto, sus variables asociadas son ingresos y costos.  Para el sub-atributo alteración del entorno, la superficie pública ocupada para el almacenamiento de RSU es una de sus variables.	Se aplica en caso de variables compuestas por otras variables, por el ejemplo los ingresos de un recolector se integran del precio de venta y el volumen de acopio.



			la operación de almacenamiento es la alteración del entorno.		
--	--	--	--	--	--

El diseño conceptual de los instrumentos sigue la secuencia mostrada en la **Figura 3.I.2**, y que representa el encabezado de la **Tabla 3.I.2**. Estos componentes del diseño conceptual se especifican en términos de los instrumentos para caracterizar las OLA-RSU en la segunda fila de la **Tabla 3.I.2** tal como se explica en la tercera fila de la tabla referida. Por ejemplo, para el diseño conceptual de la operación de recolección, que se encuentra en el **Anexo 1**, el **tema es recolección**, un **subtema** es la **dimensión económica** de la sustentabilidad, la recolección tiene **dos atributos, productividad y rentabilidad** (ver **Anexo 1**). El **atributo de rentabilidad** se subdivide en **sub-atributos, capacidad de recolección y beneficio neto**. El **sub-atributo beneficio neto**, se operacionaliza mediante dos **variables, ingresos y costos**. La **variable ingreso**, por ejemplo, se desagrega en las subvariables **precio de venta y volumen de recolección**. De esta manera se elaboró el diseño conceptual de los instrumentos empleados para la observación sistemática de las OLA-RSU y su caracterización.

## II.- ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

Como se muestra en el primer apartado, la gestión de la cadena de suministro ha puesto un gran énfasis en los métodos cuantitativos, la modelación matemática ha sido consideradas como la uno de los métodos más empleados en el campo. Esto ha contribuido, en cierta medida, a que el desarrollo de la investigación en GCS sea principalmente cuantitativa. En contraste, los estudios menos cuantitativos, son comúnmente señalados como investigaciones imprecisas y con falta de confiabilidad.

Para esta investigación, el método cualitativo es preferido, pues se parte de un conjunto de observaciones sobre las OLA-RSU y su sustentabilidad, buscando de forma inductiva establecer características específicas de ellas, que las diferencien de otras operaciones logísticas.

Creswell (1998 citado en Golicic et al., 2005) ofrece una analogía fotográfica para ilustrar esta compensación: la investigación cuantitativa es una lente gran angular o toma panorámica, mientras que la investigación cualitativa presenta una vista de primer plano. Para comprender y explicar verdaderamente el objeto de estudio de esta investigación se requiere de un primer plano de las OLA-RSU, pero también se requiere de una toma panorámica del contexto en que estas operaciones se llevan a cabo, por lo que el uso de métodos cuantitativos también es pertinente.

En este trabajo, más que partir de una teoría que explique las características de las OLA-RSU y el subsecuente planteamiento de hipótesis sobre de ellas, se emplea el Marco Conceptual de la **Figura 3.II.1.4** construido a partir de una serie de proposiciones extraídas de un cuerpo teórico que servirá de punto de partida para la caracterización de las OLA-RSU, para lo cual no es necesario extraer una muestra representativa de las OLA-RSU, sino una muestra teórica conformada por un conjunto de casos para desarrollar la observación sistemática.

La metodología cualitativa es una estrategia de investigación fundamentada en una depurada y rigurosa descripción contextual del evento, conducta o situación que garantice la máxima objetividad en la captación de la realidad, siempre compleja, y preserve la espontánea continuidad temporal que le es inherente, con el fin de que la correspondiente recogida sistemática de datos, categóricos por naturaleza, y con independencia de su orientación preferentemente ideográfica y procesual, posibilite un análisis (exploratorio, de reducción de datos, de toma de decisiones, evaluativo etc.) que dé lugar a la obtención de conocimiento válido con suficiente potencia explicativa, acorde, en cualquier caso, con el objetivo planteado y los descriptores e indicadores a los que se tuviera acceso (Anguera, 2004). Por ello, el diseño conceptual de los instrumentos mostrado en la sección anterior se volvió fundamental, además del establecimiento de manuales para la observación sistemática, que se presentan en la siguiente sección de este capítulo. Estos manuales de procedimientos se escribieron para garantizar la objetividad de las observaciones.

Presentadas estas conceptualizaciones sobre los métodos de investigación cuantitativos y cualitativos, se establece que en el presente trabajo se emplean métodos de investigación cualitativos y cuantitativos. Los métodos cualitativos que se emplearon en esta investigación son el método observacional y el estudio de caso. Ambos métodos emplean técnicas cuantitativas para el análisis de resultados.

La base metodológica de este trabajo es la observación sistemática, bajo la premisa de que para los fines de analizar las OLA-RSU en términos de sustentabilidad es mejor observar lo que sucede en su operación: recopilación de datos en situaciones de la vida real, en el campo. En la observación sistemática se requiere del campo a estudiar, lugares y sujetos, como de los aspectos concretos o conductas sobre las que se va a centrar la atención. Los elementos de la investigación son zona de estudio (lugar de la investigación), unidad de análisis (que son las CA y CT) para estudiar los elementos de su operación y sustentabilidad, es decir las OLA-RSU (objeto de estudio).

## **1.- Diseño de la estrategia de investigación**

A partir de lo que establecen Alaminos y Castejón (2006), se considera para esta investigación que *el diseño de la investigación* se deriva del método empleado y se sitúa entre los métodos y las técnicas de investigación. El diseño de investigación establece el procedimiento concreto de obtención de datos.

Una estrategia es una guía para el investigador en el proceso de colección, análisis, e interpretación de las observaciones; un modelo lógico de prueba que le permite al investigador delinear inferencias que involucran las relaciones causales entre las variables bajo investigación (Yin, 1994). Conceptualizada de esta manera, la estrategia de investigación planteada en este trabajo permite la caracterización de las actividades que se realizan en los centros de acopio, definidas como OLA-RSU; esta estrategia permite una caracterización considerando criterios de sustentabilidad. Las técnicas de colecta de datos son los sistemas de información geográfica y cuestionarios de observación sistemática aplicados en visitas y a través de observación sistemática.

El diseño de la investigación permite tener una estrategia de investigación que tomará como método el observacional, tomado como caso de estudio al municipio mexiquense de Nezahualcóyotl. Weick (1968) señala que un método de observación se define como la provocación de la selección, registro y codificación de ese conjunto de comportamientos y valores relativos a organismos *in situ* que es consistente con fines empíricos.

Dado que el método observacional es un procedimiento por el cual se recoge información de un fenómeno contemporáneo con la intención de examinarlo, tal como las OLA-RSU, se convirtió en la mejor opción para realizar un estudio exploratorio sobre la sustentabilidad de las OLA en un municipio particular, caso. El método observacional tiene una función descriptiva, por lo que se adecuó perfectamente al objetivo de identificar las características de sustentabilidad de las OLA-RSU. Este procedimiento se muestra en la **Figura 3.II.1**

## 1. Construcción de referente: CSI-RSU sustentable u operaciones logísticas de adquisición sustentables

- Formulación del modelo sustentable a usar como referente. El referente debe incluir variables sociales y ambientales, además de las económicas.

## 2. Definición de Nezahualcoyotl como zona de estudio

- La definición pasa por considerar a este municipio en términos de: su ubicación geográfica respecto a los grandes centros de valorización o su vocación como zona concentradora de RSU (por razones de marginación, generación, etc.).

## 3. Ubicación de Centros de Acopio de RSU en la zona de estudio

- Ubicación de CA y CT in situ
- Ubicación de CA y CT por recorridos vituales
- Ubicación de CA y CT mediante el DENU.

## 4. Análisis geoespacial del entorno de las OLA-RSU

- Construcción de bases de datos para el análisis
- Ubicación geoespacial de CA con QGIS
- Con QGIS, identificación de patrones asociados a la ubicación de los CA: aglutinamiento respecto de AGEB, avenidas, otros espacios de interés.
- Inferencias respecto de la ubicación de los CA considerando variables de: población, uso de suelo, etc.

## 5. Estudio de operaciones logísticas de adquisición en un conjunto de CA (casos)

- Caracterización de centros de acopio y
- Caracterización de centros de transferencia.
- Identificación de operaciones logísticas de adquisición
- Estructuración de la red de adquisición.
- Diseño y aplicación de instrumentos para la identificación de operaciones logísticas de adquisición: instrumento de observación, cuestionarios para entrevistas e instrumentos para el trabajo de campo.

## 6. Caracterización de las operaciones logísticas de adquisición

- Caracterización operativa.
- Caracterización de los impactos económicos, sociales y medioambientales.

### **Figura 3.II.1-** Estrategia de investigación

En las siguientes secciones se describen con mayor precisión las etapas de la estrategia de investigación. Salvo el primer punto, construcción del referente, el cual se presentó en la primera parte de este tercer capítulo.

## **2.- Definición de la zona de estudio**

El proceso que sigue el método observacional tiene una primera fase donde la gran dificultad estriba en la obtención del dato en contextos naturalistas o habituales (Anguera et al., 2001). Esta dificultad se traduce en definir el “lugar” que permita revelar la ocurrencia de comportamiento perceptible, para luego registrarlo sistemáticamente en instrumento especialmente diseñados (Denscombe, 2014).

Estos contextos naturalistas o habituales (Anguera et al., 2001) en que ha de observarse el comportamiento del fenómeno, lo constituye la zona de estudio seleccionada en esta investigación. El municipio de Nezahualcóyotl, en el Estado de México, fue una zona urbana idónea para observar las características de sustentabilidad de las OLA-RSU.

Nezahualcóyotl tiene grandes concentraciones humanas hacinadas en áreas geográficas reducidas, lo que es característico de los desarrollos urbanos marginales. Territorialmente, está dividido en 179 Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB). El AGEB constituye la unidad básica del marco geoestadístico empleado por el INEGI, cuyo perímetro está representado generalmente por calles, avenidas, brechas y, en ocasiones, por rasgos físicos naturales y/o culturales, normalmente reconocibles y perdurables en el terreno (INEGI, 2010). El AGEB urbana se define como un área geográfica que se encuentra dentro de una localidad urbana (incluyendo todas las cabeceras municipales mayores o menores de 2500 habitantes); está integrada por un conjunto de manzanas edificadas y delimitadas por calles y avenidas, cuyo uso del suelo no es forestal ni agropecuario y que, partiendo de un punto, presenta continuidad física en todas direcciones o, en su caso, es interrumpida en forma notoria por terreno de uso no urbano (INEGI, 2010). Además de AGEB, el municipio está dividido en 74 asentamientos o colonias, los cuales, a diferencia del AGEB, no constituyen unidades homogenizadas.

El método observacional abarca todos aquellos procedimientos que no hacen uso de la manipulación experimental, dando preponderancia en la fase de obtención de datos a la observación más o menos sistemática (Anguera, 2004). En este sentido,

La descripción detallada de los rasgos geográficos, sociales económicos y medioambientales forma parte de un proceso descriptivo característico del método observacional. Por ello se hizo necesario hacer una descripción detallada de los rasgos geográficos, económicos, sociales y medioambientales en que se desarrollan las OLA-RSU. La descripción *del lugar en que se da el comportamiento perceptible* (Denscombe, 2014) requirió hacer uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), como una técnica de recogida de información a partir de bases de datos del INEGI. En la **Figura 3.II.2** se incluye una representación de la zona de estudio realizada mediante un modelo de representación en SIG.

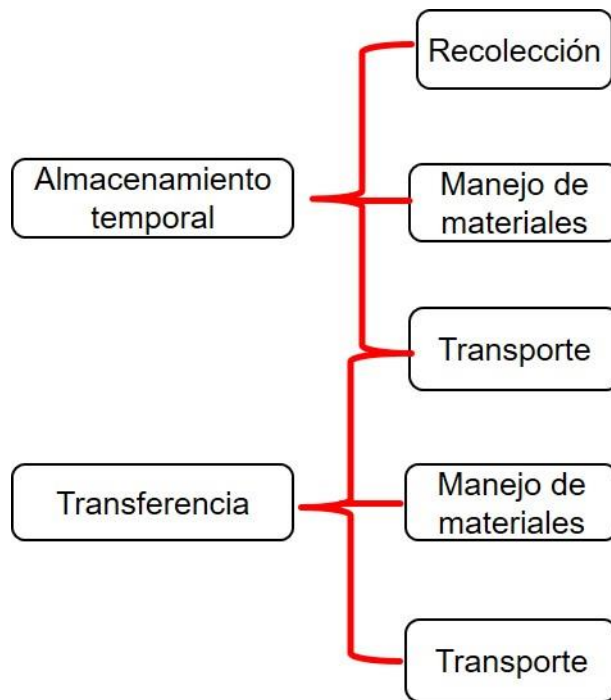


**Figura 3.II.2.-** Localización de la zona de estudio.

### 3.- Ubicación de centros de acopio y centros de transferencia

En este punto de la estrategia de investigación se identificaron los nodos de las redes de adquisición de RSU en el municipio de Nezahualcóyotl. Los Centros de Acopio (CA) y Centros de Transferencia (CT) son nodos de las redes de adquisición de RSU. Los CA y CT son los lugares en que se puede observar las OLA de RSU y hacer el registro sistemático de sus características de sustentabilidad. Como se muestra en la **Figura 3.II.3** las OLA-RSU pueden observarse en las instalaciones para el

almacenamiento y la transferencia. Esto hace que la localización de CA y CT fuera vital para el desarrollo de la estrategia de investigación.



**Figura 3.II.3.1.-** Centros de acopio y transferencia como puntos de observación de las OLA-RSU

El análisis del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, del INEGI, y una técnica de recorridos virtuales, permitieron identificar CA y CT que alimentan la industria que valoriza RSU en Nezahualcóyotl. Además de los recorridos virtuales y el análisis del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), se recorrió la totalidad del municipio para identificar CA *in situ*. La descripción de los procesos de identificación se detalla a continuación.

En esta etapa de la investigación es que se da cierto control en el método observacional seguido. De acuerdo con Anguera (2004), en el método observacional: es posible un control moderado de la muestra, seleccionando para la observación determinados sujetos, situaciones, momentos, etc. En este sentido, los procedimientos documentados en esta sección muestran los criterios de selección de los CA y CT para la posterior observación sistemática de las características de las OLA-RSU.

La observación sistemática es el procedimiento encaminado a articular una percepción deliberada de la realidad manifiesta con su adecuada interpretación, captando su significado, de forma que, mediante un registro objetivo, sistemático y específico de la conducta generada de forma espontánea en un determinado contexto, y una vez se ha sometido a una adecuada codificación y análisis, nos

proporcione resultados válidos dentro de un marco específico de conocimiento (Anguera y Mendo, 2013). De esta manera, los tres procedimientos de identificación de CA y CT permiten el registro objetivo sistemático y específicos de los puntos de observación de las OLA-RSU. La codificación de la zona de estudio en AGEB, además permite la consistencia del estudio con el Marco Geoestadístico Nacional del INEGI (2018). En las siguientes secciones se describe los tres procedimientos seguidos para identificar los CA y CT en el municipio de Nezahualcóyotl.

#### **A.- Mediante recorridos en campo**

Para el levantamiento de información respecto a los CA y CT establecidos entre enero y mayo de 2019, se hicieron recorridos in situ en las calles del municipio, para identificar aquellos CA y CT de residuos valorizables. El procedimiento seguido para identificar CA y CT *in situ* fue el mismo que la para identificarlos en los recorridos virtuales: 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 y 3.2.4.

Para el recorrido en sitio, se ocupó un vehículo particular inicialmente y después una motocicleta. El procedimiento para el registro fue, que, una vez identificado un CA, el vehículo se estacionaba en las proximidades del establecimiento y se registraba la mayor cantidad de información del cuestionario, manteniéndose a una distancia de entre 20 y 40 metros. En esta primera aproximación se registraba los **Datos de identificación del cuestionario y del informante** (Sección II), *Referencia geográfica* y los datos de **Localización e Identificación de unidades económicas** (Sección III), *Ubicación del establecimiento e Identificación del establecimiento*. Registrados estos datos el vehículo se aproximaba por lo menos a cinco metros para observar los demás rasgos del instrumento. Para hacer estos acercamientos se fingía tener una avería en el vehículo y con ese motivo se tomaba el tiempo para observar y registrar la información. En algunas ocasiones el registro de la información no se pudo hacer en el sitio directamente. Los instrumentos de registro se muestran en el **Anexo 2.-** Instrumento de observación sistemática.

#### **B.- Mediante recorridos virtuales**

**El objetivo** de esta etapa fue tener un registro del número y localización de los CA y CT de residuos valorizables en el municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México, haciendo recorridos virtuales por las calles del municipio con ayuda de la herramienta *Google Maps* ®. Para este propósito los AGEB son la unidad mínima para de búsqueda de CA y CT.

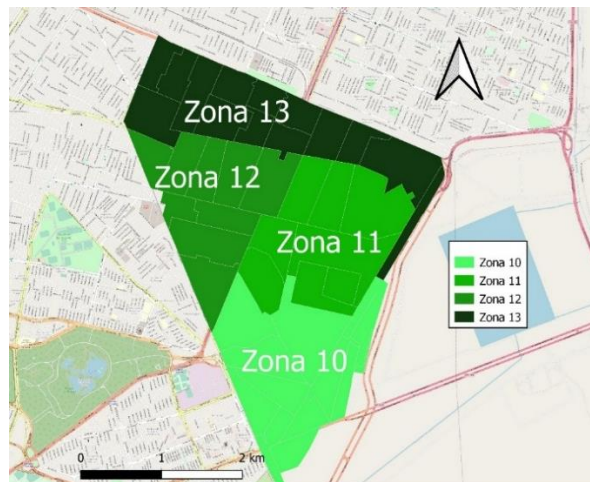
Para este objetivo, el municipio se zonificó, proponiendo un sistema con zonas pequeñas, el cual fue desagregado en AGEB posteriormente. El sistema zonal elaborado siguió las recomendaciones hechas en Ortúzar (2012), principalmente el de ser compatible con otras



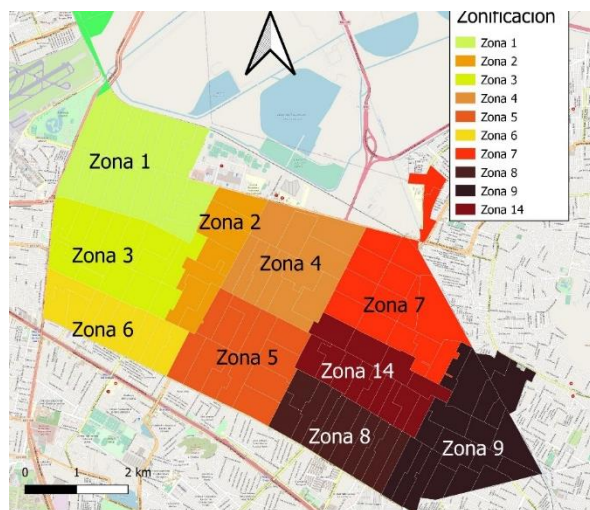
divisiones administrativas, particularmente con las zonas censales (es probablemente el criterio fundamental y los demás pueden ser seguidos, solamente si no son inconsistentes con él). El procedimiento para la identificación y registro de CA y CT mediante recorridos virtuales realizados a partir de *Google Maps*® se muestra en la siguiente lista.

### 1.2.1 Identificar la zona para el recorrido virtual

El municipio de Nezahualcóyotl se zonificó en catorce zonas (ver **Mapa 3.1** y **Mapa 3.2**), que agrupan un promedio de trece AGEB cada una.



Mapa 3.1.- Zonificación de Nezahualcóyotl (Zona Norte).  
Fuente: Elaboración Propia en software QGIS



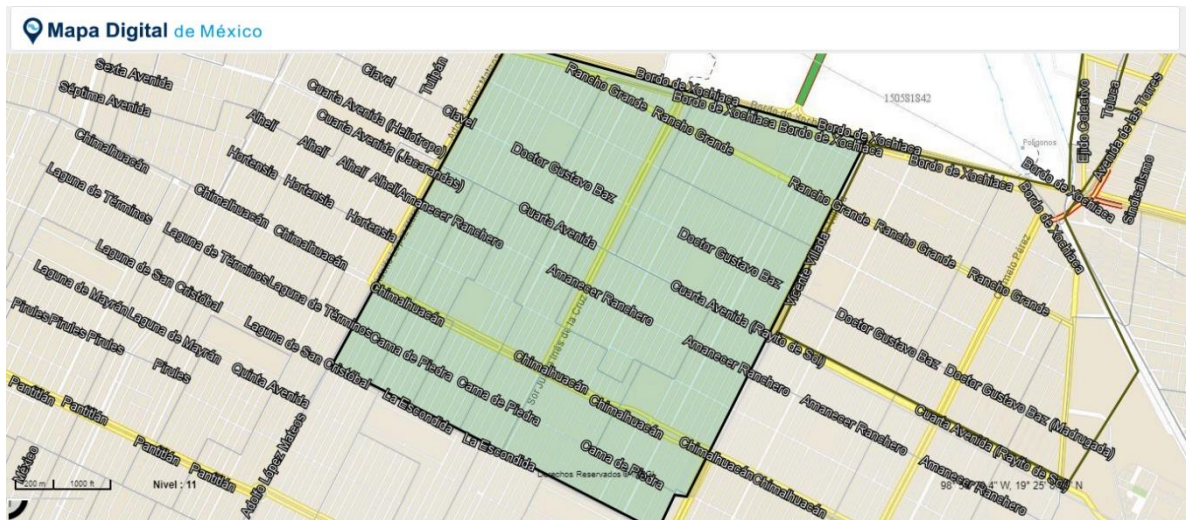
Mapa 3.2.- Zonificación de Nezahualcóyotl (Zona central)  
Fuente: Elaboración propia en software QGIS

La distribución fue proporcional al número de AGEB totales en el municipio y a la población que habitaba en ellos a partir del censo de población y vivienda (INEGI, 2010). Cada zona estaba delimitada por avenidas principales, siendo compatibles con los

cordones y líneas pantallas de otros sistemas de zonificación anteriores (Ortúzar, 2012). Estas catorce zonas fueron asignadas a cuatro carpetas de trabajo: Bloque I, incluye Zona 1 (10 AGEB urbanos, 2 rurales), Zona 4 (11 AGEB urbanos), Zona 7 (16 AGEB urbanos); Bloque II, incluye Zona 2 (14 AGEB urbanos), Zona 5 (12 AGEB urbanos), Zona 8 (11 AGEB urbanos); Bloque III, incluye Zona 3 (17 AGEB urbanos), Zona 6 (12 AGEB urbanos), Zona 9 (20 AGEB urbanos); Bloque IV, incluye Zona 10 (12 AGEB Urbanos), Zona 11 (9 AGEB Urbanos), Zona 12 (9 AGEB Urbanos) y Zona 13 (12 AGEB Urbanos). En los mapas 3.1 y 3.2 puede apreciarse a detalle la zonificación del área de estudio.

### 1.2.2 Localizar la zona para el recorrido

Cada una de las carpetas de trabajo contenía imágenes de las zonas asignadas. En estas imágenes se observan los límites aproximados de la zona, las vialidades que las delimitan y otros elementos que permitan localizar la zona, tanto en el Mapa Digital de México como en Google Maps ®. Por ejemplo, en la **Figura 3.II.3.2** se muestra la Zona 4.



**Figura 3.II.3.2.-** Imagen de apoyo a la localización de la Zona 4

**Fuente:** Mapa Digital de México (2019).

Se muestra en la **Figura 3.II.3.2** la Zona 4 queda delimitada al norte por Av. Bordo de Xochiaca, al sur por Calle la Escondida. Al Poniente, la Zona queda limitada por Av. Adolfo López Mateos y al Oriente por la Av. Vicente Villada. En la misma imagen pueden identificarse los límites de los AGEB que la Zona 4 abarca (once). Las avenidas que delimitan a la zona son elementos para su delimitación.

### 1.2.3 Buscar e identificar AGEB.

Dado que el recorrido virtual se hizo con *Google Maps*® y esta aplicación no tiene una delimitación por AGEB, como lo hace INEGI; por ello se hizo necesario hacer una consulta de los límites de los AGEB en el Mapa Digital de México V6.3.0, versión en Línea.

1.2.4 Identificar en *Google Maps*® los límites del AGEB.

El recorrido virtual en *Google Maps*® se hizo por AGEB, pensando en que es un área manejable en un periodo de entre una y dos horas. Antes de iniciar el recorrido virtual, se tenían que identificar los límites de cada AGEB en el Mapa Digital. Para ello se tomaron capturas de pantalla del Mapa Digital y se incluyeron en la carpeta correspondiente. Estas imágenes sirvieron de apoyo para el recorrido virtual.

En la **Figura 3.II.3.3** se muestran los límites del AGEB 1505800010524, de la Zona 4. Identificados estos límites se iniciaba el recorrido en *Google Maps*®, considerando las calles que marca el inicio y fin.



**Figura 3.II.3.3.-** Límites de un AGEB en la zona de estudio

**Fuente:** Mapa Digital de México (2019).

1.2.5 Recorrer virtualmente AGEB en busca de Centros de Acopio de residuos valorizables.

En esta etapa, cada calle del AGEB se recorrió en busca de centros de acopio. Para ello deben considerarse que un centro de acopio es un establecimiento comercial ocupado para el almacenamiento temporal de residuos valorizables, donde los residuos pueden ser

clasificados y separados de acuerdo con su naturaleza (en plástico, cartón papel, vidrio y metales) para su pesaje, compactado, empaque, embalaje y posterior venta. Algunas características que permiten identificarlos son:

- Suelen ocupar la vía pública para la carga y descarga de residuos, además de almacenar los residuos en la calle o bien en vehículos aparcados en las inmediaciones.
- Los vehículos ocupados para transportar los residuos suelen ser viejos y en algunos casos sólo son ocupados para almacenar los materiales.
- Algo que caracteriza a estas unidades económicas es que operan en la informalidad y muchas de sus actividades se realizan en la vialidad.
- Suelen ocuparse los patios de casas-habitación por lo que se identifican con zaguanes abiertos.
- En caso de ser locales o bodegas, es común observar residuos esparcidos en las inmediaciones.
- El apilamiento de montones de residuos, el uso de Versinas (Costales de 0.5 hasta 2 m<sup>3</sup>) pueden ayudar a identificar que existe un Centro de acopio.



**Figura 3.II.3.4.-** Centro de acopio Identificado en recorrido virtual

**Fuente:** Tomado de *Google Maps* ®.

Es importante señalar que las AGEB comprenden manzanas, por lo que para determinar si un CA o CT pertenece o no al AGEB debe identificarse en qué manzana se encuentra.

### 1.2.6 Registrar los datos de identificación del CA o CT

Una vez identificado un centro de acopio en un recorrido virtual, se llenaba el cuestionario de identificación. Este cuestionario se muestra en el **Anexo 2**. La información que se obtuvo con este cuestionario permitió la identificación del CA o CT:

I Descripción general del instrumento

II Datos de identificación del cuestionario y del informante. En este apartado se registró la fecha de identificación y los datos del observador.

A. Referencia geográfica. Se registro la zona, así como longitud y latitud en un sistema de referencias de coordenadas.

III Localización e Identificación de unidades económicas

A. Ubicación del establecimiento. Se registro la información de la dirección completa, AGEB.

B. Identificación del establecimiento. Se registro el tipo de establecimiento, nombre comercial, tamaño.

C. Giro del establecimiento. Se registro a qué tipo de RSU se enfocaba el CA o CT.

D. Categoría jurídica y organización. Si era observable se registraba la razón social, afiliación, etc.

#### C.- Mediante base de datos del DENU

La rama económica 562 del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (2018), **manejo de residuos y servicios de remediación**, está integrada por unidades económicas dedicadas principalmente a la recolección de residuos como aceites, lodos, soluciones, residuos biológico-infecciosos, basura y materiales reciclables (botellas de PET usadas, latas de aluminio usadas, cartón usado, etc.), provenientes de fuentes residenciales y no residenciales; al tratamiento de residuos mediante procedimientos biológicos, químicos o físicos para reducir, eliminar o transformar los residuos; a la disposición final de residuos por medio de confinamientos controlados, confinamientos en formaciones geológicas estables, contenedores sobre tierra, rellenos sanitarios, incineración y otros métodos; a proporcionar servicios de remediación; a la recuperación de materiales aprovechables de los residuos, y otros servicios de manejo de residuos, como limpieza de fosas sépticas, limpieza y desazolve de cárcamos, redes de drenaje y cañerías de alcantarillado, y alquiler de sanitarios portátiles.

Incluye también UE dedicadas a la consolidación, almacenamiento temporal y preparación de residuos para el transporte (estaciones de transferencia); recolección de residuos de la construcción y demolición; a proporcionar servicios de remediación de construcciones y servicios de respuesta a emergencias ambientales, y destrucción de documentos, archivos y productos diversos.

La actividad económica en México se clasifica conforme al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, base del INEGI (2018) para realizar los censos económicos. En la **subrama económica 43431**, se incluyen las unidades económicas dedicadas principalmente al comercio al por mayor especializado de materiales de desecho para reciclaje, como metal, papel, cartón, vidrio, plástico (INEGI, 2018):

- **434311 Comercio al por mayor de desechos metálicos.** Unidades Económicas (UE) dedicadas principalmente al comercio al por mayor especializado de desechos metálicos para reciclaje, como rebaba, viruta y chatarra metálica, envases usados de aluminio y hojalata;
- **434312 Comercio al por mayor de desechos de papel y de cartón.** UE dedicadas principalmente al comercio al por mayor especializado de desechos de papel y cartón para reciclaje, como periódicos, envases y empaques usados de cartón.
- **434313 Comercio al por mayor de desechos de vidrio.** UE dedicadas principalmente al comercio al por mayor especializado de desechos de vidrio para reciclaje, como envases usados de vidrio.
- **434314 Comercio al por mayor de desechos de plástico.** UE dedicadas principalmente al comercio al por mayor especializado de desechos de plástico para reciclaje, como envases usados de plástico.
- **434319 Comercio al por mayor de otros materiales de desecho.** UE dedicadas principalmente al comercio al por mayor especializado de desechos de madera, polietileno, fibras textiles y otros materiales de desecho para reciclaje, no clasificados en otra parte.

La información obtenida de esta exploración, además de los datos del cuestionario mostrado en los recorridos virtuales, es:

**Tabla 3.II.3.-** Caracterización de los CA y CT reportadas por el DENU (INEGI, 2019)

<b>Nombre de la unidad económica</b>
<b>Razón social</b>
<b>Código y nombre de la clase de actividad</b>
<b>Estrato de personal ocupado</b>
<b>Domicilio</b>
<b>Correo electrónico y sitio en Internet</b>
<b>Número de teléfono</b>
<b>Tipo de unidad económica</b>
<b>Coordenadas geográficas aproximadas</b>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de INEGI (2019).

#### **4.- Análisis geoespacial del entorno de las OLA-RSU**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son un campo de la tecnología que integra métodos y herramientas, para analizar y gestionar datos asociándolos a una referencia geográfica (Open Source Geospatial Foundation, 2002). De tal forma, es posible representar información en forma de mapas que mejoran la comprensión de los problemas y así, la toma de decisiones. Los mapas presentados en esta investigación fueron elaborados en un SIG y tratan de mejorar la comprensión sobre el entorno en que se desarrollan las OLA-RSU.

Un SIG es un software diseñado para permitir a los usuarios recopilar, administrar, analizar y recuperar grandes volúmenes de datos referenciados espacialmente y datos de atributos asociados recopilados de una variedad de fuentes (Karadimas et al., 2007). En esta investigación se ocupó el software *Quantum GIS* (QGIS) para recopilar, administrar y analizar grandes volúmenes de datos georreferenciados provenientes de diversas bases de datos del INEGI y de la información recolectada en los recorridos virtuales y en campo.

QGIS es un software de código abierto licenciado bajo *General Public License*. QGIS resulta ser una alternativa de software SIG gratuito, versátil y robusto. Ha sido empleado en diversas disciplinas para estudiar y resolver problemas sociales, medioambientales, económicos y políticos, demostrando su alta calidad y versatilidad (Open Source Geospatial Foundation, 2002).

Las aplicaciones de SIG pueden dividirse en dos categorías básicas: (a) aplicaciones de soporte de decisiones espaciales y (b) aplicaciones de soporte de estadísticas espaciales. En esta investigación, los modelos de representación construidos en QGIS permitieron visualizar e interpretar datos para una mejor comprensión de las relaciones, tendencias y patrones entre las OLA-RSU y su entorno económico y social.

Los SIG han sido utilizados para mejorar los sistemas de gestión de residuos sólidos desde Massie (1995) principalmente en cuanto a la eficiencia del sistema (Sanjeevi & Shahabudeen, 2016). La revisión de la literatura hecha por Sanjeevi & Shahabudeen (2016) muestran que los trabajos de SIG aplicados en la gestión de residuos tienen como objetivo principal la mejora del desempeño técnico operativo del sistema, por ejemplo, al minimizar la distancia total de recolección, lo que ha reducido automáticamente el costo y el tiempo de recolección. Los problemas de ruteo de los vehículos de recolección de RSU en los países en desarrollo plantean una tarea difícil en la que los SIG han contribuido a simplificar. Apaydin & Gonullu (2007) estudiaron un área de sólo 40 km<sup>2</sup> e identificaron el camino más corto para la recolección de RSU, utilizando SIG descubrieron que la distancia podría reducirse entre un 4 y 59%, con las subsecuentes reducciones de costo (US \$ 0.07 a 0.21 por tonelada-km) y tiempo. Karadimas et al. (2007) utilizando *ArcGIS Network Analyst* y examinó un área de 1.34 km<sup>2</sup> y solo una ruta en Atenas, Grecia y logró un ahorro del 20% en la longitud de la ruta.

Los estudios revisados en esta investigación que ocupan SIG, sólo los ocupan en las primeras fases de investigación, pues constituyen un complemento de otras técnicas de recolección de datos, o bien son el preámbulo de modelaciones matemáticas más sofisticadas. En este trabajo se ocupa SIG de esta manera, como parte de una técnica de recolección de datos.

La localización geoespacial en un modelo urbano es una de las principales aplicaciones SIG, georreferenciar por medio de sistemas de posicionamiento global la ubicación de las fuentes de generación y colecta de los RSU. La localización y seguimiento de los camiones recolectores de RSU permite modelar la red con miras a su mejoramiento.

Son pocos los estudios en los que se aplican SIG para modelar aspectos sociales o ambientales asociados a la gestión y valorización de RSU. En este trabajo, SIG permitió caracterizar los AGEB en que se desarrollan las OLA-RSU mediante atributos sociales y económicos de los AGEB en que



se establecen los CA y CT. SIG permitió cruzar la información obtenida de la fase de identificación de CA y CT con la información socioeconómica que provee el INEGI sobre la zona de estudio.

Para ello se hizo un análisis documental de bases de datos del INEGI que permitió identificar los niveles socioeconómicos de la población en la zona de estudio, determinar la intensidad de su actividad industrial y caracterizar el entorno de la investigación. Las publicaciones gubernamentales y estadísticas oficiales como las del INEGI, son una propuesta ampliamente usada en la investigación social por ser una fuente de información documental con autoridad suficiente, objetiva y realista (Denscombe, 2014). Las ventajas de ocupar bases de datos documentales son (Denscombe, 2014): 1) permiten el acceso a grandes cantidades de información de forma relativamente fácil y económica; 2) la investigación documental proporciona un método rentable para obtener datos, particularmente datos a gran escala, como los proporcionados por las estadísticas oficiales; 3) generalmente proporcionan una fuente de datos que es permanente y está disponible en una forma que otros pueden verificar. Las bases de datos ocupadas para alimentar los modelos de representación y proceso fueron:

A. **Marco Geoestadístico Nacional.** - Es un sistema único de carácter nacional que permite georreferenciar la información estadística de los Censos y las encuestas con lugares geográficos correspondientes, a diferentes niveles de desagregación (INEGI, 2018):

- Sistema Urbano Nacional (SUN).
- Área Geoestadística Estatal (AGEE).
- Área Geoestadística Municipal (AGEM)
- Área Geoestadística Básica (AGEB)

B. **Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas.** Es un registro nacional de millones de establecimientos económicos, derivado de los Censos Económicos 2009, 2014 y 2019, y que se actualizará periódicamente y se enriquecerá con otras fuentes (INEGI, 2019).

C. **Principales resultados del censo de población y vivienda 2010 por AGEB y manzana urbana.** Es el conjunto de indicadores sobre la población y las viviendas de las AGEB y manzanas que integran las localidades urbanas del país, así como los totales por entidad, municipio y localidad urbana, provenientes del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010).

D. **Encuesta Intercensal 2015.** Esta encuesta actualiza la información sobre el volumen, composición y distribución de la población residente en el territorio nacional, y renueva

diversos indicadores socioeconómicos y culturales de ésta, así como las condiciones prevalecientes en sus viviendas (INEGI, 2015).

- E. **Pobreza Urbana en México, 2015.** Presenta una clasificación en rangos, según el porcentaje de pobreza y pobreza extrema, a cada Área Geoestadística Básica (AGEB) no confidencial, ubicada en las localidades urbanas de los municipios con 15 mil habitantes o más, incluso aquellas que no fueron visitadas por la Encuesta Intercensal 2015. En esos municipios habita el 94% de la población y nueve de cada diez personas en situación de pobreza (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, 2015).

Los modelos de representación construidos en QGIS para este trabajo fueron modelos vectoriales<sup>5</sup> con las siguientes capas georreferenciadas de entrada (*shapefile*). Los *shapefile* son archivos que almacenan los atributos de las entidades geográficas y su ubicación, para hacer composiciones de mapas a través de ir sobreponiendo en capas la información contenida en ellos.

Para este trabajo algunos de los *shapefile* de entrada fueron los siguientes:

1. Sistema Urbano Nacional (SUN) con los límites de la ZMVM, integración de los 76 municipios y alcaldías con datos poblacionales de 1990 a 2018 (*polygon layer*). Insumo para la representación en **Mapa 4.I.1, 4.I.2.1 y 4.I.2.3.**
2. ZMVM con datos sobre la recolección diaria de RSU en los 76 municipios, correspondiente a los años 2011, 2013, 2015 y 2017 (*polygon layer*). Insumo para la representación en **Mapa 4.I.1.**
3. Áreas Geoestadística Básicas (AGEB) de la ZMVM con atributos de población, porcentaje de pobreza y pobreza extrema, índice de desarrollo humano (*polygon layer*). Insumo para la representación en **Mapa 4.I.2.1, Mapa 4.I.2.2 y 4.I.2.3.**
4. CA y CT en la ZMVM correspondiente a los años 2009, 2014 y 2015 con atributos de tamaño, material valorizable, razón social, año de registro (*points layer*). Insumo para la representación en **Mapa 4.I.2.2, 4.I.2.3, 4.I.3.3 y 4.I.4.**
5. Red vial de la ZMVM con los atributos de nombre de la vialidad, tipo de vialidad, ancho, sentido, restricciones a la circulación, entre otros (*line layer*). Insumo para la representación en **Mapa 4.I.3.3 y 4.I.4.**

Las variables tomadas de las bases de datos que permitieron el análisis de las características del entorno en que se establecen los CA y CT se explica a continuación.

---

<sup>5</sup> El modelo vectorial es una estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos a partir de geometrías básicas: líneas, puntos y polígonos.

### A.- Nivel socioeconómico de la población.

Respecto a las características socioeconómicas de la población del municipio, una forma de estratificarlas es a partir del Nivel Socio Económico (NSE), el cual constituye un nivel de bienestar del del hogar, asociado al nivel de ingreso y estilo de vida. El NSE es la norma desarrollada por Asociación Mexicana de agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI), basada en análisis estadístico, que permite hacer una segmentación social y mercadológica para analizar de una manera científica, estandarizada y sencilla, a los grupos que integran la sociedad mexicana.

Esta clasificación de los hogares, y por lo tanto a todos sus integrantes, de acuerdo con su bienestar económico y social o qué tan satisfechas están sus necesidades de espacio, salud e higiene, comodidad y practicidad, conectividad, entrenamiento dentro del hogar, planeación y futuro (Romo, 2009). Actualmente la clasificación se conforma de siete segmentos, mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 3.II.4.-** Definición de Niveles Socio Económicos

Nivel socio económico	Características del hogar
AB	Está conformado mayoritariamente (82%) de hogares en los que el jefe de familia tiene estudios profesionales. El 98% de esos hogares cuenta con internet fijo en la vivienda. Es el nivel que más invierte en educación (13% de su gasto) y también el que menor proporción gasta en alimentos (25%).
C+	El 89% de los hogares en este nivel cuentan con uno o más vehículos de transporte y un 91% tienen acceso a internet fijo en la vivienda. Un poco menos de la tercera parte (31%) de su gasto se destina a los alimentos y lo que se destina (5%) a calzado y vestido es muy homogéneo con otros niveles.
C	Un 81% de los hogares en este nivel tienen un jefe de hogar con estudios mayores a primaria y 73% cuentan con conexión a internet fijo en la vivienda. Del total de gastos de este nivel, un 35% son destinados a la alimentación y un 9% a educación.
C-	Un 73% de los hogares en este nivel están encabezados por un jefe de hogar con estudios mayores a primaria. El 47% de estos hogares cuentan con conexión a internet fijo en la vivienda. El 38% del gasto de estos hogares se asigna para alimentos y un 5% es para vestido y calzado.
D+	En el 62% de los hogares en este nivel el jefe de hogar tiene estudios mayores a primaria. Solamente el 19% cuenta con conexión a internet fijo en la vivienda. Un 41% de su gasto se destina a la alimentación y un 7% a educación.
D	En el 56% de hogares el jefe del hogar tiene estudios hasta primaria y únicamente un 4% tiene internet fijo en la vivienda. Un poco menos de la mitad de su gasto (46%) se destina a la alimentación.
E	La gran mayoría de hogares en este nivel (95%) tienen un jefe de familia con estudios no mayores a educación primaria. La posesión de internet fijo en la vivienda es mínima (0.1%).

	Es el nivel en el que la mayor parte de su gasto se asigna a los alimentos (52%) y el grupo en que se observa menor proporción dedicada a la educación (5%).
--	--

**Fuente:** AMAI (2019).

Para poder estratificar el NSE de un hogar, debe aplicarse un cuestionario en el hogar para que a partir de ocho variables (AMAI, 2011) se establezca el NSE. Para un nivel de mayor agregación, como el AGEB, existe una metodología para establecer el NSE predominante a partir de variables reportadas por INEGI. Esta metodología se reportó en ITDP México (2016). La metodología consiste en realizar un análisis por componentes principales a partir de tres índices socioeconómicos distintos, con el fin de obtener un solo puntaje que permite ordenar a las AGEB de acuerdo con el nivel socioeconómico predominante. Posteriormente, se le asigna un valor a partir de la distribución de la población de que pertenece a cada nivel socioeconómico calculada previamente por AMAI, utilizando la regla 8x7. Los índices presentados son:

$$\text{Índice computadora} = \frac{\text{Número de viviendas con computadora en la AGEB}}{\text{Número de viviendas con alguno de los 4 bienes (computadora, refrigerador, lavadora, televisión)}}$$

*Índice escolaridad*

$$= \frac{\text{Promedio de años estudiados en la AGEB}}{\text{Máximo del promedio de años estudiados de todas las AGEB}}$$

$$\text{Índice educación superior} = \frac{\text{Número de individuos mayores de 25 años y con educación superior en la AGEB}}{\text{Número de individuos mayores de 25 años}}$$

Los datos utilizados para calcular los índices provienen del Censo de Población y Vivienda de 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010). Para ajustar la población a los NSE que calcula la AMAI, se recurrió a la estratificación nacional del año 2011: 6.8% de los hogares pertenecía al NSE **AB**, 14.2% al NSE **C+**, 17% al NSE **C**, 17.1% al NSE **C-**, 18.5% al NSE **D+**, 21.4% al NSE **D** y 5% al NSE **E**. Esta distribución población se ocupó para establecer los límites de cada NSE para el **Índice 1**, índice computadora, aplicado a los municipios del Estado de México con la información de INEGI (2010).

De esta manera se pudo determinar el NSE predominante en cada uno de los 179 AGEB del municipio de Nezahualcóyotl.

### **B.- Actividad Industrial.**

El Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas es un registro nacional de millones de establecimientos económicos, derivado de los Censos Económicos 2009, 2014 y 2019, y que se actualizará periódicamente y se enriquecerá con otras fuentes.

Con el DENUE, el INEGI promueve y facilita el conocimiento de la estructura económica nacional al presentar información de todas las unidades económicas organizadas por actividad económica, tamaño y ubicación, entre otras formas (INEGI, 2019).

En el DENUE se ofrecen los datos de identificación, ubicación, actividad económica y tamaño de más de 5 millones de unidades económicas activas en el territorio nacional, el Directorio es actualizado en forma continua por los informantes autorizados, quienes pueden poner al día o complementar los datos de sus negocios e incorporar en línea información comercial mediante la aplicación que se encuentra en la ficha técnica de cada unidad económica.

La actualización del DENUE considera diferentes estrategias de acuerdo con las características de los negocios y con las disposiciones normativas (INEGI, 2019):

- Actualización anual de los negocios grandes y de determinados sectores, subsectores, ramas o clases de la actividad económica, mediante información proveniente de registros administrativos de las Unidades del Estado, y de las Encuestas Económicas Nacionales.
- Actualización parcial del segmento de negocios micro, pequeños y medianos, a través de registros administrativos.
- Actualización continua de ambos subuniversos realizada por los informantes a través del DENUE Interactivo.
- Actualización quinquenal total del DENUE en cada realización de los censos económicos.

### **5.- Estudio de operaciones logísticas de adquisición en un conjunto de CA y CT (casos)**

A decir de Denscombe (2014), las ventajas de la observación sistemática son: 1) recogida directa de datos, registra directamente lo que se hace en los centros de acopio y centros de transferencia, a diferencia de lo que podría decir su dueño o administrador; 2) es sistemático y riguroso, lo que requiere un programa de observación lo que proporciona una respuesta a los problemas asociados con

la percepción selectiva de los observadores; 3) eficiente, pues proporciona un medio para recopilar cantidades sustanciales de datos en un período de tiempo relativamente corto; 4) datos precodificados, produce datos cuantitativos que están precodificados y listos para el análisis; 5) fiabilidad, pues genera confiabilidad Inter observador en el sentido de que dos o más observadores que usan un cronograma deben registrar datos muy similares.

Estas ventajas fueron bien aprovechadas para estudiar las OLA-RSU en el municipio de Nezahualcóyotl. Una vez identificados los CA y CT y caracterizado el entorno en que se establecen, la caracterización de OLA-RSU se realizó mediante observación sistemática. Para ello, se seleccionaron CA y CT que constituyeron casos para la aplicación de los instrumentos de observación.

Un estudio de caso es una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real y en la que se utilizan distintas fuentes de evidencia, los estudios de casos son las estrategias preferidas cuando el investigador tiene poco control sobre los eventos, y cuando el objeto de estudio es un fenómeno contemporáneo dentro de un contexto de la vida real (Yin, 1994). Se centra en el detalle de la interacción con sus contextos, la singularidad y la complejidad de un caso particular para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes, como una tentativa de investigación, el estudio de casos contribuye únicamente a nuestro conocimiento de fenómenos individuales, organizacionales, sociales y políticos (Yin, 1994).

En esta investigación no se desarrolla en método del estudio de caso, sino que únicamente se toman casos de CA y CT para el desarrollo de la observación sistemática de OLA-RSU. Aunque al igual que el estudio de caso, la estrategia desarrollada en esta investigación inductiva, que va de lo particular a lo general; por lo que también es una buena herramienta exploratoria. Los casos son fuentes de información en las que la observación directa aporta una mezcla de evidencia cuantitativa y cualitativa (Yin, 1994).

**Un caso** puede ser una persona, organización, programa de enseñanza, un acontecimiento. Para esta investigación, un caso lo constituye cualquier empresa, organización, persona física, agrupación o cualquier actor que desarrolle procesos u operaciones de adquisición de RSU en CSI, específicamente los CA y CT.

**La unidad de análisis** será cualquier proceso de adquisición que se desarrolle en CA y CT. Por ejemplo, acopio de residuos o transporte de residuos a la planta de valorización.

Para el estudio de las OLA-RSU en un conjunto de casos se ha planteado la necesidad de aplicar una batería de instrumentos de observación sistemática y apreciación en algunos CA y CT de la zona de estudio. Algunos de los criterios para seleccionar la muestra en la que se aplicaron los instrumentos son:

- Tipo de RSU que se comercializa
- NSE del AGEB en que se ha establecido el CA
- Intensidad de las actividades económicas del AGEB en que se ha establecido el CA.
- Antigüedad del CA

Para el estudio de las OLA se han diseñado cuestionarios de observación sistemática cuyo propósito es:

1. Hacer un registro de los rasgos operativos de Centros de Acopio que realiza actividades de adquisición de RSU en el Municipio de Nezahualcóyotl.
2. Registrar las impresiones de los agentes de las OLA en centros de acopio y unidades de transporte sobre los impactos que generan a los entornos social y ambiental en el Municipio de Nezahualcóyotl.
3. Registrar las prácticas de adquisición – valorización asociadas con impactos en términos de sustentabilidad.

Los instrumentos se aplicaron en agentes y *stakeholders* de las OLA siguientes:

- Trabajadores y responsables de CA (**Ver Anexo 2**).
- Recolectores y transportistas de RSU valorizables (**Ver Anexo 2**).
- Población de la comunidad circundante a CA (**Ver Anexo 2**).
- Observación directa en CA (**Ver Anexo 2**).

### **A.- Diseño de cuestionarios**

En metodología observacional no se puede disponer de un instrumento estándar, sino que debe elaborarse *ad hoc* para cada estudio con el fin de que se adapte totalmente a la conducta y al contexto que interesan (Bakeman y Gottman, 1989). Dado que tanto las conductas como los contextos en los cuales tienen lugar son sumamente heterogéneos, resulta obvia la especificidad singularizada del

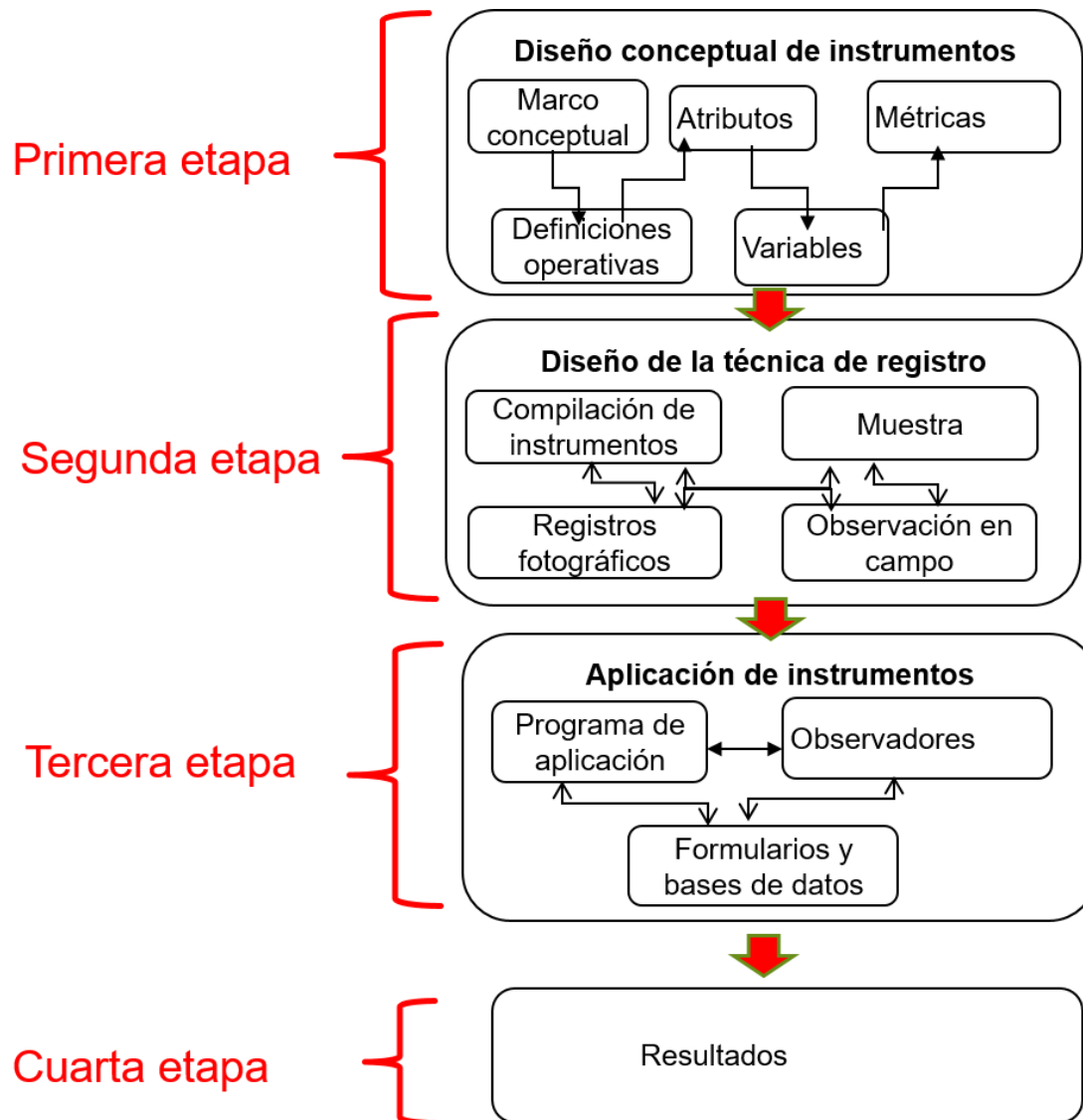
instrumento, este es el caso de las OLA-RSU, por lo que en esta investigación los instrumentos de observación sistemática se tuvieron que diseñar *ad hoc*.

En el método observacional, la encuesta es un sinónimo del cuestionario y se considera un procedimiento más de recogida de datos, como los cuestionarios, las entrevistas, las escalas de opinión, los inventarios, etc., y forma parte de la fase de recogida de datos dentro de un método más amplio de investigación (Alaminos & Castejón, 2006). La encuesta se define como la recogida sistemática de datos de poblaciones, o de muestras de estas poblaciones, por medio de entrevistas personales, cuestionarios u otros instrumentos de recogida, especialmente cuando se refieren a grupos de personas amplios y dispersos (Alaminos & Castejón, 2006).

Para la caracterización de las OLA-RSU se realizó una encuesta basada en cuestionarios de observación sistemática, aplicados en CA y CT en el municipio de Nezahualcóyotl. El tipo de estudio es transversal, por lo que se describe una muestra de las características de las OLA-RSU en un momento dado.

El diseño y aplicación de los cuestionarios de registro de observaciones sistemáticas de las OLA-RSU en el municipio de Nezahualcóyotl se realizó a partir del diseño conceptual presentado en la primera sección de este capítulo. Las etapas para su diseño se muestran en la **Figura 3.II.5.1**. Las etapas que se siguieron permitieron tanto el diseño de los cuestionarios como el desarrollo de un programa de aplicación de estos. La primera etapa es el diseño conceptual de los instrumentos, presentada en la primera parte de este capítulo. El diseño parte de un marco conceptual y las definiciones operativas que se reportan en el capítulo II, estas definiciones operativas proveen un conjunto de atributos que deben tener las OLA-RSU para considerarse sustentables.





**Figura 3.II.5.1.-** Etapas del diseño de cuestionarios de observación y su aplicación

La segunda etapa del diseño y aplicación se refiere a la especificación de la técnica de registro de las observaciones, que incluye desde la estructuración de los cuestionarios hasta el establecimiento de un grupo de muestral.

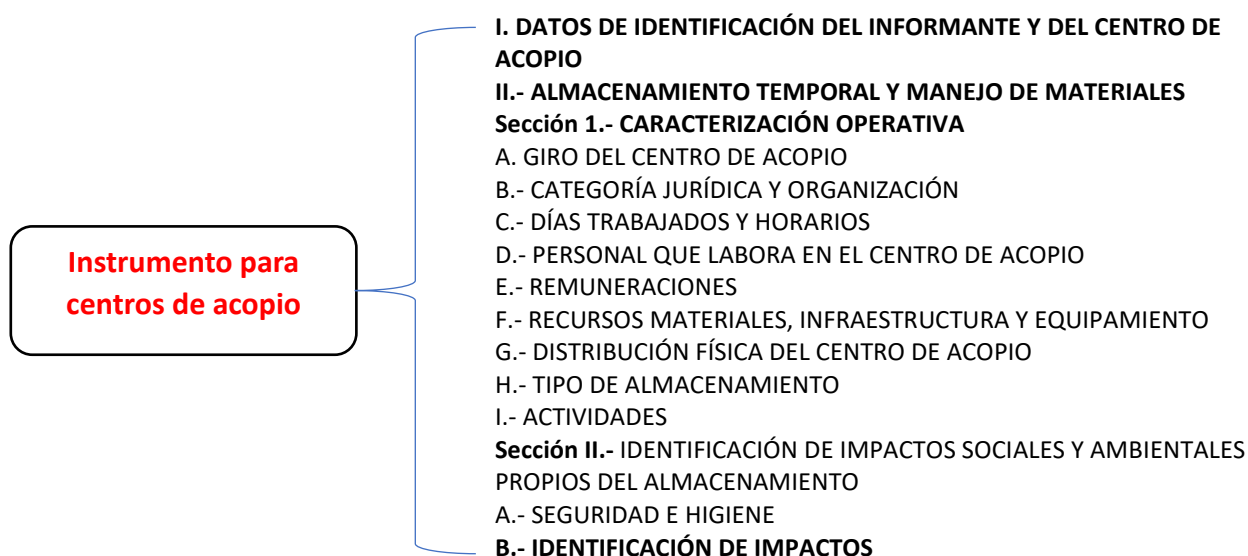
### **B.- Técnica de registro para cuestionarios**

Las OLA de RSU presentadas en la **Figura 3.8** (recolección, almacenamiento temporal, manejo de materiales, transporte y transferencia) son el objeto de estudio de la presente investigación, una técnica de observación sistemática se utilizó para su caracterización: registro fotográfico de la

plataforma *Street view* de *Google Maps* ®. Dicha técnica requirió el diseño de cuestionarios de registro para las observaciones.

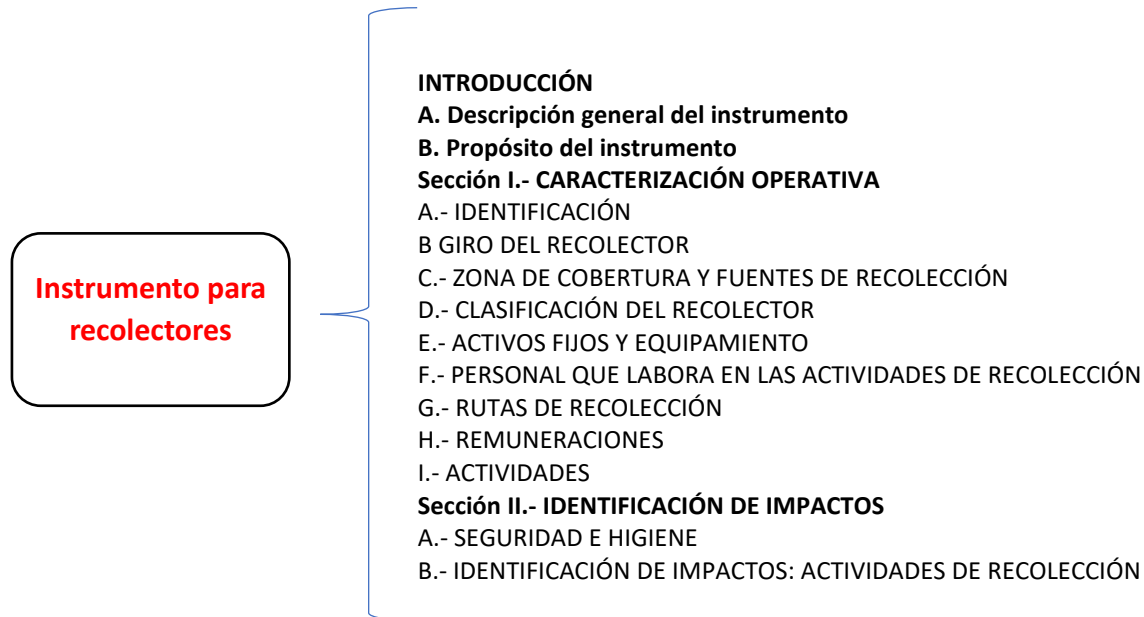
Son cuatro cuestionarios ocupados para hacer la caracterización e identificación de impactos:

- **Cuestionario para centro de acopio y transferencia.** Está orientado a registrar las características de los establecimientos o unidades económicas que tiene como principal función almacenar los materiales valorizables de los RSU. La diferencia entre CA y CT radica únicamente en el volumen de acopio. Una primera parte del instrumento se enfoca a la caracterización de la OLA de almacenamiento y manejo de materiales. La segunda parte del cuestionario identificó los impactos característicos de estas OLA. La estructura del cuestionario se muestra en la **Figura 3.13**.



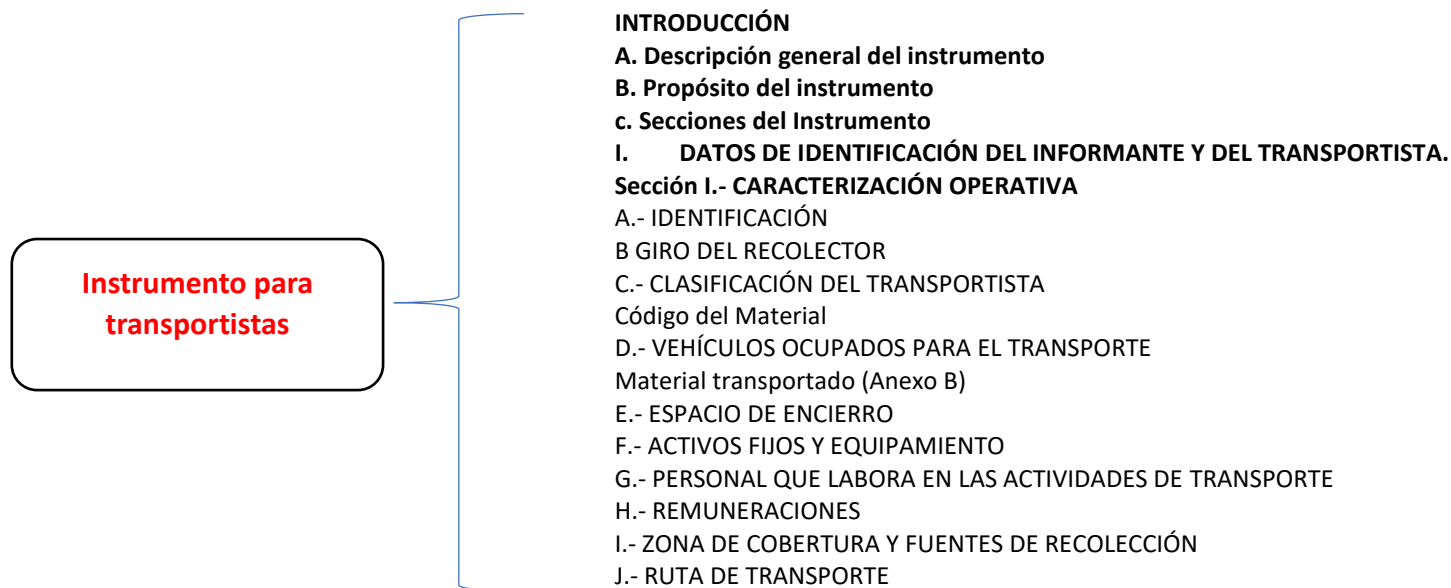
**Figura 3.II.5.2-** Estructura del cuestionario para CA y CT

- **Cuestionario para recolectores.** Está enfocado a los agentes que recorren las calles, sitios públicos, unidades económicas buscando recolectar los materiales valorizables de los RSU desechados a fin de comercializarlos en los CA o CT. En este cuestionario se incluye las dos secciones descritas en el cuestionario de CA y CT. Contiene dos secciones, una para caracterizar la operación de recolección y la otra para identificar los impactos generados por la operación de estos agentes. La estructura del cuestionario se muestra en la **Figura 3.II.5.3**.



**Figura 3.II.5.3.-** Estructura del cuestionario para CA y CT

- **Cuestionario para transportistas.** Está enfocado a caracterizar la operación y los impactos de los agentes transportistas. Incluye las mismas secciones de los cuestionarios anteriores. La estructura del cuestionario se muestra en la **Figura 3.II.5.4.**



**Figura 3.II.5.4.-** Estructura del cuestionario para CA y CT

La redacción y estructuración de las preguntas en el cuestionario es una tarea cuidadosa, pues de ella depende, primero, que se obtenga la información que se desea y no otra, por ello, esta estructura está

soportada en el diseño conceptual de los cuestionarios presentada en la primera sección de este capítulo. Los datos recabados en los cuestionarios deben representar las características de las OLA-RSU sin influir en su operación o la actitud de los agentes.

- **Escala de medición de los cuestionarios**

Las preguntas con escala Likert ofrece una gama de opciones de respuesta para que los encuestados puedan elegir. Una escala sería un instrumento de medición en el cual se puede hacer una disposición de cosas distintas, pero con un aspecto común (Sierra Bravo, 1992 citado en Guil-Bozal, 2006). De esta manera una escala de actitud sería la disposición de diferentes actitudes de mayor a menor intensidad, a favor o en contra. Las escalas sumativas son debidas a Likert (1932), que fue el primero en introducirlas para medir actitudes, tomándolas de técnicas de medida de la personalidad. En este método se supone que todos los ítems miden con la misma intensidad la actitud que se desea medir y es el encuestado el que le da una puntuación, normalmente de uno a cinco, en función de su posición frente a la afirmación sugerida por el ítem (Guil-Bozal, 2006). La actitud final que se asigna al encuestado será la media de la puntuación que éste da a cada uno de los ítems del cuestionario.

En una escala tipo Likert encontramos generalmente el modelo de cinco variantes de respuestas, este modelo es el más utilizado, consiste en estas opciones: totalmente en desacuerdo (ninguno), en desacuerdo (pocos), ni de acuerdo ni en desacuerdo (algunos), de acuerdo (la mayoría), totalmente de acuerdo (todos). El esquema de la **Tabla 3.II.5** muestra este modelo de cinco variantes de respuesta:

**Tabla 3.II.5.-** Valor de las posibles respuestas a los ítems del instrumento

Ítem	No aplica NA	Ninguno	Pocos	Algunos	La mayoría	Todos
1	0	1	2	3	4	5
2	0	1	2	3	4	5
3	0	1	2	3	4	5
...	0	1	2	3	4	5
n	0	1	2	4	4	5
Variables independientes						

La puntuación del sujeto encuestado será la suma de las puntuaciones obtenidas en cada ítem.

### **C.- Muestra de CA y CT para la observación sistemática de OLA-RSU**

El muestreo es uno de los elementos esenciales para el registro de observaciones mediante entrevistas y cuestionarios. El muestreo consiste en la posibilidad de establecer afirmaciones sobre un conjunto

elementos partiendo de la información obtenida a partir de un número limitado y menor de elementos, conocida como generalización empírica y es un proceso inductivo de construir conocimiento (Alaminos & Castejón, 2006). Fundamentalmente, se pueden distinguir dos estrategias muestrales: el muestreo probabilístico es la esencia de la encuesta de opinión pública, dado que constituye la clave que permite efectuar inferencias sobre el resto de la población; el muestreo no probabilístico se caracteriza por que no es indiferente quien forme parte de la muestra, como es el caso de los muestreos intencionados, o porque todos los casos no tienen la misma probabilidad de formar parte de la muestra, caso de los muestreos de conveniencia.

Un aspecto fundamental en la observación sistemática es la selección de una muestra amplia y representativa de la población, con el objetivo de generalizar los resultados de la investigación a una determinada población. Sin embargo, cuestiones prácticas en esta investigación, como la declaración de la pandemia y el confinamiento de la población a partir de marzo de 2020, dificultaron la aplicación de observación sistemática en una muestra aleatoria y representativa.

Para la observación sistemática de OLA-RS en esta investigación se tomó una muestra no probabilística por conveniencia. El muestreo de conveniencia es también llamado fortuito o accidental. Consiste, simplemente, en que el investigador selecciona los casos que están más disponibles, es un muestreo fácil, rápido y barato, pero los resultados que se obtengan no pueden generalizarse más allá de los individuos que componen la muestra (Alaminos & Castejón, 2006).

## **6.- Caracterización de las operaciones logísticas de adquisición**

Las técnicas de recolección de datos fueron descritas en las secciones anteriores, mediante cuestionarios de registro de observación sistemática a los agentes de las OLA-RSU. A consecuencia de la pandemia por la COVID-19 no fue posible realizar visitas a los centros de acopio y centros de transferencia. Por lo anterior, para la aplicación de los cuestionarios se utilizó Google Maps®, con esta aplicación se obtuvieron imágenes instantáneas de los CA y CT entre 2008 y 2019. En promedio de cada centro de acopio se pudieron coleccionar 3 fotos.

Para el registro de los datos de las observaciones sistemáticas se construyó una base de datos con el software Access®. Access® es una herramienta para la administración de bases de datos relacionales, colección de datos relacionados a un tema particular. Los datos relacionados con las OLA-RSU se registraron en ACCESS® para facilitar las tareas de agregar, actualizar, organizar y eliminar datos. El software también facilitó buscar datos, ya que puede ubicarse un dato fácil y rápidamente. Microsoft Access® permite manejar con relativa facilidad grandes volúmenes de datos, en este caso las observaciones de 127 CA y CT, con un promedio de 3 registros fotográficos: un aproximado de

20 mil registros. Además, Microsoft Access© permitió el trabajo colaborativo, ya que más de un usuario accedió simultáneamente a los mismos datos.

El formulario para el registro de las observaciones y la base de datos se realizaron entre marzo y mayo de 2020. La base de datos consiste en 4 secciones en relación con la información que se obtuvo: información geográfica, información de los materiales y la manera en la que se manipulan en los centros de acopio, información de los transportistas e información de los recolectores.

Los datos obtenidos del proceso de observación sistemática están medidos sobre escalas ordinales y categoriales, lo que hizo posible la aplicación de técnicas estadísticas. Para analizar los resultados de los cuestionarios de observación sistemática se ocuparon técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales.

Una vez que se depuró la base de datos de Microsoft Access© y se determinó que los datos son de calidad suficiente, se hicieron análisis necesarios (cualitativos y cuantitativos) se realizaron para identificar varios tipos de relaciones entre las diferentes dimensiones y sus respectivas categorías o códigos. Concretamente OLA-RSU y sus características registradas en atributos sociales, medioambientales y económicos. De esta manera, este estudio está soportado en una base cuantitativa en el que los hallazgos del estudio están fundamentados en un número elevado de observaciones de carácter descriptivo y no explicativo.

Al ser un estudio exploratorio es adecuado el uso de técnicas estadísticas de carácter descriptivo, tales como la tabla de frecuencia y las medidas de tendencia central; sin embargo, la investigación también tiene una etapa explicativa, sobre el entorno en que se desarrollan las OLA-RSU. los datos del entorno, por lo que el análisis de regresión y el análisis de varianza entre otras técnicas fueron ocupadas, las cuales permiten determinar los factores que ejercen influencia significativa en el establecimiento de CA y CT en determinados AGEB.

Las técnicas de análisis de datos utilizadas en este tipo de diseño son predominantemente descriptivas. Estas técnicas incluyen índices de tendencia central (media, mediana y moda), de dispersión (varianza, desviación estándar) y de forma de la distribución (simetría, curtosis, etc.) de las respuestas a cada una de las preguntas del cuestionario utilizado en la investigación.

Para hacer la categorización de AGEB en los mapas de resultados se aplicó el algoritmo de rupturas naturales de Jenks (1967). Este método calcula las diferencias de valores entre los

individuos estadísticos ordenados de forma creciente y luego coloca un límite para separar los grupos donde las diferencias de valores son altas, de esta manera se hizo una categorización de AGEB por intensidad de actividades industriales.

## Capítulo 4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presentan y discuten los resultados de la investigación. El capítulo tiene dos secciones, en la primera se presenta la caracterización de las OLA (OLA) de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), y en la segunda, las características de la zona donde se ubican los Centros de Acopio (CA) y Centros de Transferencia (CT). Se describen las OLA que se realizan en los CA del municipio de Nezahualcóyotl, identificando agentes, condiciones en las que se desarrollan e impactos.

### I. Caracterización de las operaciones logísticas de adquisición de RSU en Nezahualcóyotl

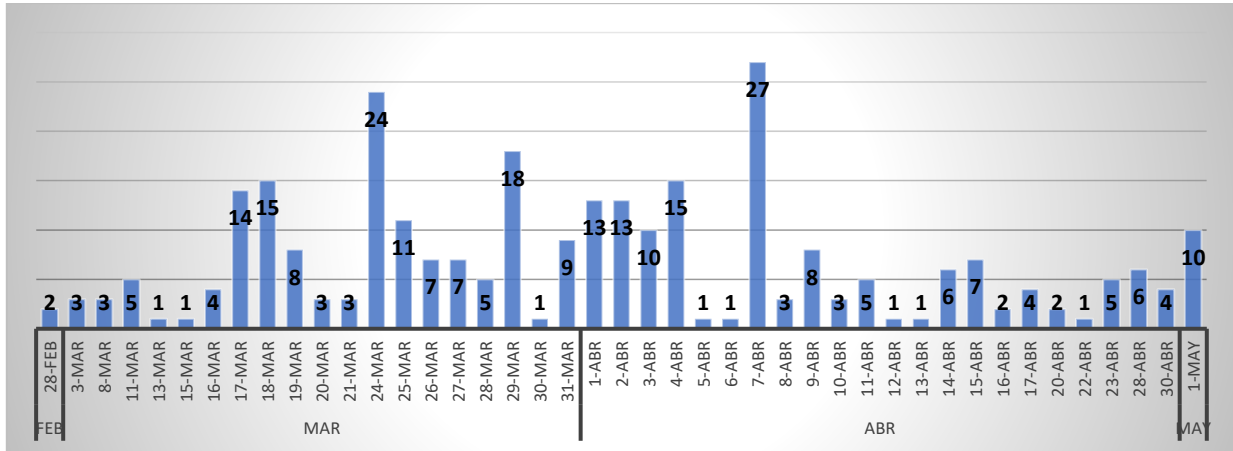
Para la caracterización de las OLA, se ubicaron los CA en el municipio de Netzahualcóyotl. La identificación se realizó a partir de recorridos en campo, recorridos virtuales y la consulta a bases de datos del INEGI. A partir de la identificación de los CA fue factible la caracterización de las OLA.

A partir del censo económico 2019 del INEGI, se identificaron 315 unidades económicas enfocadas a las OLA-RSU, estas son los CA y CT. Para diferenciar entre CA y CT se consideró la cantidad de RSU con las que operan, la cantidad de materiales que valorizan, el área disponible para almacenamiento y el número de trabajadores. CA y CT se consideran nodos de la CSI en las que se realiza la adquisición de residuos y las operaciones logísticas necesarias.

En contraste con 2014, en 2019 INEGI registró 12% más CA y CT en el municipio. Esto es consistente con que en los últimos 10 años el número de estas unidades económicas aumentó 28%. Con recorridos virtuales realizados en 2019, entre febrero y mayo, se ubicaron 292 CA y CT, esto es un número muy cercano al reportado un año después por INEGI. En particular, con los recorridos virtuales con *Google Maps*© se obtuvo evidencia fotográfica de los CA. Los CA y CT identificados a partir del DENUY y de los recorridos virtuales, difieren en un poco menos de 10%, esto sugiere que la estrategia de identificación puede ser útil en otras zonas de estudio. Si bien los datos reportados por el INEGI permiten inferir sobre la intensidad de la adquisición de RSU, la observación virtual facilita el análisis en periodos intercensales y en zonas o regiones donde los datos no se reportan como lo hace INEGI a través del DENUY.

La **Gráfica 4.I.** muestra el periodo de registro de los recorridos virtuales y el número de CA y CT identificados por fecha. El equipo de trabajo que realizó los recorridos virtuales, equipo de cinco personas, realizó la observación sistemática durante horas que en conjunto hacen 42 días efectivos, se recorrieron 1, 311, 780 km de 14,443 vialidades del municipio.





**Gráfica 4.I.-** Fechas de localización de CA y CT mediante recorridos virtuales

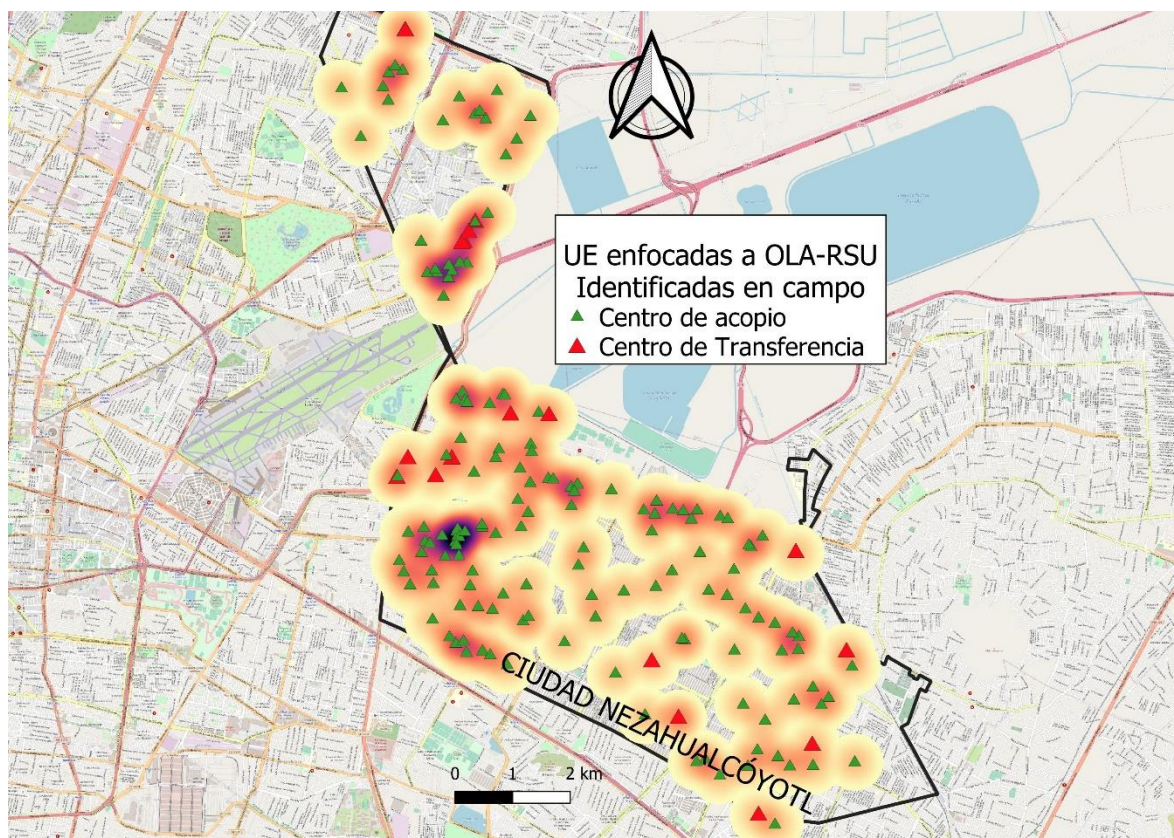
Si bien las bases de datos del INEGI permiten hacer un análisis detallado de la intensidad de las OLA-RSU en los últimos diez años en todo México, la metodología de observación virtual puede emplearse para analizar periodos intercensales o bien para estudios en aquellos países que no lleven un registro tan detallado como el DENUe en México.

De los 292 CA y CT identificadas en los recorridos virtuales, se verificó en sitio que operaban 135. En sitio se identificaron 35 CA y CT no registrados en los recorridos virtuales. Las zonas de muy alta marginalidad y aquellas que podrían constituir riesgo se quedaron fuera de los recorridos en sitio.

Finalmente, fueron 135 CA y CT los que se consideraron para la caracterización de las OLA-RSU. Como se mostrará adelante, estos CA y CT no se ubican aleatoriamente en el municipio, se ubican en AGEb con bajo NSE, alto nivel de pobreza y baja actividad económica. Los resultados de los tres métodos empleados en esta tesis para identificar unidades económicas orientadas a las OLA-RSU corroboran la correlación entre intensidad de OLA y bajo nivel socioeconómico, alto porcentaje de pobreza y baja intensidad industrial. La correlación se discute en la sección II de este capítulo.

La gran mayoría de las UE enfocadas a OLA-RSU en el municipio son pequeños CA que emplean a menos de cinco trabajadores. En los últimos diez años la porción de CA ha sido de entre el 94 y 97% del total de UE establecidas en el municipio. Menos del 5% de las UE enfocadas a OLA-RSU son CT. El tamaño del establecimiento, en cuanto a número de trabajadores es un indicio del volumen de almacenamiento temporal en la UE. En este sentido, sólo mediante la observación sistemática puede determinarse si las UE identificadas son CA o CT.

De las 315 UE reportadas en el censo económico 2020, 173 fueron identificadas mediante observación sistemáticamente en sitio, 89% de éstas empleaban menos de cinco trabajadores y por su volumen de acopio fueron clasificadas como CA. 9% de las UE identificadas en campo fueron catalogadas como CT, empleaban más de 6 trabajadores y sus operaciones se asociaban a la transferencia de RSU valorizables (ver **Mapa 4.I**).

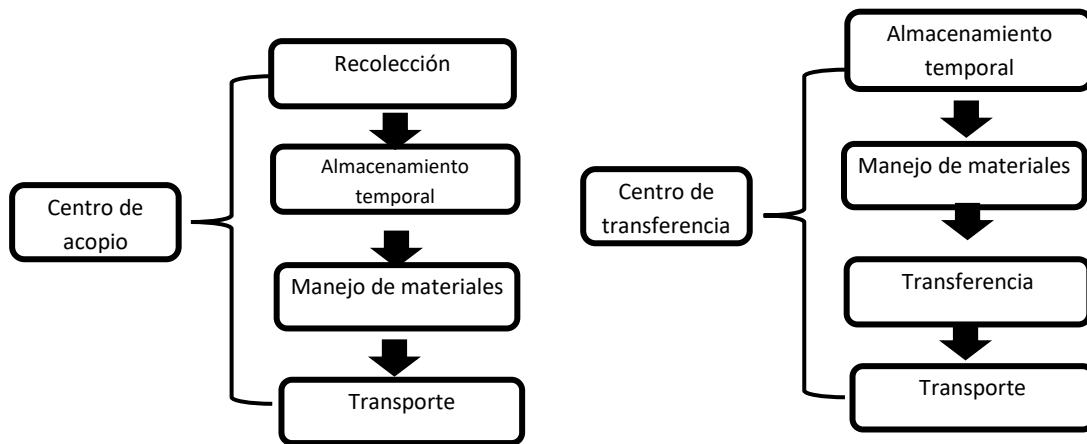


**Mapa 4.I.-** CA y CT identificados mediante observación sistemática en campo

En el **Mapa 4.I** se representan como triángulos rojos los CT localizados en el municipio mediante observación en campo. Los CA son representados con triángulos en color verde. Resalta a la vista que los CA son mucho más numerosos que los CT. Los CT se localizan principalmente a las orillas del municipio, en los límites con otras demarcaciones y en las proximidades con vialidades primarias y secundarias. Los CA por su parte, se extiende en todos aquellos AGEB con alto nivel de pobreza, bajo nivel socioeconómico y baja actividad industrial. El **Mapa 4.I** es un mapa de calor en el que los colores fríos (blanco, ámbar) señalan la ausencia de CA o CT en las inmediaciones, mientras que los colores cálidos (anaranjado, rojo, violeta, azul marino) seña la presencia de CA y CT. Las zonas cálidas en el mapa son zonas de influencia de los CA y CT, en las que es común encontrar recolectores

y transportistas de RSU, así como RSU almacenados en vía pública. Los CA se agrupan en clústeres que se pueden identificar fácilmente en el mapa como zonas “calientes”, iluminadas de rojo, violeta o azul marino. En estas zonas calientes la intensidad de las OLA es alta. En número de recolectores, transportistas y volumen de RSU almacenados en vía pública fue mayor en las zonas calientes que en los CA de las zonas frías.

Los CA y CT constituyeron los puntos de observación sistemática de las OLA-RSU. La **Figura 4.I** es una representación esquemática de la secuencia operativa en que se desarrolla la función de adquisición de RSU para CSI que en el municipio de Nezahualcóyotl. Los CA y CT constituyen los primeros nodos de la CSI que valorizan RSU. Estos nodos constituyeron los puntos de observación sistemática para caracterizar las OLA-RSU. Las OLA-RSU observables en CA son recolección, almacenamiento temporal, manejo de materiales y transporte de baja y mediana capacidad. En CT se pudo observar la transferencia y transporte de mediana y alta capacidad.



**Figura 4.I.-** Representación esquemática de la secuencia operativa de las OLA-RSU en CA y CT

Los CA son locaciones en las que los recolectores urbanos llegan a vender los RSU valorizables que han recolectado en las áreas urbanas aledañas al CA. Los acopiadores almacenan temporalmente los RSU valorizables, en tanto no se cuente con el volumen mínimo para que los transporten a CT o sitios de valorización. El volumen mínimo es el requerido para hacer factible económicamente la actividad de transporte del CA al CT. El manejo de materiales se presenta cuando los materiales son manipulados, sea en la recolección, almacenamiento, carga y descarga de vehículos.

Los CT son locaciones en que los transportistas hacen la transferencia de RSU para aprovechar la economía de escala de vehículos de mayor capacidad. Los RSU adquiridos en los CA son

consolidados, compactados y almacenados temporalmente. Los RSU son almacenados hasta que la carga necesaria para utilizar unidades de transportes de alta capacidad es completada y se pueden llevar los RSU a los puntos de valorización industrial.

Como resultado de la observación sistemática en CA y CT se elaboró la **Tabla 4.I**. En ella se presentan una clasificación de las formas en que se realizan las OLA-RSU en Nezahualcóyotl. Estas formas en que operan los agentes de la adquisición de RSU permiten establecer una tipología de modos en que se realizan las OLA. La **Tabla 4.I** resumen de los principales tipos de formas en que se desarrollan las OLA-RSU en el municipio. La tipología establecida permitió caracterizar las OLA-RSU conforme a la frecuencia observada en los CA y CT. Las definiciones son presentadas para apoyar al lector en la comprensión de la tabla.

**Tabla 4.I.-** Categorías en que se desarrollan las OLA-RSU en el municipio de Nezahualcóyotl

<b>Operación Logística De Adquisición</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipos</b>
<b>Recolección.</b>	Acción de colecta de los materiales valorizables de los RSU en los espacios donde se generan o almacenan, para acumularlos y transportarlos a CA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Recolector a pie</li> <li>b) Recolector con vehículo de tracción humana (triciclo, diablito, carretilla, etc.).</li> <li>c) Recolector con vehículo de tracción animal (Carro impulsado por caballo, burro).</li> <li>d) Recolector con medio de transporte motorizado de baja capacidad (Hasta 1 t).</li> <li>e) Recolector con medio de transporte motorizado con capacidad superior a 1 t.</li> </ul>
<b>Almacenamiento temporal.</b>	Acción del acondicionamiento del residuo en recipientes o espacios de acuerdo con la cantidad y tipo. Implica almacenar al residuo en tanto se aprovecha sus materiales hasta que se transportan o desechan.	<p><b>Categoría I.- Dentro del establecimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) A granel</li> <li>b) En contenedores rígidos</li> <li>c) Bolsas de baja resistencia.</li> <li>d) Sacos Industriales de baja capacidad.</li> <li>e) Sacos Industriales de alta capacidad.</li> <li>f) Racks y estantería</li> </ul> <p><b>Categoría I.- En vía pública</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) A granel</li> <li>b) En contenedores rígidos de baja capacidad.</li> <li>c) Bolsas de baja resistencia.</li> <li>d) Sacos Industriales de baja capacidad.</li> <li>e) Sacos Industriales de alta capacidad.</li> <li>f) En contenedores rígidos de alta capacidad.</li> <li>g) En remolques de alta capacidad</li> <li>h) Camiones y cajas de alta capacidad</li> </ul>
<b>Manejo de materiales.</b>	Operaciones que implican los medios materiales y humanos para el movimiento de los residuos dentro de los almacenes y locales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Diablitos.</li> <li>b) Carretillas</li> <li>c) Patines</li> <li>d) Montacargas</li> </ul>

	Incluye: embalaje, manipulación, transporte interno, carga y descarga.	e) Cintas transportadoras f) Grúas
<b>Transporte.</b>	Acción de desplazamiento de los residuos desde los puntos de almacenamiento temporal y/o CA hacia alguna estación de transferencia, planta industrial de valorización o relleno sanitario.	a) Vehículos ligeros o camioneta pickup hasta 1.5 t. b) Camioneta 3.5 t. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017: c) Camión unitario C2 y C3 d) Camión remolque C2(R2 y R3), C3(R2 y R3). e) Tractocamión articulado T2(S1-S3) y T3(S1-S3). f) Tractocamión semirremolque-remolque T (2-3) S (1-2) R (2-3).
<b>Transferencia.</b>	Acción de transferir el residuo de un vehículo recolector a uno de mayor capacidad, en general en CT.	a) Formal con plan de manejo de residuos sólidos. b) Formal sin plan de manejo de residuos sólidos. c) Informal.

## 1.- La recolección de RSU valorizables en Nezahualcóyotl




### 1.1 Agentes que participan




A partir de las respuestas a los 128 cuestionarios de observación sistemática virtual, se identificaron 61 agentes recolectores que realizaban operaciones de recolección en el municipio de Nezahualcóyotl. Son cinco tipos de recolectores que emplean medios de transporte motorizados y no motorizados para el desarrollo de las operaciones de recolección. Estos tipos de agentes recolectores se presentan en la **Tabla 4.I.1.1**. En la tabla, además del tipo de agente recolector, se establece un subtipo y el atributo de capacidad estimada de recolección. La estimación se hizo con información técnica de los vehículos ocupados en la recolección.





Los agentes acopiadores observados se clasifican en los siguientes tipos:

**Tabla 4.I.1.1.-** Tipos de agentes recolectores identificados en Nezahualcóyotl

Tipo de recolector	Subtipo	Ilustración	Capacidad estimada

<p>1) Recolector a pie</p>			<p>20 kg</p>
<p>2) Recolector con vehículo de tracción humana:</p>	<p>a) Bicicleta</p>		<p>50 kg</p>
	<p>b) Triciclo</p>		<p>250 kg</p>

	c) Diablito		150 kg
	d) Carretilla		100 kg
	e) Carretón		250 kg

<p>3) Recolector con vehículo de tracción animal (Carro impulsado por caballo, burro).</p>	<p>a) Carreta o carroza</p>	 <p>A photograph showing a dark-colored horse pulling a wooden cart with a metal frame. The cart is loaded with items and has some text on its side. The scene is outdoors on a paved street with buildings in the background.</p>	<p>500 kg</p>
	<p>b) Carros</p>	 <p>A photograph of a brown horse pulling a wooden cart. The cart is heavily loaded with a large pile of white material, possibly waste or agricultural products. The horse is harnessed to the cart.</p>	<p>750 kg</p>
<p>4) Recolector con medio de transporte motorizado de baja capacidad (Hasta 1 t).</p>	<p>a) Motocarro</p>	 <p>A photograph of a motorized cart, known as a 'motocarro', parked on a street. It has a white body with a canopy and is attached to a motorcycle. The cart has 'URBYNA FUSAC 08' written on its side.</p>	<p>1000 kg</p>
<p>5) Recolector con medio de transporte motorizado con capacidad</p>	<p>a) Camionetas pick up</p>	 <p>A photograph of a white pickup truck parked on a street. The truck is loaded with various items, including a large white refrigerator. The background shows a street scene with buildings and other vehicles.</p>	<p>1500 kg</p>



superior a 1 t.	b) Camiones recolectores		5000 kg
-----------------	--------------------------	--	---------

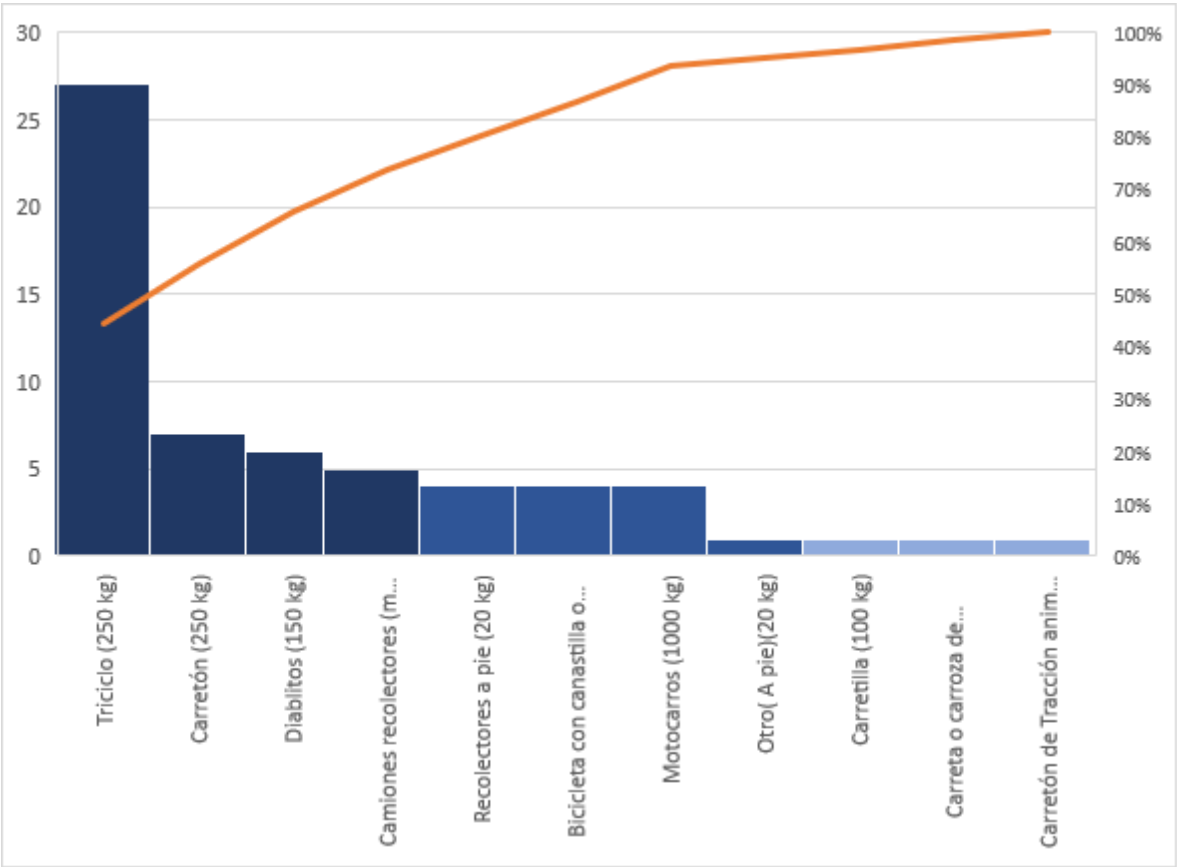
La clasificación de los agentes recolectores presentada en la **Tabla 4.I.1.1** muestra que en el municipio la recolección se da principalmente por agentes con vehículos de tracción humana de baja capacidad, hasta 250 kg. En la **Gráfica 4.I.1.1.1** se muestra un diagrama de Pareto, con el cual se identificaron los principales tipos de vehículos ocupados por los agentes recolectores en Nezahualcóyotl. Son los triciclos, carretones y diablitos, impulsados por tracción humana, los vehículos más ocupados en Nezahualcóyotl para realizar operaciones de recolección de RSU valorizables. Le siguen los camiones recolectores del gobierno municipal, los recolectores a pie y recolectores con bicicletas con canastillas. Se destaca que el 43% de los vehículos observados tienen condiciones físicas y mecánicas idóneas. Solo 6% de los vehículos ocupados por los recolectores tienen condiciones físicas y mecánicas deficientes.

Es de llamar la atención que los recolectores en camión empleados por el municipio, que forman parte del sistema “formal” de gestión de RSU, representan el cuarto recolector más frecuentemente observado, que alimentan las redes informales de adquisición de RSU. Estos recolectores formalmente establecidos, rompen el flujo de materiales valorizables que iría al relleno sanitario Neza III, como se marca en el flujograma oficial. Al detenerse en los CA a vender los RSU valorizables, estos recolectores del servicio público municipal están rompiendo el flujo lineal de la gestión de RSU.

También debe señalarse que los vehículos de tracción animal constituyen los tipos menos frecuentemente observados, lo que puede respaldar la hipótesis de que las leyes de protección animal están dando resultados en el municipio. Por supuesto que no es la única explicación, tal vez ahora sea más difícil dar sustento a un caballo que mantenimiento a un vehículo automotor.

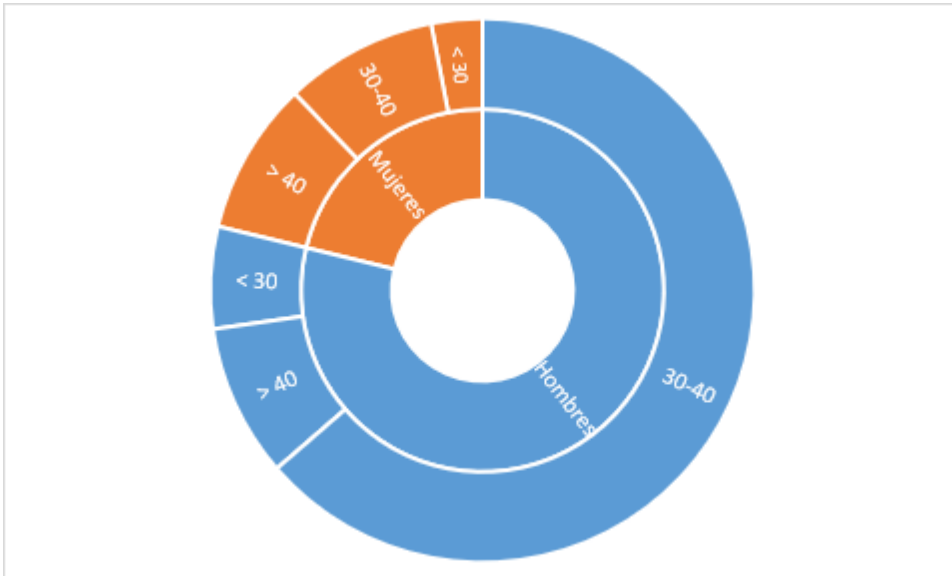
Respecto de las características de los agentes recolectores, las respuestas registradas muestran que la gran mayoría son personas físicas que ejercen su actividad de forma independiente, salvo los empleados municipales de los camiones recolectores. No se pudo observar afiliaciones a sindicatos,

asociaciones civiles, organizaciones no gubernamentales, partidos políticos o asociación alguna de parte de los agentes recolectores observados.



**Gráfica 4.I.1.1.1.-** Diagrama de Pareto de vehículos ocupados en la operación de recolección

La **Gráfica 4.I.1.1.2** muestra dos datos demográficos de los agentes recolectores: género y rango de edad. La gráfica muestra seis grupos poblacionales: hombres en tres rangos de edad, menores de 30 años, de 30 a 40 años y mayores de 40 años; mujeres en los mismos rangos de edades. La mayoría de los agentes recolectores son varones jóvenes de menos de cuarenta años. Las mujeres representan alrededor del 20% de los recolectores observados. Es de destacarse que el número de agentes recolectores mayores de 40 años es prácticamente el mismo para hombres que para mujeres, pese al evidente dominio de hombres en esta actividad.



**Gráfica 4.I.1.1.2.-** Grupos de género y edad de agentes recolectores en Nezahualcóyotl

Respecto de la participación de grupos vulnerables en las operaciones de recolección, sólo se identificó que el 13% de los agentes recolectores lo constituye el grupo de adultos mayores. No se observó la participación de niños o personas con capacidades diferentes.

## 1.2 Condiciones de la recolección

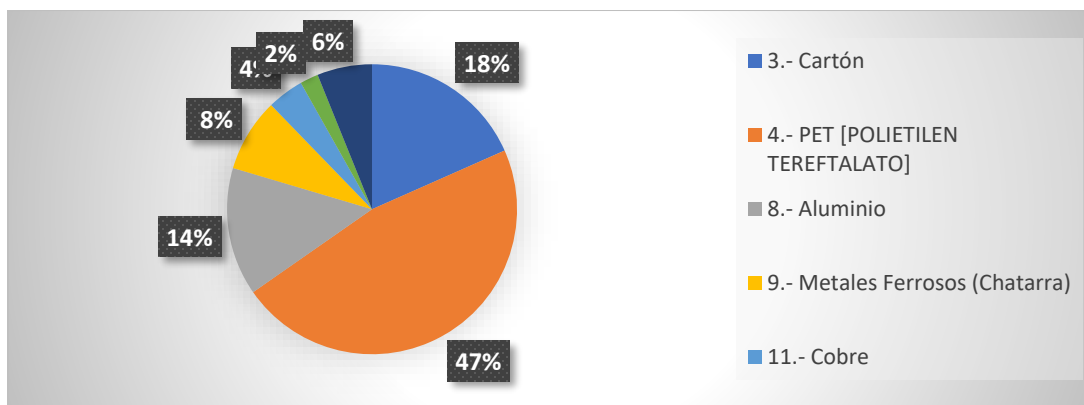
Las operaciones de recolección se llevan a cabo en la vía pública y pudieron observarse en las zonas cálidas y calientes aledañas a los CA y CT del **Mapa 4.I**. Además del vehículo ocupado, los agentes recolectores no utilizan herramientas, maquinarias o equipos para el desarrollo de la operación. Los únicos materiales identificados fueron bolsas de plástico, ocupadas por el 27% de los recolectores para colocar los materiales acopiados y facilitar su manejo. Sólo el 5% de los recolectores lleva sacos industriales para recolectar los materiales valorizables de los RSU. A diferencia de lo observado en otras OLA, los agentes recolectores no utilizan tambos, cajas de plástico, tinas, cubetas, botes para recolectar los RSU valorizables.

Respecto de las condiciones de seguridad e higiene en que se desarrolla la recolección, estas son muy precarias. Ninguno de los recolectores identificados utilizaba mascarillas, tapabocas, overoles o trajes protectores, calzado protector, guantes de carnaza, lona u otro material. Tampoco utilizaban gafas protectoras, casco protector, fajas para cargar el material o algún otro equipo de seguridad. Esta falta de equipo de protección incrementa la probabilidad de que los incidentes por riesgos de trabajo sean más graves. Los riesgos de trabajo presentes en esta actividad son (García Sáenz, 1997): traumatismo, caída de objetos, heridas, exposición a restos humanos / animales, levantamiento de objetos pesados,

posiciones incómodas o fijas, sobreesfuerzos. En caso de presentarse cualquiera de ellos, los recolectores no cuentan con elementos protectores para atenuar el daño ocasionado por estos incidentes.

La exposición que tienen los recolectores a materiales infectados por agentes virales y bacterianos ha sido documentada plenamente en García Sáenz (1997), que reporta una alta prevalencia de problemas del aparato urinario (56.1%) principalmente debido a infecciones urinarias contraídas por la exposición a materiales contaminados o los resfríos recurrentes referidos por el 34.9% de los recolectores. Esta ausencia de equipo de protección se agudiza en las condiciones de pandemia vividas en México a partir de marzo de 2020. Las afectaciones a la salud de los recolectores de RSU en áreas urbanas por la exposición a residuos contaminados por el virus SARS-COV2 han sido documentadas en Kulkarni & Anantharama (2020). La no utilización de equipo de protección observada en esta investigación permite suponer que el riesgo de contagio para los recolectores de RSU valorizables en Nezahualcóyotl ha sido muy alto durante la actual pandemia. Se confirma que el actual modelo de revalorización de RSU es socialmente inaceptable. Las empresas recicladoras de PET que se benefician directamente de este modelo de pepena informal/marginal como **PetStar**, o **ALPLA Group**, no serían sustentables o socialmente responsables si la evaluación se hiciera a nivel interorganizacional y no intraorganizacional.

Respecto de las condiciones económicas en que se desarrollan las operaciones de recolección, los agentes involucrados en estas operaciones recolectan principalmente materiales de baja densidad de valor. En la **Gráfica 4.I.1.2.** se muestran los materiales principales que son recolectados por estos agentes, destaca en primer lugar el PET, seguido del cartón y el aluminio. Los dos primeros son materiales con baja densidad de valor.



**Gráfica 4.I.1.2.-** Materiales valorizables de los RSU que más se recolectan en Nezahualcóyotl

Los materiales recolectados por estos agentes y los vehículos utilizados en la operación permiten tener un monto estimado de los ingresos obtenidos por los agentes recolectores, por cada viaje de carga completa que hagan al CA para vender sus materiales. En la **Tabla 4.I.1.2** se muestran los resultados para cada uno de los tipos de recolectores más observados y con los precios registrados en los CA.

**Tabla 4.I.1.2.-** Ingresos estimados por viaje con carga completa, según tipo de material y agente

Tipo de recolector	Subtipo	Capacidad de carga en m <sup>3</sup>	Carga en kilogramos, con base en la densidad de la Tabla 4.I			Ingresos por venta de material (carga completa)		
			Pet	Cartón	Aluminio	Pet	Cartón	Aluminio
1) recolector a pie		0.075	3.1	9.8	45.0	\$ 15	\$ 41.44	\$ 742.50
2) recolector con vehículo de tracción humana:	A) bicicleta	0.075	3.1	9.8	45.0	\$ 15	\$ 41.44	\$ 742.50
	B) triciclo	1.0768	45.2	140.0	250.0	\$ 226	\$ 594.93	\$ 4,125.00
	C) diablito	0.33	13.9	42.9	150.0	\$ 69	\$ 182.33	\$ 2,475.00
	E) carretón	1.875	78.7	243.8	250.0	\$ 393	\$ 1,035.94	\$ 4,125.00

En la **Tabla 4.I.1.2**, para subtipo de recolector se establece la capacidad de carga en metros cúbicos considerando las dimensiones de carga de los vehículos, consultadas en manuales técnico de productos comerciales. La carga en kg de cada vehículo, a partir de su capacidad volumétrica, se calculó con base en la densidad de los materiales reciclados mostrada en la **Tabla 4.I.1.2**. Los ingresos obtenidos por los agentes recolectores por la venta de material, por viaje, se calculó a partir de la carga en kg y el precio de compra promedio observado en los CA. El precio promedio de compra en CA se muestra en la **Tabla 4.I.1.3**. Los ingresos por viaje para cada agente recolector y material se calcularon con el supuesto que el viaje se hace con carga completa, por lo que los datos mostrados en las últimas tres columnas de la **Tabla 4.I.1.2** corresponden al ingreso máximo por viaje.

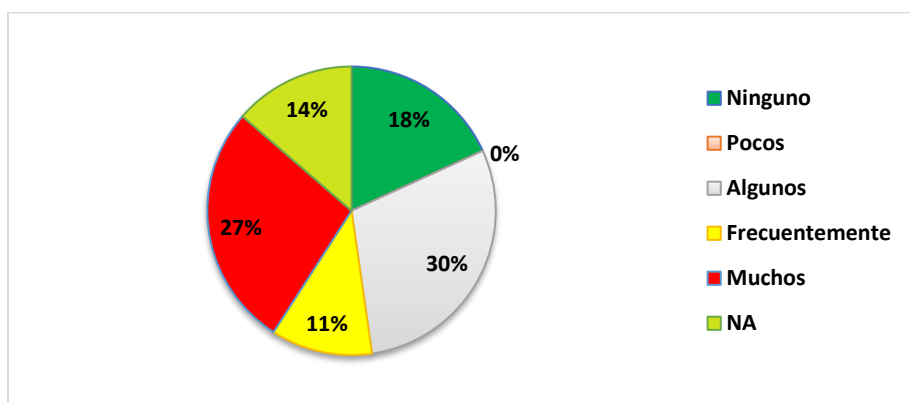
Por las condiciones de la pandemia vividas en México a partir de marzo de 2020, no se pudieron aplicar los cuestionarios directamente a los agentes recolectores. Por ello, no se tiene un estimado del volumen de colecta diario en la zona de estudio.

### 1.3 Impactos de la recolección

Los impactos que se reportan en esta sección se refieren al cambio o alteración en el entorno urbano causado por las operaciones de recolección de RSU valorizables. Estos impactos fueron observados en las vialidades cercanas a los CA en que se identificaron agentes recolectores.

#### A. Desechos sólidos esparcidos

El primero de los impactos registrado en los cuestionarios de observación sistemática es el de desechos sólidos esparcidos, tema de la **Gráfica 4.I.1.3.1**. Este impacto se refiere a una percepción de la cantidad de desechos sólidos esparcidos en la vía pública, a partir de las operaciones de recolección. Esta percepción se registró conforme a una escala Likert, mostrada en la **Gráfica 4.I.1.3.1**. La calificación de este impacto fue de 2.9, que equivale a la afirmación que los recolectores dejan algunos desechos sólidos esparcidos en vía pública durante la realización de sus operaciones.



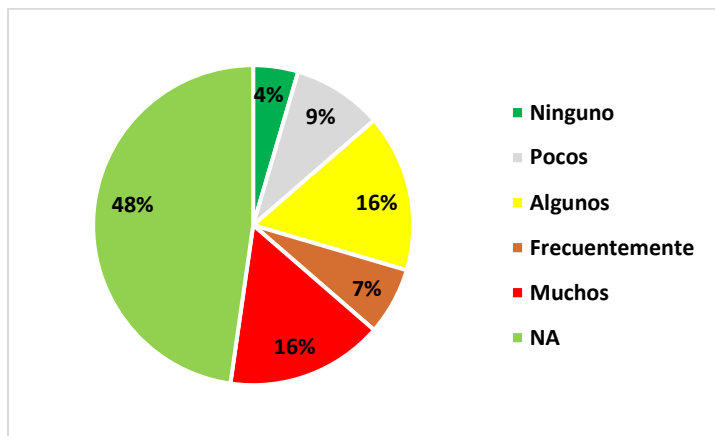
**Gráfica 4.I.1.3.1.-** Desechos sólidos esparcidos derivados de la recolección

La observación común de estos impactos se da en los contenedores y depósitos de basura que se colocan en la vía pública, por ejemplo, en explanadas, parques o jardines. En estos sitios los recolectores vacían los contenedores en búsqueda de materiales valorizables, pero una vez que toman estos materiales, no vuelven a depositar los desechos esparcidos, o no todos. Lo mismo ocurre cuando el recolector acude al CA a vender los materiales recolectados, si parte de los materiales fueron rechazados por el acopiador, estos materiales son desechados en la vía pública, sean frente al CA o en el trayecto de regreso.

#### B. Afectación a la imagen urbana

Las afectaciones a la imagen urbana derivadas de las operaciones de recolección registradas en la observación se muestran en la **Gráfica 4.I.1.3.2**. Las observaciones registradas se refieren al deterioro o afectación relacionada a la imagen urbana, lo cual suele utilizarse con bastante frecuencia para

designar que algo no va bien o que está siendo afectado en alguna de sus condiciones. En la categoría de **Ninguno** se incluye a aquellos recolectores que al realizar sus actividades no afectaron en forma alguna la imagen urbana. En **Pocos** se incluyó a los recolectores que afectaron un poco a la imagen urbana. **Algunos** incluyen al 16% de los recolectores que afectaron de alguna forma la imagen urbana. Las categorías de **Frecuentemente** y **Muchos** incluye a los recolectores con afectaciones mayores a la imagen urbana. **NA** incluye a los recolectores en los que no fue posible identificar la afectación o no a la imagen urbana.



**Gráfica 4.I.1.3.2.-** Afectación a la imagen urbana por la recolección

También en este impacto, se ocupó la escala Likert para graduar las observaciones, de tal manera que el valor de uno corresponde a ninguna afectación observada. Cuando el conjunto de elementos naturales y construidos que conforman una impresión de un área en sus habitantes y visitantes se ve afectada negativamente, este impacto tiene valores mayores, de 2 a cinco. Cuando los registros fotográficos no permitieron determinar el impacto se aplicaba NA, que corresponde a una escala de 0.

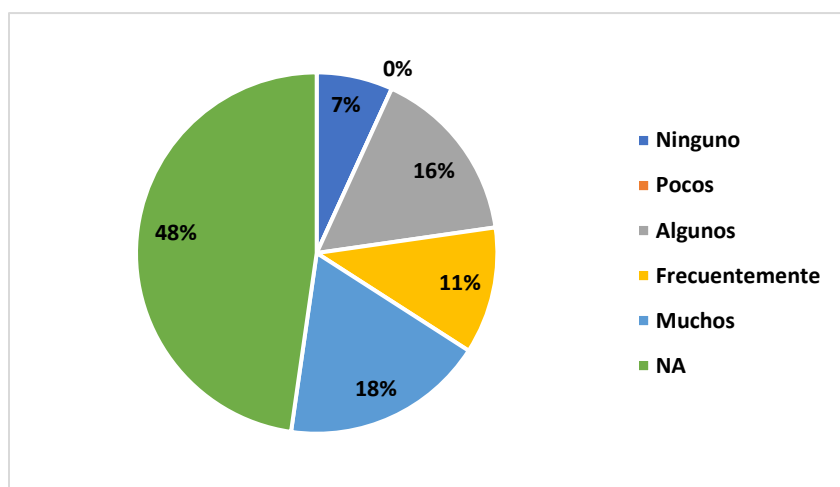
En la **Gráfica 4.I.1.3.2** la mayoría de las observaciones no registran afectaciones a la imagen urbana, o hay poca afectación. La calificación de este impacto es de 1.7, lo que señala que el impacto visual de los recolectores en la imagen de los habitantes y visitantes es poco, asociándose sólo al grupo de transeúntes que coinciden en el momento en que el recolector lleva a cabo su actividad económica en la vía pública. Dado que los recolectores están en constante movimiento no alteran la imagen de un conjunto natural y construido del entorno urbano de forma permanente, lo que si sucede con el almacenamiento temporal y la transferencia.

Cabe mencionar en este punto, que sólo en uno de los 61 casos de recolectores observados, se identificó fauna nociva. Sólo dos casos generan gases de efecto invernadero como derivado de las operaciones de recolección y en otros dos casos se observó el consumo de agua para limpieza del residuo recolectado.

#### C. Alteración de las vialidades

La alteración de las vialidades producto de las operaciones de recolección es un impacto frecuente en Nezahualcóyotl. La alteración de las vialidades o de la vía pública observadas tiene un efecto directo sobre la accesibilidad de los habitantes a la red de transporte. Las observaciones registradas en este impacto se asocian a la obstrucción parcial de la vía pública y que obstaculiza que los habitantes puedan transitar y permanecer con libertad en un determinado espacio.

En la **Gráfica 4.I.1.3.3**, el primer valor (1) aplica para ninguno, se presenta cuando los habitantes pueden tener un fácil acceso al espacio, está despejado de obstáculos que impidan el libre desplazamiento. El valor de Muchos (5) se refiere a la obstrucción total de la vía, por la dispersión de residuos sólidos o de los vehículos ocupados para la recolección. Para este impacto no pudo determinarse el nivel de alteración de casi la mitad de las observaciones (NA). El impacto fue calificado en 1.9, lo que se implica que la operación de recolección altera poco el acceso de los habitantes en Nezahualcóyotl.



**Gráfica 4.I.1.3.3.-** Alteración de la vía pública por la recolección

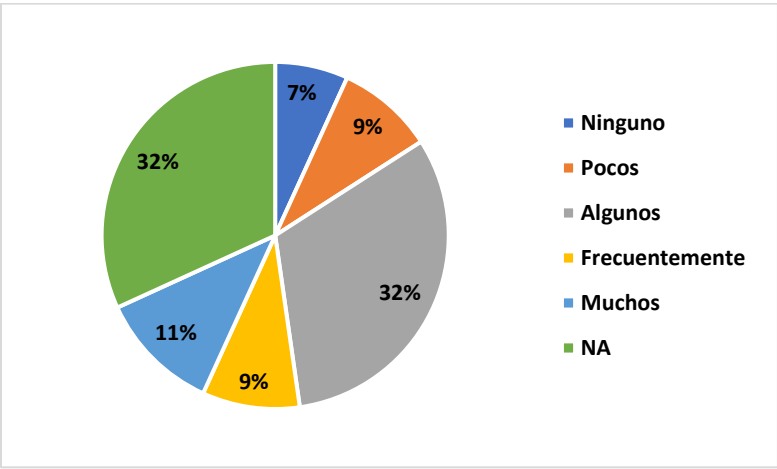
#### D. Riesgo de accidente

En este impacto, a diferencia de la sección de seguridad e higiene, se registraron las observaciones inherentes al riesgo de accidente que tiene la población derivada de las operaciones de recolección.



Este riesgo mide los elementos que pueden ocasionar daños a los habitantes en la vía pública o con motivo de la recolección. En la observación de registros fotográficos se buscaron elementos de los vehículos, de los materiales recolectados o de los agentes que constituyeran riesgo de accidentes para los habitantes. Los incidentes probables más comunes fueron: resbalar o tropezar con residuos sólidos esparcidos, bajar al arroyo vehicular porque la banqueta estaba obstruida, ser arrollado por el vehículo de recolección.

La **Gráfica 4.I.1.3.4** muestra los resultados de la observación de este impacto en la recolección de RSU valorizables. Debe comentarse que los riesgos observados no son graves, pero si son comunes. De hecho, es el impacto con mayor puntaje, 2.14. Si bien cualquiera puede sufrir un accidente, una caída, un atropello o, simplemente, resultar herido porque un material en la vía pública, las operaciones de recolección en Nezahualcóyotl incrementan dicho riesgo. Este riesgo puede visualizarse en la **Imagen 4.2**. En esta imagen puede verse que una madre con su hijo en carriola debe bajar al arroyo vehicular y caminar a media avenida, por la obstrucción tanto de la banqueta como de la avenida. Esto constituye un riesgo de accidente grave.

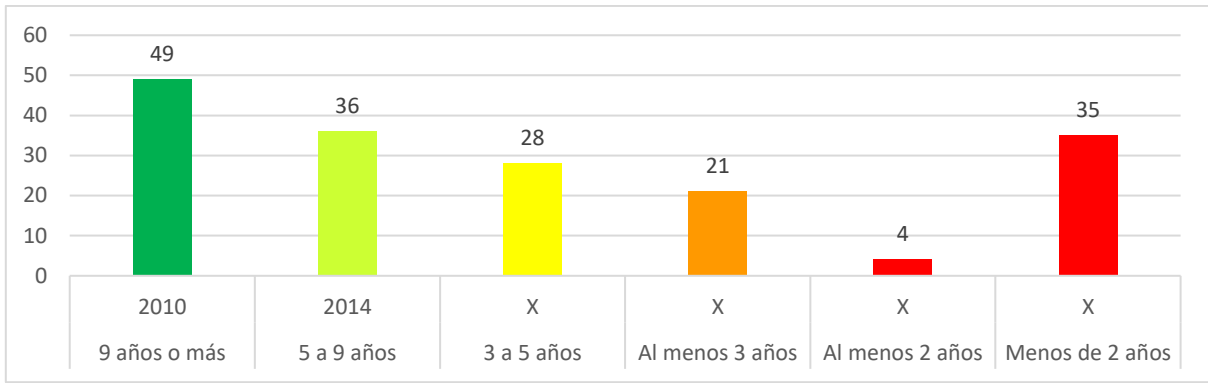


**Gráfica 4.I.1.3.3.-** Riesgo de accidente por recolección

**2.- El almacenamiento temporal de RSU valorizables en Nezahualcóyotl**

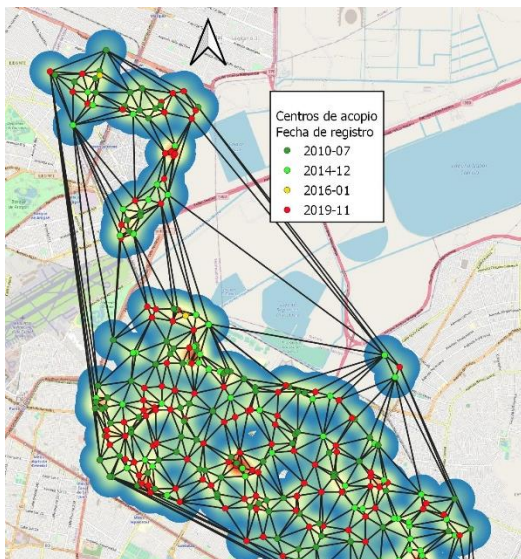
**2.1 Agentes que participan**

La exploración en el DENUÉ del INEGI, particularmente los registros de censo económico 2009 y 2014, ha permitido determinar la edad mínima de los CA identificados en campo. Los resultados contradicen lo que inicialmente se pensaba de estos CA, pues se consideraba que eran unidades económicas con periodos de vida cortos. Se establece que los CA del municipio de Nezahualcóyotl tienen una edad promedio de más de cinco años. Los resultados se muestran en la **Gráfica 4.I.2.1.1**.



**Gráfica 4.I.2.1.-** Años de operación de los CA investigados

Considerando que, en México, el 65% de las micro y pequeñas empresas mueren antes de cumplir 5 años de operación y en promedio su esperanza de vida es cercana a los 8 años (INEGI, 2015), la **Gráfica 4.I.2.1** muestra que la mitad de los CA superó el llamado “Valle de la muerte”<sup>6</sup>, mostrado en rojo. Incluso una fracción significativa cercana al 30% de los CA ha sobrepasado la esperanza de vida para las Micro y pequeñas Empresas en México (color verde). Esto echa abajo algunas aseveraciones que señalan la dificultad de estudiar las redes informales de adquisición de RSU por el corto periodo de vida de los CA. En el **Mapa 4.I.2.1** se muestra la ubicación de los CA en Nezahualcóyotl, identificándolos por color conforme su año de registro.



**Mapa 4.I.2.1.-** CA por año de registro en Nezahualcóyotl

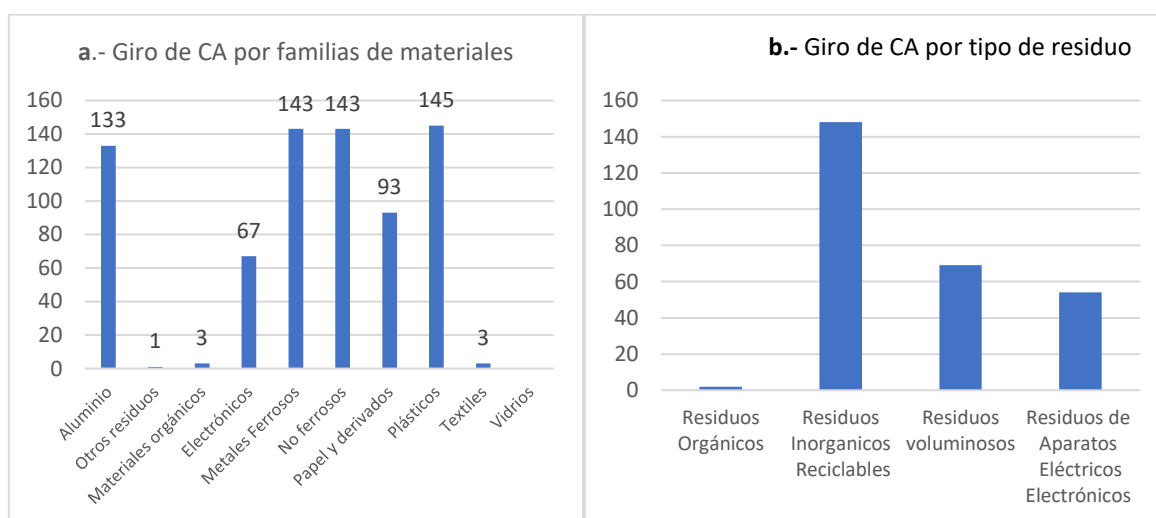
Respecto a **su organización** la mayoría de los CA trabajan en esquemas privados informales: casi la totalidad de CA (172 de 173) carecen de registro federal de contribuyentes; aunque la mayoría de los CA han sido registrados en los censos económicos 2010, 2014 y 2019.

Sobre el giro de los CA, en este rubro se refiere a los materiales valorizables contenidos en los RSU en los que se enfocan las OLA. Estos materiales son reportados por INEGI en forma de familias de materiales (metálicos, plásticos, vidrio, papel y derivados, incluidos el cartón, y otros residuos).

<sup>6</sup> El valle de la muerte se refiere a las dificultades que existen para cubrir una caja negativa durante las primeras fases de toda empresa que nace, antes de que un producto o servicio genere ingresos reales con clientes (Saavedra García, 2012).

Además, los CA son que reporta el INEGI sólo incluye un tipo de material acopiado, lo que no corresponde a la práctica observada en campo y virtualmente.

La **Gráfica 4.I.2.1.2** muestra los materiales acopiados en las 173 UE observadas en campo, agregados conforme al tipo de material acopiado (**a**) y conforme a la NOM NADF-024-AMB-2017 (**b**). En la parte **a** de la **Gráfica 4.I.2.1.2** se muestran las familias de materiales contenidos en los RSU que se comercializan en los CA. Como puede apreciarse, los CA acopian más de un tipo de RSU. En el **Gráfico 4.I.2.1.2 a**, la suma de los valores no corresponde al total de CA identificados, dado que la mayoría de los CA presta atención a más de un residuo. Los RSU metálicos y plásticos son acopiados con mayor frecuencia. Los residuos orgánicos y de textiles raramente son comercializados.



**Gráfica 4.I.2.1.2.-** Giro de CA **a** por familias de materiales, **b** por NOM NADF-024-AMB-2017

La **Gráfica 4.I.2.1.2 b**, muestra una clasificación enfocada en las operaciones requeridas para el manejo de los RSU. Desde un punto de vista de manejo de materiales y de las operaciones necesarias para mover el material a través de las redes de adquisición, la clasificación que se utilizó es la norma ambiental para la Ciudad de México NADF-024-AMBT-2017, que establece los criterios y especificaciones técnicas bajo los cuales se realiza la separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de los residuos la CdMx. Los residuos orgánicos y los residuos inorgánicos reciclables sólo deben clasificarse, separarse y compactarse, después de ello puede moverse a través de la CSI. Tal como son desechados puede iniciarse su proceso de valorización. No pasa lo mismo con los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos, que para recuperar los materiales valiosos contenidos en ellos deben desensamblarse. Lo mismo pasa con los residuos voluminosos, que

demandan operaciones de desensamble. Además, los residuos voluminosos requirieron que los recolectores cuenten con vehículos de mayor capacidad.

Para realizar la observación sistemática se ocuparon registros fotográficos de un total de 127 CA localizados en el municipio, en el periodo del 12 de mayo de 2020 al 28 de octubre de 2020. Los registros fotográficos datan del 1 de abril de 2015 al 1 de septiembre de 2020. En estos registros fotográficos, pudo caracterizarse el tipo de materiales acopiados, los cuales se muestran en la **Tabla 4.I.2**. En esta tabla se enlistan los materiales valorizables de los RSU agrupados en cinco familias de materiales, tal como lo hace INEGI (2018a). Para cada familia de material se hace una lista de materiales particulares que pertenecen a dicha familia. Para cada material se indica el número de CA en que se observaron, aquellos materiales que tuvieron mayor frecuencia de observación en cada familia constituyen los residuos **tipo A** y son subrayados en color amarillo.

En la **Tabla 4.I.2.1.1** también se presenta la superficie promedio que ocupa cada residuo en el CA, en términos de porcentaje. La fracción del almacén que ocupa cada residuo se presenta en forma de porcentaje del CA (%CA). Este es un promedio de los porcentajes observados. Finalmente, en la tabla también se reporta el precio promedio de compra que se observó en los CA para cada material. Este precio se pudo observar en el exterior de los CA y fue uno de los campos de registro en los cuestionarios.

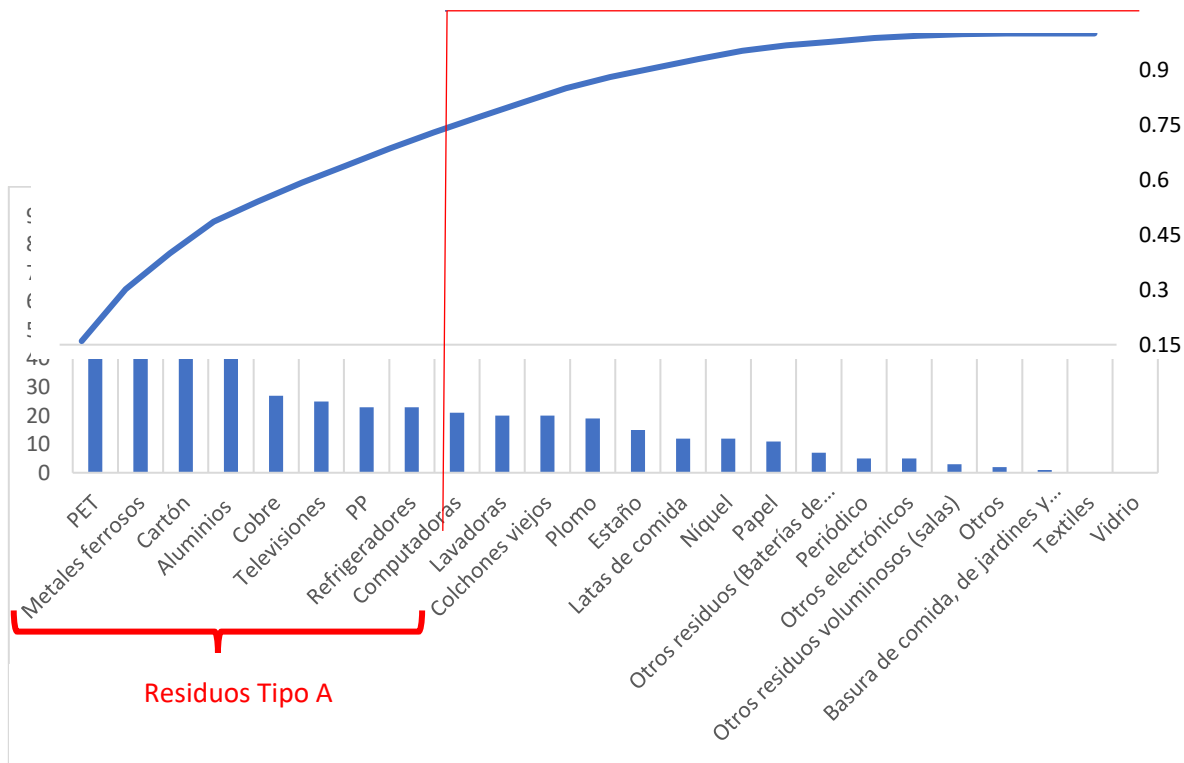
**Tabla 4.I.2.1.1.- Materiales comercializados en CA de Nezahualcóyotl**

Materiales comercializados en ca	#ca	% ca	Precio
1.- papel y sus derivados			
Papel	11	9%	\$ 4.00
Cartón	48	38%	\$ 4.25
Periódico	5	4%	
2.- plásticos			
PET	78	61%	\$ 5.00
PP	23	18%	
Otros	2	2%	
3.- metálicos			
Metales ferrosos	69	54%	\$ 3.13
Latas de comida	12	9%	
Cobre	27	21%	
Aluminio	42	33%	\$ 16.50
Plomo	19	15%	\$ 20.00
Estaño	15	12%	

Níquel	12	9%	\$ 50.00
4.- residuos electrónicos			
Televisiones	25	20%	
Computadoras	21	17%	
Lavadoras	20	16%	
Refrigeradores	23	18%	
Otros electrónicos	5	4%	
5.- otros residuos			
Textiles	0	0%	
Vidrio	0	0%	
Basura de comida, de jardines y materiales orgánicos	1	1%	
Colchones viejos	20	16%	
Otros residuos (baterías de automóvil y llantas)	7	6%	
Otros residuos voluminosos (salas)	3	2%	

A partir de la **Tabla 4.I.2.1.1** se identifican con fondo amarillo los residuos **Tipo A** que se adquieren en la zona de estudio. Estos residuos Tipo A fueron determinados mediante un análisis de Pareto, el cual se muestra en la **Gráfica 4.I.2.1.3**. De cada familia de materiales hay un residuo que fue más frecuentemente observado y que se comercializa en mayor cantidad que los otros. La frecuencia de observación, así como el porcentaje de superficie utilizada para su almacenamiento fue considerada en este análisis. Los residuos **Tipo A** son representativos de cada familia y son los que se comercializan con mayor intensidad.

El 95% de los CA se concentra en el acopio, compra y venta de RSU valorizables. Sólo el 5% se concentra en el desmantelamiento, reparación, restauración o remanufactura de los residuos adquiridos. Durante los recorridos se observó que los CA comienzan a operar desde las 9:00 y algunos cierran hasta las 20:00 horas. La mayoría de los CA tiene actividades de lunes a sábado.



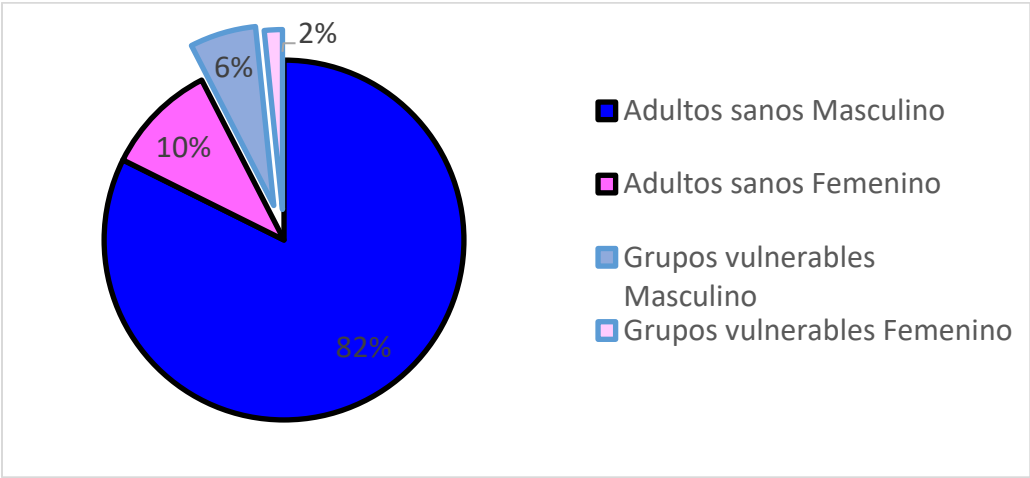
**Gráfica 4.I.2.1.3.-** Análisis de Pareto para determinar los residuos Tipo A

Por otro lado, respecto de la mano de obra empleada en los CA, la **Tabla 4.I.2.1.2** muestra los grupos sociales identificados que laboran en los CA. Son cuatro grupos sociales establecidos: adultos, niños, adultos mayores y personas con capacidades diferentes. Cada grupo se subdivide por género. Se incluye en esta tabla el total de individuos observados en cada grupo social, el número de CA en que se observaron y el rango de edad predominante.

**Tabla 4.I.2.1.2.-** Grupos sociales que laboran en CA de Nezahualcóyotl

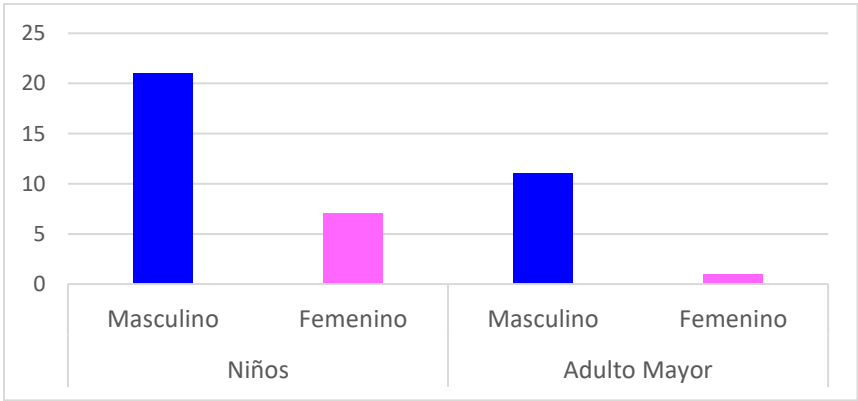
Grupos	Género	Individuos	Ca	Rango de edad predominante (años)
Adultos	Masculino	457	105	30-40
	Femenino	56	56	30-40
Niños	Masculino	21	12	9 a 12
	Femenino	7	5	9 a 12
Adulto mayor	Masculino	11	11	65 o más
	Femenino	1	1	65 o más
Capacidades diferentes	Masculino	1	1	50-60
	Femenino	1	1	60-70

Tal como se muestra en la **Gráfica 4.I.2.1.4**, el grupo dominante en estas actividades son adultos masculinos. Esto se debe a la creencia común de que son los grupos sociales que no tienen acceso a otras fuentes de empleo, por lo que, por no haber alternativas de empleo, trabajan en estos CA. Es claro el dominio del género masculino en la operación de almacenamiento temporal, tal vez por el esfuerzo físico requerido para el transporte interno de materiales en los CA. Esta predominancia del género masculino también se refleja en los grupos vulnerables de adultos mayores y niños, que se muestra en la **Gráfica 4.I.2.1.5**.



**Gráfica 4.I.2.1.4.-** Grupos sociales que laboran en CA de Nezahualcóyotl

Un 10% de los trabajadores son mujeres fuera de los grupos vulnerables y que podrían laborar en alguna otra actividad, por no identificarse limitantes en edad o condiciones físicas. La **Gráfica 4.I.2.1.4** muestra que un 8% de la mano de obra empleada en los CA de Nezahualcóyotl pertenece a alguno de los grupos vulnerables presentados en la **Tabla 4.I.2.2**.



**Gráfica 4.I.2.1.5.-** Género de los grupos vulnerables que laboran en CA de Nezahualcóyotl

## 2.2 Condiciones del almacenamiento temporal

Para el desarrollo de sus actividades 71% de los CA cuentan con un establecimiento fijo, lo que constituye un porcentaje bajo en relación con el común de los negocios en México (INEGI, 2019). Es de destacar que una cuarta parte de los CA desarrolla sus actividades al interior de la vivienda y no poseen un local fijo para el desarrollo de sus actividades económicas. También debe destacarse que el 4% de los CA realizan sus actividades completamente en vía pública, de forma ambulante. Las **Imágenes 4.I.2.2.1 y 4.I.2.2.2** muestran el desarrollo actividades de acopio al interior de la vivienda y en vía pública, respectivamente. Todos ellos ocupan la vía pública para el desarrollo de sus actividades, tal como puede observarse en las **Imágenes 4. I.2.2.1 y 4. 2.2.2**.



**Imagen 4.2.2.1.-** Centro de Acopio con Actividad económica al interior de la vivienda

**Fuente:** Tomado de *Google Maps* © (2020).



**Imagen 4. 2.2.2.-** Centro de Acopio en Establecimiento ambulante

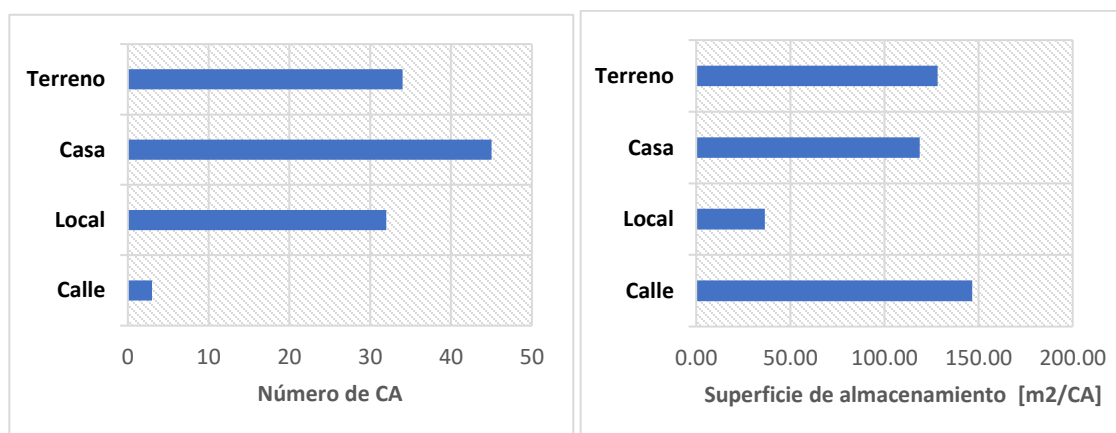
**Fuente:** Tomado de *Google Maps* © (2020).

En la **Gráfica 4.I.2.2.1.a** se presentan los tipos de bienes inmuebles ocupados para el desarrollo de la operación de almacenamiento temporal en Nezahualcóyotl. Estos bienes inmuebles representan puntualmente el espacio ocupado para el almacenamiento. Las actividades de almacenamiento temporal al interior de la vivienda son las condiciones de operación más comunes en los CA



observados. Desarrollar el almacenamiento en casa habitación demuestra que la forma en que surgen estos establecimientos se da en el patio de la casa, y conforme se aumenta el volumen de acopio se ocupan otras áreas al interior de la casa. Los terrenos ocupan el segundo lugar, que son predios libres de construcciones pudiendo estar al aire libre o techados, estos últimos son los menos comunes. Los CA con un mayor volumen de acopio son los que utilizan estas locaciones. Los locales constituyen el tercer tipo de locación en que se lleva a cabo el almacenamiento temporal, generalmente el local sólo representa el punto de compraventa, teniéndose disponible superficie de almacenamiento al interior de la vivienda o en las azoteas de estas. El tipo menos frecuente de locación lo constituye la vía pública, ocupada generalmente frente al domicilio del acopiador. El esquema de estos CA es almacenar los materiales menos valiosos en la vía pública y resguardar en el interior de la vivienda los materiales con mayor valor. Las básculas y otros equipos se colocan en vía pública en un horario particular.

En el municipio se ocupa un total de 11,305 m<sup>2</sup> de superficie de almacenamiento temporal para RSU valorizables. Los inmuebles que en conjunto ocupan más superficie de almacenamiento son las casas habitación, seguido de los terrenos, los locales y finalmente las calles. En la **Gráfica 4. I.2.2.1.b** se presenta la superficie promedio de almacenamiento temporal que se ocupa en cada tipo de inmueble. Los CA establecidos en locales ocupan superficies de almacenamiento menores, 36m<sup>2</sup> en promedio. Los CA establecidos en casas habitación ocupan una superficie promedio de 118m<sup>2</sup>, mientras que los CA que operan en un terreno tiene una superficie de almacenamiento de 128 m<sup>2</sup>. Es destacado, que los CA que operan completamente en la vía pública son los que tienen mayor superficie de almacenamiento, en promedio 147 m<sup>2</sup>.

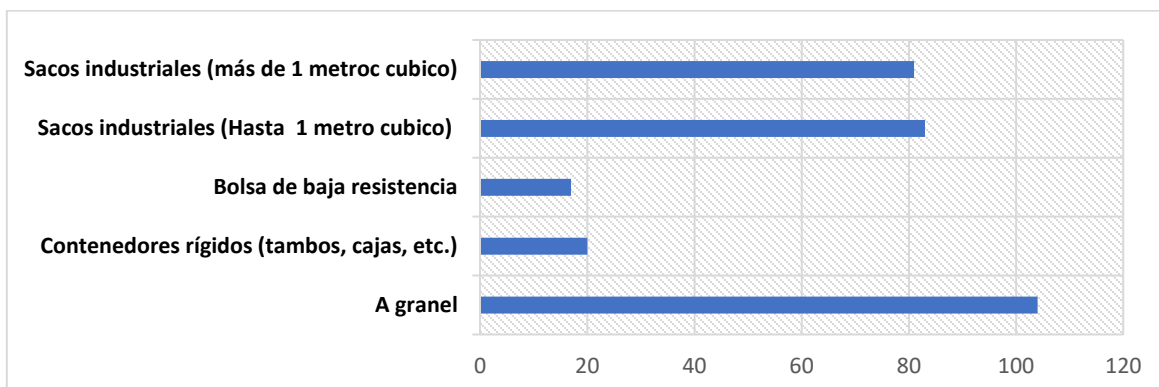


**Gráfica 4. I.2.2.1. a.** Tipo de bienes inmuebles ocupados por CA. **b.** Superficie promedio de almacenamiento por CA

Considerando que el valor promedio de cada metro cuadrado en Nezahualcóyotl es de \$10,000.00, la superficie de almacenamiento sería la inversión más fuerte que deben hacer estos negocios. La inversión requerida para adquirir un inmueble, considerando un promedio de 100 m<sup>2</sup>, es de \$1,000,000.00. En caso de sólo rentar el espacio, el promedio en el municipio es de \$80/ m<sup>2</sup>, por lo que la renta mensual de una superficie de 100 m<sup>2</sup> sería de \$8,000.00. Este monto explica por qué es tan común que los acopiadores se apropien del espacio público para el almacenamiento temporal de RSU.

El almacenamiento en vía pública de otras mercancías no es una práctica común. Se presenta en el manejo de los RSU valorizables, por la reducida densidad de valor que tienen. Otras mercancías tienen el riesgo de robo.

Al interior de los CA se observaron formas comunes para almacenar los materiales. La forma en que los materiales valorizables de los RSU son almacenados y su frecuencia se muestra en la **Gráfica 4. I.2.2.2**. El almacenamiento de los residuos a granel es la forma más común de almacenamiento, la cual se complementa con otras formas que no demanda materiales especializados ni equipamiento. Los sacos industriales son materiales que funcionan como embalaje para el almacenamiento temporal y representan la segunda categoría más observada. Los contenedores rígidos y las bolsas de baja resistencia son formas auxiliares de almacenamiento. Sólo el 6% de los CA tienen algún tipo de equipamiento para el almacenamiento temporal de residuos, como racks o estantería.



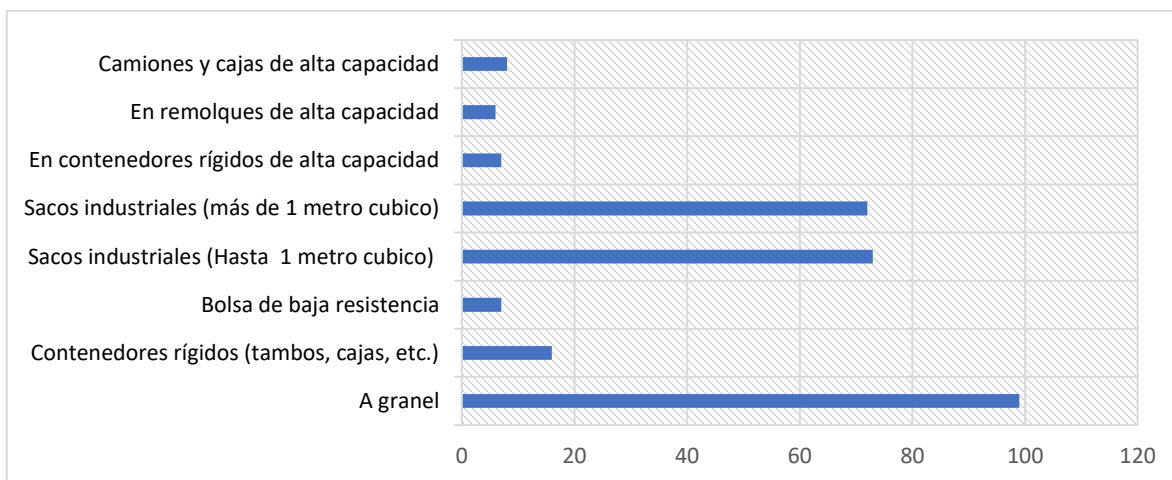
**Gráfica 4. I.2.2.2.** Tipo de almacenamiento interno observado en los CA de Nezahualcóyotl

El 72% de los CA cuentan con superficies de almacenamiento cubiertas, por lo que los residuos no están a la intemperie. De esta manera los residuos acopiados en estos CA están protegidos de los efectos atmosféricos. En promedio, el almacén cubierto de estos CA es de 82 m<sup>2</sup>, lo que se controlen

las condiciones de temperatura y humedad de los residuos acopiados. Se utilizan diversos materiales para ello, desde concreto, placas metálicas, láminas de asbesto o fibra de vidrio, entre otros.

Por otro lado, el 18% de los CA tienen los residuos acopiados al aire libre, lo que puede contribuir al deterioro de la calidad del aire, tanto localmente como en los alrededores, a causa del polvo que levanta el viento en la temporada de sequía. El almacenamiento de residuos al aire libre provoca que se transporte a otros lugares microorganismos nocivos que producen infecciones respiratorias, irritaciones nasales y de los ojos, a esto le sumamos las molestias que dan los malos olores (Escalona Guerra, 2014). En temporada de lluvias el almacenamiento de residuos puede ocasionar el filtrado de contaminantes al subsuelo por efecto de escurrimiento (Escalona Guerra, 2014).

Sin embargo, el espacio de almacenamiento no se limita a la superficie que ocupa el CA, ya que una parte importante de ellos ocupan el espacio público para el almacenamiento de los materiales valorizables acopiados. Los tipos de almacenamiento externo observados y la frecuencia se muestran en la **Gráfica 4.I.2.2.3**. La forma más común de almacenamiento externo es a granel.



**Gráfica 4.I.2.2.3.** Tipo de almacenamiento externo observado en los CA de Nezahualcóyotl

Por otro lado, independientemente del tipo de CA se identificó un equipamiento básico y austero para el desarrollo de la operación de almacenamiento temporal en Nezahualcóyotl. Los elementos necesarios para el desarrollo del almacenamiento temporal, instalaciones, muebles y materiales dentro o fuera del CA se muestra en la **Tabla 4.I.2.2.1**. El equipamiento mínimo observado en los CA lo constituía una o dos básculas mecánicas y materiales<sup>7</sup> para contener y transportar internamente los

<sup>7</sup> Estos materiales se presentan en la operación de manejo de materiales.

residuos (sacos industriales, bolsas y cajas). Los precios incluidos en la **Tabla 4.6** muestra la escasa inversión en equipamiento que debe hacerse para poner en funcionamiento un CA.

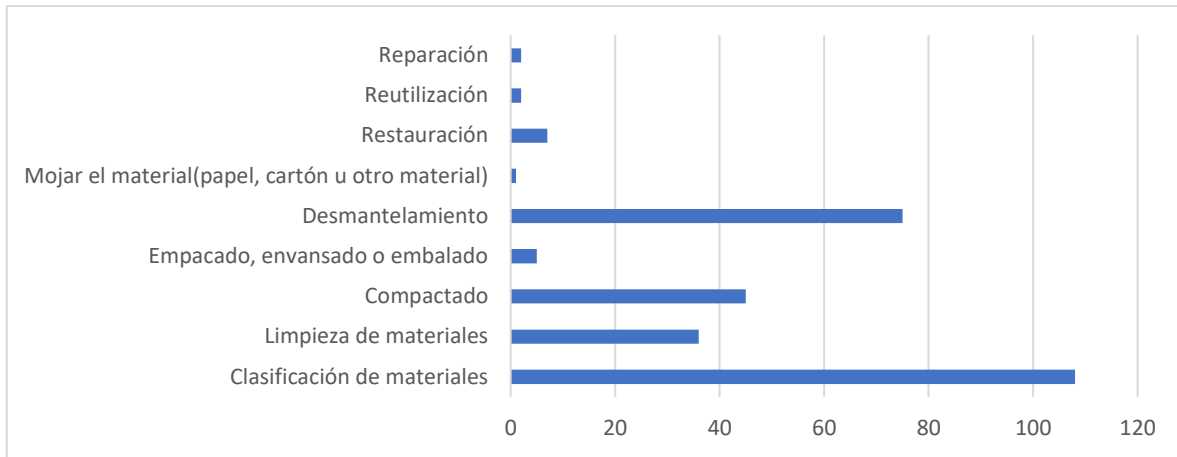
**Tabla 4.I.2.2.1.- Equipamiento en CA en Nezahualcóyotl**

Equipo	Unidades	Número de CA en que se observó	Promedio por CA	Costo del equipo
Báscula mecánica	297	86	3.45	\$3,000.00
Báscula de plataforma	6	3	2	\$9,000.00
Estantería	6	6	1	\$3,000.00
Báscula digital	1	1	1	\$6,000.00
Caja registradora	1	1	1	\$2,000.00
Racks	1	1	1	\$10,000.00
Otros muebles para almacena (gabinetes)	1	1	1	\$4,000.00
Prensa para compactación de residuos	1	1	1	\$12,000.00

Además de este equipamiento, no se observaron equipos tecnológicos para el desarrollo de la operación, tales como computadoras, tabletas, o incluso teléfonos móviles. Sólo en un CA se identificó una computadora para las operaciones administrativas.

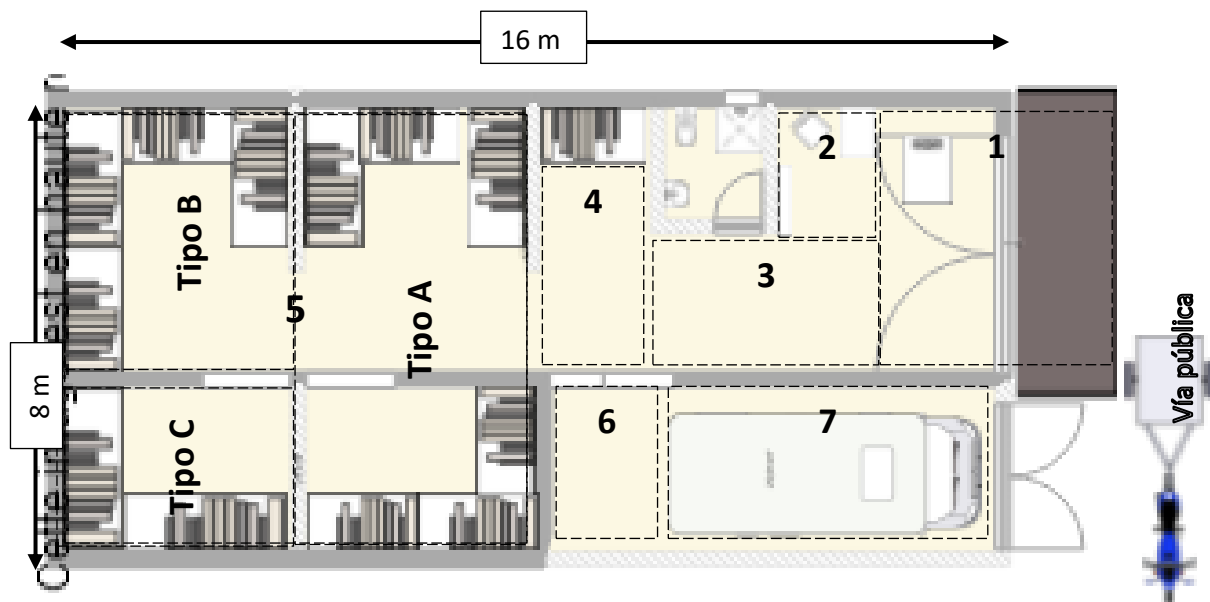
En el almacén de los CA no existen áreas diferenciadas para cada tipo de residuos, sólo en el 7% de los CA se observó alguna división para separar los distintos tipos de residuos. Tampoco se observó algún control para el registro de las entradas y salidas de los residuos acopiados, sólo en dos CA se observaron libretas en la zona de recepción para el registro de mercancía. Tampoco se observó algún tipo de resguardo en el almacén para evitar el robo de los residuos acopiados.

Además del almacenamiento temporal, los CA constituyen locaciones para el desarrollo de otras actividades que permiten preparar los materiales acopiados de los RSU para la operación de transporte. En la **Gráfica 4.I.2.2.4** se presentan las actividades adicionales que se llevan a cabo en los CA y su frecuencia de observación. Las actividades de clasificación, limpieza, compactado y embalado son para preparar los residuos para la operación de transporte, haciendo que el transporte sea más productivo. Por otra parte, la reparación, reutilización y restauración son actividades de valorización que permiten reintegrar el residuo al ciclo productivo. Sin embargo, las actividades que valorizan los residuos son las menos observadas en los CA. El desmantelamiento de los residuos, sobre todo el de equipos eléctricos y electrónicos es una de las actividades más frecuentemente observadas y las que representan un mayor riesgo de contaminación por metales pesados y otras sustancias tóxicas.



**Gráfica 4.I.2.2.4.-** Otras actividades que se realizan en los CA

A partir de todas las observaciones presentadas en esta sección, en la **Imagen 4.I.2.2.3** se muestra un *layout* idealizado para un CA con dimensiones de 16 m de fondo y 8 m de frente, 128 m<sup>2</sup> de superficie para las operaciones de almacenamiento temporal. Esta superficie es de tan sólo un 28% más del promedio observado en todos los CA de Nezahualcóyotl. Más adelante este *layout* se ocupa para analizar la operación de manejo de materiales.



**Imagen 4.I.2.2.3.-** Layout de un Centro de Acopio

**Fuente:** Elaboración propia en software *archifacile* ©.

**1.- Recepción y descarga.** Un 28% de los CA observados tienen un área bien definida para la descarga y recepción de materiales por parte de los recolectores, aunque la mayoría de las veces esta

área se encuentra en la vía pública. En esta zona del CA se colocan las básculas mecánicas para el pesaje del RSU.

**2.- Control administrativo.** Es el área en que se llevan las actividades de gestión del CA, entre ellas hacer el pago por los residuos que traen los recolectores. Un 82% de los CA tienen una zona bien definida dentro de CA para el desarrollo de estas actividades.

**3.- Selección y clasificación.** Es el área en que los RSU valorizables son inspeccionados para verificar su calidad y clasificarlos apropiadamente, dependiendo del tipo de material, color y condiciones. Sólo un 20% de los CA tienen una zona bien definida para la realización de estas actividades.

**4.- Compactado, empaque, embalaje o etiquetado.** Es el área en la que una hecha la compra de residuos al recolector, el material clasificado se compacta, manualmente o a través de una máquina, para reducir el volumen requerido para su almacenamiento. En algunas ocasiones se envasa en bolsas o sacos industriales para su posterior almacenamiento. El 78% de los CA observados tienen una zona bien definida para estas actividades.

**5.- Almacenamiento temporal.** Propiamente corresponde al área en que los residuos envasados o colocados a granel permanecen hasta su embarque. Si el área de almacenamiento está equipada con mobiliario como anaqueles, racks u otra estantería se dice que hay organización en el almacén. Un almacén organizado permite destinar áreas para productos A, B y C, tal como se identificó en la **Gráfica 4.11** y se muestra en la **Imagen 4.3**. Sólo el 9% de los CA tienen almacenes organizados.

**6.- Embarque.** Es el área del CA preparada para realizar la carga y descarga de los vehículos en que se transportarán los RSU valorizables, así como el embarque y desembarque de operadores. Un 85% de los CA tienen esta zona bien definida, aunque generalmente coincide con el área de recepción y descarga. Esta zona suele estar en vía pública y es la zona de mayor riesgo de accidente.

**7.- Estacionamiento o encierro de las unidades de transporte.** Es el área para resguardar las unidades de transporte utilizadas para ir a vender los RSU valorizados que se han acopiado. Un 85% de los CA tiene una zona destinada para el estacionamiento de la unidad, pero la mayoría de ellos lo hacen en la vía pública frente al CA.

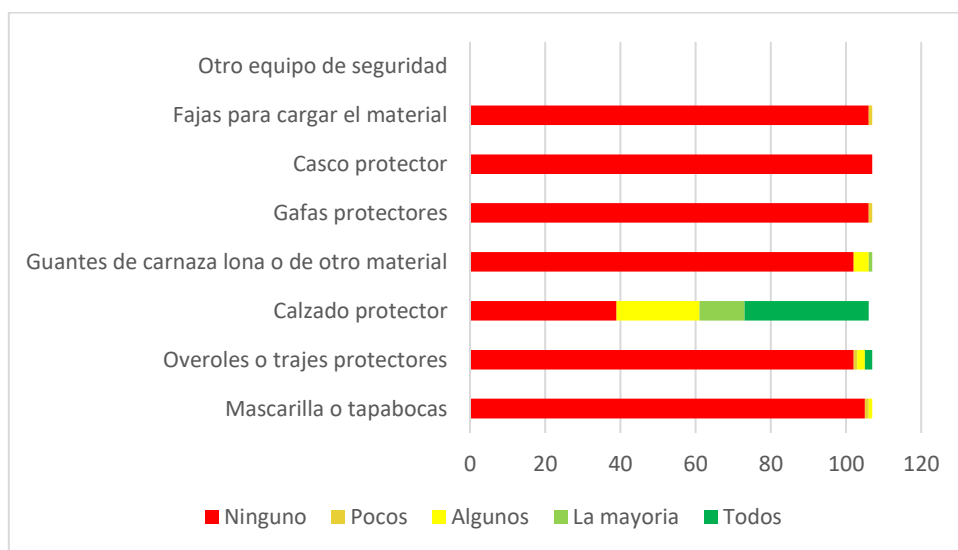
### **2.3 Impactos del almacenamiento temporal**

En esta sección se presentan los resultados de las observaciones registradas respecto de los impactos generados por las operaciones de almacenamiento temporal. Estos impactos se presentan en tres

grupos: seguridad e higiene del centro de trabajo, impactos al entorno natural y urbano, afectaciones a las vialidades y dispersión de partículas contaminantes.

a) Seguridad e higiene

La **Gráfica 4.I.2.3.1** es concluyente respecto del equipo de seguridad ocupado por los trabajadores de los CA en Nezahualcóyotl. Las observaciones indican que los trabajadores de CA no utilizan equipo de protección en su mayor parte. Las fajas para cargar material, cascos protectores y gafas son equipos de seguridad no observados más que en un par de trabajadores. Los overoles o trajes protectores, así como los guantes de carnaza, lona o algún otro material son poco utilizados en las actividades de los CA. El único equipo de seguridad que portan los trabajadores regularmente es el calzado protector. Esta falta de uso de equipo de protección por parte de los trabajadores incrementa el riesgo de trabajo en los CA y expone a los trabajadores a diversas afectaciones a la salud. En la segunda sección de este capítulo, se discuten las implicaciones a la salud de los recolectores por no usar equipo de protección. Estas afectaciones también aplican a los trabajadores de CA. El escaso uso de tapabocas y mascarillas observado en el año del levantamiento tiene fuertes implicaciones en la prevención de infecciones por COVID-19.



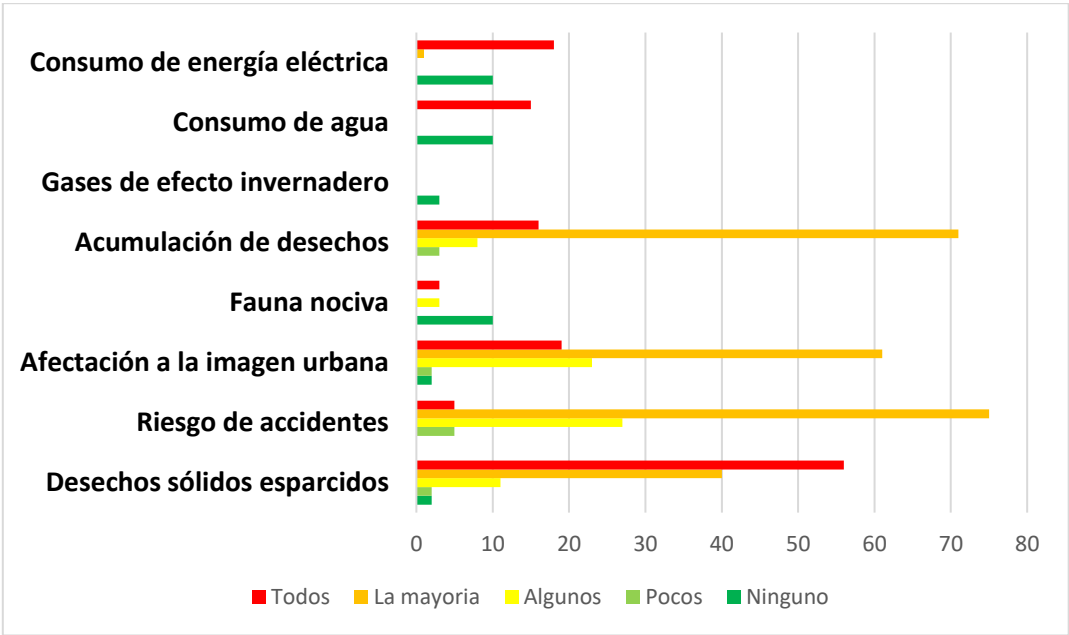
**Gráfica 4.I.2.3.1.** Seguridad e higiene en CA de Nezahualcóyotl

b) Impactos al entorno natural y urbano

En esta categoría de impactos se incluyen aquellas observaciones que afectan directamente las condiciones del entorno natural y urbano. En esta sección se presentan los registros de las modificaciones del entorno natural y urbano ocasionada por las actividades de los CA. El aprovechamiento de recursos naturales, sean renovables o no renovables, constituye un impacto directo al entorno natural, este impacto en CA se registró a partir del consumo de energía eléctrica y

agua observados. Otro tipo de impactos es la contaminación de aire suelo y agua, para observar este impacto se incluyeron los ítems de gases de efecto invernadero, acumulación de desechos y desechos sólidos esparcidos. Es natural que la acumulación y esparcimiento de desechos sólidos en las inmediaciones de los CA sea una constante, puesto que muchos materiales valorizables de los RSU acopiados se desechan por no cumplir con las condiciones de calidad requeridas para su comercialización.

De esta forma, la acumulación de desechos no se refiere al acopio de materiales valorizables de los RSU, sino a los materiales que se desechan por no cumplir con las condiciones de calidad requeridas por los valorizadores. Un ejemplo comúnmente observado es el de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos, los cuales son desmantelados para obtener materiales como cobre, aluminio, acero y otros metales valiosos. Una vez que los materiales valiosos se obtienen mediante esta forma de minería urbana, los desechos de la actividad se acumulan en la vía pública hasta que sean recogidos por los servicios de limpieza municipal. En estas actividades de desmantelamiento es común que se dispersen desechos en la vía pública, generándose polvos de partículas de plástico, metales pesados y sustancias tóxicas como el refrigerante llamado HFC.



**Gráfica 4.I.2.3.2.** Impactos al entorno natural y urbano derivados de las actividades en CA

En la **Gráfica 4.I.2.3.2** se presentan los resultados de las observaciones sobre los impactos generados en el medio natural y urbano. En los párrafos anteriores se habló de los impactos al entorno natural, cuyas observaciones se muestran en la **Gráfica 4.I.2.3.2**. Además, se muestran los impactos al



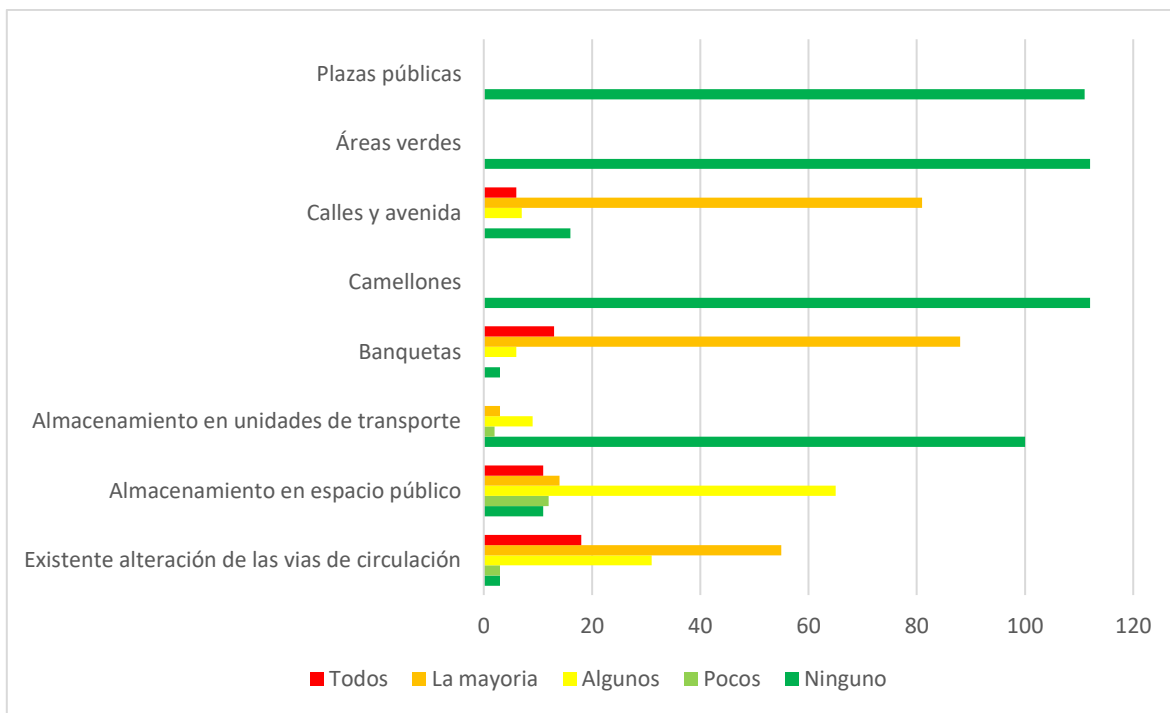
entorno urbano, particularmente las afectaciones a la imagen urbana, los riesgos de accidente y los desechos sólidos esparcidos. Como puede corroborarse en la gráfica, estos impactos son significativos en los CA.

c) Apropiación del espacio público

A decir de Torres (2009) la apropiación del espacio público es fenómeno se realiza a través de operaciones en donde se manipulan líneas, puntos y redes sobre una determinada superficie, esta apropiación del espacio público se da en función de imperativos económicos. Esta descripción es clara para la apropiación que hacen los acopiadores sobre el espacio público. Los propietarios de CA en Nezahualcóyotl realizan parte importante de sus actividades en el espacio público, obteniendo un usufructo de ello, haciendo del espacio público una extensión de su CA. De esta manera los acopiadores se apropian de calles, avenidas, camellones, áreas verdes y banquetas para obtener un beneficio económico por su uso.

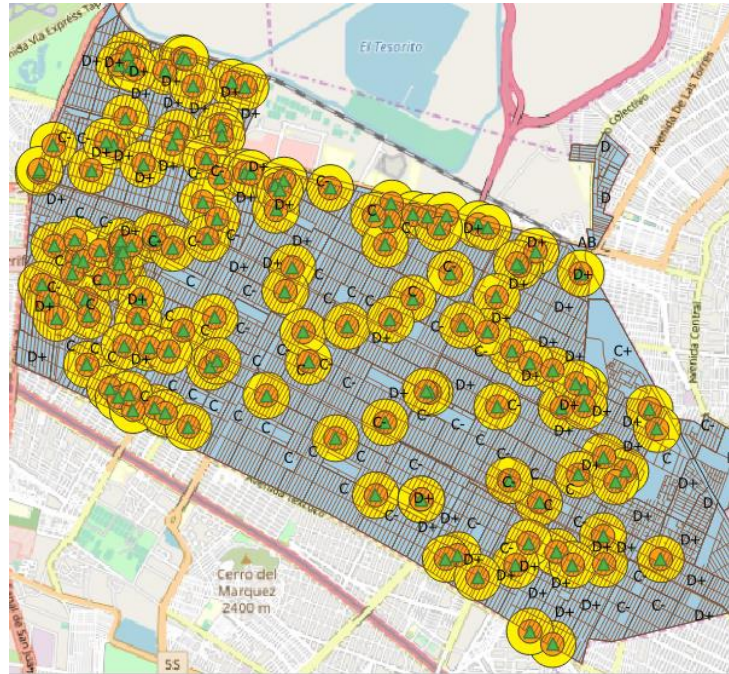
Esta apropiación del espacio público que hacen los acopiadores tiene fuertes implicaciones sociales. A decir de Torres (2009), las apropiaciones del espacio público frenan los procesos de generación identidades locales en un territorio, impiden la valorización que hacen los grupos sociales del espacio y su reafirmación cultural; es en estos espacios como plazas, calles, plazoletas o jardines, donde los actores sociales urbanos crean sentimientos de pertenencia. De esta manera, despojar a la comunidad del espacio público para hacer usufructo de él, limita la generación de identidad en las personas que viven cerca de un CA o CT.

En la **Gráfica 4.I.2.3.3** se muestran los ítems de los cuestionarios relacionados con la apropiación del espacio público y las afectaciones ocasionadas por las actividades de los CA en Nezahualcóyotl. La **Gráfica 4.I.2.3.3** intenta hacer notar que es común que se ocupen banquetas, calles y avenidas para almacenar temporalmente materiales valorizables de los RSU. Un total de 4097 m<sup>2</sup> de banquetas, calles y avenida eran ocupados para el almacenamiento temporal los RSU acopiados, 117 m<sup>2</sup> de calles y avenidas eran ocupadas por vehículos de transporte estacionados permanentemente en ellas, usados como almacenes de los CA.



**Gráfica 4.I.2.3.3.** Impactos al entorno natural y urbano derivados de las actividades en CA

Otro impacto que no fue observado en los CA, pero que se puede calcular a partir de los datos de localización, es la deposición de partículas contaminantes y agentes infecciosos. La deposición es el proceso por el cual sustancias químicas, tales como partículas contaminantes, son transferidas de la atmósfera a la superficie de áreas urbanas como calles, avenidas, etc. La contaminación atmosférica afecta a las ciudades por medio de gases y aerosoles atmosféricos o material particulado, algunos de ellos tienen su origen en los RSU y tienen impacto sobre la salud humana, los ecosistemas, la visibilidad y la infraestructura, y con consecuencias económicas y sociales. La deposición de material particulado es una de las fuentes de la contaminación urbana. A decir de la Rosa y Ullán (2002) las bacterias y virus llegan a tener un radio de 3.5 a 12 m de depositarse. Por su parte los polvos, incluidos los metales pesados volatizados por las actividades de desmantelamiento de residuos eléctricos y electrónicos, tienen un radio de deposición de entre 150 y 300 metros (Díaz Hernández, Miranda Hernández, 2007). A partir de estos datos, en el **Mapa 4.I.2.3** se muestra la deposición de estos materiales particulados y la afectación que podrían provocar en la población que habita en las inmediaciones de los CA. Un total de 76 mil 889 metros cuadrados en el municipio están expuestos a la propagación de virus y bacterias, en ellos habitaban cerca de mil 420 personas. Respecto de la dispersión de polvos la superficie afectada en el municipio es de 19 kilómetros cuadrados, 573 mil 822 personas habitaban en la superficie afectada, casi la mitad de la población del municipio.



**Mapa 4.I.2.3.-** Radio de deposición de material particulado de los RSU valorizables en Nezahualcóyotl

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

### **3.- El transporte de RSU valorizables en Nezahualcóyotl**

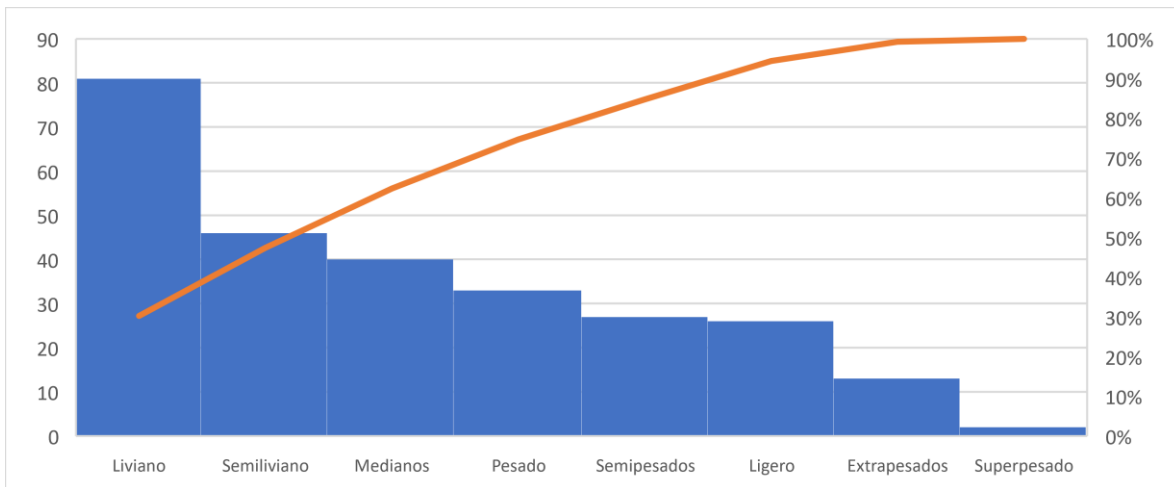
#### **3.1 Agentes que participan**

El transporte de los materiales valorizables de los RSU es una operación fundamental dentro de la fase de adquisición en CSI. Esta operación se concentra en el desplazamiento de los materiales valorizables de los RSU en el interior del municipio se da desde los CA, que constituyen el origen de su viaje, hasta los CT o puntos de valorización, destino del viaje.

Un total de 268 agentes transportistas de RSU valorizables fueron identificados en Nezahualcóyotl, en las inmediaciones de los CA. Esta cifra representa 2.3 veces más que el número de camiones recolectores que tiene el gobierno municipal para el manejo de RSU en Nezahualcóyotl, demostrándose que la intensidad de las operaciones de transporte es mayor para la red privada de acopiadores que para el sistema de gestión público. Este número de transportistas es significativo, no sólo para los RSU, sino para las actividades de autotransporte de carga. Un aproximado de 5 mil 832 vehículos de motor son camiones y camionetas de carga que operan principalmente en Nezahualcóyotl. El 4.6 % de ellos está siendo ocupado para el transporte de RSU valorizables.

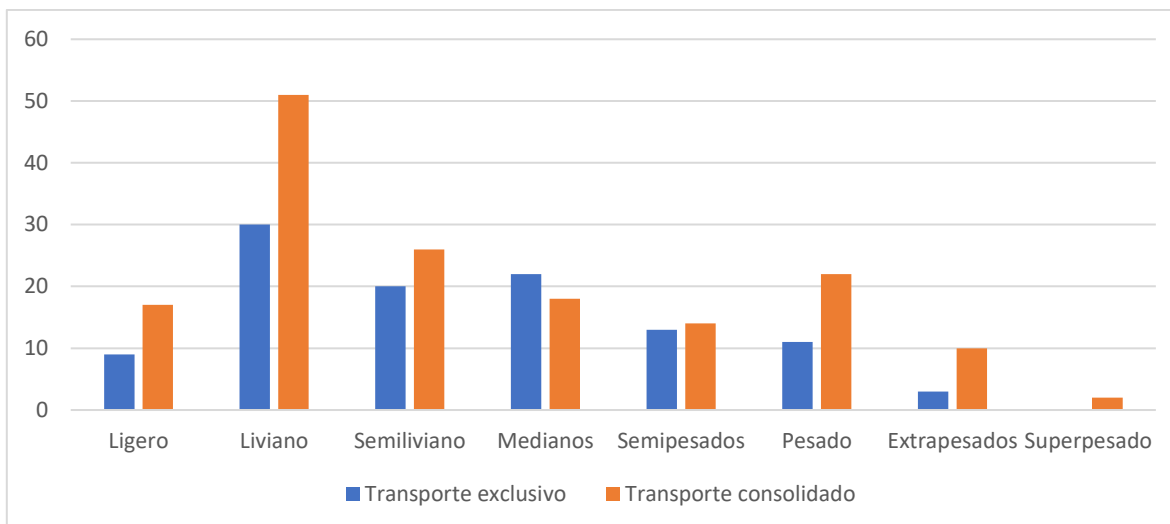
Los agentes transportistas fueron clasificados conforme a la capacidad de carga del vehículo utilizado. La clasificación vehicular ocupada es la siguiente: ligero (hasta 2.5 t), liviano (2.5-3.5 t), semi liviano

(3.5-4.5 t), medianos (4.5-5.5 t), semipesado (5.5-7.5 t), pesado (7.5-9 t), extrapesado (9-40t), superpesado (más de 40 t). En la **Gráfica 4.21** se muestran los resultados de un análisis de Pareto sobre los tipos de vehículos más ocupados para el transporte de materiales valorizables de los RSU. Se identificó que son los vehículos de carga livianos, de 2.5 a 3.5 toneladas, los más utilizados para mover la carga de RSU valorizables en el municipio. Le siguen los semi livianos, medianos y pesados. Estos cuatro tipos de vehículos mueven cerca del 80% de la carga de RSU en el municipio.



**Gráfica 4.I.3.1.1.-** Análisis de Pareto de los vehículos ocupados para el transporte de RSU valorizables en Nezahualcóyotl

En el municipio se observaron dos tipos de operación de transporte: transporte exclusivo y transporte consolidado. La **Gráfica 4.I.3.1.1** muestra el número de servicios exclusivos y consolidados observados por tipo de vehículo. El servicio de transporte exclusivo o de carga completa es un tipo de carga que sólo contiene mercancías de un tipo y destinado a una empresa en particular. Para el caso del transporte de RSU valorizables el servicio la carga exclusiva se refiere al transporte de un único tipo de RSU valorizable que tiene por origen el CA y por destino los puntos de valorización o los CT. Este tipo de transporte representa el 40% de los servicios observados y es más común que se presente en vehículos de baja y mediana capacidad. Para el servicio de carga completa se asume que no hay paradas y sólo pocos puntos de contacto, por incluir un solo destino, lo suele ser menos costoso. Además, tiene como ventajas que: el residuo solo se manipula en su carga y descarga (no hay el reacomodo presente en el servicio consolidado); es más rápido pues no hay trasbordos; hay mayor capacidad de carga y posibilidad de homogenizar la carga; evita contaminación del material por otro tipo de residuos. Estas ventajas, asociadas al tipo de vehículo observado en la **Gráfica 4.I.3.1.1** permiten establecer que el servicio exclusivo de transporte se vuelve más ágil y eficaz para mover la carga de RSU valorizables en el municipio.



**Gráfica 4.I.3.1.2.** Modalidad de servicio de transporte por tipo de vehículo en Nezahualcóyotl

Por otro lado, el transporte de carga consolidada, que es aquél que permite enviar mercancía de varios consignatarios, en un sólo camión o vehículo, permite reducir los costos de transporte. Es uno de los servicios con mayor recurrencia en el municipio, 60% de las observaciones (ver **Gráfica 4.I.3.1.2**), ya que hace más eficientes las operaciones de transporte. que comparten el espacio y los costos del transporte según su mercancía. Al realizar diferentes entregas de RSU valorizables dentro de una sola ruta, las unidades se detienen varias veces para descargar su contenido y reacomodar la carga, esto hace que la red se demore. La carga consolidada de RSU valorizables permite aumentar la utilización del vehículo, lo que explica que sea la modalidad de servicio que domina en vehículos de alta capacidad (ver **Gráfica 4.I.3.1.2**). El servicio consolidado permite envíos recurrentes, acortando el ciclo de almacenamiento, reduce el inventario de mercancías de lento movimiento y gastos de almacenaje, con lo que los acopiadores pueden incrementar su rotación de inventarios. Este último punto también explica la utilización del servicio consolidado en vehículos de baja y mediana capacidad. Finalmente, el servicio consolidado de transporte de RSU valorizables en Nezahualcóyotl también reafirma que las redes de adquisición no son exclusivas de un tipo de RSU, pues como ha presentado, recolectores, acopiadores y transportistas están enfocados a más de un tipo de RSU.

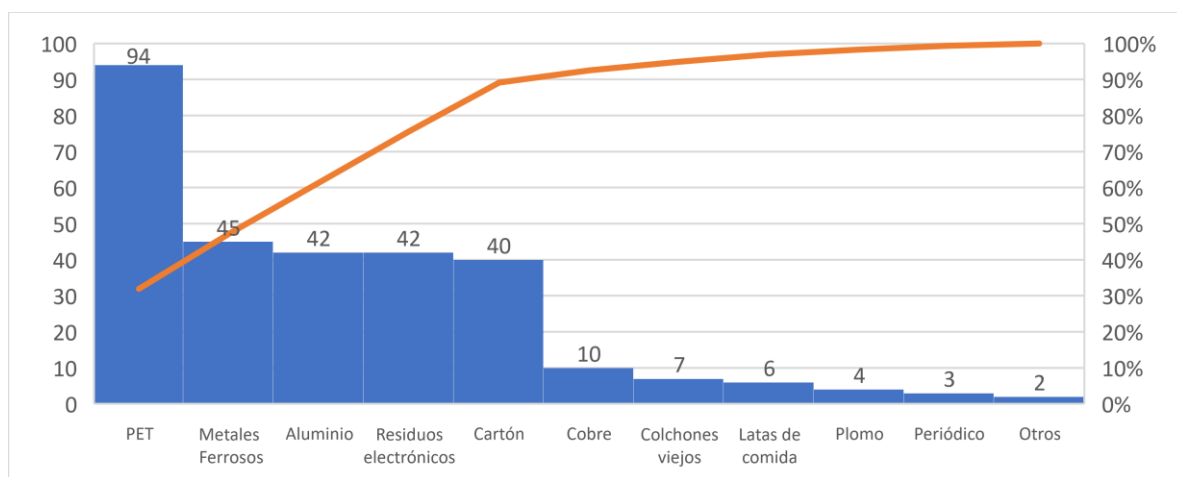
En la **Tabla 4.I.3.1** se muestra el grupo social al que pertenecen los transportistas observados en Nezahualcóyotl. Como se ha confirmado para las operaciones de recolección y almacenamiento temporal, los individuos varones de entre 18 y 60 años son los que más participación tienen en las operaciones de transporte, con el 90% de las observaciones hechas. Mujeres en el mismo rango de edad participan en el 4%. Respecto de la participación de grupos sociales vulnerables en las

operaciones de transporte como niños, adultos mayores y personas con discapacidad, su participación es reducida. Un 5% de los individuos identificados en las actividades de transporte eran varones menores de edad y un 1% adultos mayores, también varones.

**Tabla 4.I.3.1.-** Grupo sociales a los que pertenecen los transportistas observados en Nezahualcóyotl

Grupos vulnerables	Niños	M	5%
		F	0%
	Adultos mayores	M	1%
		F	0%
	Discapacidad	M	0%
		F	0%
No vulnerable	18-60 años	M	89%
		F	4%

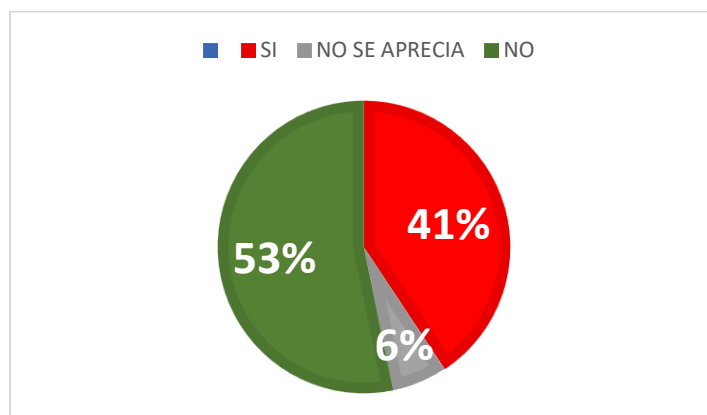
Respecto del giro o residuo al que se enfocan los transportistas identificados, no se puede hablar de una especialización. Sin embargo, hay materiales de los RSU que se transportan más que otros. En la **Gráfica 4.I.3.1.3** se presentan los RSU valorizables que se encontraban en las unidades de transporte observadas. Como puede apreciarse, el PET es el material valorizable más transportado en Nezahualcóyotl, este material tiene casi el doble de observaciones que los metales ferrosos, el segundo RSU valorizable más observado. El aluminio y los residuos eléctricos y electrónicos son el tercer material más transportado. Estos cuatro residuos, junto con el cartón, constituyen los RSU valorizables más importantes, Tipo A, que producen el 90% del tráfico de residuos en Nezahualcóyotl. Otros residuos en conjunto producen el 10% de los viajes, y salvo los colchones viejos, la mayoría de esos otros residuos se transportan de forma consolidada.



**Gráfica 4.I.3.1.3.** Gráfica de Pareto de los RSU valorizables que se transportan en Nezahualcóyotl

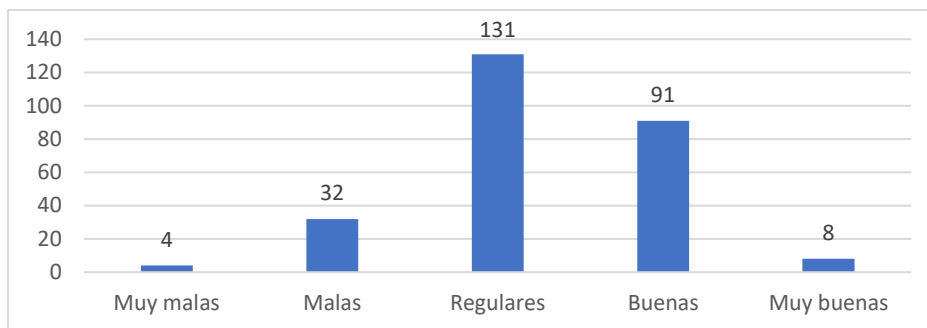
### 3.2 Condiciones del transporte de RSU

El Plan de Manejo es el instrumento de gestión integral de los residuos sólidos, que contiene el conjunto de acciones, procedimientos y para facilitar el acopio y las disposiciones de productos de consumo que al desecharse se conviertan en residuos sólidos (SEDEMA, 2016). Este plan de manejo es obligatorio en la CdMx para aquellas empresas, organizaciones e instituciones que generen más de 50kg diarios de RSU, o generen residuos de manejo especial o peligrosos. Por la NADF 024 (2013) todos los vehículos de carga que circulen por la CdMx y que transporte residuos sólidos, deberán estar inscritos a un Plan de Manejo de residuos y portar un cartel en el que se identifiquen los datos de dicho plan. Por la cercanía de Nezahualcóyotl con la CdMx se esperaría que todos los vehículos de carga de residuos portaran el cartel con el plan de manejo. Sin embargo, como se observa en la **Gráfica 4.I.3.2.1**, un 41% de los vehículos observados para transportar RSU en Nezahualcóyotl no forman parte o no están registrados en un plan de manejo de residuos sólidos.



**Gráfica 4.I.3.2.1.** Vehículos que forman parte de un plan de manejo de residuos sólidos

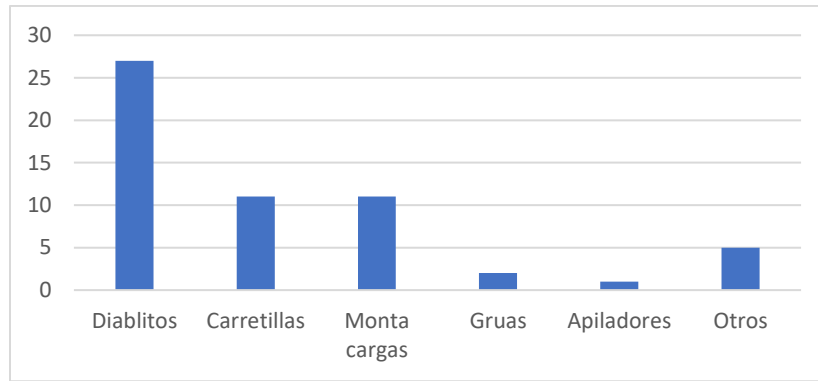
Uno de los factores que intervienen directamente en los accidentes de tránsito son las condiciones físico-mecánicas en las que se encuentra el vehículo. En ello radica la importancia de haber hecho una inspección de las condiciones físicas de los vehículos ocupados para el transporte de RSU valorizables en Nezahualcóyotl. La inspección consistió en la revisión de algunos de los componentes del vehículo que garantice la seguridad del conductor y los ocupantes al trasladarse. Para hacer la inspección se ocupó una técnica llamada de “cronos”, la cual menciona que debe observarse el vehículo desde la puerta del conductor haciendo un recorrido a favor de las manecillas del reloj hasta regresar al punto de inicio. Esto se realizó siempre que los registros fotográficos lo permitieron. La **Gráfica 4.I.3.2.2** permite visualizar las observaciones respecto de las condiciones físicas de los vehículos realizadas con dicha técnica. Debe señalarse, por ejemplo, que, como resultado de la inspección, cerca del 30% de los vehículos no portaban placas, calcomanía de verificación vehicular o engomado.



**Gráfica 4.I.3.2.2.-** Condiciones físicas de los vehículos ocupados para el transporte de RSU valorizables en Nezahualcóyotl

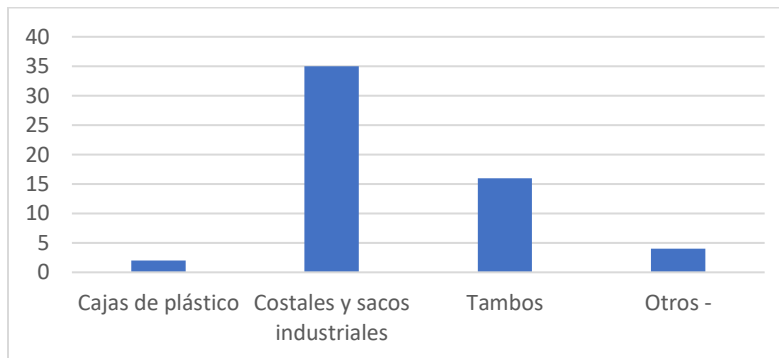
Las actividades de carga y descarga de los vehículos ocupados para el transporte de RSU valorizables forman parte del ciclo operativo del mismo y por tanto son determinantes de sus condiciones. La rapidez y seguridad con que se desarrollan las actividades de carga y descarga afectan la productividad de la operación de transporte. Por otro lado, se sabe que la carga, transporte y descarga de materiales es una de las principales causas de lesiones musculoesqueléticas de los trabajadores manuales. Por ello las observaciones presentadas en la **Gráfica 4.I.3.2.3** son relevantes en la caracterización de la operación del transporte de RSU valorizables en Nezahualcóyotl. El 56 % de los transportistas observados realizan las actividades de carga y descarga de forma manual, lo que aumenta el riesgo de accidente para los trabajadores de esta actividad, también alarga el ciclo operativo del transporte reduciendo la productividad de este. De los 57 transportistas que realizan las actividades de carga y descarga apoyados con algún tipo de equipamiento, la mayoría ocupa equipos de bajo costo como carretillas y diablitos (ver **Gráfica 4.I.3.2.3**). Aunque sean equipos de bajo costo, los diablitos y carretillas agilizan el trabajo de carga y descarga, incrementan la productividad de los vehículos al reducir el tiempo del ciclo operativo y reducen los riesgos de lesión para los trabajadores. Para los transportistas que se apoyaban de equipo de mayor costo como montacargas y grúas (ver **Gráfica 4.I.3.2.3**) para cargar o descargar los RSU valorizables, debe señalarse que dichos equipos pertenecían a los acopiadores y no a los transportistas.





**Gráfica 4.I.3.2.3.** Equipo de apoyo para las actividades de carga y descarga de vehículos que transportan RSU valorizables en Nezahualcóyotl

Para acomodar la carga en el interior de los vehículos se observó que los transportistas utilizan distintos materiales para embalar los RSU valorizables y de esa manera aprovechar mejor el espacio disponible en los vehículos. Estos materiales se muestran en la **Gráfica 4.I.3.2.4**. Esta práctica de embalar los materiales que se transportan incrementa la productividad de la operación del transporte al aumentar la carga transportada en el vehículo. El embalaje también sirve para proteger el producto o conjunto de productos durante las operaciones de transporte, sin que se deterioren. El embalado también sirve para evitar que los RSU valorizables se revuelvan o mezclen, si hablamos del servicio consolidado. Pese a las ventajas que tiene el embalaje de los RSU, es una práctica de carácter logístico ocupada sólo por el 44% de los transportistas observados.



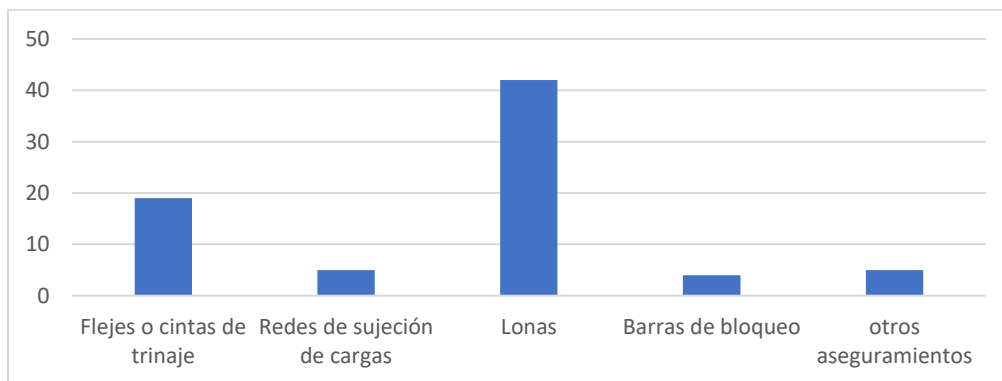
**Gráfica 4.I.3.2.4.-** Materiales ocupados para embalar RSU valorizables que se transportan en Nezahualcóyotl

Los materiales ocupados para el embalaje de los RSU valorizables que se transportan en Nezahualcóyotl se muestran en la **Gráfica 4.I.3.2.4**. Los costales y sacos industriales ocupados por los transportistas son los materiales más ocupados por los transportistas para embalar los RSU que transportan. Los sacos industriales dan mucha flexibilidad en cuanto al volumen de carga, son

resistentes y ayudan al manejo de la carga y descarga. El uso de tambos también es significativo, estos contenedores rígidos protegen a los RSU de impactos, aplastamientos y contaminación, por supuesto que evita la dispersión del material y su mezcla. Pese a la sencillez de los materiales ocupados en el embalado de RSU para su transportación, estos materiales ayudan a incrementar la productividad de los vehículos, agilizan las actividades de carga y descarga, facilita el manejo de materiales, entre otras ventajas.

En la operación de transporte no se encontró evidencia del uso de tecnologías de la información y comunicación ocupadas para la operación de transporte. No se observó el uso de teléfonos inteligentes, computadoras, tabletas o sistemas de posicionamiento global, lo que demuestra el bajo nivel tecnológico de las operaciones de transporte en Nezahualcóyotl.

Otra actividad importante en el transporte es el aseguramiento de la carga. Esta actividad se refiere al aseguramiento de los RSU valorizables contra las fuerzas físicas del movimiento que se producen durante el transporte. Asegurar los RSU durante el traslado incrementa la seguridad del transporte al evitar el desplazamiento de la carga. Las fuerzas que pueden ocasionar un desplazamiento de la carga se producen cuando se acelera hacia atrás, cuando se frena en la dirección de marcha (inercia de la masa), cuando se conduce por curvas hacia los lados (fuerza centrífuga vs. fuerza centrípeta) y verticalmente en carreteras irregulares (gravedad). Estas fuerzas incrementan la probabilidad de accidentes si hay una fijación insuficiente o incorrecta de la carga. En la **Gráfica 4.I.3.2.5** se muestran los aditamentos ocupados por los transportistas para el aseguramiento de la carga. Las lonas son el más frecuente de los aditamentos para asegurar la carga, pero ofrece una baja protección por ser un elemento de baja resistencia al desgarre. Los aditamentos más reforzados como los flejes o cintas de trillaje sólo están presentes en 19 casos. Otros elementos de lata especialización como las redes de sujeción de carga y las barras de bloqueo se presentan en pocos casos.



**Gráfica 4.I.3.2.5.** Aditamentos ocupados por los transportistas para el aseguramiento de la carga

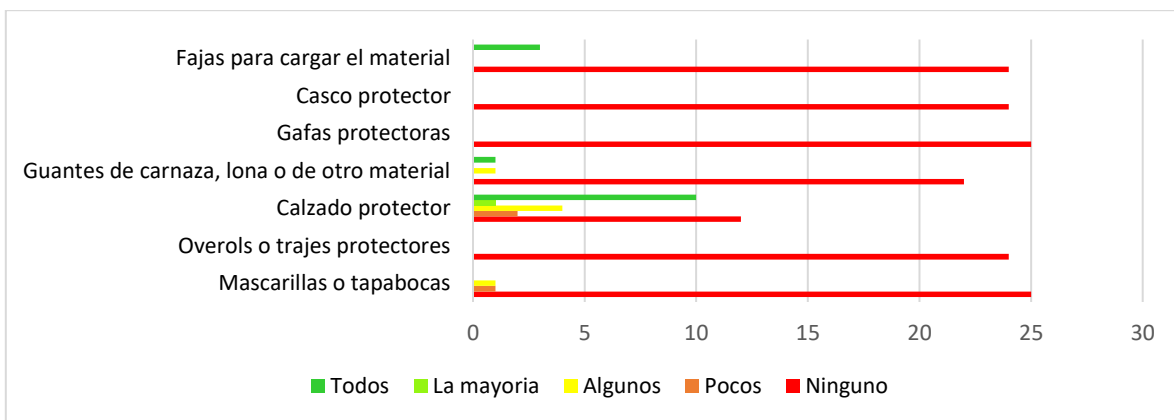
El aseguramiento de la carga es una de las prácticas más observadas en los transportistas de RSU valorizables, pues fue registrada en el 60% de los casos. Sin embargo, dicho aseguramiento debería estar presente en el 100%, pues constituye una norma de seguridad en el transporte de carga. El no cumplimiento de este punto incrementa el riesgo de accidente, tanto del transportista como del entorno en que se desplaza.

### 3.3 Impactos del transporte

En esta sección se presentan los resultados de las observaciones registradas respecto de los impactos generados por las operaciones de transporte. Estos impactos se presentan en tres grupos: seguridad e higiene del centro de trabajo, impactos al entorno natural y urbano, afectaciones a las vialidades y dispersión de partículas contaminantes.

#### a) Seguridad e higiene

Como se comentó en la sección de condiciones del transporte, las actividades de carga y descarga de vehículos constituye una de las actividades de mayor riesgo para los trabajadores del transporte. Este riesgo se incrementa si además no se ocupa el equipo necesario para ello, tal como fajas para cargar el material y calzado protector. Por ejemplo, en los casos observados sólo en tres casos se observó que todos los trabajadores portaban faja para cargar o descargar los vehículos (ver **Gráfica 4.I.3.3.1**). La gráfica muestra el uso de equipo de protección para los trabajadores del transporte observados. La gráfica intenta hacer notar que lo más común es que ningún de los trabajadores porten equipos de protección como cascos, gafas protectoras, overoles o trajes protectores, mascarillas o tapabocas.

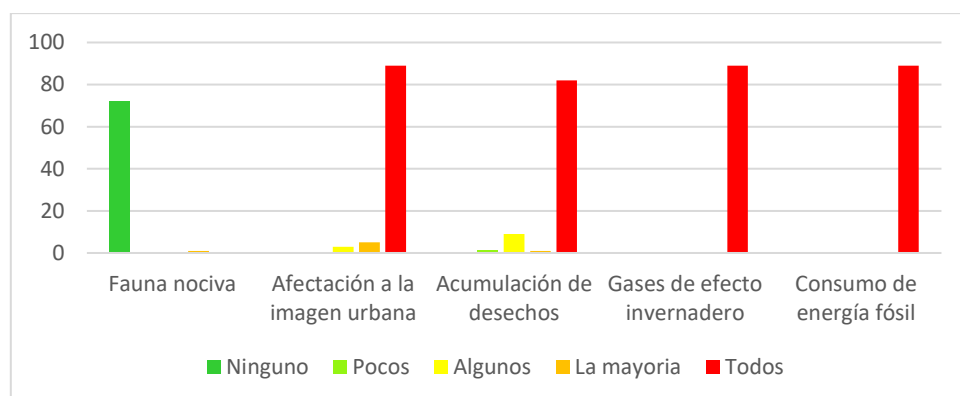


**Gráfica 4.I.3.3.1.-** Aditamentos ocupados por los transportistas para el aseguramiento de la carga

Los equipos de protección para manos y pies son los que se observan en más ocasiones, sin que sea significativo su número. El uso de guantes de carnaza o lona se observó en un par de casos, mientras que el uso de calzado protector se identificó en casi la mitad de los casos.

### b) Impactos al entorno urbano

El transporte de carga es una de las actividades que ocasionan mayor contaminación atmosférica en áreas urbanas. Esta contaminación está asociada a la liberación de gases de efecto invernadero derivados del uso de combustibles fósiles. Estos impactos pueden observarse en la **Gráfica 4.I.3.3.2**, la generación de gases de efecto invernadero y el uso de combustibles fósiles está marcado en la mayoría de las observaciones hechas. Estos gases, principalmente los de origen carbónico, han contribuido al calentamiento global y la modificación del clima en el planeta. Las zonas urbanas están expuestas a las consecuencias del cambio climático por el estrés causado por el intenso calor, las precipitaciones extremas e inundaciones, entre otras. De esta manera el entorno natural se ve afectado por el uso de combustibles fósiles en el transporte de RSU valorizables y la generación de GEI. La generación de estos gases se incrementa por las condiciones físicas y mecánicas de los vehículos empleados en el transporte, que como se vio son condiciones regulares. Vehículos más viejos y en malas condiciones son más contaminantes. Algo que caracteriza al transporte de RSU valorizables es que los vehículos empleados no son de modelos recientes, por lo que se espera mayor generación de GEI.



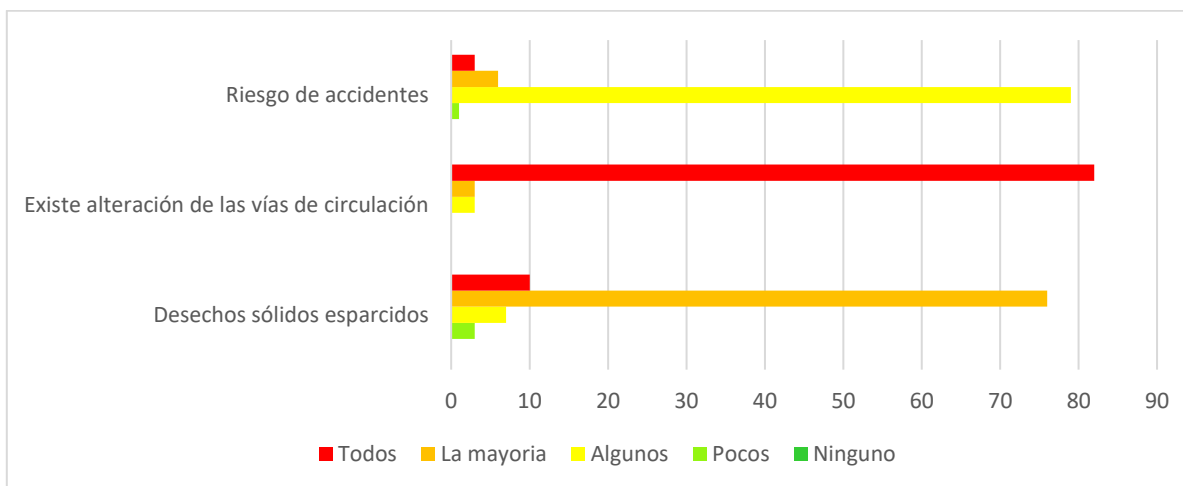
**Gráfica 4.I.3.3.2.** Impactos al entorno natural y urbano ocasionados por las operaciones de transporte en Nezahualcóyotl

Otros de los impactos ocasionados en el entorno natural y urbano, es la acumulación de desechos ocasionada de las actividades de carga y descarga que se realizan principalmente en la vía pública. Esta acumulación de desechos afecta la imagen del espacio urbano, al igual que se discutió en la operación de los CA.

### c) Afectaciones a las vialidades y dispersión de partículas contaminantes

La **Gráfica 4.I.3.3.3** presentan los resultados de las observaciones registradas en los cuestionarios respecto de las afectaciones a las vialidades y la dispersión de partículas contaminantes. El riesgo de

accidente es observado en algunos casos de transportistas, principalmente por la ausencia en el uso de aditamentos para el aseguramiento de la carga, como ya se había comentado. Estos riesgos de accidente se presentan tanto en las inmediaciones de los CA, donde se realizan las actividades de carga y descarga, como en las vialidades ocupadas por las rutas de transporte de RSU valorizables. Las alteraciones en las vías de circulación se presentan en casi todos los casos observados, pues los vehículos suelen obstruir un carril de las vías de circulación durante la carga y descarga. También son estacionados en las inmediaciones de los CA hasta que se requiera de un servicio.



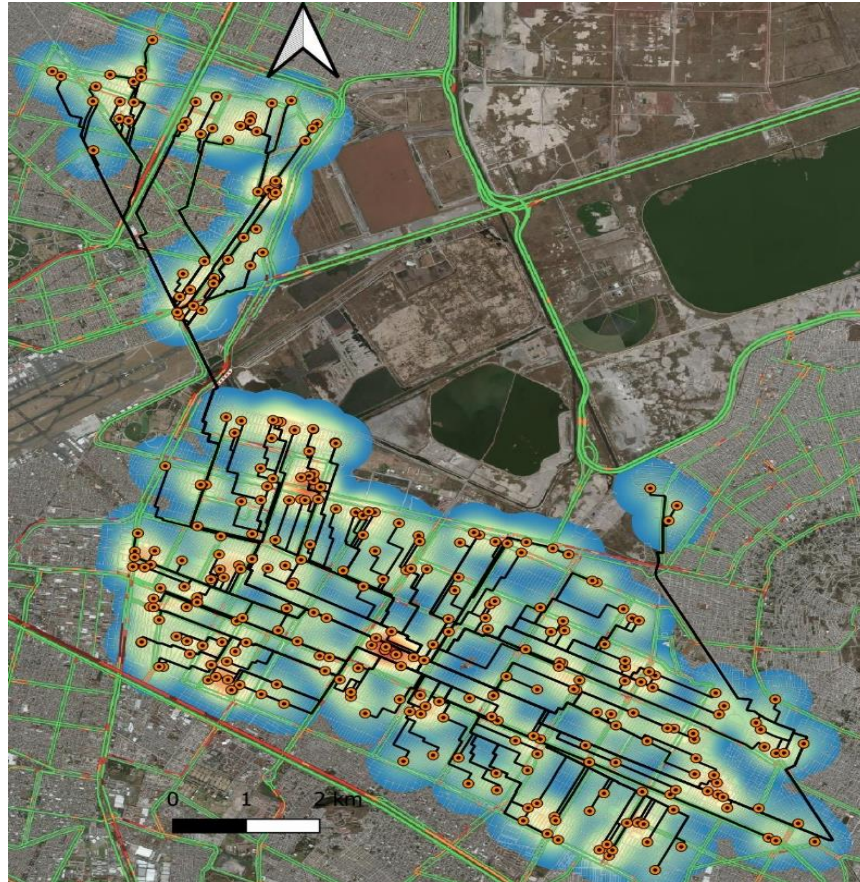
**Gráfica 4.I.3.3.** Afectaciones a las vialidades y dispersión de partículas contaminantes en Nezahualcóyotl

La dispersión de los RSU valorizables durante su transporte podría ser algo común ante la evidencia encontrada. La ausencia de aditamentos para el aseguramiento de la carga en el 40% de los transportistas permite inferir que la carga de RSU se desplazará en el interior de la caja de carga del vehículo durante la transportación. Parte de estos materiales podrán salir del vehículo y dispersarse en la vía pública, incrementando la contaminación por residuos sólidos del municipio. Esta dispersión de RSU valorizables se dará en las vialidades que forman parte del tráfico de residuos en el municipio.

Así mismo, el riesgo de accidente por el desplazamiento de la carga en los vehículos también es palpable por el escaso uso de aditamentos para el aseguramiento de la carga. Las rutas que siguen estos vehículos, mostradas en el **Mapa 4.I.3.3**, constituyen vialidades con mayor riesgo de accidente por el tráfico de RSU en Nezahualcóyotl.

En el **Mapa 4.I.3.3** se muestran la superficie afectada por la dispersión de RSU valorizables derivada tanto de las actividades de transporte como por el almacenamiento temporal en CA. Los puntos negros en el mapa representan la localización de CA en el municipio. A cada CA le circula en color naranja, la superficie de almacenamiento temporal en vía pública, de la que se apropian los acopiadores en

promedio. Estas zonas naranjas hay dispersión de RSU observada. Las vialidades remarcadas en color negro pertenecen a las rutas de transporte modeladas en QGIS bajo un algoritmo de distancia más corta entre CA y CT. Bajo el supuesto de que los transportistas buscan la distancia más corta, las vialidades remarcadas en negro conformar las rutas que siguen los vehículos que transportan RSU valorizables en Nezahualcóyotl.

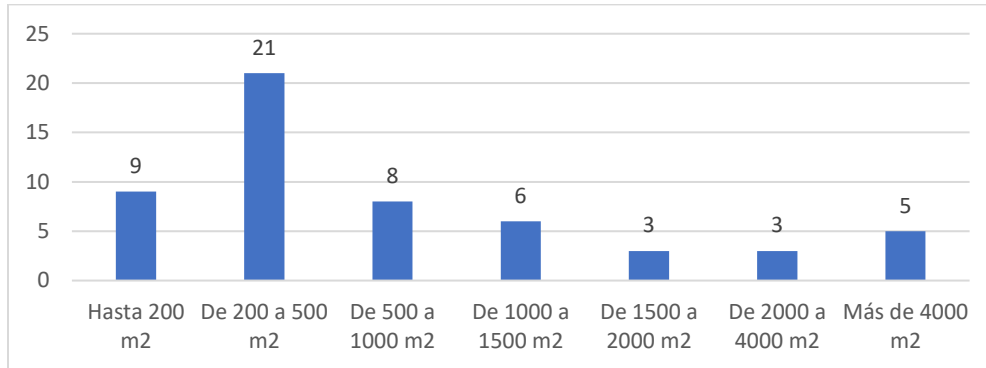


**Mapa 4.I.3.3.-** Tráfico de RSU valorizables en Nezahualcóyotl  
**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

Las líneas negras en el **Mapa 4.I.3.3** representan líneas de dispersión de RSU valorizables por la falta de aseguramiento de la carga en los vehículos que transportan residuos. Tanto los puntos como las líneas negras son fuente de dispersión de RSU en Nezahualcóyotl. El mapa de calor sobre el que se ponen los puntos y líneas negras es un bosquejo de la intensidad de dispersión de los RSU, asociado al número de CA y rutas sobre puestas de residuos. El efecto del mapa de calor muestra que en las zonas amarillas la dispersión de RSU es más intensa y conforme se enfría el color, la dispersión de



superficies menores a los 200 m<sup>2</sup>, la **Gráfica 4.I.4.1** muestra que los CT requieren superficies mayores de almacenamiento, respecto a la superficie de los CA. Estas superficies pueden llegar a los 33,181 m<sup>2</sup>.

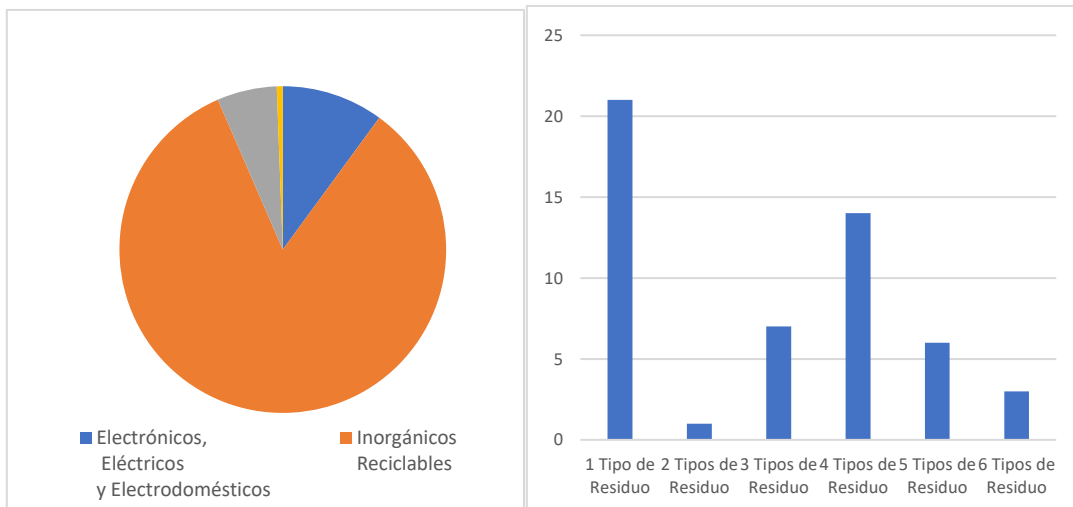


**Gráfica 4.I.4.1.-** Superficie de para las operaciones de CT en las inmediaciones de Nezahualcóyotl

El giro de los CT se muestra en la **Gráfica 4.I.4.2**, en ellas se observa que los residuos inorgánicos reciclables son en los que se concentra la atención del 83% de los CT, le siguen los RAEE con el 10%, los residuos orgánicos con el 6% y los residuos voluminosos con el 1%. Los hallazgos son concluyentes en cuanto a que los residuos inorgánicos reciclables son los materiales que más se comercializan en los CA y CT. Es de llamar la atención la enorme diferencia en las proporciones de CA y CT enfocados a los residuos voluminosos pues la proporción encontrada en los CA era cercana al 40%, mientras que para los CT es de apenas el 1%. Estos datos permiten inferir que a diferencia de los inorgánicos reciclables, los residuos voluminosos siguen un trayecto de transferencia informal.

Por otro lado, a diferencia de los CA, los CT tienden a especializarse en un tipo particular de residuo. Mientras que para los CA sólo menos del 5% se concentraba en un tipo de residuo, cerca del 50% de los CT son especializados.





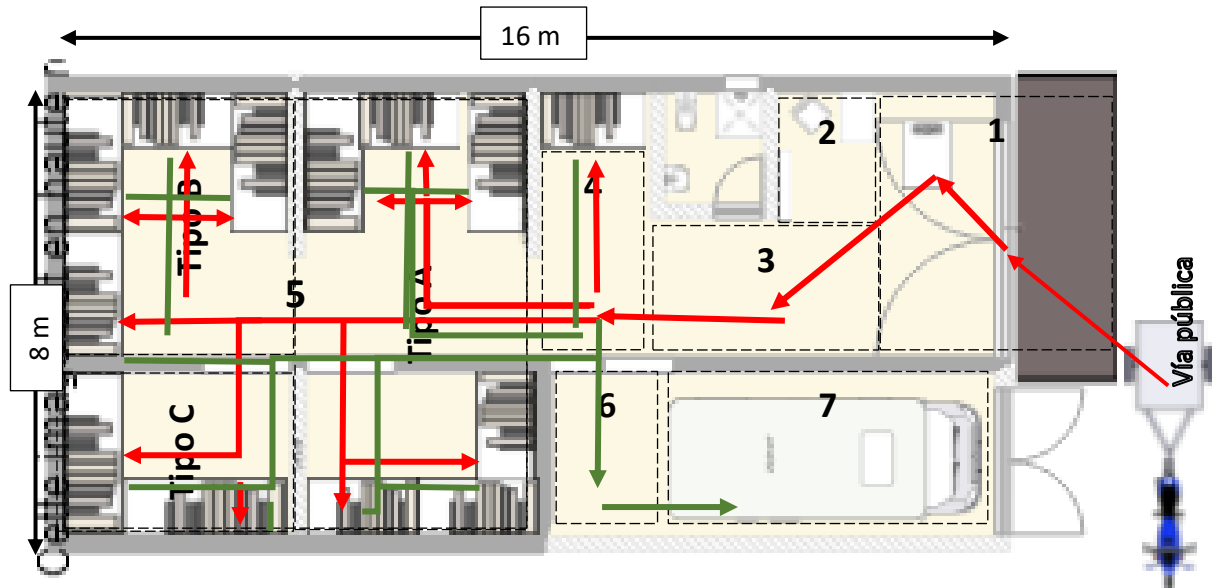
**Gráfica 4.I.4.2.** Materiales a los que se enfocan los CT identificados en las inmediaciones de Nezahualcóyotl

## 5.- El manejo de materiales de RSU valorizables en CA en Nezahualcóyotl

Dentro de un CA, el manejo de materiales incluye todo el movimiento, desde la recepción y compra a los recolectores, el movimiento a los puntos de inspección y clasificación, de ahí a las zonas para el compactado y embalado; después se conducen a los almacenes y finalmente al área de embarque para carga las unidades en que se va a transportar.

En la **Imagen 4.I.5.1** se muestra un diagrama de circulación o recorrido, el cuál es una representación de la distribución de zonas requeridas en un CA, en la que se indica la localización de todas las actividades descritas en el párrafo anterior. En el diagrama de la **Imagen 4.I.5.1** se trazaron las líneas de flujo que indican el movimiento de los materiales al interior de los CA. El diagrama es la representación gráfica de los movimientos de materias y personas en las actividades al interior y en las inmediaciones del CA. Los flujos de entrada de materiales de representan con flechas rojas, mientras que los movimientos de salida se muestran en color verde.

Para el CA mostrado en la **Imagen 4.I.5.1** el recorrido que deben hacer los materiales acopiado desde la descarga hecha por el recolector, hasta la carga en el vehículo que los transportara es de 110 m, sólo de transporte interno. Un trabajador del CA podría recorrer hasta 4 km moviendo el material adquirido a 40 recolectores. Esta cifra ilustra la importancia de contar con materiales y equipos para el manejo de materiales.



**Imagen 4.I.5.1.-** Diagrama de circulación o recorrido para el manejo de materiales en CA

**Fuente:** Elaboración propia en software *archifacile* ©.

El objetivo del uso de equipo para el manejo de materiales es por un lado reducir el esfuerzo físico del personal y ahorro de tiempo y costos. Al usar equipos mecánicos para el manejo de materiales, se reducen los costos de mano de obra, también reduce la pérdida de materiales y la cantidad de accidentes. La utilización de equipos como los mostrados en la **Tabla 4.I.5.1** constituyen buenas prácticas en el manejo de materiales, pues generan más velocidad durante todo el ciclo de almacenamiento. Además de los beneficios técnico-económicos del uso de equipos para el manejo de materiales, se gana seguridad y se reducen los peligros a los que se están expuestos los trabajadores. Pese a estos beneficios, sólo el 48% de los CA observados ocupaban algún equipo para el manejo de materiales.

**Tabla 4.I.5.1.-** Equipos utilizados para el manejo de materiales en CA de Nezahualcóyotl

Equipo	Unidades	CA	Promedio
Diablitos	33	24	1.4
Carretillas	21	14	1.5
Patines	4	4	1
Montacargas	16	13	1.2
Grúas	5	4	1.2
Otros	2	2	1

El uso de equipo y materiales para el manejo de materiales permite cuidar la salud de los trabajadores del CA. Como se muestra en la **Tabla 4.I.5.1** los equipos más observados son los diablitos y carretillas, equipos que son muy económicos, pero su uso aporta los beneficios descritos

anteriormente. Equipos más sofisticados y caros como los montacargas, grúas y patines también fueron observados, pero sólo en el 16% de los CA. Sin duda el costo beneficio del uso de equipo para el manejo de materiales no ha sido bien ponderado por los agentes de la adquisición de RSU valorizables en Nezahualcóyotl.

Los materiales utilizados para el manejo de materiales en los CA se muestran en la **Tabla 4.I.5.2** estos materiales son sencillos y económicos, sin embargo, cumplen funciones importantes para mejorar las actividades del manejo de materiales. Una de estas funciones es la unificación de la carga. Al ser los RSU valorizables materiales amorfos difíciles de unificar si los materiales se manejan a granel. Por ello, dada esta diversidad de tamaños que nos encontramos en los RSU valorizables, se tiene una gran variedad de unidades de carga. Uno de los principios del manejo de materiales es que, a mayor tamaño de la unidad de carga, menor será el costo del mantenimiento al reducir el número de movimientos. A través del uso de los materiales mostrados en la **Tabla 4.I.5.2** se puede lograr la unitarización de la carga y la aplicación del principio de economía de movimientos. De esta manera se lograr una unidad de carga para el transporte interno.

**Tabla 4.I.5.2.-** Materiales utilizados para el manejo de materiales en CA de Nezahualcóyotl

Materiales	Unidades	Ca	Promedio
Sacos industriales	870	85	10
Cajas de plástico	59	10	6
Cubetas	151	18	8
Tinas de metal	115	23	5
Bolsas de plástico	1090	56	20
Tambos	27	9	3
Otros		6	

Los materiales mostrados en la **Tabla 4.I.5.2** permiten homogenizar y contener los residuos. Los sacos industriales son los materiales más ocupados en las actividades de manejo de materiales en los CA. Los sacos industriales permiten la unitarización de la carga y agrupando en un mismo embalaje diferentes cantidades de RSU, a fin de facilitar su manejo. Esta función de los sacos industriales es importante, pues debido a las características físicas diversas de los RSU valorizables, aun siendo el mismo material (PET, cartón, chatarra, aluminio), suele ser imposible apilarlos solos. Al embalar los RSU en sacos industriales, estos sacos industriales se convierten en la unidad de carga para el manejo

de materiales tanto para las operaciones de recolección, almacenamiento temporal, transporte y transferencia, tal como se muestra en la **Imagen 4.I.5.2**.



**Imagen 4.I.5.2.-** Ilustración de la forma en que se utilizan los sacos industriales en las OLA de RSU en Nezahualc6yotl

**Fuente:** Tomado de *Google Maps* © (2020).

Los sacos industriales funcionan como embalajes, es decir que acondiciona a los residuos para protegerlos, agruparlos de manera temporal, pensando en su manipulación, transporte y almacenamiento. Los sacos industriales permiten la identificación del tipo de material almacenado, facilita el conteo de los residuos y los contiene para evitar su dispersión. Los sacos industriales permiten la homogenización de unidades de almacenamiento para aprovechar mejor el espacio interno de los CA. Permiten la estiba de los materiales sin la necesidad de estantería o equipamiento para el almacén, reduce el riesgo de colapso. También permiten el manejo de materiales y el transporte interno.

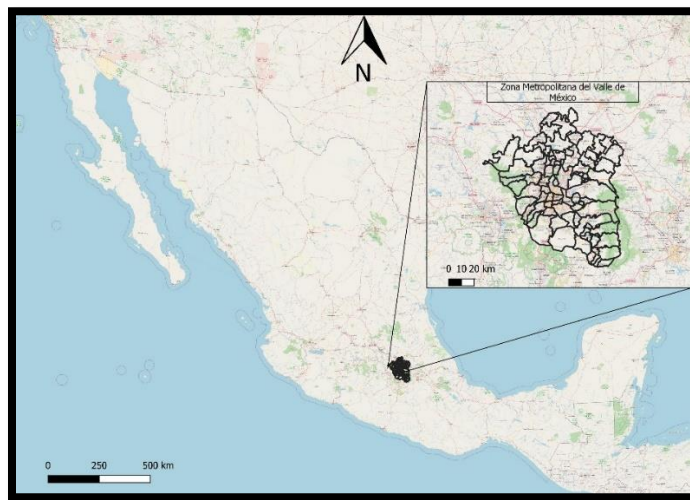
Al embalar la carga con el uso de sacos industriales se logra darle a la unidad de carga resistencia y la estabilidad. La resistencia se consigue mediante el retractilado de la carga, que consiste en envolver el residuo en un material que puede retraerse sobre sí mismo una vez se ha extendido sobre los elementos para dotarlos de una mayor protección, en este caso el saco industrial. En la **Imagen 4.I.5.** se observa el deterioro de los sacos industriales por efecto del manejo de materiales, lo que muestra como le da mayor resistencia a la unidad de carga. La estabilidad de la carga mediante el uso de sacos industriales permite apilar la mercancía de manera correcta, manteniendo la unidad de carga, tal como se muestra en la **Imagen 4.I.5.2**, tanto en el interior del almacén como en el vehículo.

## II. Caracterización del entorno en que se desarrollan las OLA-RSU

En esta sección se reporta el número de unidades económicas enfocadas a las OLA-RSU en la ZMVM en los censos económicos 2009, 2014 y 2015. Los datos obtenidos provienen de un análisis con SIG hecho a las bases de datos del DENU (INEGI, 2010, 2015 y 2020). Estos datos evidencian el acelerado crecimiento en el número de CA y CT en los últimos años. Además, se demuestra que el crecimiento no ha sido homogéneo en las demarcaciones que integran la ZMVM, sino que obedece a un patrón centro-periferia, así como a una fragmentación territorial derivada de las características sociales y económicas de cada AGEB.

En esta sección se reportan los resultados de la caracterización del entorno en que se desarrollan las OLA de RSU, para ello se analizaron las bases de datos del INEGI a nivel ZMVM.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) de acuerdo con el Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2018) se conforma de setenta y seis Municipios y Alcaldías: 59 municipios del Estado de México; 16 Alcaldías de la Ciudad de México y; 1 municipio del Estado de Hidalgo (Ver **Mapa 4.II**). A partir del análisis de las bases de datos del INEGI y del empleo de SIG se identificó en la ZMVM un acelerado incremento poblacional, un aumento en la densidad poblacional en zonas periféricas a la CdMx, un incremento en la generación de RSU.



**Mapa 4.II.-** Localización de la zona de estudio

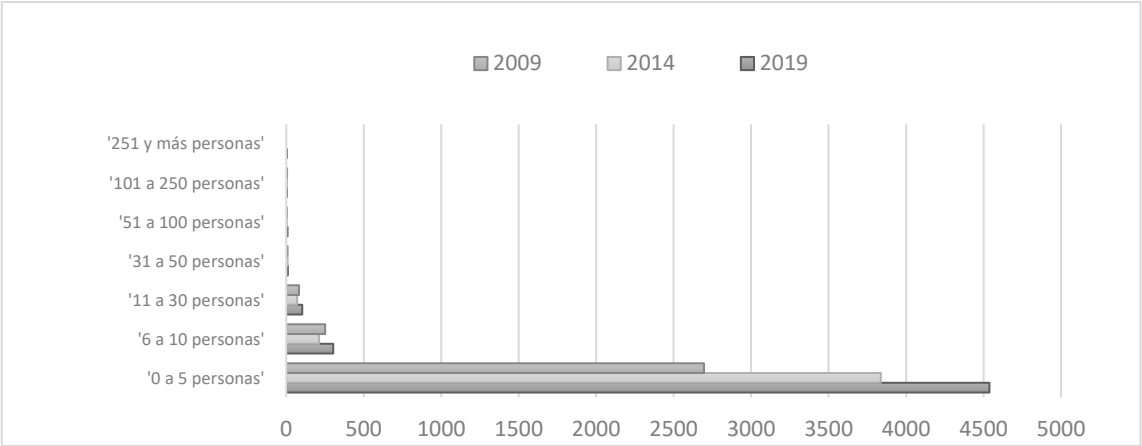
**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

### 1.- Intensidad de OLA-RSU en la ZMVM

De acuerdo con el censo económico del año 2019 (INEGI, 2020), en la ZMVM estaban establecidos 4966 CA, en comparación con el censo de 2014, que reportó 4165 CA, se observó un incremento del

19% en cinco años. Con relación a los 3044 CA cuantificados en 2009, se establece que en tan solo diez años el incremento en las unidades económicas enfocadas a las actividades de adquisición de materiales valorizables de los RSU se ha incrementado en un 63%. La inmensa mayoría de las UE enfocadas a la adquisición de RSU en la ZMVM son micronegocios que emplean entre 0 y 5 personas (91% en 2019), CA, lo que ha sido una constante desde 2010. La **Gráfica 4.II.1.1** muestra el número de personas que trabajaban en estas unidades económicas en 2009, 2014 y 2019, puede observarse que la proporción no ha cambiado substancialmente en estos diez años.

Lo que además se destaca en la **Gráfica 4.II.1.1** es que 4841 unidades económicas se pueden catalogar como microempresas pues emplean menos de diez trabajadores, acopiadores minoristas de barrio que conforman el primer eslabón de las redes de adquisición de RSU valorizables. Un total de 113 unidades económicas identificadas en 2019 pueden catalogarse como pequeñas empresas (hasta 50 trabajadores) y constituyen CT locales, acopiadores mayoristas. 8 CT regionales pueden clasificarse como medianas empresas (hasta 100 empleados) y cuatro como grandes empresas (Más de 100 personas).

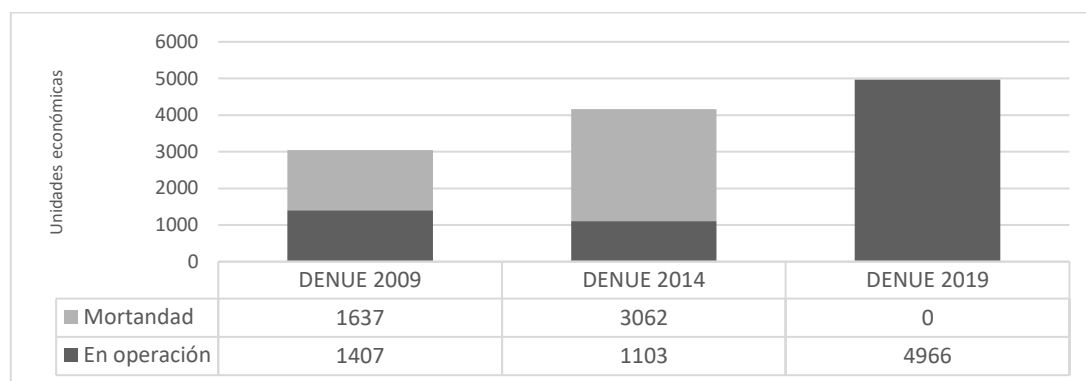


**Gráfica 4.II.1.1.-** Tamaño de CA en la ZMVM

**Fuente:** Elaboración propia a partir de INEGI (2010, 2015 y 2020).

Sólo 357 UE de las 4966 estaban en el Registro Federal de Contribuyentes, lo que muestra el nivel de informalidad existente en el sector de recuperación de RSU valorizables. La totalidad de grandes empresas en el sector está formalizada, al igual que el 62% de las medianas y la mitad de las pequeñas empresas. En contraste, sólo el 6% de las microempresas están formalizada. Estos datos dan soporte a lo que Gómez-Maturano y Sánchez-Lara (2018) establecían respecto a que los primeros eslabones de las CSI operan en la informalidad económica y conforme el volumen de acopio se incrementa, los agentes pasan a esquemas formales operación.

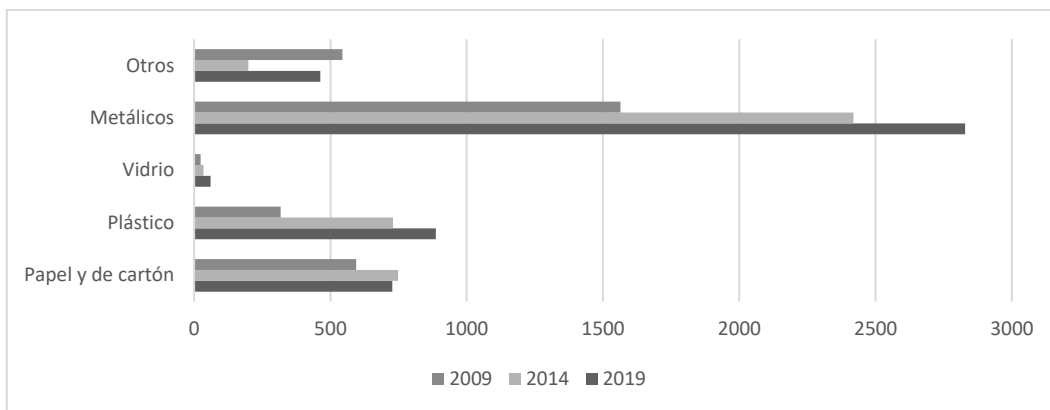
Por otro lado, respecto a la edad o años de operación de las UE, el análisis de los datos muestra que el 21% tiene al menos 10 años de antigüedad, 22% tiene más de cinco años, pero menos de 10 y el 48% tiene menos de dos años de operación. La mortandad de las UE puede establecerse a partir del análisis de los tres censos económicos, la **Gráfica 4.II.1.2** lo muestra. Más de la mitad de UE contabilizadas en 2009 dejaron de operar, la tasa se incrementa para las UE que se registraron en 2014, pues apenas una tercera parte se mantiene en operación.



**Gráfica 4.II.1.2.-** Tamaño de CA en la ZMVM

**Fuente:** Elaboración propia a partir de INEGI (2009, 2014 y 2019).

Respecto al material valorizable de los RSU que se adquieren, a partir de la clasificación del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, el giro de las UE orientadas a la adquisición de RSU valorizables se puede clasificar como comercialización al por mayor de desechos, sea metálicos, plásticos, papel y cartón, vidrio u otros. Debe señalarse que los estudios empíricos y las observaciones hechas en campo y mediante recorridos virtuales, muestran que las UE orientadas a OLA-RSU raramente acopian sólo un residuo; sin embargo, en esta sección se muestran los resultados del análisis de las bases de datos del INEGI. La **Gráfica 4.II.1.3** muestra que los residuos metálicos son los materiales a los que se enfocan la mayor parte de las UE en los últimos diez años. Siguen a los residuos metálicos los plásticos y residuos de papel y cartón. Desde la perspectiva logística, la principal diferencia de estos materiales es la llamada densidad de valor.



**Gráfica 4.II.1.3.-** Materiales valorizables de los RSU que se comercializan en la ZMVM

**Fuente:** Elaboración propia a partir de INEGI (2009, 2014 y 2019).

Los materiales mostrados en la **Gráfica 4.II.1.3** clasificados por INEGI, son en realidad familias de materiales que se comercializan indiscriminadamente en los CA y transferencia de la ZMVM. La **Tabla 4.II.1.1** muestra los materiales valorizables Tipo A<sup>8</sup> de cada familia de materiales con su densidad de valor promedio. Esta tabla explica parcialmente por qué hay predominancia de UE enfocadas a la comercialización de residuos metálicos, pues estos poseen mayor densidad de valor, siendo más rentable su movimiento a través de la ciudad. La **Tabla 4.II.1.1** es una base para la exploración de las familias de residuos, pues como lo muestran las observaciones presentadas en la **Sección II** de este capítulo, la densidad de valor y los residuos valorizables tipo A son ligeramente distintos.

**Tabla 4.II.1.1.-** Residuos Tipo A en las familias de materiales de los RSU

Residuo tipo A	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Precio de venta (\$ m.n./kg)	Densidad de valor (\$/m <sup>3</sup> )
Cartón	130	2.00	\$260/m <sup>3</sup>
PET	41.98	4.50	\$4185/m <sup>3</sup>
Vidrio cortado	2500	0.85	\$ 2125/m <sup>3</sup>
Fierro viejo	7850	3.50	\$27475/m <sup>3</sup>
Aluminio	600	16.5	9900/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Rodríguez (2017) y Blanco (2018).

<sup>8</sup>Materiales valorizables de los RSU que reportan el 80% de los ingresos de las UE.



Respecto a la dispersión espacial de las UE, el análisis muestra que la dispersión en la ZMVM no es homogénea, sino que se concentran en dos corredores principales: al Oriente y al norte de la CdMx, siguiendo un patrón de movimiento del centro a la periferia: de las zonas de mayor IDH<sup>9</sup> y mayor ingreso, a las zonas pobres y de mayor desigualdad. Mostrando que la intensidad de las actividades de comercialización de materiales valorizables se realiza por personas en la base de la pirámide social.

En la **Tabla 4.II.1.1** se muestran los 21 municipios y alcaldías con mayor número de unidades económicas involucradas en la adquisición de RSU valorizables, concentran en conjunto el 80% de la actividad económica derivada de la comercialización de residuos en la zona. En la **Tabla 4.II.1.2** se muestra el número de CA establecidos en estas demarcaciones en los censos económicos de 2009, 2014 y 2018, también se muestra su aumento porcentual en diez años, que es en promedio del 78%. Estos datos muestran que en estas 21 demarcaciones.

En la **Tabla 4.II.1.2** también se muestra el índice de Desarrollo Humano (IDH)<sup>10</sup> de estos 21 municipios, el cual tiene como objetivo medir el conjunto de capacidades y libertades que tienen los individuos para elegir entre formas de vida alternativas (Torre, 2014). Para ello, se toman en cuenta tres dimensiones básicas para el desarrollo (Torre, 2014): 1) la posibilidad de gozar de una vida larga y saludable; 2) la capacidad de adquirir conocimientos; 3) la oportunidad de tener recursos que permitan un nivel de vida digno.

**Tabla 4.II.1.2.- Municipios y alcaldías de la ZMVM con mayor actividad de adquisición de RSU**

Municipio	(IDH) 2010	#ca 2019	#ca 2014	#ca 2009	Aumento
Ecatepec de Morelos	0.752	638	547	423	51%
Iztapalapa	0.782	638	597	367	74%
Nezahualcóyotl	0.769	315	281	246	28%
Chimalhuacán	0.692	228	179	159	43%
Gustavo a. Madero	0.805	221	200	165	34%
Tultitlán	0.768	215	158	110	95%
Tlalnepantla de Baz	0.795	167	131	119	40%
Naucalpan de Juárez	0.774	149	132	98	52%
Valle de Chalco solidaridad	0.702	138	118	90	53%
Azcapotzalco	0.745	135	118	108	25%
Atizapán de zaragoza	0.797	124	95	70	77%
Tláhuac	0.780	117	93	73	60%

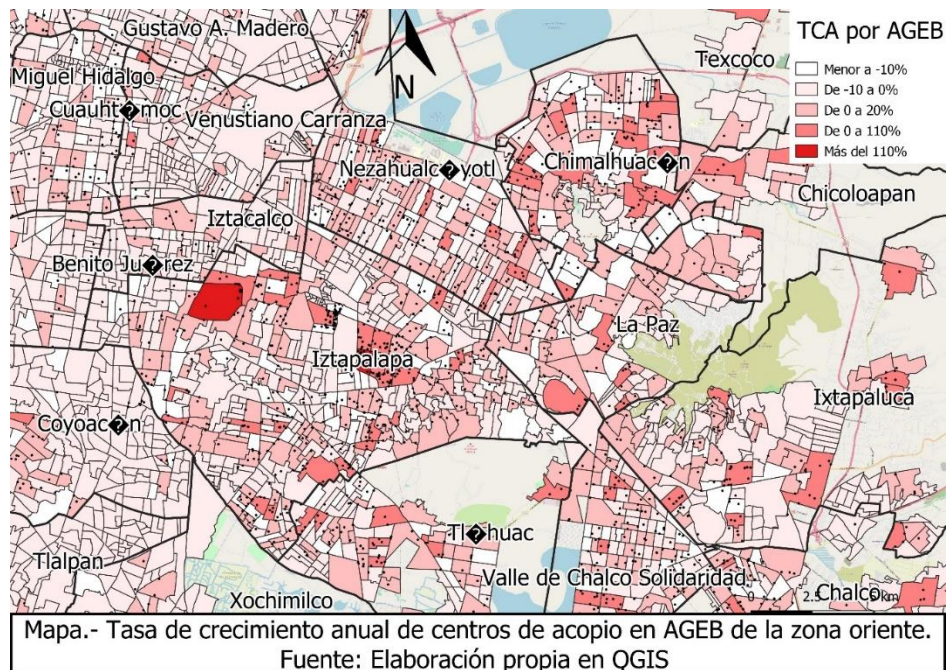
<sup>9</sup> Índice de Desarrollo Humano

Ixtapaluca	0.762	115	72	39	195%
Cuautitlán Izcalli	0.805	115	89	55	109%
Chalco	0.702	110	91	60	83%
Cuauhtémoc	0.848	96	106	107	-10%
Nicolás romero	0.743	94	78	28	236%
La paz	0.731	91	61	51	78%
Acolman	0.740	83	53	44	89%
Xochimilco	0.814	80	64	31	158%
Tecámac	0.779	80	64	46	73%

**Fuente:** Elaboración propia con datos de INEGI (2010, 2014 y 2019).

En 2010, México promediaba un IDH de 0.739 (Torre, 2014), los 21 municipios mostrados en la **Tabla 4.II.1.2** apenas y superan este promedio en la ZMVM el promedio era de 0.745. Por supuesto que la **Tabla 4.II.1.2** no muestra una relación concluyente entre el subdesarrollo de los municipios y las actividades de recuperación de materiales de los RSU, pese la baja densidad de valor de éstos. Pero un análisis espacial más detallado de las zonas en que se localizan las UE evidencia la relación entre marginación social y UE enfocada a las OLA-RSU.

El **Mapa 4.II.1** muestra la tasa de crecimiento anual promedio de CA y CT en el periodo 2009 a 2019 en la ZMVM. Esta tasa de crecimiento anual promedio se refiere al crecimiento porcentual en el número de CA y CT establecidos en cada AGEB, de 2009 a 2019. La categorización de los AGEB de la ZMVM se hizo por el algoritmo de rupturas naturales de Jenks, estableciéndose 5 categorías de AGEB. Como puede observarse en el **Mapa 4.II.1** la mayoría de los AGEB en la ZMVM tuvieron un decrecimiento en el número de CA y CT localizados en ellos. Incluso, los AGEB que tuvieron crecimiento, éste fue menor al 20%. Sólo un 20% de los AGEB establecidos en la ZMVM tuvieron un crecimiento acelerado en el número de CA y CT establecidos en ellos.



En el **Mapa 4.II.1** se observan parcialmente las alcaldías Coyoacán y Benito Juárez, que son dos demarcaciones con mayor IDH en la ZMVM. La gran mayoría de los AGEB de estas alcaldías tiene una tasa de crecimiento menor al 20%. En contraste, municipios como Chimalhuacán, Nezahualcóyotl y la alcaldía de Iztapalapa, tienen mayores tasas de crecimiento, identificándose como demarcaciones proclives al desarrollo de OLA-RSU. En el **Mapa 4.II.1** se ilustra una clara tendencia en la ubicación de CA y CT, de centro a periferia en la ZMVM.

El hallazgo descrito en el párrafo anterior es importante ya que demuestra que el aumento en la intensidad de las OLA-RSU en los últimos diez años no es homogéneo en los AGEB que integran la ZMVM, sino que se focaliza en algunos de ellos, cuyas características sociales y económicas influyen en su localización. Dichas características serán presentadas y sustentadas en los siguientes apartados.

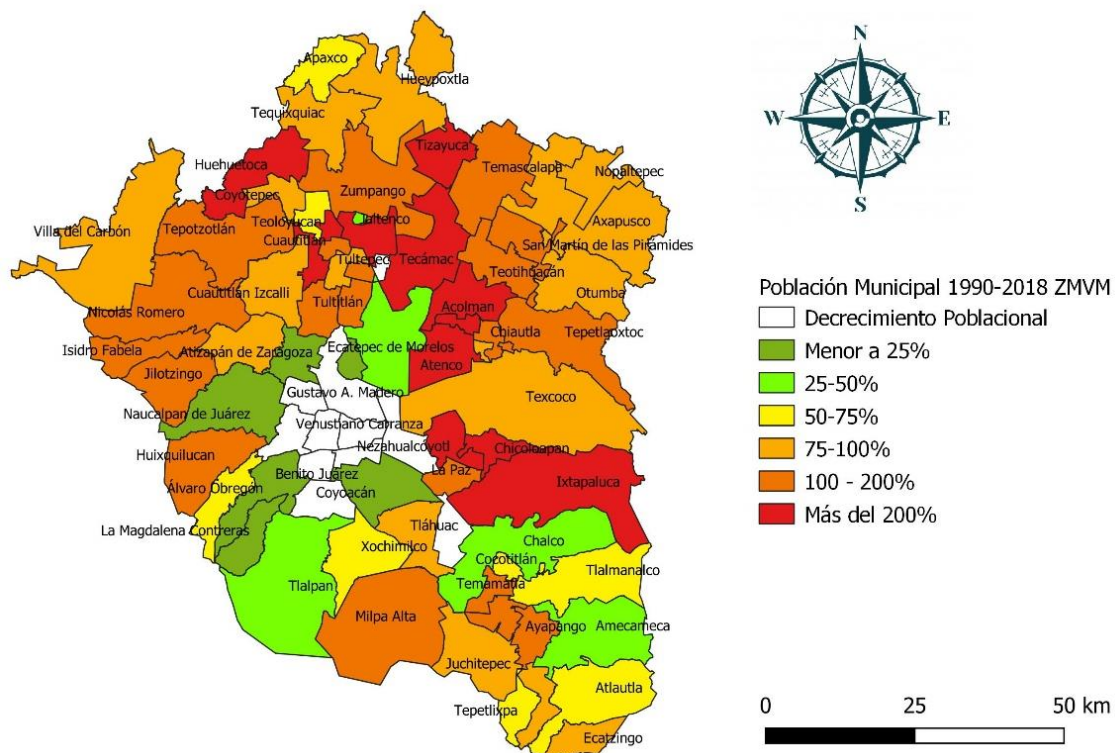
## **2.- Centros generadores de RSU y clústeres de adquisición en la ZMVM.**

En 2018 la población de la ZMVM era de 21,800, 300 personas, 8% más que la registrada en el Censo de Población y Vivienda de 2010. Así, en los últimos 30 años la población de la ZMVM se ha incrementado casi 40%, al pasar de 15.56 millones de habitantes en 1990 a 21.8 millones en 2018 (INEGI, 2010, 2017 y 2018). Este crecimiento poblacional acelerado continuará hasta el año 2025 por la migración hacia las ciudades (Ehmke, 2012).

El crecimiento poblacional en la ZMVM es consistente con las tendencias globales. Desde el año 2010 el crecimiento poblacional en áreas urbanas ha superado la barrera del 50% de la población

mundial concentrada en las ciudades (Carrión Mena, 2013). En América Latina la concentración de personas que habitan en una urbe llega a ser del 80% (Carrión Mena, 2013). En México 72.3% de la población habita en las 384 ciudades de más de 15 mil habitantes que integran el Sistema Urbano Nacional (SUN) (INEGI, 2018).

Es necesario señalar que en México el incremento de la superficie urbana en las zonas metropolitanas de más de un millón de habitantes fue de cinco veces, pasando de 101,543 km<sup>2</sup> en 1980 a 509,332 km<sup>2</sup> en 2010 (Imaz Gispert y Camacho Lomelí, 2013).

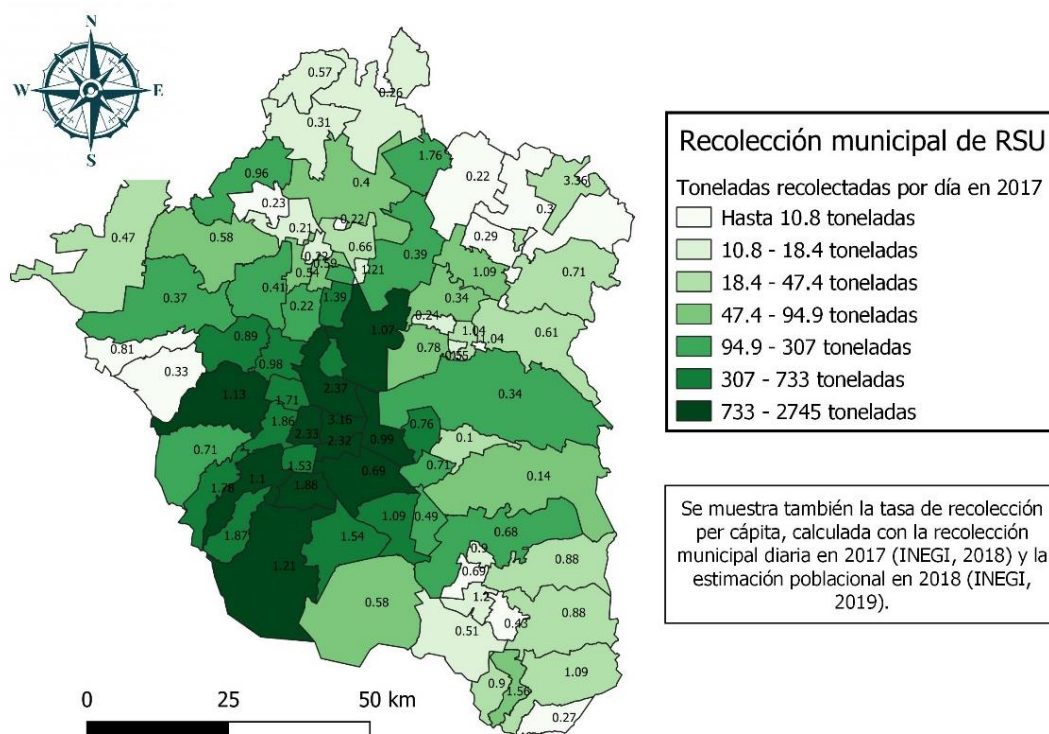


**Mapa 4.II.2.1.-** Crecimiento poblacional de 1990 a 2018 en la ZMVM.

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS a partir de INEGI (2010 y 2018).

El crecimiento poblacional y urbano no ha sido homogéneo en los 7866 km<sup>2</sup> que conforman la ZMVM. En el **Mapa 4.II.2.1** se presentan los 76 municipios y alcaldías de la ZMVM siguiendo un código de colores asociado al incremento poblacional observado en el periodo 1990 a 2018. El mapa muestra claramente un decremento en la población de las alcaldías céntricas de la zona y del municipio de Nezhualcóyotl. Los municipios más próximos a la CdMx tienen, en general, tasas de crecimiento poblacional menores al 50%. Son los municipios de la periferia de la ZMVM tienen una mayor tasa de crecimiento poblacional, principalmente al norte de la CdMx.

Tal incremento poblacional en la ZMVM conlleva un incremento en la generación de RSU. En la ZMVM se recolectaban en 2014 cerca 27,067 toneladas diarias de RSU, (INEGI, 2015), lo que representaba un crecimiento del 16% respecto a lo reportado en 2010 (INEGI, 2011). Entre 2010 y 2016 la tasa de generación *per cápita* de RSU en las 76 demarcaciones de la ZMVM se incrementó en 40 gramos en promedio. Además, en 2010 sólo diez municipios superaban la barrera de más de 1 kg/día/habitante, mientras que para 2016 veintiséis municipios y alcaldías superaban dicha tasa.



**Mapa 4.II.2.2.-** Recolección Municipal de RSU en la ZMVM y tasa de generación per cápita en 2018

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS a partir de INEGI (2017 y 2018).

El **Mapa 4.II.2.2** muestra los municipios y alcaldías con mayor cantidad de RSU recolectados por día. Se aprecia que nueve de alcaldías de la CdMx y dos municipios del Estado de México son los mayores generadores de RSU en la ZMVM. Las demarcaciones que se localizan en el centro de la ZMVM son las que generan mayor cantidad de RSU, reduciéndose el volumen conforme se alejan del centro hacia la periferia. Un patrón similar (centro-periferia) se observa en la tasa de generación per cápita, la cual es mayor en las alcaldías de la CdMx, yendo desde un valor máximo de 3.16 kg/día/habitante en la alcaldía Venustiano Carranza, hasta decaer a 0.1 en el Municipio mexiquense de Chicoloapan (**Ver Mapa 4.II.2.2**).

Pese al acelerado crecimiento urbano en la periferia de la ZMVM y su marcado incremento poblacional, mostrados en el **Mapa 4.II.2.1**, la generación de RSU en las orillas es frenada por una baja tasa de generación per cápita.

La configuración derivada del **Mapa 4.II.2.1 y 4.II.2.2** no se puede explicar sólo por el desarrollo urbano y poblacional, pues como lo señala la SEMARNAT (2016) y el Banco Mundial (2018), la generación de RSU está correlacionada al nivel de ingreso medio de la población y al patrón de consumo asociado a ese nivel de ingreso. De tal manera que la zona centro de la ZMVM constituye el área de mayor generación de RSU, caracterizada por altas tasas de generación per cápita derivadas de su mayor nivel de ingreso; mientras que la periferia de la ZMVM es caracterizada por un acelerado crecimiento poblacional al que le corresponde una baja tasa de generación per cápita de RSU, lo cual se explica por el bajo ingreso de su población.

Esta configuración entre urbanización, población y nivel de ingreso genera un complejo patrón de generación y adquisición de RSU para su valorización en la ZMVM.

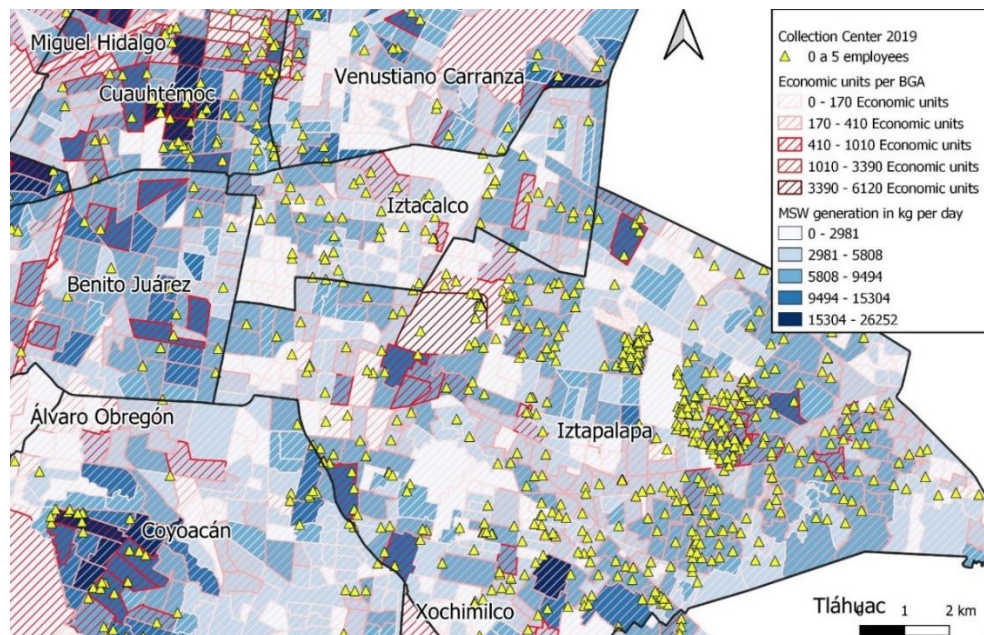
Si bien en el **Mapa 4.II.2.2** se identifican las demarcaciones con mayor generación de RSU, el nivel de agregación de los datos hace que se pierdan elementos sensibles a las variables económicas y sociales. Un análisis más detallado, a nivel AGEB, hecho a partir de SIG muestra una configuración distinta.

El análisis a nivel AGEB de la generación de RSU muestra centros generadores de RSU localizados al interior de cada alcaldía y municipio en la ZMVM, AGEB con altos volúmenes de generación, identificados por la densidad poblacional y su tasa de generación per cápita de RSU. A lo largo y ancho de la ZMVM se pueden identificar AGEB que constituyen centros de generación de RSU, islotes que generan más RSU que los AGEB circundantes.

Este análisis de la generación a nivel AGEB en la ZMVM, demuestra que los CA y CT no se localizan en las áreas de mayor generación de RSU. Contrario a lo que podría ser el criterio de mayor peso en el campo logístico, buscar minimizar el costo, sea en distancia, tiempo o dinero, los CA y CT no se localizan en los centros generadores de RSU.

En el **Mapa 4.II.2.3** se identifican algunos AGEB que son grandes centros generadores de RSU. Los AGEB coloreados en azul fuerte, producen más de 15 toneladas de RSU al día. Se esperaría que estas áreas constituyeran una zona fértil para ubicar unidades económicas enfocadas a OLA-RSU. Sin

embargo, es poco común en la ZMVM que los CA y CT estén ubicados en AGEB con alta generación de RSU.



En el **Mapa 4.II.2.3** se observa la dispersión espacial de CA y CT en la zona oriente de la CdMx, en el que se pueden ver al menos seis alcaldías. El **Mapa 4.II.2.3** no sólo muestra los grandes centros generadores de RSU, sino que también se identifican clústeres en los que los CA se aglutinan con mayor intensidad. Al recorrer la ZMVM, en otras zonas la localización de CA y CT es más dispersa, pero lo que es claro es que la localización de estas unidades económicas no es homogénea, y como se verá más adelante tampoco es arbitraria ni aleatoria. Además de la localización de CA en una parte de la CDMX, el **Mapa 4.II.2.3** muestra los tipos de BGA establecidos conforme a dos criterios: volumen estimado de generación de RSU y cantidad de unidades económicas, ambas variables establecidas a nivel AGEB.

Las franjas en tonos rojos en el **Mapa 4.II.2.3** se utilizan para diferenciar a los AGEB conforme a la cantidad de unidades económicas al interior de ellas, las zonas de franjas con tonalidad más oscura muestran una gran actividad económica. En el **Mapa 4.II.2.3** se aprecia que los CA raramente se localizan en AGEB con intensidad alta, más bien se aglutinan a la orilla de ellas, en AGEB contiguas, pero de menor intensidad económica. Más adelante se aportan elementos numéricos que soportan estas impresiones espaciales.

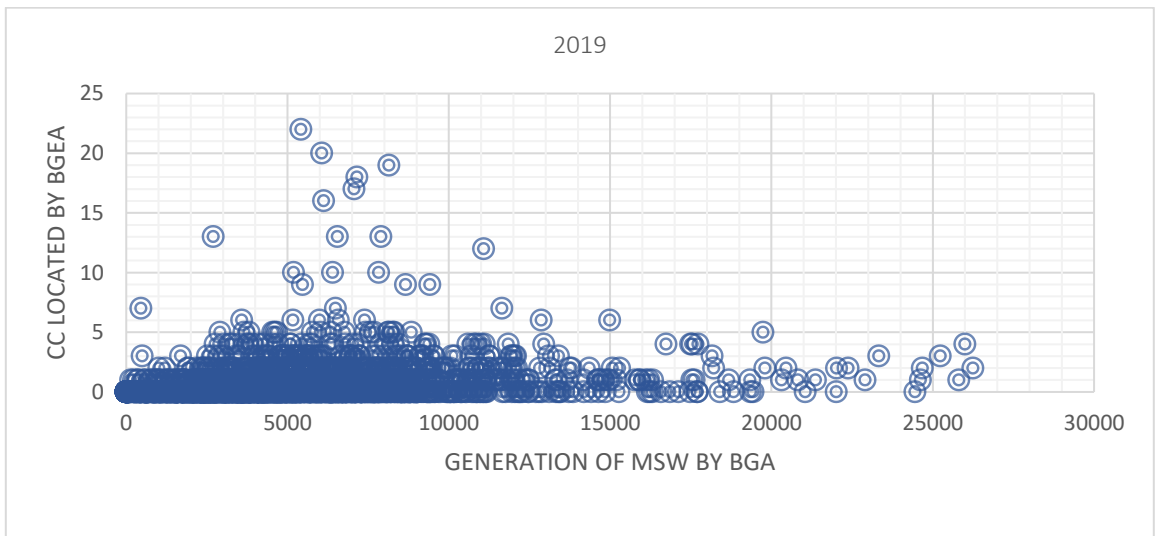
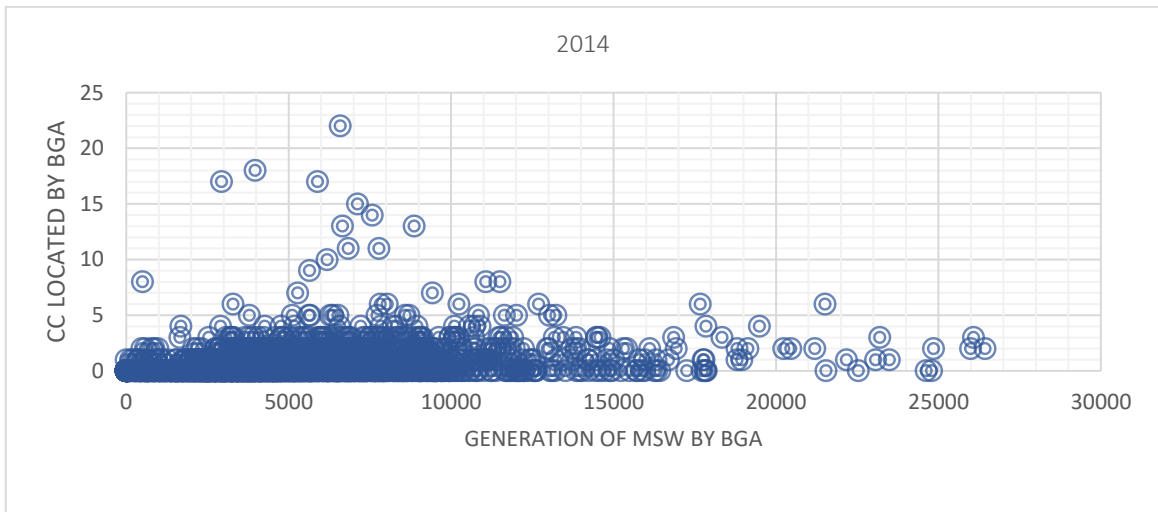
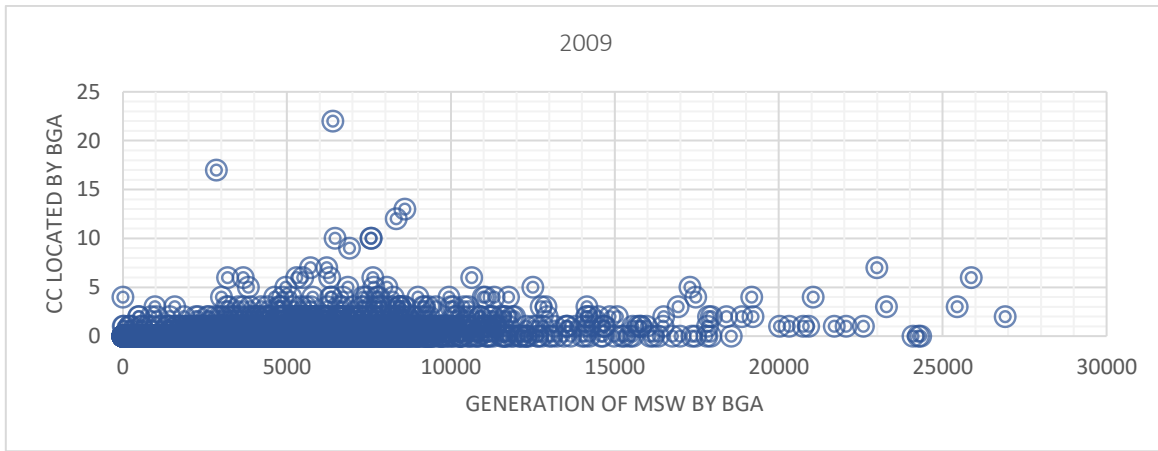
En el **Mapa 4.II.2.3** los AGEB se muestran clasificados conforme al volumen estimado de generación de RSU, determinado por la tasa de generación precipita del año 2018 y su población estimada al mismo año. Las categorías se muestran en tonalidades azules, entre más oscuras más RSU se generan en su interior. Los AGEB más claros son los que menos RSU generan. En el mapa se identifica fácilmente que no son las zonas de mayor generación las que tienen más CA establecidos, más adelante se aportan elementos estadísticos que respaldan esta aseveración.

Un criterio de localización básico de almacenes en la cadena de suministro es la de acercarse a las fuentes de materias primas e insumos, principalmente cuando su transportación es costosa. Para las CSI que se estudiaron en esta tesis, los RSU constituyen la materia prima a valorizar y sus fuentes son las viviendas y unidades económicas establecidas en un asentamiento urbano, entre mayor sea la generación, mayor será la disponibilidad de insumos. La enorme cantidad de RSU generados en la ZMVM parece constituir una zona abundante de insumos para las CSI y aparentemente es atractivo localizar CA en las zonas de mayor generación de RSU.

Sin embargo, los resultados muestran que los CA y CT no se han establecido en AGEB con alta generación de RSU en los últimos diez años. La **Gráfica 4.II.2.1** se ve la dispersión de los puntos correspondientes al par ordenado generación diaria en kilogramos por día (eje horizontal) y cantidad de CA y/o CT establecidos en el AGEB (eje vertical). Cada punto en la **Gráfica 4.II.2.1** es uno de los AGEB que integran la ZMVM. Para cada censo económico, 2009, 2014 y 2019, se grafica la dispersión de estos puntos.

Para los tres momentos en el tiempo que se analizan, es marcada la densidad de los puntos hacia los AGEB con menor generación de RSU, lo que induce a pensar que los CA, en su mayoría, no se establecen en zonas con alta generación. Los AGEB con mayor cantidad de CA tienen producciones menores a 750 kg por día. La correlación a nivel AGEB entre el volumen de RSU producidos y cantidad de CA establecidos es muy baja, apenas del 11% lo que confirma que la cantidad de RSU que se generan en una zona no influye significativamente en la localización de los CA y CT.





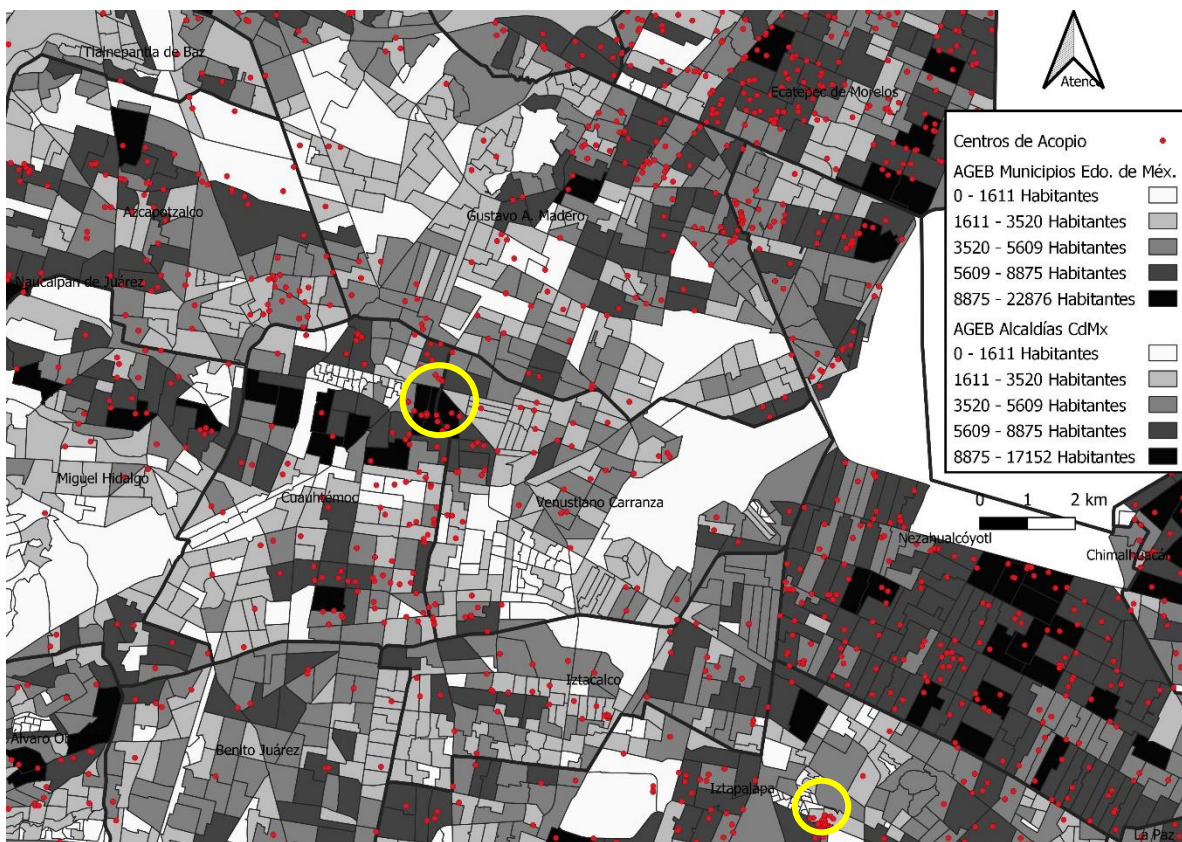
**Gráfica 4.II.2.1.-** Relación entre generación de RSU y localización de CA a nivel AGEB en los años 2009, 2014 y 2019

**Fuente:** Elaboración propia a partir de INEGI (2009, 2014 y 2019).

### 3.- Variables sociales de los AGEB y localización de CA

Las OLA-RSU se desarrollan principalmente en áreas urbanas debido al elevado número de personas que habitan en superficies relativamente pequeñas. Esta idea se puede comprobar fácilmente en las bases de datos del INEGI, cruzando el número de unidades económicas enfocadas a las OLA-RSU y la densidad poblacional de los municipios de México.

Diversos autores señalan que las actividades de recuperación de RSU se desarrollan predominantemente en áreas urbanas, debido a la gran cantidad de RSU que se generan en estas áreas, derivado de los patrones de producción y consumo.



**Mapa 4.II.3.-** Categorización de AGEB conforme al número de habitantes y su relación con la localización de CA en la ZMVM

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

Pero estas aseveraciones son válidas a un nivel de agregación nacional o estatal, incluso aplica para las 401 ciudades reconocidas en el SUN (2018). Pero al interior de las metrópolis, conurbaciones y

centros urbanos, el número de habitantes y la densidad poblacional del territorio deja de ser una variable determinante en la localización de CT y CT, al menos en la ZMVM (ver **Mapa 4.II.3**).

En el **Mapa 4.II.3** se presentan los AGEB de una parte de la ZMVM. Estos AGEB fueron clasificados en 5 categorías. El criterio de clasificación de los AGEB fue el número de habitantes por AGEB, utilizando el algoritmo de rupturas naturales de Jenks. De esta manera, los AGEB con mayor número de habitantes están coloreados con tonalidades oscuras, mientras que los AGEB con menor número de habitantes aparecen en tonos claros. Los CA se muestran como puntos rojos en el **Mapa 4.13**. Un recorrido en las delegaciones y municipios del mapa revela que los CA se establecen por igual en AGEB altamente poblados, que en AGEB con poca población. En el mapa se circular clústeres de CA establecidos por igual en los distintos tipos de AGEB.

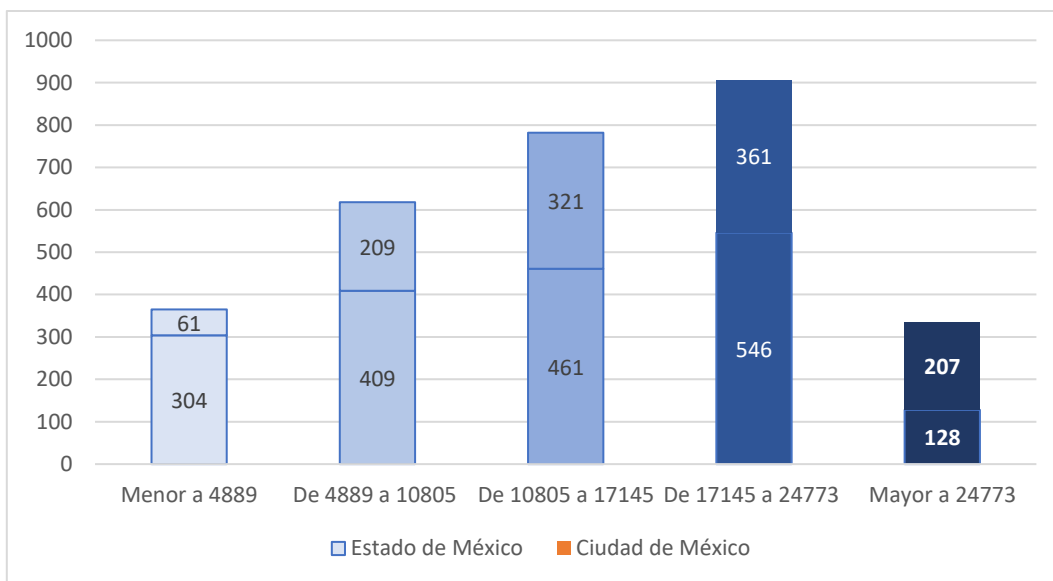
El alto número de habitantes no es la única variable social que caracteriza a las zonas urbanas, también lo es la densidad poblacional. La **Tabla 4.II.3** agrupa el número de CA establecidos en AGEB con distinta densidad poblacional. El número de CA se divide en municipios del Estado de México y alcaldías de la Ciudad de México. Los años corresponden a los censos económicos 2009, 2014 y 2019. La categorización de AGEB se hace a partir de su densidad poblacional obtenida mediante SIG, con el algoritmo de rupturas naturales. El número de CA localizados en cada tipo de AGEB no muestra una clara tendencia.

**Tabla 4.II.3.-** Número de CA establecidos en AGEB categorizados por densidad poblacional en la ZMVM

Densidad poblacional (habitantes/ km2)	Estado de México				Ciudad de México			
	Número de AGEB	Número de CA en 2009	Número de CA en 2014	Número de CA en 2019	Número de AGEB	Número de ca en 2009	Número de ca en 2014	Número de ca en 2019
Menor a 4889	960	304	457	699	321	61	208	213
De 4889 a 10805	679	409	616	787	457	209	292	333
De 10805 a 17145	606	461	610	710	597	321	397	435
De 17145 a 24773	639	546	656	743	591	361	443	477
Mayor a 24773	213	128	156	205	464	207	276	285

**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI (2010, 2015 Y 2020) y SUN (2018).

La **Gráfica 4.II.3** permite sustentar que la densidad poblacional del AGEB influye levemente en la localización de CA. Los AGEB con mayor densidad poblacional tienen promedios más altos de CA ubicados en ellos. Por lo que el número de habitantes del AGEB y su extensión influyen ligeramente en la localización de CA.



**Gráfica 4.II.3.-** CA establecidos en AGEB con cierta densidad poblacional en la ZMVM

**Fuente:** Elaboración propia a partir de INEGI (2009, 2014 y 2019).

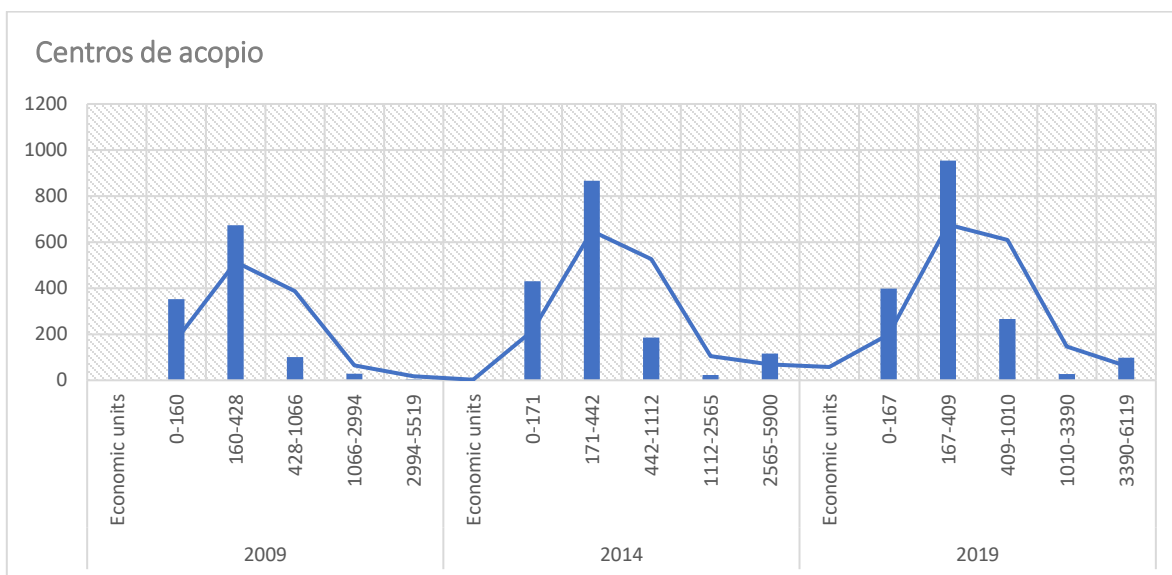
#### 4.- Intensidad de actividades económicas y localización de CA

A partir del análisis de los resultados del censo económico del año 2019, 2014 y 2009 se puede sustentar que la intensidad de las OLA-RSU en la ZMVM se ha incrementado en más de un 50%. En los últimos diez años el incremento en las unidades económicas enfocadas a las OLA-RSU ha superado al resto de los sectores económicos establecidos en la ZMVM.

El crecimiento económico de las alcaldías y municipios de la ZMVM no puede explicar completamente el acelerado crecimiento mostrado en los CA. Por ejemplo, en la CdMx el número de unidades económicas pasó de 416594 en el año 2009 a 465097 en 2019. Las unidades económicas establecidas en la ciudad sólo se incrementaron un 11% en los últimos diez años. Las unidades económicas enfocadas a las actividades de adquisición de materiales valorizables de los RSU es una de las subramas económicas que más ha crecido en la CdMx.

Una variable económica que influye en la localización de CA a nivel AGEB es la intensidad en las actividades económicas, la cual puede medirse con el número de unidades económicas establecidas

en la zona. Para hacer el análisis de la relación entre la cantidad de unidades económicas y CA a nivel AGEB, se establecieron cinco intervalos (**ver Gráfica 4.II.4**). Dado que se analizan tres años, 2009, 2014 y 2019 los límites establecidos cambiaron; sin embargo, dicho cambio es muy pequeño, lo que también nos indica que la densidad de las actividades económicas a nivel AGEB en la Cdmx ha cambiado muy poco en los últimos diez años.



**Gráfica 4.II.4.-** Relación entre intensidad económica y localización de CA en la CDMX en los años 2009, 2014 y 2019

**Fuente:** Elaboración propia a partir de INEGI (2009, 2014 y 2019).

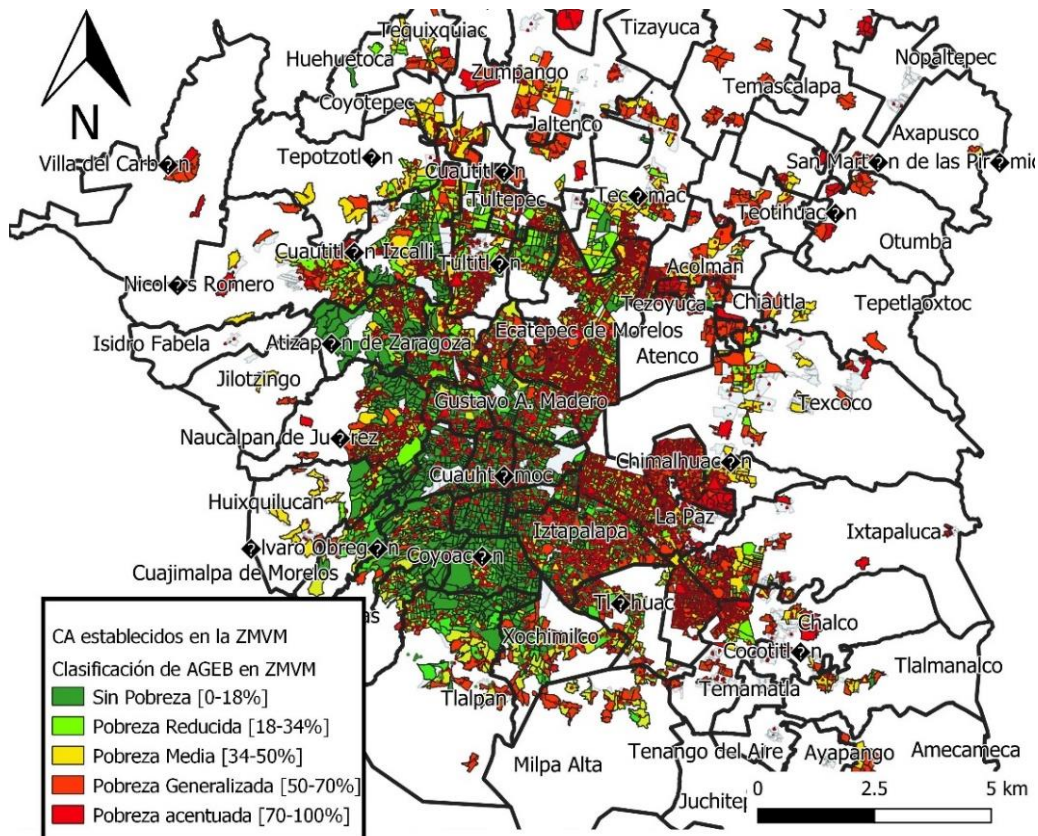
En la **Gráfica 4.II.4** el eje horizontal representa la intensidad de las actividades económicas en el AGEB, agrupados en cinco intervalos en la intensidad de actividades económicas: muy baja, baja, media, alta y muy alta. Como se señaló, los límites de cada intervalo cambian ligeramente para los años 2009, 2014 y 2019. El eje vertical muestra el número total de CA establecidos en cada tipo de AGEB en toda la Cdmx.

La **Gráfica 4.II.4** intenta mostrar que los CA se localizan preferentemente en zonas con baja actividad económica, siendo muy marcado que su localización raramente se da en AGEB con alta o muy alta actividad económica. Esto permite hacer dos inferencias, por una parte, la densidad de valor de los materiales contenidos de los RSU es baja, lo que sugiere que la comercialización de estos no tiene un flujo de efectivo grande y el valor de la renta de los espacios ocupados para su almacenamiento debe compensar el reducido valor comercial de los RSU. En las zonas con alta o muy alta actividad económica el valor del uso del suelo se incrementa, ejerciendo presión sobre aquellas actividades

económicas menos rentables. Aquellas zonas con alta y muy alta actividad económica tienen una fuerte demanda de suelo, la renta de este sube haciendo inviable la localización de CA en estas zonas. No sucede lo mismo con las zonas de menor actividad comercial, en la que las OLA-RSU pueden establecerse sin la presión que otras actividades económicas, más rentables, ejercen en la demanda de suelo.

### 5.- Porcentaje de pobreza de la población y localización de CA

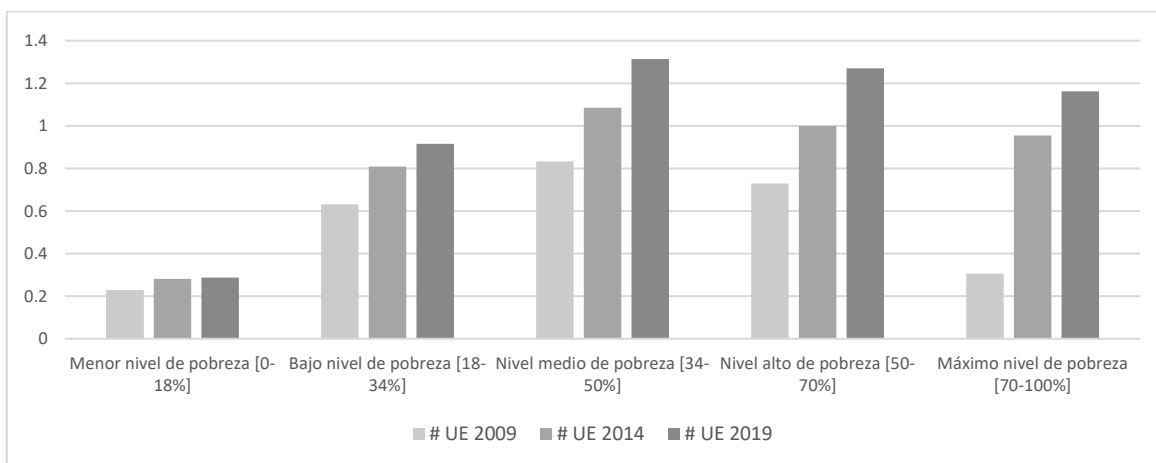
El **Mapa 4.II.5.1** muestra una clasificación a nivel AGEB de la ZMVM tomando como base la clasificación hecha por CONEVAL (2016) sobre el nivel de pobreza en cada AGEB. Las áreas en color verde muestran las zonas con menor nivel de pobreza, mientras que las más enrojecidas son las que presentan mayor nivel de pobreza en el AGEB. Como se puede apreciar en el mapa, las alcaldías del centro son las que presentan menor porcentaje de pobreza y conforme nos desplazamos a la periferia el nivel de pobreza se va incrementando. Este es un patrón dominante en toda la ZMVM.



**Mapa 4.II.5.1.-** Clasificación de AGEB por nivel de pobreza en la ZMVM

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS con datos de CONEVAL (2017).

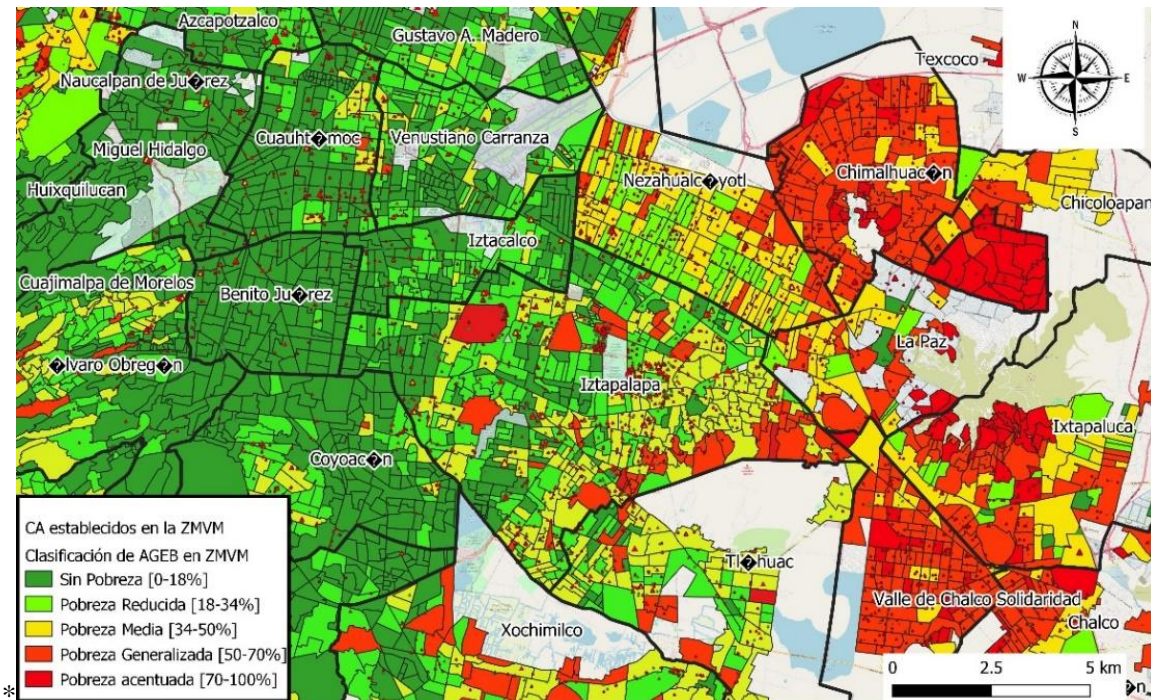
La **Gráfica 4.II.5.1** muestra el promedio de CA en cada tipo de AGEB, conforme a su nivel de pobreza, en la ZMVM, se destaca en este gráfico que los AGEB con mayor nivel de pobreza tienden a tener más UE de RSU. Se destaca también que es raro tener CA en AGEB con bajos niveles de pobreza.



**Gráfica 4.II.5.1.-** UE promedio establecidas por tipo de AGEB en la ZMVM de 2009 a 2019

**Fuente:** Elaboración propia a partir de INEGI (2009, 2014 y 2019).

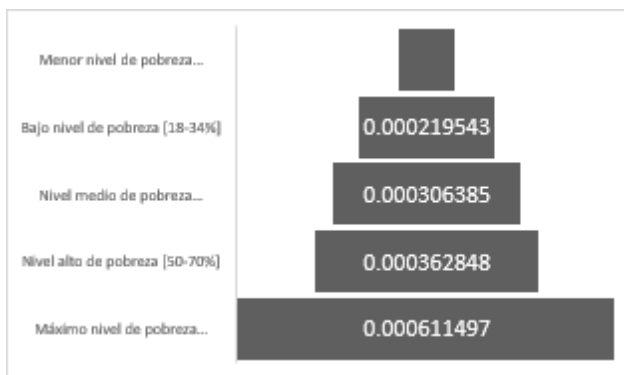
**Mapa 4.II.5.2**, el cual corresponde a la zona oriente de la CdMx muestra claramente este patrón centro-periferia. Las alcaldías Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Coyoacán con un predominante color verde opaco, que significa bajos niveles de pobreza. Sin embargo, conforme nos desplazamos a la zona poniente u oriente las tonalidades cambian, incrementándose el nivel de pobreza presente en los AGEB. Además de la fragmentación al interior de la CdMx que se muestra en los límites de las alcaldías Cuauhtémoc y Venustiano Carranza, el **Mapa 4.II.5.2** también muestra las UE orientadas a las OLA de RSU, las cuales tienden a localizarse en AGEB con mayores niveles de pobreza. Los puntos y triángulos que muestra el **Mapa 4.II.5.2** corresponden a las UE dedicadas a las OLA de RSU, y puede observarse que se establecen con mayor intensidad en los AGEB más empobrecidos. Particularmente en la zona oriente, se observa como la ZMVM pasa del verde al rojo conforme nos movemos del centro a la periferia, pero también se ve como las UE orientadas a OLA de RSU tienden a establecerse en estos cinturones de pobreza. Los RSU valorizables se van desplazando de las zonas de mayor generación (en verde) a las zonas más empobrecidas (en rojo) y que tienen en las OLA de RSU una forma de obtener ingresos.



**Mapa 4.II.5.2.-** Clasificación de AGEB por nivel de pobreza y localización de UE que realizan OLA de RS

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

La **Gráfica 4.II.5.2** pretende mostrar que en la ZMVM hay más CA y CT por habitante en las zonas más empobrecidas que en aquellas con bajos niveles de pobreza. La pirámide social en la que la población más pobre se ubica es el contexto en el que se desarrollan las OLA de RSU.



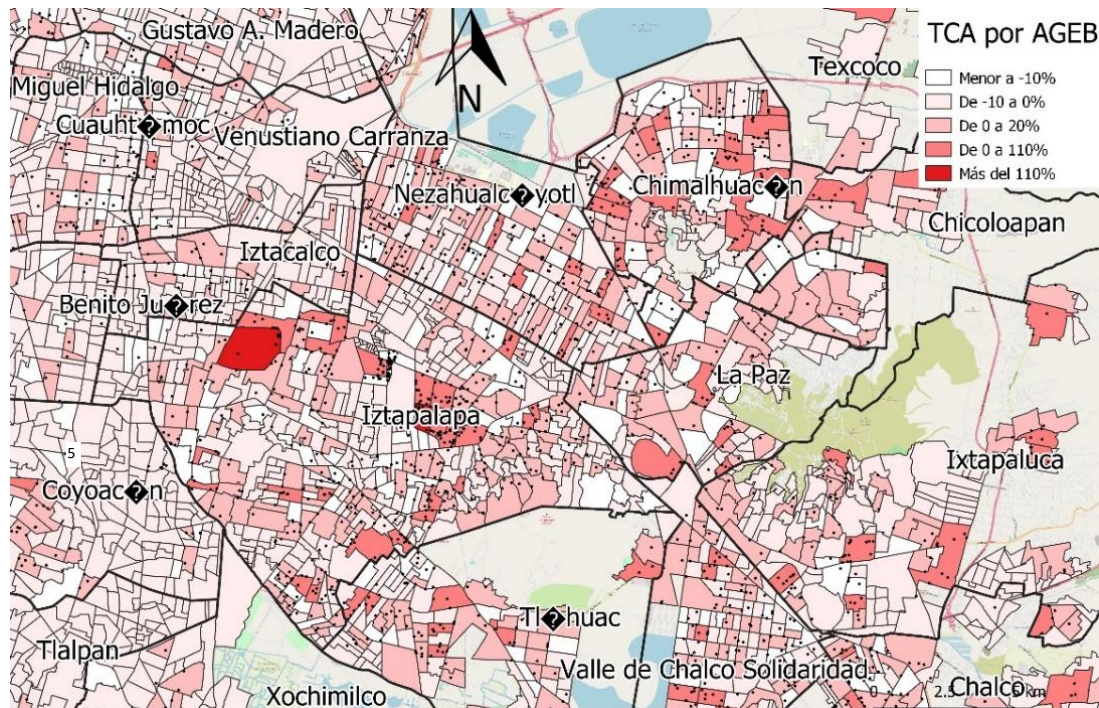
**Gráfica 4.II.5.2.-** UE enfocadas a OLA de RSU por habitante según tipo de AGEB

**Fuente:** Elaboración propia a partir de INEGI (2015 y 2019).

Además, conforme a la tendencia mostrada en estos diez años, las AGEB con mayor tasa de crecimiento de OLA son precisamente las que tienen mayores niveles de pobreza. El **Mapa 4.II.5.3**



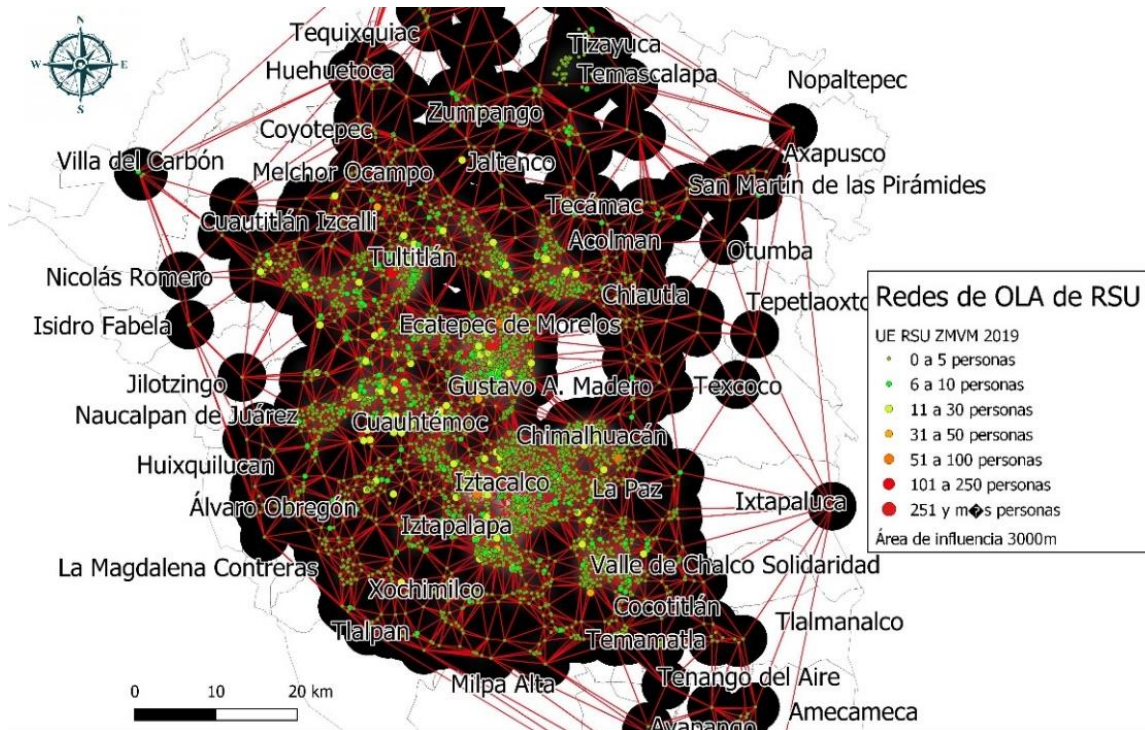
muestra las AGEB con mayor tasa de crecimiento anual en las OLA. La intensificación de las operaciones de estas UE se ha dado en las zonas más empobrecidas, como es la zona oriente. La alcaldía de Iztapalapa junto con los municipios de Nezahualc6yotl, Chimalhuac6n, Valle de Chalco, Chicoloapan, La Paz e Ixtapaluca destaca por su crecimiento en las OLA. De hecho, estos municipios conforman un corredor por donde se dan los flujos de salida de RSU valorizables.



**Mapa 4.II.5.3.-** Tasa de crecimiento anual de CA en AGEB de la zona oriente

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

Las UE están establecidas en toda la ZMVM, desarrollan sus actividades en locaciones de tipo marginal, mayoritariamente en pequeños establecimientos comerciales que emplean menos de cinco trabajadores y que en su gran mayoría son informales. Es a través de esta red de acopiadores que los materiales valorizables de los RSU comienzan a consolidarse y conformar redes de adquisición más robustas. El flujo de los materiales va de los pequeños a copiadore a las pequeñas y medianas UE que se encargan de hacer la consolidación y transferencia, es de estos CT que los RSU valorizables van saliendo de la ZMVM. Las zonas enrojecidas del **Mapa 4.II.5.4** ya nos muestran las zonas de salida de RSU en la Ciudad. Los clústeres logísticos encargados del flujo de salida de los materiales se pueden identificar claramente en este mapa de la zona oriente.



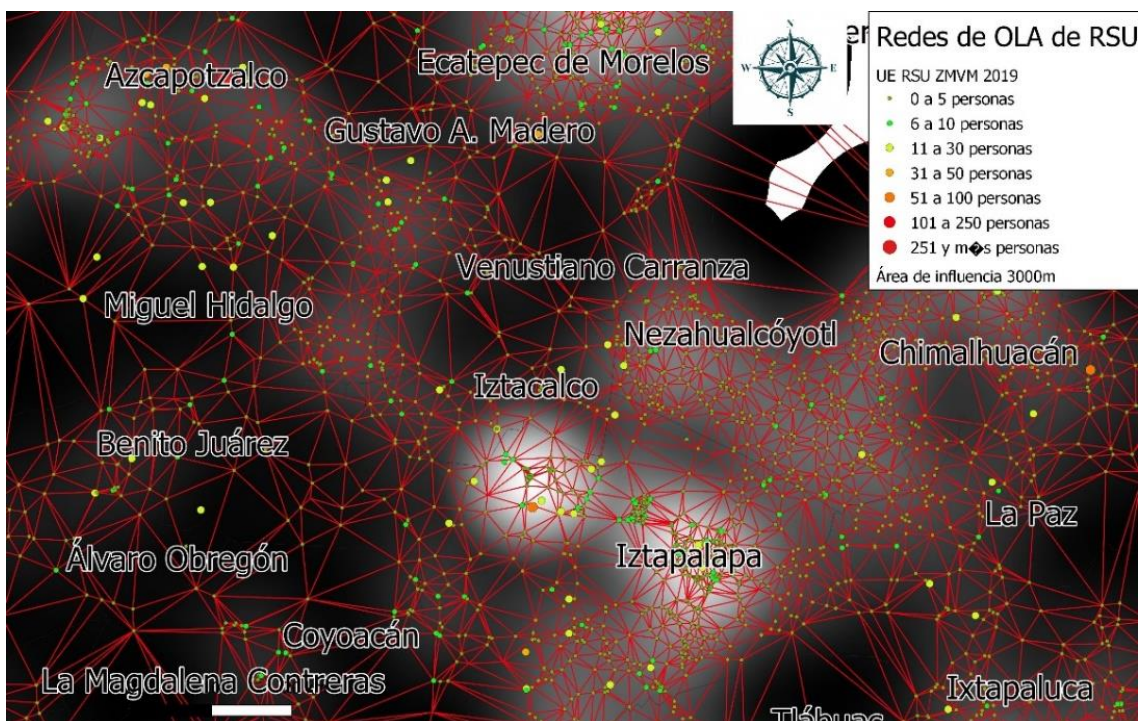
**Mapa 4.II.5.4.-** Redes de adquisición de RSU valorizables en la ZMVM

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

En el **Mapa 4.II.5.4** intenta mostrar los clústeres logísticos en los que las OLA de RSU son más intensos y que se encargan en la actualidad constituyen los únicos eslabones de ruptura entre un MEL y un modelo de economía circular. La red de adquisición mostrada en el **Mapa 4.II.5.5** es una red de alto impacto integrada por casi cinco mil unidades económicas, que emplea directamente hasta diez mil trabajadores y que podrían generar hasta 40 mil empleos indirectos, considerando sólo transportistas y recolectores. En la red mostrada se pueden estar moviendo más de tres mil toneladas diarias de materiales valorizables, la cual está conectada a través de 52 mil kilómetros de vialidades dentro de la ZMVM.

Además de los componentes estructurales de la red, los CA y CT, se identifican elementos sobre las funciones que realizan, principalmente, los caminos que siguen los residuos para salir de la ZMVM, Los corredores oriente, cuyo flujo incluye las demarcaciones Iztapalapa, Iztacalco, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, La Paz. Este corredor se conecta en la parte sur con los clústeres de Tláhuac y Valle de Chalco. Valle de Chalco es la conexión con los clústeres satelitales de la zona conocida como corredor de los volcanes (Temamatla, Amecameca, Ecatingo, Ozumba, Tlalmanalco y Chalco). Otro clúster está al norponiente de la CdMx que comienza a tomar forma en la zona norte de la demarcación

Venustiano Carranza, integra a Gustavo A. Madero y tiene su centroide en el Municipio de Ecatepec, dando salida a los RSU a través de los municipios de Coacalco, Tecámac, Tultepec y Cuautitlán. Un tercer corredor bien definido es el de la zona norte, que inicia en la parte norte de la Alcaldía Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, tomando forma en Azcapotzalco y siguiendo el flujo de salida a través de los municipios de Tlanepantla, Tultitlán y Cuautitlán, se agregan a esta red los clústeres satelitales de Atizapán de Zaragoza y Nicolás Romero.



**Mapa 4.II.5.5.-** Redes de adquisición de RSU valorizables en la ZMVM

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

## 6.- Caracterización del Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México.

### 6.1 Generalidades del Municipio.

El municipio de Nezahualcóyotl fue seleccionado como zona de estudio para analizar las OLA-RSU, su localización se muestra en el **Mapa 4.II.6.1**. Nezahualcóyotl se encuentra en la zona centro del país, que, en términos absolutos y relativos, es la zona que más RSU genera. Nezahualcóyotl era el municipio con mayor densidad poblacional en 2010, con 17,555.5 habitantes por km<sup>2</sup>. En ese año se recolectaban 820 t de RSU diariamente y su tasa de recolección *per cápita* era de 0.746 kg/hab/día. Para 2016, la recolección diaria de RSU fue de 1200 t, con una tasa *per cápita* de 1.153 kg/hab/día. Aunque su tasa de recolección *per cápita* es menor a 2.0 kg, Nezahualcóyotl es uno de los municipios que mayor incremento en la recolección de RSU ha tenido de 2010 a 2016, su crecimiento es del

46%, lo que excede la media de crecimiento nacional en este rubro. A nivel nacional, este municipio ocupa el décimo lugar en el incremento en la recolección de RSU, en la ZMVM ocupa el tercer lugar, después de Ecatepec de Morelos y Benito Juárez.



**Mapa 4.II.6.1.-** Localización del Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México en software QGIS

Nezahualcóyotl tiene una población estimada al 2015 de 1, 039, 867 habitantes, 6.36% menos población que la registrada en el Censo de Población y vivienda 2010. El 48.34% de la población del municipio eran hombres y el 51.66% mujeres. Poco más de la mitad de la población del municipio es joven, con una edad menor a 29 años.

El grado promedio de escolaridad de su población, en años de escuela, es de 9.5, lo que constituye apenas la educación secundaria terminada y un semestre de Educación Media Superior. Laboralmente, el 43. 27% de la población era económicamente activa.

Territorialmente, Nezahualcóyotl se encuentra dividido en 179 AGEB. Además de AGEB, el municipio está dividido en 74 asentamientos o colonias, los cuales, a diferencia del AGEB, no constituyen unidades homogenizadas.

## 6.2 Estratificación Socio Económica de la población del municipio de Nezahualcóyotl

Los datos utilizados para calcular los índices provienen del Censo de Población y Vivienda de 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010). Para ajustar la población a los NSE que calcula la AMAI, se recurrió a la estratificación nacional del año 2011: 6.8% de los hogares pertenecía al NSE **AB**, 14.2% al NSE **C+**, 17% al NSE **C**, 17.1% al NSE **C-**, 18.5% al NSE **D+**, 21.4% al NSE **D** y 5% al NSE **E**. Esta distribución población se ocupó para establecer los límites de cada NSE para el **Índice 1**, índice computadora, aplicado a los municipios del Estado de México con la información de INEGI (2010).

De esta manera se pudo determinar el NSE predominante en cada uno de los 179 AGEB del municipio de Nezahualcóyotl. A partir de lo que se observa en el **Mapa 4.II.6.2.1**, los AGEB con NSE más altos se encuentran en la zona norte del municipio, particularmente 15 AGEB tienen un NSE **AB** (8.3%). Sólo 9 de los 179 AGEB tienen un NSE **C+** (5%); 38 AGEB en el municipio corresponden al NSE **C** (21.23%), 39 al NSE **C-** (21.78%), El NSE dominante en los AGEB del municipio es el **D** que predomina en el 40% de los AGEB del municipio. Aunque no existen altos grados de marginalidad en el municipio (no hay NSE **E** y el NSE **D** apenas corresponde al 4%), la mayor parte de los hogares del municipio no tienen ingresos altos, lo que explica su baja tasa de generación de RSU *per cápita*.



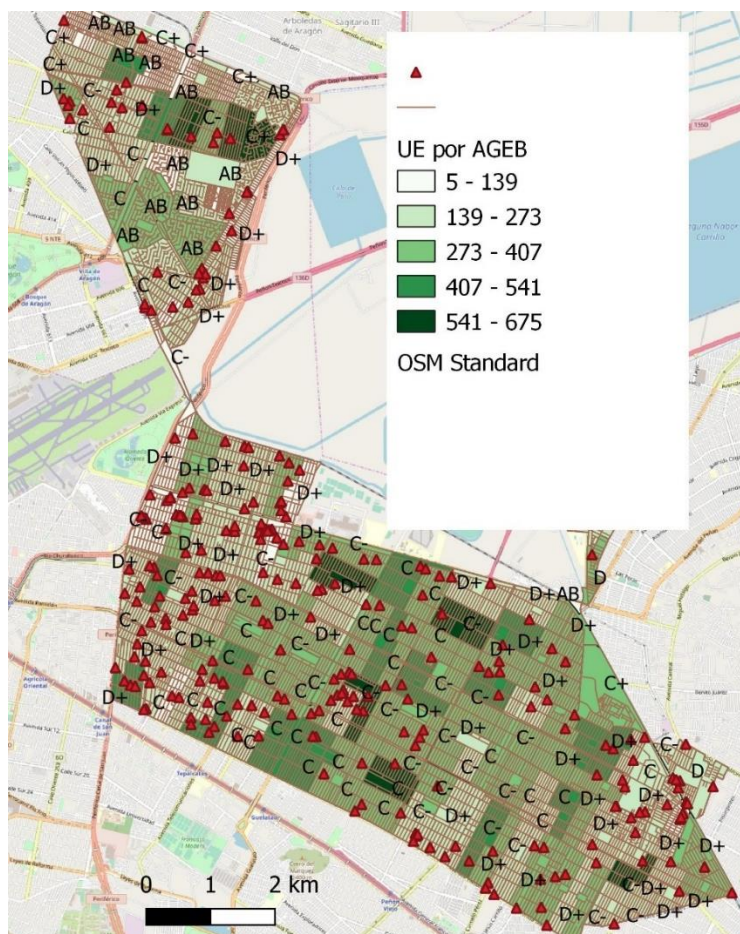
**Mapa 4.II.6.2.1.-** Niveles socioeconómicos predominantes en AGEB del Municipio de Nezahualcóyotl

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

De acuerdo con lo reportado por la literatura, aquellos AGEB con NSE bajos constituyen zonas en las que la generación y recolección de RSU es baja, mientras que los AGEB con altos NSE constituyen zonas con mayor generación y recolección de RSU.

Tal como se demostró a nivel agregado en la ZMVM, en el municipio de Nezahualcóyotl se demuestra que, a menor nivel socioeconómico de la población, es más probable encontrar CA en el AGEB. Esto se demostró en el municipio contrastando la caracterización socioeconómica de los AGEB con los CA identificados mediante recorridos virtuales y en sitio.

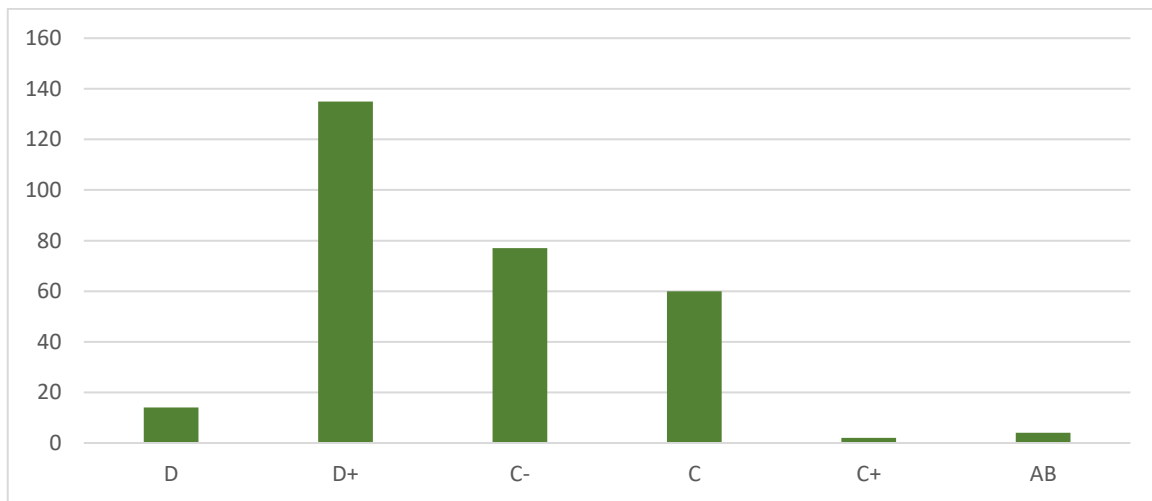
Una dispersión más detallada se muestra en el **Mapa 4.II.6.2.2**, en el que se puede ver la distribución de los CA a través del territorio del municipio. Si bien la dispersión de los CA no es homogénea a través del municipio, pues se identifican dos áreas en el municipio que no tienen CA identificados en recorridos virtuales.



**Mapa 4.II.6.2.2.-** Distribución de los CA considerando NSE predominantes e Intensidad Industrial

**Fuente:** Elaboración propia en software QGIS.

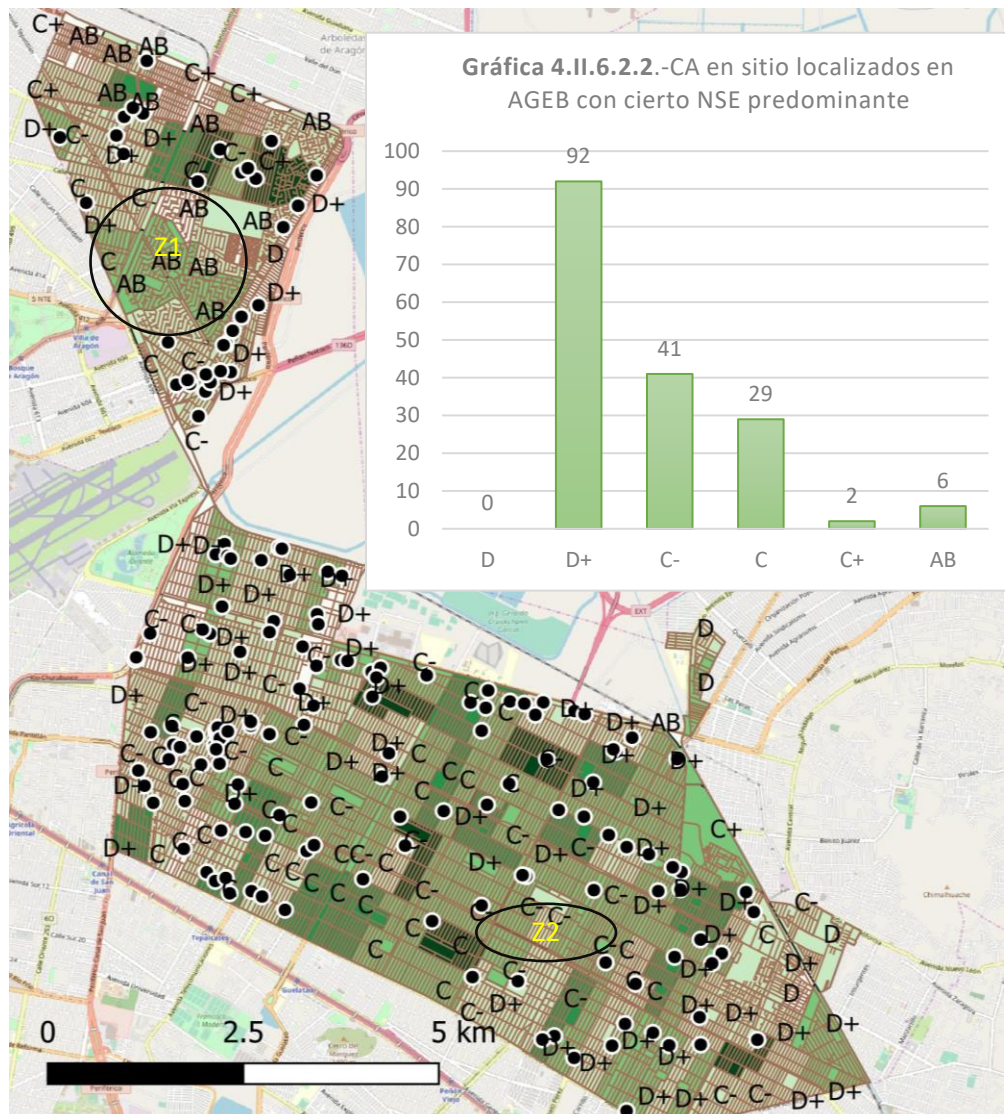
La distribución de los CA considerando NSE e intensidad de la actividad industrial se muestra en el **Mapa 4.II.6.2.2**. En este mapa, los NSE predominante en el AGEB se muestra con su etiqueta respectiva: AB, C+, C, C-, D+ o D. Una inspección en el mapa nos muestra en la zona norte del municipio, en los NSE más altos prácticamente no hay CA: 1.3% de los CA identificados estaban establecidos en AGEB con NSE AB y 0.68% con NSE C+. 137 CA estaban establecidos en AGEB con NSE predominante C (20.4%) y C- (26.3%). Los NSE más bajos registrados en el municipio, D+ y D, son los AGEB que concentran la mayoría de los CA, pero es destacable que el estrato más bajo, el NSE D sólo tiene 14 CA. El 46.52% de los CA del municipio se encuentran establecidos en AGEB con NSE predominante D+. Estos datos muestran una clara tendencia en la que a menor NSE más CA están establecidos, mostrando una fuerte correlación para explicar la distribución de los CA en Nezahualcóyotl. La tendencia en la distribución de CA a partir del NSE del AGEB se muestra en la **Gráfica 4.II.6.2.1**.



**Gráfica 4.II.6.2.1.-** CA establecidos por NSE predominante en la AGEB

Este mismo patrón de localización de CA en AGEB con NSE bajo, se corrobora mediante la identificación de CA en recorridos en campo, realizados durante el año 2019. En el **Mapa 4.II.6.2.3**, se muestra la distribución de los CA en el territorio del municipio. Se observa, tal como sucedió en los recorridos virtuales, que existen características de la población y de la actividad económica que se relacionan a la presencia de CA en AGEB particulares. Por ejemplo, en el **Mapa 4.II.6.2.3** pueden observarse dos zonas, Z1 y Z2, en las cuales no hay CA. En la zona norte del municipio se concentran los NSE más altos, por lo que la mayor generación de RSU debería estar en estos AGEB; sin embargo,

es en los NSE más altos en los que menos CA están establecidos. Lo mismo ocurre con el NSE más bajo del municipio, el D, pues en estos AGEB tampoco se establecen CA. Igual que en los recorridos virtuales, los CA identificados *in sitio*, muestran una tendencia a establecerse en AGEB con NSE bajos, pero no tan bajos, en su mayoría se establecen en NSE D+ y C-. Estos NSE concentran al 78% de los CA (ver **Gráfica 4.II.6.2.2**). Una variable explicativa de la distribución de CA en el territorio del municipio es el NSE de su población, en el **Mapa 4.II.6.2.3** puede observarse esa distribución. La tendencia mostrada en la **Gráfica 4.II.6.2.2** señala que en los NSE D+ y C- se establecen predominantemente los CA de RSU, lo cual respalda a la literatura que señala que las OLA se desarrollan en zonas marginales y en la informalidad económica.



**Mapa 4.II.6.2.1.-** Distribución de los CA en el Municipio de Nezahualcóyotl



### **6.3 Actividad Industrial en el municipio de Nezahualcóyotl.**

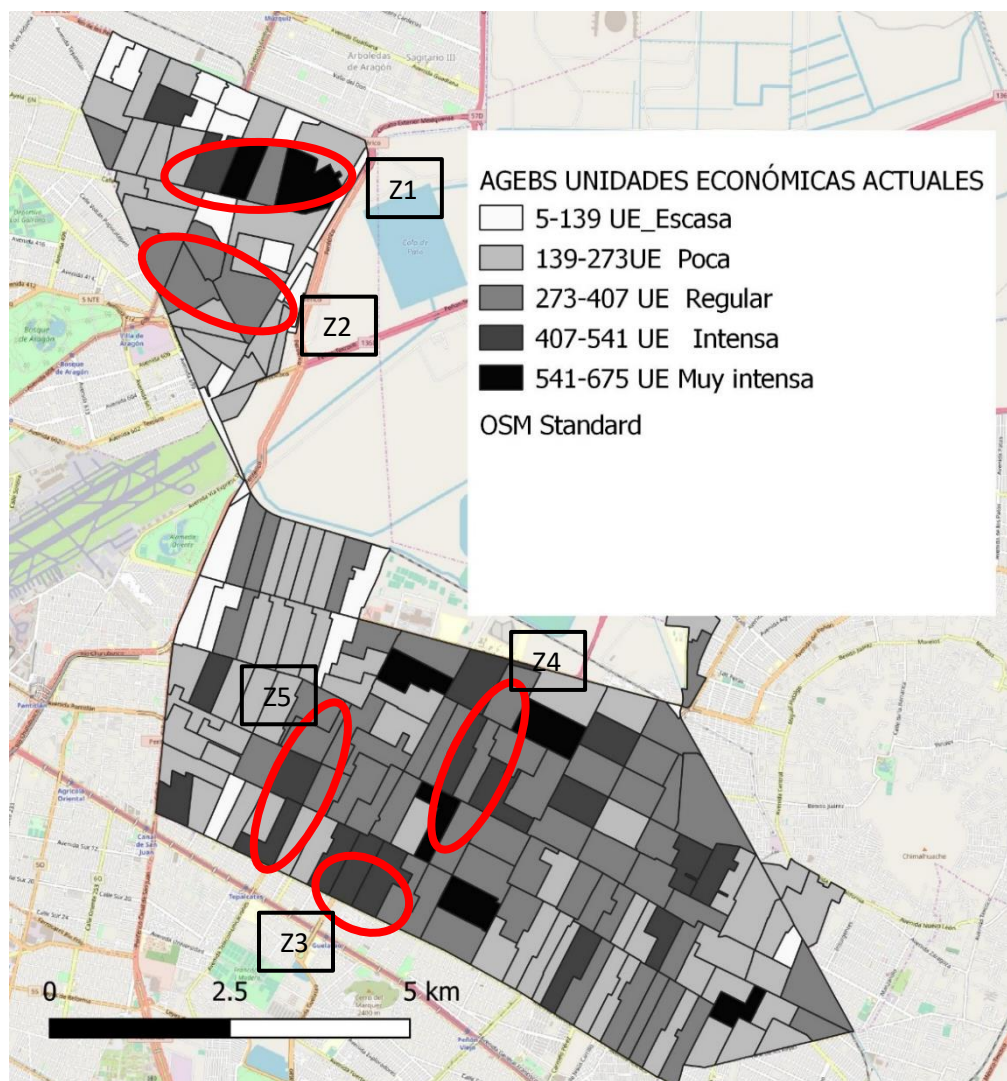
En cuanto a actividades económicas en el municipio, el Directorio Nacional de Unidades Económicas (2019) muestra que en el municipio están establecidas 49, 166 Unidades Económicas (UE). La mayor actividad económica en la zona es el subsector 46 (Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte) **comercio al por menor**, al que le corresponden el 47.3% de las UE. Le siguen el subsector 81, **otros servicios**, con el 17% de la actividad económica y el subsector 72, **servicios de alojamiento y preparación de alimentos**, con el 10.5%. La actividad **industrial manufacturera** en el municipio, subsectores 31-33, constituye apenas el 8.4% de las UE. El 91.61% de las UE tienen entre 0 y 5 trabajadores, lo que los constituye como microempresas.

En el **Mapa 4.II.6.3** se muestra la intensidad de la actividad industrial en el municipio de Nezahualcóyotl, a partir del número de UE que operan en cada AGEB. Se consideró para esta clasificación establecer cinco categorías de intensidad en las actividades industriales. Los rangos establecidos para estas categorías son iguales, de tal manera que se va de AGEB con menos de 149 UE, que constituyen áreas con una actividad industrial baja, hasta AGEB que tienen más de 541 UE, donde su actividad industrial es muy intensa.

Es importante destacar que en el interior del municipio se conforman zonas con alta intensidad industrial, dichas zonas suelen rodearse de zonas con actividad industrial baja y/o escasa. Por ejemplo, si se observa la zona norte del municipio en el **Mapa 4.II.6.3**, podrán identificarse dos grupos de AGEB, **Z1 y Z2**, con actividad industrial intensa o muy intensa, rodeados de AGEB con actividad industrial baja o escasa. En la zona oriente del municipio es más difícil encontrar este patrón de distribución de la actividad industrial, pero también se identifican centroides de la actividad industrial, como **Z3, Z4 y Z5**.

Por otro lado, el **Mapa 4.II.6.3**, también muestra la distribución de los CA y su relación con la intensidad industrial en Nezahualcóyotl. Los AGEB más oscuros son aquellos que tienen más UE, mientras que los que se iluminan con verde más claro, tienen menos actividad económica. Como se observa en el **Mapa 4.II.6.3**, la cantidad de UE establecidas en el AGEB se relaciona con la presencia de CA en los recorridos virtuales. 38 CA estaban establecidos en AGEB con menos de 139 UE, 13.01%. 129 CA se encontraban establecidos en AGEB con entre 139 y 273 UE, lo que representa un 44.48%. 80 CA identificados en los recorridos virtuales estaban establecidos en AGEB con entre 273 y 407 UE, 27% del total. 32 CA se establecieron en AGEB que tenían más de 407 UE y menos de 541, un 10%. Sólo 13 CA se establecieron en los AGEB en que hay mayor actividad económica. La

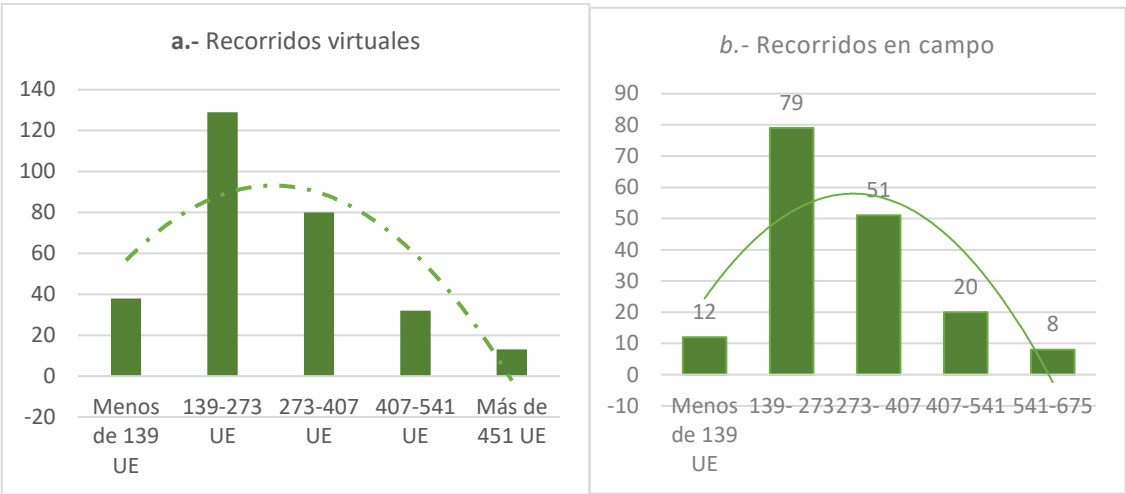
siguiente gráfica muestra claramente la distribución de los CA en cuanto a la intensidad de actividades económicas.



**Mapa 4.II.6.3.-** Intensidad de las actividades Industriales en el Municipio de Nezahualcóyotl en software QGIS

Con respecto a la intensidad en las actividades económicas al interior del municipio, el **Mapa 4.II.6.3** muestra que los CA no suelen establecerse en AGEB con alta intensidad económica. Aunque entre más UE hay en el AGEB se esperaría una mayor generación de RSU, parece que el valor de las rentas en estas zonas de alta demanda hace que los CA se desplacen a AGEB con mayor demanda comercial. En contraparte, los AGEB con escasa actividad económica tampoco son zonas en las que se

establezcan comúnmente los CA. Como se aprecia en el **Gráfico 4.II.6.3.a y b**, ratifican que los CA se establecen en AGEB con nivel de actividad económica baja y media.



**Gráfica 4.II.6.3.-** CA establecidos según intensidad de actividades económicas en la AGEB

### III. Discusión de resultados

En este trabajo se ha mostrado que la adquisición de RSU para CSI es producto de la interacción de tres sistemas, tanto a nivel ZMVM como en el municipio de Nezahualcóyotl. Los sistemas son las CS, el sistema público de manejo de RSU y las redes de adquisición de RSU que forman parte de CSI. De estos tres sistemas, los resultados de esta investigación permiten señalar que: las CS no se responsabilizan de los RSU que generan ni participan directamente en su recuperación; el sistema público de manejo de RSU tiene una participación limitada en la adquisición de RSU para su posterior valorización, de hecho, su papel está reducido a un tipo de recolector, de los varios que participan; las redes de adquisición de RSU se integran principalmente por agentes privados e informales que asumen casi por completo las OLA para CSI que valorizan RSU.

Los avances señalados por Foolmaun & Ramjeeawon (2013) respecto a que las CS están extendiendo su responsabilidad sobre sus productos, con un enfoque de la cuna a la tumba, son desestimados en este trabajo. En la ZMVM en general, y en Nezahualcóyotl en particular, no se identificaron esquemas de adquisición de RSU integrados a una cadena de suministro directa. La responsabilidad empresarial en la gestión de los RSU está ausente, las empresas que lanzan al mercado miles de toneladas de envases de PET, cartón, vidrio, aluminio, entre otros, no participa en la gestión y recuperación de RSU en la zona estudiada. Ninguno de los 4966 CA y CT identificados a nivel ZMVM o de los 310 identificados en Nezahualcóyotl, es financiado, está asociado o forma parte de una empresa

productora o está integrado a una cadena de suministro directa. Estos datos pueden agregarse a los proporcionados por Varsei et al. (2014) y que soportan sus aseveraciones respecto a la insustentabilidad de las CS directas. Los resultados de este trabajo también aportan evidencia para respaldar los llamados hechos por Farahbakhsh & Forghani (2019), Yu & Solvang (2016), Gomes et al. (2015), Cruz-Rivera & Ertel (2010) y Schröter & Spengler (2005) en el sentido de aplicar leyes de responsabilidad extendida del productor, para que sean los fabricantes y sus CS los responsables de los residuos generados por el consumo de sus productos. Este tipo de leyes ya está teniendo resultados en países europeos y asiáticos.

Los resultados de esta investigación, particularmente sobre la operación de transporte y el número total de vehículos ocupados en el transporte de RSU valorizables, muestran que no son los sistemas de manejo de RSU públicos en las zonas de estudio los protagonistas en la adquisición de RSU para su valorización. Pese a lo señalado en SEDEMA (2016), SEMARNAT (2016), Calva-Alejo y Rojas-Caldelas (2014), PGIRS DF (2010), son los agentes privados e informales los que llevan a cabo la adquisición de RSU. El número de CA y CT privados sobre pasa en mucho al número de instalaciones de separación de RSU gubernamentales a nivel ZMVM. Mientras que INEGI (2019) señala que en toda la ZMVM sólo hay 87 puntos de acopio y separación de RSU con gestión gubernamental, los resultados del análisis en SIG de este trabajo permitieron identificar cerca de 5 mil CA y CT privados. Al menos en Nezahualcóyotl, el número de vehículos ocupados por los agentes transportistas privados es mucho mayor a la flota vehicular de recolección perteneciente al gobierno municipal. El resultado de los cuestionarios de observación muestra que los camiones de colecta de RSU en Nezahualcóyotl venden los RSU valorizables que recolectan en los CA privados del municipio, siendo estos camiones del servicio de limpia municipal un tipo más de recolector en las redes de adquisición de RSU en el municipio. Son los servicios de recolección de RSU municipal los que se integran a las redes de adquisición privadas e informales para alimentar a las CSI que valorizan RSU y no al revés, como lo prevé la normatividad.

Finalmente, el tercer sistema, es una red de agentes privados e informales que realizan la función de adquisición de RSU para CSI. Este trabajo aporta evidencia de cómo está integrada esta red de adquisición y cuál es su estructura. En primera instancia se debe destacarse que las observaciones hechas en este trabajo permiten establecer que los agentes involucrados en las OLA constituyen una red, en las que diversos agentes realizan OLA distintas, pero lo hacen coordinadamente, dando forma a una CSI, más que a un sistema de logística inversa. Por ello, este trabajo se diferencia de los trabajos de Agrawal et al. (2015), Kinobe et al. (2012) e incluso de Cruz-Rivera & Ertel (2010), en sentido de

que no son sistemas de logística inversa empresarial los que permiten la recuperación de los residuos; de hecho, se consideraría conceptualmente incorrecto usar el término de logística inversa para referirse a las redes de adquisición identificadas y caracterizadas en este trabajo.

Son estas redes de adquisición las que ocasionan la disrupción en el MEL, desviando el flujo de materiales de los RSU a disposición final e integrándolos a un flujo de recuperación-valorización mediante CSI. Contrario a lo señalado por Ellen MacArthur Foundation (2016) no son las grandes empresas con certificaciones de responsabilidad social las que están contribuyendo a la recuperación de los RSU, sino que son pequeños agentes informales que operan en condiciones de marginalidad económica y social.

Los agentes que se caracterizan en esta investigación conforman eslabones de una CSI, tal como son conceptualizadas por Yoon & Jeong (2016), Nakashima & Gupta (2013), Umeda (2013) y Guide et al. (2003). Este trabajo aporta muchos elementos para desagregar la función de adquisición en CSI identificada en Larsen (2010), de esta manera la caja negra de la adquisición se aclara un poco en áreas urbanas como la ZMVM. Las OLA de RSU caracterizadas en este trabajo permiten identificar la secuencia operativa seguida desde las fuentes de generación de RSU, hasta los puntos de valorización industrial de RSU: recolección, almacenamiento temporal, manejo de materiales, transporte, transferencia y nuevamente transporte.

Este trabajo aporta elementos para respaldar la aseveración de que los modelos de economía circular propuestos en Larsen et al. (2018), Bing et al. (2016), Ellen MacArthur Foundation (2016) y Lacy & Rutqvist (2015) pueden materializarse con la integración de CSI. Los modelos de economía circular en mercados emergentes pueden hacerse realidad mediante las actividades de redes de adquisición como las que son caracterizadas en este trabajo. Esto no quiere decir que sea la única forma, pero si la forma actual en que la economía circular se ponen en práctica en la ZMVM y en Nezahualcóyotl.

Los resultados señalan que las OLA de RSU valorizables constituye un mercado laboral para la población en la base de la pirámide social. Los resultados de este trabajo son consistentes con lo que señala Rosca et al. (2017) al confirmar que los mercados BOP constituyen negocios millonarios, no por el margen de ganancia unitario, sino por el alto número de transacciones. El mercado de los RSU valorizables no aporta elevadas ganancias unitarias, ya que como lo mostraron las tablas de precios observadas en los CA, las ganancias por kilogramo de residuo son de algunos pesos. El negocio de los RSU valorizables está en el alto volumen de comercialización que se da en las áreas urbanas, siendo la población BOP la que está dispuesta a participar en su mercado laboral.

Los resultados presentados permiten aseverar que el mercado de RSU valorizables en la ZMVM y en Nezahualcóyotl es un mercado BOP, pero a diferencia de lo planteado por Parmigiani & Rivera-Santos (2015) las corporaciones multinacionales no han tenido injerencia, al menos en la fase de adquisición de RSU para las CSI. Pese a su acelerado crecimiento, el mercado BOP de los RSU valorizables no ha tenido participación de grandes empresas, tal como se ha mostrado en este trabajo, la adquisición de RSU valorizables se desarrolla por nano y micronegocios privados que operan informalmente.

En este trabajo se puede corroborar lo que señalaban Florisbela-dos Santos y Wehenpohl (2001) hace veinte años: los negocios de recolección y reciclaje de RSU no operan en la informalidad económica por su bajo nivel de ingreso, sino porque la informalidad es la base del negocio de los RSU valorizables. Hay un efecto de “empuje” que subsidia las OLA-RSU de los recolectores, que es el pago de propinas y dádivas por parte de los generadores, ocasionando un incremento en el margen de ganancia de los recolectores. Además, los recolectores, a diferencia del resto de los agentes de adquisición caracterizados en este trabajo, no pagan por los materiales recolectados, al contrario, reciben propinas por ello. El modelo de negocio de los agentes de la adquisición caracterizados en este trabajo es un modelo de doble entrada de conformidad a lo planteado por Osterwalder et al. (2011), puesto que recibe ingresos y depende de sus proveedores, generadores de RSU valorizables, pero también recibe ingresos y dependen de sus clientes, que son los valorizadores de RSU.

Los agentes caracterizados en este trabajo se apropian y hacen uso intensivo del espacio urbano, lo que caracteriza a su negocio, pues el espacio público constituye un recurso clave en sus operaciones. Esta característica del negocio de los agentes que desarrollan OLA no concuerda con ninguna de las categorías de negocios de reciclaje identificadas por Rosa et al. (2019), lo que abre una línea de trabajo entorno a los negocios BOP enfocados a RSU valorizables.

Para la ZMVM y Nezahualcóyotl se confirma lo que señalaban Umeda (2013), Georgiadis & Vlachos (2003), en el sentido de que son las cuestiones económicas y no las medioambientales, las que impulsaron el desarrollo de estrategias de recuperación de materiales valorizables de los residuos. No es desde un enfoque de desarrollo sustentable de las CSI, como los propuestos por Varsei et al. (2014), Schaltegger & Burritt (2014), Winter & Knemeyer (2013), que se desarrollan las OLA-RSU, no en las redes de adquisición caracterizadas en este trabajo. Lo que se muestra en este trabajo es que las OLA-RSU tienen fuertes implicaciones sociales y medioambientales.

Tal como lo señala Solíz (2017), los RSU son un reflejo de los modelos sociales y de sus estructuras productivas, los resultados de este trabajo han aportado evidencia de este reflejo. La inequidad del MEL se refleja en el sistema actual de gestión de RSU, tanto a nivel ZMVM como a nivel municipal, en Nezahualcóyotl. Grandes centros generadores de RSU son identificados tanto en la ZMVM como en el municipio estudiado. Estos centros generadores de RSU caracterizados por altos NSE y alta intensidad industrial no padecen los estragos y afectaciones ocasionadas por las OLA. Como bien señala Solíz (2017), el manejo de los residuos replica la inequidad e injusticias del modelo económico predominante.

Fujii et al. (2014) y GRI (2015) señalan que la población con altos ingresos son los que generan mayor cantidad de RSU. Sin embargo, los resultados de esta investigación señalan que los CA y CT, puntos nodales de la red de adquisición de RSU para CSI, no se establecen en zonas de alto NSE. Las OLA se desarrollan en las AGEB circundantes a los grandes centros generadores, es en estas AGEB de la periferia en que se sufren los estragos de las OLA. La población de menor NSE y en condiciones de marginalidad es la que lidia con los grandes volúmenes de RSU generados en las AGEB de alto NSE. La población de AGEB con bajo NSE y alto porcentaje de pobreza encuentran en el valor residual de los RSU un medio de subsistencia, pero también sufre los impactos negativos derivados de las OLA.

Este trabajo aporta evidencia sobre cómo aún después del consumo, en las actividades de recuperación, se sigue replicando la desigualdad e inequidad del MEL. Los resultados de este trabajo complementan a Paz-Miño y Martínez-Alier (2017) quienes señalan que el modelo dominante es una expresión de los absurdos económicos, sociales y medioambientales de la forma de extraer, producir y consumir; con los resultados de este trabajo, los absurdos se replican también en la adquisición de los RSU valorizables.

Autores como Larsen et al. (2018), Bing et al. (2016) y Ellen MacArthur Foundation (2016) señalan enfáticamente que los modelos de economía circular conllevan un menor impacto medioambiental, un menor consumo de fuentes de energía y menores costos económicos y sociales en las actividades productivas. Sin embargo, los resultados de esta investigación aportan evidencia de que las actividades de adquisición de los RSU valorizables generan impactos considerables en lo económico, lo social y lo medio ambiental, poniendo en entredicho que los modelos de economía circular sean sustentables *per se*.

A pesar de los fuertes cuestionamientos sociales y medio ambientales, las redes de adquisición de RSU valorizables caracterizadas en este trabajo han resuelto un gran problema logístico en el campo:

el acopio de grandes cantidades de RSU de diversa naturaleza, desde una infinidad de puntos de generación dispersos en amplias zonas urbana, hasta puntos centrales de transferencia que abastecen las fábricas de valorización industrial. Las redes de adquisición caracterizadas son capaces de desarrollar esta función en la CSI a un costo mínimo.

Tal como lo señala Kinobe et al. (2012), la adquisición de desechos domésticos es uno de los problemas operacionales más difíciles a los que se enfrentan las autoridades locales en la gestión de desechos en la mayoría de las ciudades de países emergentes, las redes de adquisición lo han resuelto bajo un esquema que ha crecido un 50% en los últimos diez años. El reto identificado en Lebreton (2007) respecto a la organización de los canales inversos ha sido resuelto, incluso se puede señalar que los canales inversos para RSU valorizables se han autoorganizado a nivel macroscópico y han operado eficazmente en la última década. Casi cinco mil CA y CT se encargan del acopio y transferencia de miles de toneladas de RSU valorizables generados diariamente en la ZMVM. Miles de vehículos recolectan y transportan RSU valorizables en la red vial de la ZMVM. Las OLA de RSU en esta megápolis opera de forma autoorganizada, sin regulación gubernamental y sin la participación de grandes empresas, que puedan desarrollar funciones de conducción o gestión.

En la función de adquisición de CSI-RSU no hay un sistema cibernético como se había conceptualizado en este trabajo, en base a Gelman y Negroe (1982). Los resultados del estudio exploratorio muestran que el enfoque cibernético y de gestión de la CSI por una empresa focal es infructífero para comprender el funcionamiento y organización de las CSI en su fase de adquisición. Se ha demostrado que no hay empresas focales organizando las redes de adquisición, tampoco la gestión gubernamental influye en las OLA-RSU, hay una ausencia completa de un sistema conducente (Gelman y Negroe, 1982) que pueda cumplir con las funciones de información, planeación, control o ejecución. Incluso, como se mostró, son escasas las asociaciones de agentes recolectores, transportistas y acopiadores, las hay, pero no tienen un papel hegemónico.

Los resultados de la investigación permiten complementar el esquema de operación propuesto en Den Boer et al. (2007), incluyendo algunas OLA-RSU en su esquema. Entre el almacenamiento temporal en la fuente y la colecta hacia puntos de recuperación y disposición final, se debe incluir la operación de recolección y almacenamiento temporal en CA. Estas dos operaciones permiten la separación, clasificación y preparación de los RSU valorizables para su transporte. Además, permiten la consolidación de la carga y hacen más eficiente la operación de transporte. Después de la colecta y antes de la valorización o disposición final, identificada en Den Boer et al. (2007), la transferencia permite además aprovechar la economía de escalas en el transporte. Esta desagregación funcional de



la adquisición en CSI permite que las redes de adquisición operen de forma eficaz y al menor costo, lo que también completa el esquema de Schuh et al. (2011) para la función de adquisición.

En este trabajo se presenta un modelo de OLA que clarifica la caja negra de las redes informales de adquisición, un modelo basado en cinco OLA para RSU. Algunas de estas OLA ya habían sido identificadas en Larsen et al. (2018), Schuh et al. (2011), Den Boer et al. (2007); sin embargo, en este trabajo se logra identificar y estructurar un esquema de operaciones secuencial y completo, observado en 129 unidades económicas que permiten proponer una estructura genérica para la adquisición de RSU valorizables en áreas urbanas. Es característico de estas redes ocupar el mínimo de materiales y equipos para realizar la función de adquisición en CSI casi de una forma artesanal.

Las OLA de RSU apenas pueden compararse, en cantidad, a las que desarrollan grandes consorcios logísticos como DHL, UPS, Estafeta; por supuesto, sin la infraestructura de soporte y los sistemas de información que dichas empresas poseen.

## Capítulo 5.- CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Con el surgimiento de modelos de economía circular que aprovechan los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), los campos de estudio de gestión de RSU y CSI convergen para afrontar los problemas de adquisición de RSU de manera sustentable, procurando la rentabilidad, inocuidad y responsabilidad social de las Operaciones Logísticas de Adquisición. Si bien el fenómeno no es nuevo, su estudio, en el contexto de mercados emergentes y en la coyuntura de transición entre la economía lineal y circular, se vuelve relevante.

Las OLA-RSU han proliferado en áreas urbanas, como lo demostró el análisis de las bases de datos del INEGI en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). La economía local asociada a las OLA se ha dinamizado, principalmente en las áreas urbanas marginadas. Este crecimiento, de casi 50% en una década, 5% anual, supera el crecimiento anual promedio de la economía mexicana en el mismo periodo, 2009 a 2019, que es del 2%. Este crecimiento coloca a las actividades económicas derivadas de las OLA-RSU como una de las principales actividades económicas relacionadas con la sustentabilidad de las ciudades.

Pese a este crecimiento, las OLA-RSU han sido poco estudiadas en mercados emergentes, dado el carácter predominantemente informal de los agentes involucrados y por el escaso valor residual de los materiales adquiridos. Esto se ha corroborado en las etapas de revisión de la literatura realizadas en este trabajo. Las condiciones de marginalidad en que se realizan las OLA-RSU complican su estudio, pero su relevancia económica y social debe reconocerse en el corto plazo.

Un sistema de OLA de RSU que sea eficiente y socialmente aceptable es indispensable para un desarrollo sostenible en la ZMVM. Una de las evidencias que ha mostrado este trabajo es el crecimiento acelerado en la intensidad de las OLA de RSU, principalmente en las zonas marginadas de la periferia. La creciente tasa de generación de RSU que caracteriza a las zonas del centro de México y que se replica a nivel microscópico en algunos AGEB con bajos niveles de pobreza, es soportable gracias a las redes de adquisición que se identificaron en este trabajo.

El desarrollo urbano en la ZMVM se ha gestado de forma desigual en las últimas tres décadas, lo que también se replica en la logística de los RSU valorizables. El resultado es una ciudad fragmentada en términos de generación y OLA de RSU: zonas de bienestar generalizado son las productoras de grandes cantidades de RSU; en contraste, los cinturones de pobreza, que rodean a estas zonas de bienestar, son en donde se acopian los RSU valorizables para comercializarlos. Grandes cantidades de RSU son desechados en las zonas del bienestar, este oneroso desecho está dando trabajo a los

acopiadores informales que abastecen la gran red de adquisición establecida en la ZMVM. Es la población de la base de la pirámide social la que, dadas sus condiciones de exclusión y marginalidad, aceptan la comercialización de materiales de bajo valor residual para tener un sustento.

Es en este contexto de los mercados emergentes en el que surge el eslabón perdido de la economía circular, para cerrar el bucle a través de CSI. La fase de adquisición de las CSI es el eslabón más estudiado en la literatura consultada en este trabajo. El problema de recuperar pequeñas cantidades de residuos desde múltiples orígenes en áreas urbanas extensas se resuelve gracias a la existencia de grupos sociales en condiciones de miseria en mercados emergente. La existencia de grupos sociales marginales, en ciudades como la ZMVM, es la que permite, a través de la miseria y pauperización de estos grupos, que se cuente con mano de obra barata y dispuesta a hacer de la basura su medio de subsistencia. La necesidad de subsistencia de estos grupos sociales hace posible que las redes de adquisición de RSU valorizables se configuren a gran escala y recuperen parte significativa del valor sobrante de los residuos. Son estos grupos sociales marginales los que articulan el eslabón faltante que unir los flujos directos e inversos en un esquema de economía circular.

La generación de RSU es el punto de partida de las CSI que valorizan RSU, es un elemento determinante de la caracterización operativa de estas cadenas. Las redes no podrían funcionar si no existieran grandes zonas generadoras de RSU en espacio reducidos, la densidad poblacional ha contribuido a que las OLA sean rentables pese a la baja densidad de valor. Donde hay generación de RSU en cantidades suficientes habrá OLA que alimenten las CSI orientadas a la valorización, por lo que la ZMVM no es la única zona en la que los hallazgos de esta investigación puedan tener aplicación. En México hay cerca de cuatrocientas ciudades, en las que las OLA de RSU pueden estar en operación intensa.

Una fase de valorización que pague un precio justo por los materiales valorizables que adquiere se hace necesario para mejorar las condiciones de trabajo de los agentes de las OLA de RSU en México. La importancia social, económica y ambiental de estas redes debe reconocerse e incluirse en las políticas públicas de basura cero. El concepto de basura cero y la implementación de la economía circular en México, y otros países, debe necesariamente integrar estas redes informales de OLA. De lo contrario, el patrón de reproducción de la pobreza que caracteriza en el modelo económico lineal, también se replicará en modelos de economía circular.

Con los datos presentados en este trabajo se ha demostrado que las redes de OLA-RSU tienen origen en las fuentes de generación de áreas urbanas como Nezahualcóyotl, particularmente en las viviendas

y unidades económicas, y no en el sistema de manejo de RSU municipal. Los sistemas públicos de manejo no integran a las redes de OLA-RSU, se conectan a ellas en los CA informalmente, a través de la decisión de los operadores del servicio de limpia municipal.

Los materiales valorizables de estos RSU son recuperados del sistema público de gestión de RSU mediante OLA-RSU. No hay una convergencia entre los sistemas públicos de gestión de RSU y las redes de OLA-RSU que abastecen a las CSI. Son las redes de OLA-RSU las que abastecen de materiales valorizables a las plantas industriales de reciclaje y valorización.

Por ello, las redes de adquisición identificadas en este trabajo son elementos de disrupción del modelo hegemónico de economía lineal, que como se ha mostrado operan a gran escala en la ZMVM y en Nezahualcóyotl, predominantemente en la informalidad económica y en un contexto de marginalidad y exclusión social. Las OLA que abastecen de RSU a las CSI constituyen mecanismos para la revalorización de los materiales desechados como residuos, permitiendo la generación de valor en un ciclo productivo circular. La disrupción entre un modelo lineal de producción y uno circular se presenta con la puesta en marcha de la función de adquisición en CSI.

La caracterización de las OLA-RSU realizada en este trabajo permite el análisis de su estructura y de su funcionamiento, en su conjunto y de sus componentes. Con las tablas que incluyen los factores de caracterización es posible realizar diferentes análisis morfológicos dando como resultado esquemas de operación, más aún, aportando elementos para su diseño y configuración. El análisis muestra la estructura de adquisición de materiales valorizables desde las principales fuentes de generación, hogares y unidades económicas, hasta los puntos de valorización industrial. La red está compuesta de agentes privados que adoptan esquemas formales e informales de operación. La fase informal predomina en los primeros eslabones, es decir, los recolectores, acopiadores minoristas y transportista de baja y mediana capacidad suelen ser agentes informales que se establecen en zonas marginales de la ciudad. Conforme el volumen de operación aumenta, los agentes tienden a pasar a esquemas formales, particularmente los acopiadores mayoristas de los centros de transferencia y los transportistas de alta capacidad.

Esta caracterización también permite hacer un análisis de los modelos de negocio de las unidades económicas que integran las redes de OLA RSU. Además se evidencia la estrecha relación de estas redes con los sistemas públicos de gestión de RSU.

La caracterización de las OLA RSU en sí misma no constituye un instrumento de cambio o diseño, puede ayudar al analista en el diagnóstico y la prescripción. Sí es una fase trascendental en la

identificación de necesidades asociadas a las operaciones logísticas y de otra índole, además en la evaluación del desempeño de la CSI considerando criterios de sustentabilidad. La caracterización permite la delimitación sistémica de las CSI-RSU. El procedimiento que se estableció para la adquisición de RSU está fuertemente influenciado por el pensamiento de sistemas. El procedimiento se inspira en etapas de desagregación funcional y construcción de sistemas, los cuales son escasos en el campo de la gestión de la cadena de suministro y el desarrollo sustentable.

La contribución de estas redes de adquisición no es cuantificable en este trabajo, pero los servicios ambientales que presta deben ser reconocidos, pues hasta donde se tiene registro, puede ser la red más importante de acopio que opere en México.

La red mediante la que se desarrollan OLA-RSU es autoorganizada y funciona incluso pese al sistema público de manejo de RSU. Esta red, se debe enfatizar, rompe con el MEL y con el modelo de manejo de RSU predominante en la ZMVM. Es una red informal que carece de apoyo y estímulos institucionales para mejorar sus condiciones de trabajo, pero que además es oprimida por los bajos precios del mercado del reciclaje. Las redes no podrían funcionar si no existieran grandes zonas generadoras de RSU en espacio reducidos, la densidad poblacional ha contribuido a que las UE de OLA sean rentables pese a la baja densidad de valor. Pero también son posibles gracias a la creciente demanda de materiales valorizables que hacen las grandes empresas de reciclaje industrial. Estas grandes empresas si son directamente beneficiadas de por un abasto confiable, suficientes y principalmente, barato, de RSU. La estructura de precios bajos que las empresas recicladoras pagan a los acopiadores también refuerza la marginalidad con la que operan estas redes.

La propuesta de valor de los agentes involucrados en la red que se estudió en este trabajo es netamente logística: proveer de materiales valorizables de los RSU a la industria de la valorización. Estos materiales se producen en pequeñas cantidades en millones de puntos a lo largo de la ZMVM, la red de adquisición se encarga de recolectarlos y acopiarlos en cantidades cada vez mayores, conforme se mueven a centros de transferencia, que constituyen los puntos de abasto de la industria del reciclaje.

Los agentes que desarrollan OLA de RSU operan siempre al menor costo. La fuente de ingresos primordial de es la venta de material recuperado de los RSU, sin embargo, el que no se deba pagar a los generadores por los RSU, o incluso se reciban propinas de ellos, permiten abatir costos. La principal estrategia de los agentes involucrados es la consolidación y explotación de la economía de escala. Sus asociaciones clave están con los pequeños recolectores quienes proveen a bajo costo los materiales que comercializan. Los agentes identificados en este trabajo hacen un uso intensivo del

espacio público para almacenar y hacer operaciones de clasificación, carga y descarga de RSU, lo que aligera su estructura de costos. El equipamiento necesario para operar es básico, siendo la mayor inversión necesaria la de vehículos de carga. Los agentes generan riqueza y empleo, sin embargo, el valor logístico que agregan las actividades de adquisición que se realizan en estos pudiera ser marginal si se consideran las externalidades negativas observadas en este trabajo.

Se comprende, que en la literatura de CSI, las OLA-RSU han sido estudiados por el valor residual de los materiales y la factibilidad económica de su reintegrarlos a las CS. Los materiales de los residuos eléctricos y electrónico, que tienen una mayor densidad de valor que el resto de los materiales valorizables de los RSU, son los más estudiados en los artículos de CSI. Sin embargo, los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos no pertenecen a la categoría A, es decir, no son uno de los residuos que más se mueven en el municipio de Nezahualcóyotl ni en la ZMVM. Por ello se afirma que en CSI prevalece un enfoque *pull* impulsado por la factibilidad técnica y económica de las OLA-RSU, sin reparar en los impactos negativos asociados.

Agregar valor a los materiales de los RSU a escala local en lugar de sólo transportarlos y almacenarlos podría incrementar el margen de utilidad, lo que permitiría internalizar costos que actualmente son cargados a la sociedad. Explorar alternativas de valorización de RSU en empresas locales es una línea de investigación futura de este trabajo.

En esta investigación se han aportado evidencias de las fuertes implicaciones medioambientales que tienen las OLA-RSU en áreas urbanas densamente pobladas, como Nezahualcóyotl. El análisis de los impactos de las OLA-RSU debe incrementarse para establecer directrices que permitan el desarrollo de procesos limpios. En las observaciones hechas en esta investigación, no hay evidencia de que prevalezca un enfoque *push* en las OLA-RSU, cuya fuerza radique en el marco normativo y el gasto público-privado en el control de impactos. De hecho, garantizar la inocuidad de las OLA-RSU compromete su factibilidad económica y su contribución social al empleo, lo que es una situación grave ante el crecimiento en el número de CA y CT establecidos en áreas urbanas.

La mitigación de la contaminación ambiental derivada de la gestión inadecuada de los residuos sólidos urbanos es uno de los principales retos que deben resolver las grandes ciudades en el mundo, principalmente aquellas ciudades de países emergentes como México. Las tecnologías disponibles para la valorización de los RSU se han diversificado en los últimos años y su accesibilidad para países en vías de desarrollo se hace factible. Sin embargo, el problema de la recuperación de los RSU del

flujo convencional de la cuna a la tumba, característico de la economía lineal, constituye una piedra angular para la disrupción entre linealidad y circularidad de los modelos productivos.

La operacionalización de los principios del desarrollo sustentable en las OLA RSU es un tema relevante para ser investigado con mayor ahincó, principalmente por las condiciones contextuales actuales: agotamiento de recursos naturales, contaminación medioambiental, fenómenos meteorológicos extremos, disrupción social, pobreza y desigualdad. Ante el boom mediático de los problemas medioambientales, la necesidad de verdear los procesos y hacer a las CSI sustentables, el análisis conceptual riguroso se hace necesario, para no sobre simplificar los conceptos en el afán de hacerlos operativos.

La evaluación del desempeño de las OLA y de sus CSI bajo criterios de sustentabilidad ayudaría a identificar claramente el papel de estas cadenas en el manejo de RSU, desmitificando el reciclaje per se y podría obligar a repensar los esquemas de operación de estas CSI, pues bajo el velo de los beneficios del reciclaje podrían esconderse mayores costos sociales y ambientales. El margen de beneficio entre un MEL y circular es limitado, depende en gran medida de la eficiencia en el consumo de recursos. Por ello, el supuesto del beneficio de la economía circular puede ser verdadero bajo esquemas en los que las CSI operen con suficiente eficiencia, pero el margen de ahorro puede perderse si la CSI opera ineficientemente.

En este sentido, no solo es necesario medir el desempeño económico de las OLA, sino evaluar su desempeño en un marco de sustentabilidad. Si bien los esquemas informales y legales en los que se desarrollan las operaciones de adquisición de RSU complican la medición, una desagregación funcional como la desarrollada en este trabajo ayuda a identificar los impactos generados a los entornos ambiental, social y económico. Aunque en este trabajo no se llegó a la etapa de medición, trabajos posteriores pueden ocupar la desagregación funcional modelada para evaluar el desempeño de las OLA en un marco de sustentabilidad.

La representación de la secuencia operativa de la función de adquisición constituye un modelo conceptual sobre el cual puede desarrollarse un proceso de evaluación de sustentabilidad de las operaciones de adquisición en CSI-RSU. La identificación, medición y evaluación de los impactos de las OLA RSU en áreas urbanas están en medio del debate entre lo aparente y lo real, en lo que respecta a la economía circular y su sustentabilidad.

Las redes informales de recolección de RSU para la industria de la valorización que operan en el municipio mexicano de Netzahualcóyotl tienen fuertes implicaciones medioambientales y sociales.

La naturaleza del material que fluye por estas CSI hace necesario un diseño sostenible minucioso. Por su parte, la precariedad laboral, las condiciones de informalidad económica y marginalidad urbana hacen necesario un análisis social de la operación de estas CSI.

Sin duda, la contribución social de las OLA-RSU es una de las aristas que menos interés despierta en la literatura y que sin embargo es parte fundamental de la Responsabilidad Social de las empresas. Esta investigación ha aportado elementos para demostrar que las condiciones sociales son determinantes para el desarrollo o no de OLA-RSU. Dejar de lado el componente social en los estudios de las OLA-RSU para CSI es dejar de lado uno de los componentes fundamentales de estas actividades. El desarrollo de redes de OLA-RSU no puede comprenderse si se deja de lado el componente social.

La propuesta de modelo conceptual de OLA de RSU sustentables constituye una propuesta para operacionalización los principios de sustentabilidad en la función de adquisición de CSI. El tema es relevante ante las condiciones contextuales actuales: agotamiento de recursos naturales, contaminación medioambiental, fenómenos meteorológicos extremos, disrupción social, pobreza y desigualdad.

Ante el auge mediático de los problemas medioambientales, la necesidad de verdear los procesos de la CSI y volver sustentables las actividades de reciclaje, se hace indispensable el análisis conceptual riguroso, con el fin de no sobre simplificar los conceptos en el afán de hacerlos operativos o caer en trampas comerciales. Sin duda, el presente trabajo tiene la limitación de no haber consolidado una propuesta de mejora de las OLA a partir del modelo conceptual propuesto. En este sentido, es parte de trabajos futuros que se desprendan de esta investigación su aplicación para el diseño de una CSI sustentable.

Esta investigación es una de las primeras que se centra en las OLA-RSU y reconoce la importancia de estas operaciones para la economía local. Además, aporta una técnica de observación que permite hacer registros de forma confiable acerca del nivel de operación de los agentes involucrados en las OLA-RSU. En este trabajo se recurrió a la observación sistemática de registros fotográficos, lo que constituyó una forma virtual de observación. Gracias a esta técnica de observación se pudieron identificar rasgos característicos de los agentes involucrados en OLA. La observación en campo sin duda hubiera portado mayores elementos acerca de las OLA, pero las condiciones de la pandemia por COVID 19 lo impidieron. Aun así, antes del inicio de la pandemia, se evidencio la dificultad de



realizar las observaciones directamente en campo, lo que aporta evidencias sobre la dificultad del estudio de las operaciones de recicladores informales en mercados emergentes.

En este trabajo se muestra la importancia del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la representación y análisis de redes que operan a gran escala, como las redes de adquisición en la zona de estudio. Los SIG pudo usarse como en la mayoría la literatura de gestión de RSU, para el análisis de los aspectos técnicos operativos de las redes de OLA. Sin embargo, se utilizó SIG para explorar la relación entre localización de CA y CT y las características socioeconómicas de los AGEB en que se localizan.

La revisión de la literatura ha mostrado la importancia del uso de SIG para la representación y análisis de redes que operan a gran escala, como las redes de adquisición en la ZMVM que se han descrito en este trabajo. Sin embargo, el análisis sólo de los aspectos técnicos operativos de estas redes es insuficiente si se pretende impulsar un desarrollo sostenible. Este trabajo demuestra como los SIG permiten analizar el desempeño de las redes logísticas en áreas urbanas, pero además puede facilitar el análisis de los impactos sociales asociados a estas redes. Los campos de conocimiento de la gestión de RSU, cadena de suministro y CSI pueden enriquecerse incluyendo el uso de herramientas SIG para el análisis de los impactos económicos y sociales de redes logísticas que operan a nivel macroscópico.

En este trabajo se ha elevado a un nivel estratégico el tema de la sustentabilidad en la GCS, al proponer que sólo a través de un diseño de CS que tome la sustentabilidad como eje conductor para la definición de sus procesos, podrá establecerse una relación sostenible con sus entornos. Únicamente un diseño de CS que incluya el desempeño social y medioambiental puede llegar a ser sustentable, tomando un enfoque fuerte del término.

Las redes de adquisición conformadas por micro agentes informales autoorganizados son capaces de recuperar miles de toneladas a lo largo de la ZMVM, resolviendo un reto logístico a nivel macroscópico. En este trabajo se ha clarificado el esquema de operación de la función de adquisición en CSI enfocadas a RSU en el contexto de mercados emergentes.

Un diseño de CSI como el que se propone en este trabajo puede reducir el volumen de RSU que se conduce a disposición final y generando empleos directos, estableciendo flujos de RSU más ágiles que reducen el impacto del manejo de estos materiales en la zona y estimulando modelos de economía circular para los residuos metálicos, plásticos, de papel, cartón e incluso vidrio.

El estudio de las CSI se está abriendo paso por las presiones de la regulación ambiental pero también por la constitución de nuevos modelos de negocio. Lo que para algunos agentes es sólo un residuo para otros es una oportunidad para generar valor económico y contribuir a reducir los impactos ambientales. La proliferación de actividades para valorizar los RSU y reintegrar sus materiales a otras CS ha demostrado ser una forma de desarrollo económico, no necesariamente una de desarrollo sustentable. Los impactos sociales y ambientales netos estaban velados por el esquema informal de las operaciones, pero este trabajo permite clarificar sus operaciones y avanzar hacia la evaluación de su sustentabilidad. La valorización de los RSU se asocia directamente al valor económico resultante e indirectamente a beneficios sociales y ambientales, sin embargo, esta última asociación esconde grandes costos sociales y ambientales.

Ir hacia esquemas operativos sustentables en las CSI-RSU requiere, para cada proceso, identificar prácticas y actividades que contribuyan al desarrollo no solo económico, también social y ambiental. La propuesta de este trabajo aporta a la identificación de estas prácticas y actividades. En un sentido operativo, es útil en la identificación de necesidades de las operaciones logísticas, en un sentido más estratégico, es útil para la evaluación de la CSI con criterios de sustentabilidad.

El progreso de modelos de economía circular está en un punto en el que las tecnologías de reciclaje y valorización de RSU ha madurado, pero ahora se requiere asegurar un suministro de RSU confiable y de calidad a través de OLA-RSU. El desarrollo de modelos de economía circular en México está sujeto al desarrollo de las redes de OLA-RSU en áreas urbanas. Son estas redes, el único canal articulado en el que fluyen los RSU que se valorizan en México. Otras redes no han sido documentadas ni muestran el nivel de operaciones que las redes que se analizaron en la presente investigación.

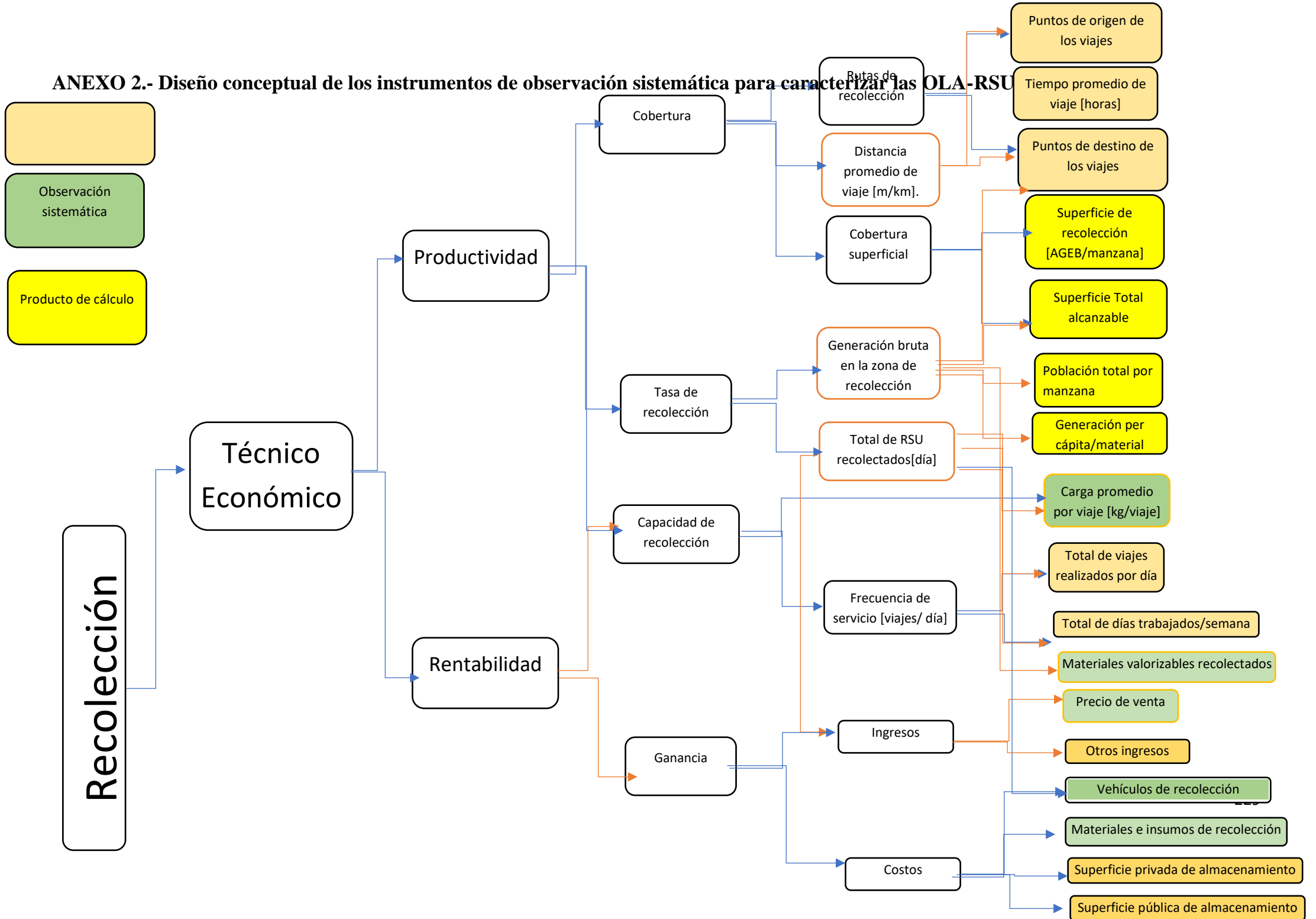
## ANEXOS

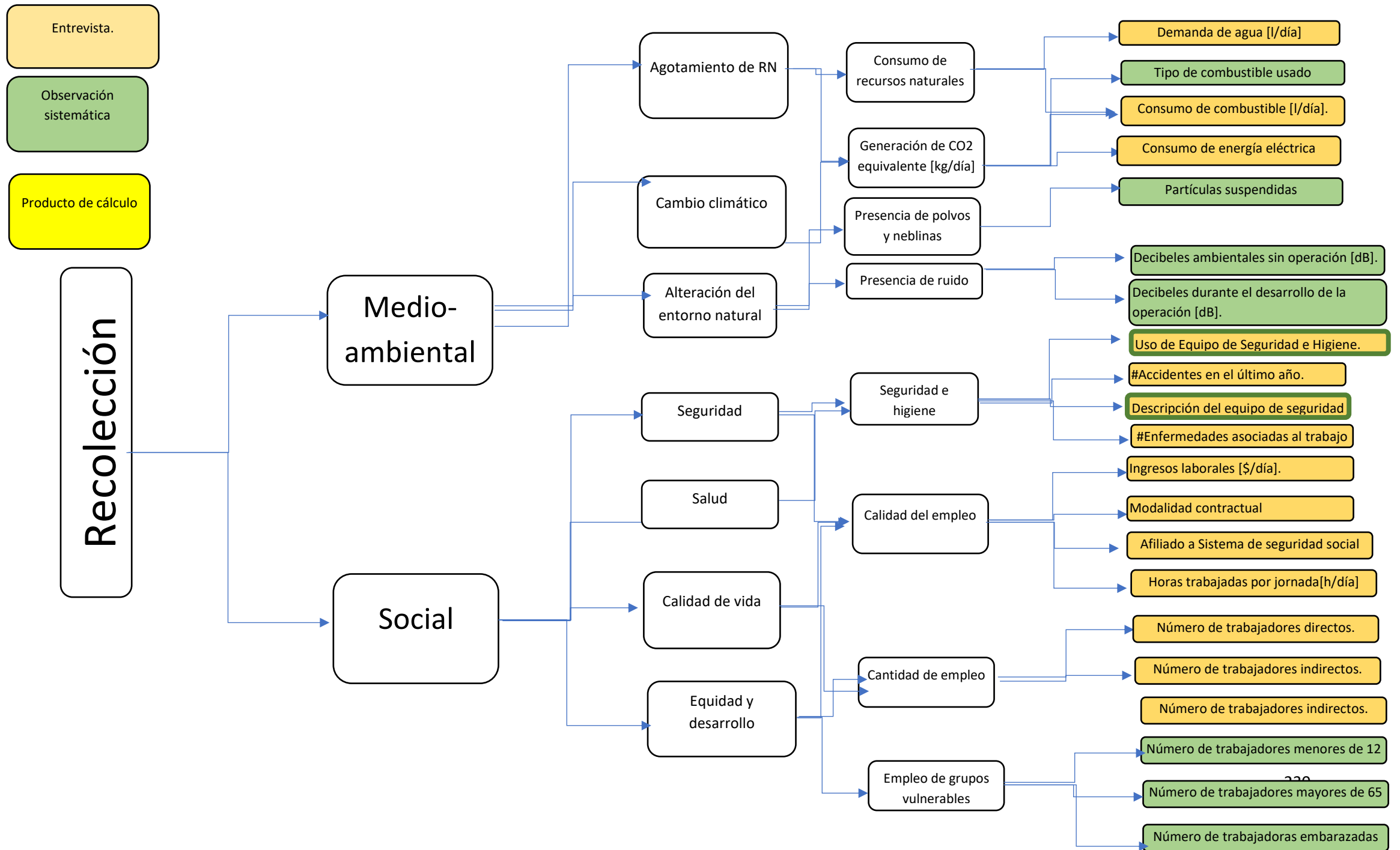
### ANEXO 1.- Documentos de la revisión

#	Documentos de la revisión
1	Two-echelon reverse supply chain in collecting waste electrical and electronic equipment: A game theory model
2	A goal programming model for the weee products recovery operations planning
3	Reverse supply chain issues in Indian electronics industry: a case study
4	Exploring the pursuit of sustainability in reverse supply chains for electronics
5	Corporate-entrepreneur collaborations to advance a circular economy (1)
6	How the reverse supply chain contributes to a firm's competitive strategy: a strategic alignment perspective
7	Assessing the role of preparation for reuse in waste-prevention strategies by analytical hierarchical process: suggestions for an optimal implementation in waste management supply chain
8	A novel, cost efficient identification method for disassembly planning of waste electrical and electronic equipment
9	Environmental, Social, and Economic Implications of Global Reuse and Recycling of Personal Computers
10	Rebound Logistics: An Integrative Reverse Supply Chain for Multiple Usage Products
11	Factors Influencing Consumers' Intention to Return the End of Life Electronic Products through Reverse Supply Chain Management for Reuse, Repair and Recycling
12	Fleet size optimization in the discarded tire collection process
13	Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life Vehicles in Mexico
14	La logística inversa como estrategia para el logro de un desempeño superior (económico, social y ambiental). Estudio de casos de empresas embotelladoras de gaseosas en Argentina
15	Comparative life cycle assessment and social life cycle assessment of used polyethylene terephthalate (PET) bottles in Mauritius
16	How to explore scenarios of multiple upgrade cycles for sustainable product innovation: the "Upgrade Cycle Explorer" tool
17	Modelos de optimización para el diseño sostenible de cadenas de suministros de reciclaje de múltiples productos
18	Reverse Logistics and Social Sustainability (113)
19	Handling WEEE waste Hows: On the effectiveness of producer responsibility in a globalizing world (86)
20	Research challenges in municipal solid waste logistics management (31)
21	Solving a reverse supply chain design problem by improved Benders decomposition schemes (25)
22	The bullwhip effect in closed-loop supply chains: A systematic literature review (18)
23	An examination of the product development process for fashion remanufacturing (13)

24	A general reverse logistics network design model for product reuse and recycling with environmental considerations (12)
25	Redesign of a sustainable reverse supply chain under uncertainty: A case study (9)
26	An efficient two-phase iterative heuristic for Collection-Disassembly problema (5)
27	An efficient two-phase iterative heuristic for Collection-Disassembly problema (4)
28	Impact of advanced manufacturing on sustainability: An overview of the special volume on advanced manufacturing for sustainability and low fossil carbon emissions (4)
29	Supply chain management for sustainability (4)
30	Optimizing fuzzy reverse supply chain for end-of-life vehicles (3)
31	SIMULATION ANALYSIS OF SUPPLY CHAIN SYSTEMS WITH REVERSE LOGISTICS (3)
32	Developing closed loop supply chains for environmental sustainability: Insights from a UK clothing case study (2) **
33	Implementing Coordinative Contracts between Manufacturer and Retailer in a Reverse Supply Chain (2)
34	Applying forward and reverse cross-docking in a multi-product integrated supply chain network (1)
35	Development countermeasures of the reverse logistics service chain of electronic waste (1)
36	Exploring young adults' e-waste recycling behaviour using an extended theory of planned behaviour model: A cross-cultural study (1)
37	Extended TPB model to understand consumer "selling" behaviour Implications for reverse supply chain design of mobile phones (1) Por: Kumar, Anita
38	Optimal design of two levels reverse logistic supply chain by considering the uncertain quantity of collected multi-products (1) (Conferencia)
39	Performance study for a sustainable strategy: Case of electrical and electronic equipments waste (1)
40	Sustainability review of the international reverse chain for reuse and recycling of computers (1)
41	A study on reverse supply chain and sustainable development in China (0) (Conferencia)
42	Coordinated dispatching and acquisition fee decisions for a collection center in a reverse supply chain (0)
43	Sensitivity analysis of recovery rate of multi-products reverse logistic supply chain design (0)
44	Technology Architecture of Intelligent Remanufacturing (0) (Conferencias)
45	To accentuate and codify the coarse supply chain towards efficacious and green reverse supply chain (0)
46	Analysis of environmental parameters in closed-loop supply chains design
47	Development of a Performance Measurement System for International Reverse Supply Chains
48	Global reverse supply chain redesign for household plastic waste under the emission trading scheme
49	Impact of incorporating customer preference in sustainable remanufacturing of commercial returns
50	Management of reverse logistics supply chains in construction projects (
51	Second-life retailing: a reverse supply chain perspective

**ANEXO 2.- Diseño conceptual de los instrumentos de observación sistemática para caracterizar las OLA-RSU**





# Almacenamiento temporal

- Trabajo en campo
- Observación en registro fotográfico
- Producto de cálculo

## Medio ambiental

- Seguridad
- Salud
- Calidad de vida

### Existencia

### Estabilidad

### Alteración del entorno social

### Conservación

### Uso de la tierra

### Cambio climático

### Alteración del entorno natural

### Cobertura

### Seguridad e higiene

### Calidad del empleo

### Consumo de recursos naturales

### Generación de CO2 equivalente [kg/día]

### Generación de polvos y neblinas

### Rutas de recolección

### Cobertura superficial

Uso de Equipo SH.

#Accidentes en el último año.

Descripción del equipo de seguridad

#Enfermedades asociadas al trabajo

Ingresos laborales [\$/día].

Modalidad contractual

Afiliado a Sistema de seguridad social

Impacto visual del almacenamiento

Número de denuncias de vecinos

Existe alteración de las vías de circulación.

Demanda de agua [l/día]

Tipo de combustible usado

Consumo de combustible [l/día].

Consumo de energía eléctrica

Partículas suspendidas

Puntos de origen de los viajes ambientales sin operación [dB].

Tiempo promedio de viaje [horas] durante el desarrollo de la [dB].

Puntos de destino de los viajes enfermedades observados.

Superficie de recolección [AGEB/manzana]

Superficie Total

Entrevista.

Observación sistemática

Producto de cálculo

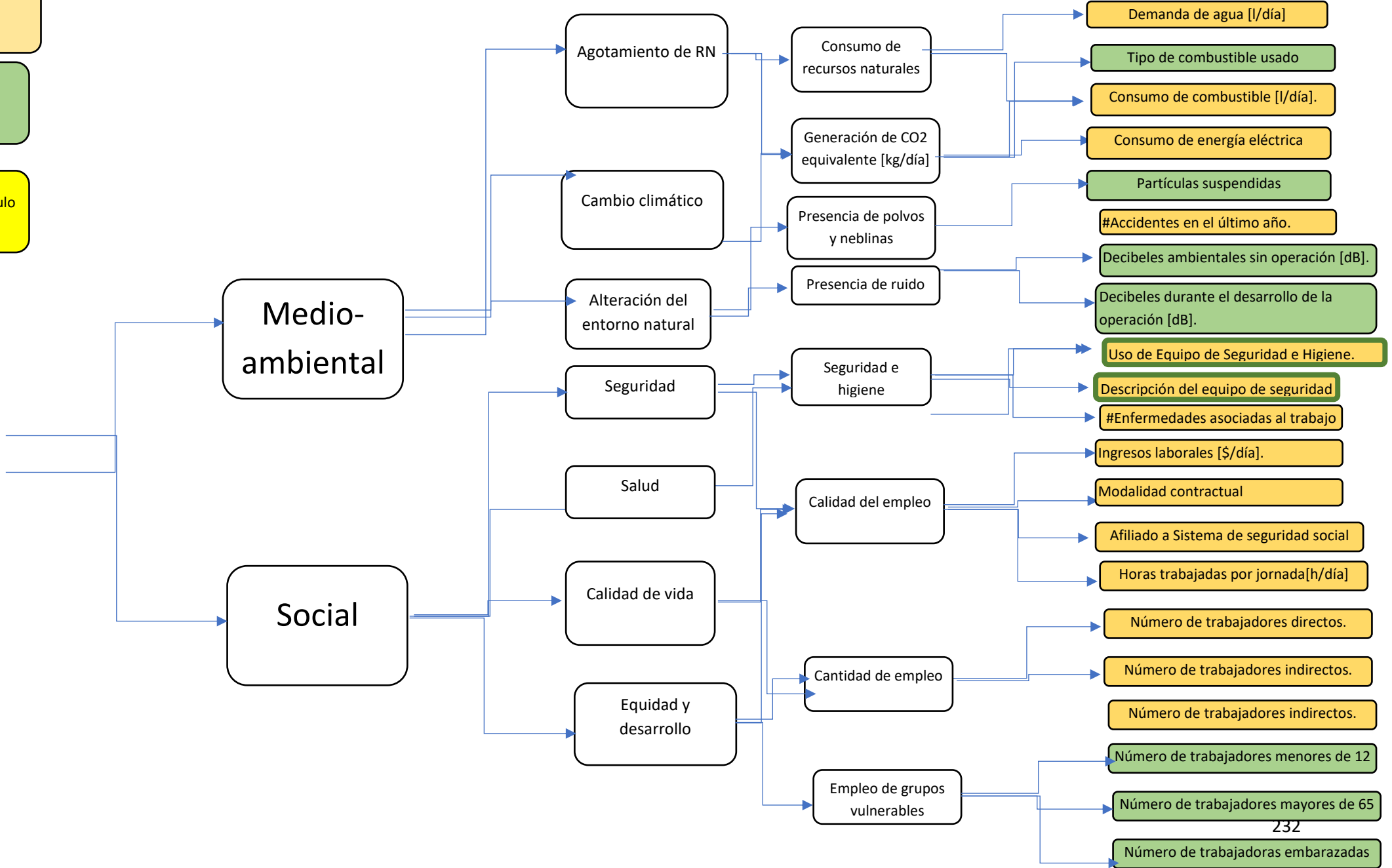
### Productividad

Entrevista.

Observación sistemática

Producto de cálculo

# Transporte





## **ANEXO 3.- Instrumentos para la observación sistemática de las OLA-RSU**

### **3. CUESTIONARIO DE ENTREVISTA A RECOLECTORES DE MATERIALES VALORIZABLES DE LOS RSU.**

#### **INTRODUCCIÓN**

##### **A. Descripción general del instrumento**

Este cuestionario está enfocado a registrar las respuestas a una entrevista estructurada hecha a los agentes de las OLA desarrolladas en las inmediaciones de centros de acopio privados. La batería de preguntas del cuestionario busca obtener una caracterización operativa de las redes de adquisición de materiales valorizables de los RSU. Para cubrir con el propósito del cuestionario, un entrevistador registro en el cuestionario la información obtenida de la entrevista y observación directa en campo.

##### **B. Propósito del instrumento**

4. Hacer un registro de las características de las operaciones logísticas de adquisición, particularmente sobre la recolección en inmediaciones de centros de acopio privados.
5. Registrar las prácticas de recolección e impactos generados en términos de sustentabilidad.

##### **c. Secciones del Instrumento**

El instrumento de observación se compone de las siguientes secciones:

1. **Localización e identificación de recolectores.** Obtiene información sobre la localización de los recolectores y su proximidad con centros de acopio.
2. **Caracterización Operativa.** Obtiene información sobre las características operativas de los recolectores, se registran cualitativos y cuantitativos de los agentes. El tamaño del establecimiento, consumo de mano de obra, condiciones de trabajo y requerimientos de capital son algunas de las características que se recaban.
3. **Identificación de impactos a los entornos social y ambiental.** Obtiene información sobre los impactos generados por la operación de recolección, particularmente en los ámbitos social y medio ambiental.

#### **I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL INFORMANTE Y DEL RECOLECTOR.**

Número de cuestionario: \_\_\_\_\_

Fecha de inicio del llenado: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_, Fecha de culminación de llenado: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

Nombre del Observador Activo: \_\_\_\_\_

Fecha de la fotografía o de visita en campo \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

ID del centro de acopio en recorrido en campo \_\_\_\_\_

ID del centro de acopio en base DENUÉ \_\_\_\_\_

## ETAPA I.- CARACTERIZACIÓN OPERATIVA

A.- IDENTIFICACIÓN			
<b>1.- El nombre de la vialidad donde se ubicó el recolector:</b>			
<b>2.- Tipo de Vialidad</b>	Vía Primaria.	Vía Secundaria	Zona de tránsito calmado
	( )	( )	( )
<b>3.- El número exterior en que se ubica el recolector:</b>			
<b>4.- El número o letra interior:</b>			
<b>5.- El nombre de la colonia es:</b>			
<b>6.- El Código Postal es:</b>		<b>7.- El medio de contacto (Tel., email, etc.):</b>	
<b>Longitud:</b>		<b>Latitud:</b>	
<b>8.- Clave del Área Geoestadística Básica (AGEB) en la que se resguarda la Unidad de transporte</b>			
<b>9.- Distancia aproximada al centro de acopio más cercano.</b>			

B GIRO DEL RECOLECTOR				
1.- Actividades del establecimiento:	a) Compra de materiales valorizables	( )		
	b) Compra y venta de materiales valorizables	( )		
	c) Recolección y venta de materiales valorizables	( )		
	d) Desmantelamiento de Equipo eléctrico y electrónico.	( )		
	d) Otras (Especificar)	( ) _____	Precio de venta	Fracción del volumen recolectado (%)
2.- Materiales que se recolectan:	Papel	( )	\$ ____	( )
	Periódico	( )	\$ ____	( )

Cartón	( )	\$___	( )
PET (POLIETILEN TEREFALATO)	( )	\$___	( )
PP (POLIPROPILENO)	( )	\$___	( )
PEHD (POLIETILENO DE ALTA DENSIDA)	( )	\$___	( )
Otros Plásticos	( )	\$___	( )
Aluminio	( )	\$___	( )
Metales Ferrosos (Chatarra)	( )	\$___	( )
Latas de comida	( )	\$___	( )
Cobre	( )	\$___	( )
Plomo	( )	\$___	( )
Estaño	( )	\$___	( )
Níquel	( )	\$___	( )
Residuos electrónicos:	( )	\$___	( )
• Televisiones	( )	\$___	( )
• Computadoras	( )	\$___	( )
• Lavadoras	( )	\$___	( )
• Refrigeradores	( )	\$___	( )
• Otros electrónicos	( )	\$___	( )
Textiles	( )	\$___	( )
Vidrios	( )	\$___	( )
Basura de comida, de jardines y materiales orgánicos similares	( )	\$___	( )
Colchones viejos	( )	\$___	( )
Otros residuos voluminosos	( )	\$___	( )
Otros residuos (Anotar)		\$___	

C.- ZONA DE COBERTURA Y FUENTES DE RECOLECCIÓN

1.-

<b>1.- Municipios o alcaldías en las que se realizan principalmente las actividades de recolección de RSU valorizables:</b>	2.-	
	3.-	
	4.-	
<b>2.- Colonias en las que se realizan principalmente las actividades de recolección de RSU valorizables:</b>	1.-	
	2.-	
	3.-	
	4.-	
	5.-	
	6.-	
	7.-	
<b>3.- Municipios o alcaldías en las que se realizan principalmente las actividades de venta de los RSU recolectados</b>	1.-	
	2.-	
	3.-	
<b>4.- ¿Cuáles son las principales fuentes o puntos de colecta de materiales valorizables de los RSU?</b>	Casas habitación	( )
	Negocios, unidades económicas	( )
	Mercados	( )
	Escuelas	( )
	Centros comerciales	( )
	Vía pública	( )
	Oficinas gubernamentales	( )
	Parques, jardines o áreas verdes	( )
	Otros	( )
<b>5.- Los materiales valorizables de los RSU son tomados principalmente de..</b>	Botes o contenedores de basura general privados (sin clasificación).	( )

	Botes o contenedores de basura general públicos (sin clasificación).	( )
	Contenedores privados especiales para materiales valorizables.	( )
	Contenedores públicos especiales para materiales valorizables.	( )
	Del piso	( )
	Otros:	( )

D.- CLASIFICACIÓN DEL RECOLECTOR		
1.-Agente recolector		Capacidad de carga aproximada (Kg)
a) Recolectores a pie	( )	( )
b) Recolector con vehículo de tracción humana (triciclo, diablito, carretilla, etc.).		
Bicicleta con canastilla o contenedor	( )	( )
Triciclo	( )	( )
Diablitos	( )	( )
Carretilla	( )	( )
Carretón	( )	( )
Otro (Anotar)	( )	( )
c) Recolector con vehículo de tracción animal (Carro impulsado por caballo, burro).		
Carretón	( )	( )
Carreta o carroza	( )	( )
Carros	( )	( )
Otro(Anotar):	( )	( )

d) Recolector con medio de transporte motorizado de baja capacidad (Menos de 1 t).	( )	( )
e) Recolector con medio de transporte motorizado con capacidad superior a 1 t y menor a 3.5 t.	( )	( )
f) Recolector con medio de transporte motorizado con capacidad superior a 3.5 t.	( )	( )
f) Trabajadores del servicio Municipal de recolección RSU con transporte motorizado superior a 3.5 t.	( )	( )
g) Trabajadores privados de recolección RSU con transporte motorizado superior a 3.5 t.	( )	( )
h) Otros (Anotar):	( )	( )

<b>2.- Las actividades de recolección las efectúa como:</b>	<b>a) Independiente.</b> No comparte la razón social u organización con otros recolectores /transportistas.	( )
	<b>b) Integrante de una alianza o asociación.</b> Se asocia con otros recolectores / transportistas y comparten un nombre comercial común; aunque hay coordinación grupal mantienen su independencia administrativa.	( )
	<b>c) Integrante de una Flota o cuadrilla.</b> Sus actividades son controladas por un agente coordinador de la misma razón social a la que pertenecen las unidades de transporte.	( )
	<b>d) No se identifica o no aplica</b>	( )
<b>3.- Además de RSU ¿el recolector / transportista ocupa su unidad para transportar otro tipo de mercancía?</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
	( )	( )
<b>4.- Además de la recolección de materiales valorizables de los RSU ¿realiza alguna otra actividad productiva?</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
	( )	( )

<b>E.- ACTIVOS FIJOS Y EQUIPAMIENTO</b>					
<b>1 Manejo de materiales valorizables (Anotar el número de elementos identificados)</b>					
a) Diablitos	( )	b) Carretillas	( )	c) Patines	( )
d) Lazos y cuerdas	( )	e) Tenazas	( )	f) Redes	( )
g) Bolsas de plástico	( )	h) Sacos industriales	( )	i) Tambos	( )

j) Cajas de plástico	( )	k) Tinajas, cubetas, botes	( )	l) Contenedores de residuos	( )
m) otro (anotar)	( )	n) otro (anotar)	( )	ñ) otro (anotar)	( )
<b>2 Almacenamiento de materiales valorizables</b>					
a) Superficie privada ocupada para el almacenamiento	( )	b) Superficie pública ocupada para el almacenamiento	( )	c) Otros	( )

F.- PERSONAL QUE LABORA EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCIÓN			
1.- Número aproximado de personas que apoyan la labor de recolección.	<b>Hombre</b>		<b>Mujer</b>
	1	( )	4 ( )
	2	( )	5 ( )
	3	( )	6 ( )
	Más de 10	( )	Más de 30 ( )
2.- Laboran personas de grupos vulnerable de acuerdo con su edad:	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
2.1 Menores de 15.	( )	( )	( )
2.2 De entre 15 y 18.	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
( )	( )	( )	
2.3 Adultos mayores de 60 años y más.	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
( )	( )	( )	
2.4 Personas con alguna discapacidad.	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
( )	( )	( )	

\* Anotar el número de personas en el interior de los paréntesis.

3.- Anote el total de días trabajados por el recolector durante la semana	Lunes	( )
---	-------	-----

	Martes	( )
	Miércoles	( )
	Jueves	( )
	Viernes	( )
	Sábado	( )
	Domingo	( )
4.- Anote el horario de inicio de actividades		____:____
5.- Anote el horario máximo en que cesan las actividades en un día regular		____:____
6.- Fecha aproximada en que se inició con estas actividades		

G.- RUTAS DE RECOLECCIÓN						
1.- Número de viajes que realiza en un día o número de centros de acopio que visita en un día.						
2.- Carga máxima recolectada en un día.						
3.- Distancia máxima recorrida en un día.						
Viaje :	Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo (h)		Carga aproximada (kg)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						



<b>10</b>						
<b>23</b>						

H.- REMUNERACIONES		
1.- Ingresos aproximados percibidos en el último día	\$	
2.- Ingresos aproximados percibidos en la última semana	\$	
3.- Contribuciones patronales a regímenes de seguridad social	Si ( )	No ( )
4.- Otras prestaciones sociales	Si ( )	No ( )
5.- ¿Cuenta con algún servicio de seguridad social?	Si ( )	No ( )
6.- ¿Recibe alguna otra remuneración adicional a la venta de materiales valorizables?	Si ( )	No ( )
7.- ¿Realiza alguna otra actividad productiva, además de la recolección, para obtener ingresos?	Si ( )	No ( )
7.A.-Describa la actividad		

I.- ACTIVIDADES		
1.-Actividades observadas que son realizadas por los trabajadores del centro de acopio.	Observaciones	Código del material (Anexo B)
a) Clasificación de materiales	( )	( ) ( ) ( )
b) Limpieza de materiales	( )	( ) ( ) ( )
c) Compactado	( )	( ) ( ) ( )
d) Empacado, envasado o embalado.	( )	( ) ( ) ( )
e) Desmantelamiento	( )	( ) ( ) ( )
f) Mojar el material (papel, cartón u otro material)	( )	( ) ( ) ( )
g) Trituración	( )	( ) ( ) ( )
h) Transvase	( )	( ) ( ) ( )
i) Incineración	( )	( ) ( ) ( )
j) Carga/descarga de unidades de transporte	( )	( ) ( ) ( )

k) Restauración	( )	( ) ( ) ( )
l) Reutilización	( )	( ) ( ) ( )
m) Reparación	( )	( ) ( ) ( )
n) Canibalización	( )	( ) ( ) ( )
o) Trituración	( )	( ) ( ) ( )
p) Molienda	( )	( ) ( ) ( )
q) Tratamiento químico	( )	( ) ( ) ( )
r) Otras:	( )	( ) ( ) ( )
...	( )	( ) ( ) ( )

## ETAPA II.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

A.- SEGURIDAD E HIGIENE						
Equipo de protección usado por el personal operativo durante las actividades de recolección.	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
1.- Mascarillas o tapabocas.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
2.- Overoles o trajes protectores	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
3.- Calzado protector.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
4.- Guantes de carnaza, lona o de otro material.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
5.- Gafas protectoras.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
6.- Casco protector.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
7.- Fajas para cargar el material.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )

8.- Otro equipo de seguridad.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
9.- En el último año ha sufrido accidentes derivados de sus actividades de recolección.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
10.-En el último año ha sufrido alguna enfermedad derivada de sus actividades de recolección.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )

B.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS: ACTIVIDADES DE TRANSPORTE						
Ítem	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
1.- Hay desechos sólidos esparcidos en la vía pública durante la recolección.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
2.- Se perciben ruidos molestos durante el desarrollo de la actividad.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
3.- Existe aumento de los niveles de ruido del entorno.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
4.- Existen afectación a la imagen o estética urbana local.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
5.- Se observan Vectores de enfermedades (fauna nociva como ratas, moscas, cucarachas, etc.).	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
6.- Se observa acumulación de desechos en la vía pública derivados de esta actividad.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
7.- Se observa la generación de gases de efecto invernadero.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
8.- Se observa el consumo de agua.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
9.- Se observa el consumo de energía eléctrica.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
10.- Existe alteración de las vías de circulación.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
11.- Se perciben olores desagradables	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )

<b>12.- Hay riesgo de accidentes para el personal del establecimiento.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
<b>13.- Hay riesgo de accidentes para la población de la comunidad cercana al establecimiento.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
<b>14.- Se percibe la generación de polvos o neblinas generados por la actividad de recolección.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )

#### 4. CUESTIONARIO DE ENTREVISTA A TRANSPORTISTAS DE MATERIALES VALORIZABLES DE LOS RSU

### INTRODUCCIÓN

#### **Descripción general del instrumento**

Este cuestionario está enfocado a registrar las respuestas a una entrevista estructurada hecha a los agentes de las OLA desarrolladas en las inmediaciones de centros de acopio privados, particularmente, la operación del transporte. La batería de preguntas del cuestionario busca obtener una caracterización operativa de las redes de adquisición de materiales valorizables de los RSU. Para cubrir con el propósito del cuestionario, un entrevistador registrará en el cuestionario la información obtenida de la entrevista y observación directa en campo.

#### **Propósito del instrumento**

Hacer un registro de las características de las operaciones logísticas de adquisición, particularmente sobre la recolección en inmediaciones de centros de acopio privados.

Registrar las prácticas de recolección e impactos generados en términos de sustentabilidad.

#### **Secciones del Instrumento**

El instrumento de observación se compone de las siguientes secciones:

**Localización e identificación de recolectores.** Obtiene información sobre la localización de los recolectores y su proximidad con centros de acopio.

**Caracterización Operativa.** Obtiene información sobre las características operativas de los recolectores, se registran cualitativos y cuantitativos de los agentes. El tamaño del establecimiento, consumo de mano de obra, condiciones de trabajo y requerimientos de capital son algunas de las características que se recaban.

**Identificación de impactos a los entornos social y ambiental.** Obtiene información sobre los impactos generados por la operación de recolección, particularmente en los ámbitos social y medio ambiental.

### **DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL INFORMANTE Y DEL TRANSPORTISTA.**

**Número de cuestionario:** \_\_\_\_\_

**Fecha de inicio del llenado:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_, **Fecha de culminación de llenado:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

**Nombre del Observador Activo:** \_\_\_\_\_

**Fecha de la fotografía o de visita en campo** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

**ID del centro de acopio de referencias en recorrido en campo \_\_\_\_\_**

**ID del centro de acopio de referencia en base DENUÉ \_\_\_\_\_**

**ETAPA I.- CARACTERIZACIÓN OPERATIVA**

A.- IDENTIFICACIÓN			
1.- El nombre de la vialidad donde se ubicó al transportista:			
2.- Tipo de Vialidad	Vía Primaria.	Vía Secundaria	Zona de tránsito calmado
	( )	( )	( )
3.- El número exterior en que se ubica el recolector:			
4.- El número o letra interior:			
5.- El nombre de la colonia es:			
6.- El Código Postal es:		7.- El medio de contacto (Tel., email, etc.):	
Longitud:		Latitud:	
8.- Clave del Área Geoestadística Básica (AGEB) en la que se resguarda la Unidad de transporte			
9.- Distancia aproximada al centro de acopio más cercano.			

B GIRO DEL RECOLECTOR					
1.- Actividades del agente:	a) Compra de materiales valorizables		( )		
	b) Compra y venta de materiales valorizables		( )		
	c) Compra, transporte y venta de materiales valorizables		( )		
	d) Transporte de materiales valorizables.		( )		
	d) Otras (Especificar)	( ) _____	Precio de compra	Precio de venta	Fracción del volumen recolectado (%)
2.- Materiales que transporta:	Papel	( )	\$____	\$____	( )
	Periódico	( )	\$____	\$____	( )


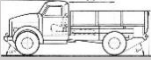
	Cartón	( )	\$___	\$___	( )
	PET (POLIETILEN TEREFALATO)	( )	\$___	\$___	( )
	PP (POLIPROPILENO)	( )	\$___	\$___	( )
	PEHD (POLIETILENO DE ALTA DENSIDA)	( )	\$___	\$___	( )
	Otros Plásticos	( )	\$___	\$___	( )
	Aluminio	( )	\$___	\$___	( )
	Metales Ferrosos (Chatarra)	( )	\$___	\$___	( )
	Latas de comida	( )	\$___	\$___	( )
	Cobre	( )	\$___	\$___	( )
	Plomo	( )	\$___	\$___	( )
	Estaño	( )	\$___	\$___	( )
	Níquel	( )	\$___	\$___	( )
	Residuos electrónicos: Televisiones	( )	\$___	\$___	( )
	Computadoras	( )	\$___	\$___	( )
	Lavadoras	( )	\$___	\$___	( )
	Refrigeradores	( )	\$___	\$___	( )
	Otros electrónicos	( )	\$___	\$___	( )
	Textiles	( )	\$___	\$___	( )
	Vidrios	( )	\$___	\$___	( )
	Basura de comida, de jardines y materiales orgánicos similares	( )	\$___	\$___	( )
	Colchones viejos	( )	\$___	\$___	( )
	Otros residuos voluminosos	( )	\$___	\$___	( )
	Otros residuos (Anotar)		\$___	\$___	
3.- Las actividades de	a) Independiente. No comparte la razón social u organización con otros recolectores /transportistas.				( )

recolección las efectúa como:	b) Integrante de una alianza o asociación. Se asocia con otros recolectores / transportistas y comparten un nombre comercial común; aunque hay coordinación grupal mantienen su independencia administrativa.	( )	
	c) Integrante de una Flota o cuadrilla. Sus actividades son controladas por un agente coordinador de la misma razón social a la que pertenecen las unidades de transporte.	( )	
	d) No se identifica o no aplica	( )	
4.- El propietario de la Unidad de Transporte es:	a) Una persona física	( )	
	b) Una sociedad o asociación	( )	
	c) El gobierno	( )	
	d) Partido u organización política	( )	
	e) Otra	( )	
5.- Además de RSU ¿el recolector / transportista ocupa su unidad para transportar otro tipo de mercancía?	Si	No	
	( )	( )	
6.- Además de la recolección de materiales valorizables de los RSU ¿realiza alguna otra actividad productiva?	Si	No	
	( )	( )	
7.- La Unidad de transporte forma parte de un Plan de Manejo de RSU registrado.	Si y el número del Plan de Manejo es	No	
	_____	( )	

C.- CLASIFICACIÓN DEL TRANSPORTISTA			Código del Material
1.- El agente transportista podría catalogarse como:	a) Ligero (Hasta 2.5 t)	( )	( )
	b) Liviano (2.5-3.5 t)	( )	( )
	c) Semiliviano (3.5-4.5 t)	( )	( )
	d) Medianos (4.5-5.5 t)	( )	( )
	e) Semipesados (5.5-7.5 t)	( )	( )
	f) Pesado (7.5-9 t)	( )	( )
	g) Extrapesado (9-40 t)	( )	( )



	h) Superpesados ( Más de 40 t)	( )	( )
2.- La Unidad de transporte forma parte de un Plan de Manejo de RSU registrado.	Si y el número del Plan de Manejo es	No	
	_____	( )	
3.- Además de RSU ¿el recolector / transportista ocupa su unidad para transportar otro tipo de mercancía?		Si	No
		( )	( )

D.- VEHÍCULOS OCUPADOS PARA EL TRANSPORTE			Material transportado (Anexo B)
<b>1.- Unidades y equipo de transporte</b>      <b>Ver tabla adjunta</b>  <b>Ver tabla adjunta</b>	<b>Tipo de vehículo basado en <i>International Trade and Customs (Anexo A)</i></b>	Anotar impresiones del vehículo	
	a) Vehículos ligeros o camioneta pickup hasta 1.5 toneladas, Medidas Largo 5.2 / Alto 1.8 / Ancho 1.9 metros	ID____ Marca_____ Modelo_____ Condiciones físicas_____	( )
	b) CAMIONETA 3.5, transporta hasta 3.5 toneladas. Medidas Largo 5/ Alto 2.1/ Ancho 2.4 metros	ID____ Marca_____ Modelo_____ Condiciones físicas_____	( )
	c) Camión unitario C2 y C3	ID____ Marca_____ Modelo_____ Condiciones físicas_____	( )
	d) Camión remolque C2(R2 y R3), C3(R2 y R3).	ID____ Marca_____ Modelo_____ Condiciones físicas_____	( )

<b>Ver tabla adjunta</b>	e) Tractocamión articulado T2(S1-S3) y T3(S1-S3).	ID____ Marca_____ Modelo_____ Condiciones físicas_____	( )
	f) Tractocamión semirremolque-remolque T(2-3) S(1-2) R (2-3).	ID____ Marca_____ Modelo_____ Condiciones físicas_____	( )
<b>2.- Tipo de combustible empleado por la Unidad</b>		Gasolina (magna y premium)	( )
		Diésel (automotriz)	( )
		Gas natural vehicular	( )
		Otro:	( )
<b>3.- Modo en que se transporta la carga</b>		Carga Suelta	( )
		Unitarizada	( )

E.- ESPACIO DE ENCIERRO			
	No se pudo apreciar	Si	No
1.- El recolector/ transportista cuenta con un espacio físico propio para el estacionamiento y encierro de la unidad de transporte.	( )	( )	( )
2.- En caso de no contar con espacio propio para el encierro de la unidad, el recolector / transportista renta un espacio para el resguardo de la unidad.	( )	( )	( )
3.- En caso de no contar con espacio propio para el encierro de la unidad, el recolector/ transportista ocupa el espacio público para aparcar la unidad (calles, avenida, etc.).		<b>Si</b>	<b>No</b>
	Banquetas	( )	( )
	Camellones	( )	( )
	Calles y avenida	( )	( )
	Áreas verdes	( )	( )

	Plazas Públicas	( )	( )
4.- El espacio físico para el encierro se encuentra a cielo abierto.	( )	( )	( )
5.- El espacio físico para el estacionamiento o encierro es ocupado para la limpieza de la unidad de transporte.	( )	( )	( )
6.- El espacio físico para el estacionamiento o encierro es ocupado para dar mantenimiento a la unidad de transporte.	( )	( )	( )
7.- El espacio físico para el estacionamiento o encierro es ocupado para cargar, descargar o almacenar la carga.	( )	( )	( )
8.- El espacio físico para el estacionamiento o encierro es ocupado por otros transportistas de residuos	( )	( )	( )
9.- El espacio físico para el estacionamiento o encierro es ocupado por otros transportistas de mercancías diferentes a los RSU	( )	( )	( )

F.- ACTIVOS FIJOS Y EQUIPAMIENTO							
<b>1.- Maquinaria y equipo para el manejo de residuos</b>	<b>1.1 Manejo de residuos</b> (Anotar el número de elementos identificados)						
	a) Diablitos	( )	b) Carretillas	( )	c) Patines	( )	
	d) Montacargas	( )	e) Cintas transportadoras	( )	f) Grúas	( )	
	g) Apiladores	( )	h) Otros:				
	<b>1.2 Empaque y embalaje</b> (Anotar el número de elementos identificados)						
	a) Prensas para la compactación	( )	b) Trituradoras	( )	c) Tarimas o Pallets	( )	
	d) Emplayadora	( )	e) Contenedores y cajas	( )	f) Costales	( )	
	h) Tambos		i) Otros:				
	<b>1.3.- Aseguramiento de la carga</b> (Anotar el número de elementos identificados)						
	a) Flejes o Cintas de trincaje	( )	b) Redes de sujeción de carga:	( )	c) Lonas	( )	
	d) Barras de bloqueo	( )	e) Otros:				
	<b>2.- Tecnologías de información y comunicación utilizadas.</b>	a) Teléfono inteligente	( )	b) Computadora	( )	c) Tableta	( )
		d) GPS	( )	e) Otro:			

<b>3.- El residuo tiene algún resguardo para evitar el robo</b>			Si ( )
			No ( )

G.- PERSONAL QUE LABORA EN LAS ACTIVIDADES DE TRANSPORTE			
1.- Número aproximado de personas laborando.		<b>Hombre</b>	Mujer
		1-2 ( )	1-2 ( )
		3-5 ( )	3-5 ( )
		6-8 ( )	6-8 ( )
		Más de 9 ( )	Más de 9 ( )
2.- Laboran personas de grupos vulnerable de acuerdo con su edad:	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
2.1 Menores de 15.	( )	( )	( )
2.2 De entre 15 y 18.	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
	( )	( )	( )
2.3 Adultos mayores de 60 años y más.	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
	( )	( )	( )
2.4 Personas con alguna discapacidad.	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
	( )	( )	( )

\* Anotar el número de personas en el interior de los paréntesis.

3.- Anote el total de días trabajados por el recolector durante la semana	Lunes	( )
	Martes	( )
	Miércoles	( )
	Jueves	( )
	Viernes	( )

	Sábado	( )
	Domingo	( )
4.- Anote el horario de inicio de actividades	____:____	
5.- Anote el horario máximo en que cesan las actividades en un día regular	____:____	
6.- Fecha aproximada en que se inició con estas actividades		

<b>H.- REMUNERACIONES</b>		
1.- Ingresos aproximados percibidos en el último día	\$	
2.- Ingresos aproximados percibidos en la última semana	\$	
3.- Contribuciones patronales a regímenes de seguridad social	Si ( )	No ( )
4.- Otras prestaciones sociales	Si ( )	No ( )
5.- ¿Cuenta con algún servicio de seguridad social?	Si ( )	No ( )
6.- ¿Recibe alguna otra remuneración adicional a la venta de materiales valorizables?	Si ( )	No ( )
7.- ¿Realiza alguna otra actividad productiva, además de la recolección, para obtener ingresos?	Si ( )	No ( )
7.A.-Describa la actividad		

<b>I.- ZONA DE COBERTURA Y FUENTES DE RECOLECCIÓN</b>	
1.- Municipios o alcaldías en las que se realizan principalmente las actividades de transporte de RSU valorizables:	1.-
	2.-
	3.-
	4.-
2.- Colonias en las que se realizan principalmente las actividades de transporte de RSU valorizables:	1.-
	2.-
	3.-
	4.-
	5.-

				6.-
				7.-
3.- Municipios o alcaldías en las que se realizan principalmente las actividades de venta de los RSU recolectados				1.-
				2.-
				3.-
4.- Centro de transferencia 1				
4.1.- El nombre de la vialidad donde se ubica el espacio de encierro es:				
4.2.- Tipo de Vialidad	Vía Primaria.	Vía Secundaria	Zona de tránsito calmado	
	( )	( )	( )	
4.3.- El número o letra interior en que se ubica el establecimiento es:				
4.4.- El nombre de la colonia es:				
4.5.- El Código Postal es:		7.- El medio de contacto (Tel., email, etc.):		
4.6.- Clave del Área Geoestadística Básica (AGEB) en la que se resguarda la Unidad de transporte				
4.7.- Material que recibe el centro de transferencia				( )
5.- Centro de transferencia 2				
5.1.- El nombre de la vialidad donde se ubica el espacio de encierro es:				
5.2.- Tipo de Vialidad	Vía Primaria.	Vía Secundaria	Zona de tránsito calmado	
	( )	( )	( )	
5.3.- El número o letra interior en que se ubica el establecimiento es:				
5.4.- El nombre de la colonia es:				
5.5.- El Código Postal es:		7.- El medio de contacto (Tel., email, etc.):		
5.6.- Clave del Área Geoestadística Básica (AGEB) en la que se resguarda la Unidad de transporte				
5.7.- Material que recibe el centro de transferencia				( )
6.-Centro de transferencia 3				

6.1.- El nombre de la vialidad donde se ubica el espacio de encierro es:			
6.2.- Tipo de Vialidad	Vía Primaria.	Vía Secundaria	Zona de tránsito calmado
	( )	( )	( )
6.3.- El número o letra interior en que se ubica el establecimiento es:			
6.4.- El nombre de la colonia es:			
6.5.- El Código Postal es:		7.- El medio de contacto (Tel., email, etc.):	
6.6.- Clave del Área Geoestadística Básica (AGEB) en la que se resguarda la Unidad de transporte			
6.7.- Material que recibe el centro de transferencia		( )	
7.- Centro de transferencia 4			
7.1.- El nombre de la vialidad donde se ubica el espacio de encierro es:			
7.2.- Tipo de Vialidad	Vía Primaria.	Vía Secundaria	Zona de tránsito calmado
	( )	( )	( )
7.3.- El número o letra interior en que se ubica el establecimiento es:			
7.4.- El nombre de la colonia es:			
7.5.- El Código Postal es:		7.- El medio de contacto (Tel., email, etc.):	
7.6.- Clave del Área Geoestadística Básica (AGEB) en la que se resguarda la Unidad de transporte			
7.7.- Material que recibe el centro de transferencia		( )	

J.- RUTA DE TRANSPORTE	
1.- Número de viajes que realiza en un día o número de centros de acopio que visita en un día (de martes a jueves).	
2.- Carga máxima recolectada o transportada en un día (de martes a jueves).	
3.- Distancia máxima recorrida en un día (de martes a jueves).	
4.- Consumo aproximado de combustible en un día (de martes a jueves).	

5.- Número aproximado de viajes que realiza en un día o número de centros de acopio que visita en un día (sábado o domingo).						
6.- Carga máxima recolectada o transportada en un día (sábado o domingo).						
7.- Distancia máxima recorrida en un día (sábado o domingo).						
4.- Consumo aproximado de combustible en un día (sábado o domingo).						
Viaje:	Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo (h)		Carga aproximada (kg)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						



K.- ACTIVIDADES		
1.-Actividades observadas que son realizadas por los trabajadores del centro de acopio.	Observaciones	Código del material (Anexo B)
a) Clasificación de materiales	( )	( ) ( ) ( )
b) Limpieza de materiales	( )	( ) ( ) ( )
c) Compactado	( )	( ) ( ) ( )
d) Empacado, envasado o embalado.	( )	( ) ( ) ( )
e) Desmantelamiento	( )	( ) ( ) ( )
f) Mojar el material (papel, cartón u otro material)	( )	( ) ( ) ( )
g) Trituración	( )	( ) ( ) ( )
h) Transvase	( )	( ) ( ) ( )
i) Incineración	( )	( ) ( ) ( )
j) Carga/descarga de unidades de transporte	( )	( ) ( ) ( )
k) Restauración	( )	( ) ( ) ( )
l) Reutilización	( )	( ) ( ) ( )
m) Reparación	( )	( ) ( ) ( )
n) Canibalización	( )	( ) ( ) ( )
o) Trituración	( )	( ) ( ) ( )
p) Molienda	( )	( ) ( ) ( )
q) Tratamiento químico	( )	( ) ( ) ( )
r) Otras:	( )	( ) ( ) ( )
...	( )	( ) ( ) ( )

## ETAPA II.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

A.- SEGURIDAD E HIGIENE						
Equipo de protección usado por el personal operativo durante las actividades de recolección.	NA	Todos (Siempre)	La mayoría	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)



			(A menudo)			
1.- Mascarillas o tapabocas.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
2.- Overoles o trajes protectores	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
3.- Calzado protector.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
4.- Guantes de carnaza, lona o de otro material.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
5.- Gafas protectoras.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
6.- Casco protector.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
7.- Fajas para cargar el material.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
8.- Otro equipo de seguridad.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
9.- En el último año ha sufrido accidentes derivados de sus actividades de recolección.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
10.-En el último año ha sufrido alguna enfermedad derivada de sus actividades de recolección.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )





B.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS EN LAS ACTIVIDADES DE TRANSPORTE						
Ítem	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
1.- Hay desechos sólidos esparcidos en la vía pública durante el transporte.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
2.- Se perciben ruidos molestos.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )




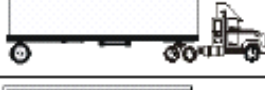

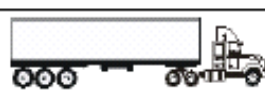
3.- Existe aumento de los niveles de ruido del entorno.	( ) )	( )	( )	( )	( )
4.- Existen afectación a la imagen o estética urbana local.	( ) )	( )	( )	( )	( )
5.- Se observan Vectores de enfermedades (fauna nociva como ratas, moscas, cucarachas, etc.).	( ) )	( )	( )	( )	( )
6.- Se observa acumulación de desechos en la vía pública derivados de esta actividad.	( ) )	( )	( )	( )	( )
7.- Se observa la generación de gases de efecto invernadero.	( ) )	( )	( )	( )	( )
8.- Se observa el consumo de agua.	( ) )	( )	( )	( )	( )
9.- Se observa el consumo de energía eléctrica.	( ) )	( )	( )	( )	( )
10.- Existe alteración de las vías de circulación.	( ) )	( )	( )	( )	( )
11.- Se perciben olores desagradables	( ) )	( )	( )	( )	( )
12.- Hay riesgo de accidentes para el personal del establecimiento.	( ) )	( )	( )	( )	( )
13.- Hay riesgo de accidentes para la población de la comunidad cercana al establecimiento.	( ) )	( )	( )	( )	( )
14.- El transporte utilizado cuenta con permiso para el transporte privado de carga.	( ) )	( )	( )	( )	( )
15.- El transporte utilizado cuenta con la autorización otorgada por la Secretaría de Comunicaciones y transportes, para el servicio de autotransporte federal de carga.	( ) )	( )	( )	( )	( )
16.- El transporte utilizado para el traslado de residuos se encuentran registrados a un plan de manejo de residuos (Calcomanía).	( ) )	( )	( )	( )	( )
17.- El transporte utilizado para el traslado de residuos cuenta con placas, calcomanía de verificación vehicular y engomado.	( ) )	( )	( )	( )	( )


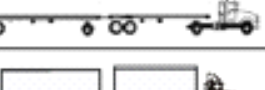
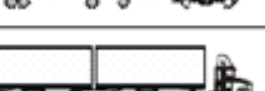




18.- Se observa que el transporte utilizado se encuentra en condiciones físicas y mecánicas idóneas.	( )	( )	( )	( )	( )
19.- El transporte utilizado cuenta con calcomanías, carteles o algún otro elemento que permita identificar el tipo de carga que transporta.	( )	( )	( )	( )	( )
20.- Se observa la presencia de polvos o neblina generados por las actividades de transporte.	( )	( )	( )	( )	( )
21.- El transporte utilizado cuenta con caja cerrada o en su defecto, utiliza lonas para evitar propagar particular de residuos durante el traslado.	( )	( )	( )	( )	( )

**ANEXO A**

<b>CAMIÓN UNITARIO ( C )</b>			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	

<b>CAMIÓN-REMOLQUE ( C-R )</b>			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2-R2	4	14	
C3-R2	5	18	
C2-R3	5	18	
C3-R3	6	22	

TRACTOCAMION ARTICULADO (T-S)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1	3	10	
T2-S2	4	14	
T2-S3	5	18	
T3-S1	4	14	
T3-S2	5	18	
T3-S3	6	22	

TRACTOCAMIÓN SEMIRREMOLQUE-REMOLQUE (T-S-R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1-R2	5	18	
T2-S2-R2	6	22	
T2-S1-R3	6	22	
T3-S1-R2	6	22	
T3-S1-R3	7	26	
T3-S2-R2	7	26	
T3-S2-R3	8	30	

ANEXO B.- Códigos de residuos

1.- Papel

2.- Periódico

3.- Cartón
4.- PET (POLIETILEN TEREFALATO)
5.- PP (POLIPROPILENO)
6.- PEHD (POLIETILENO DE ALTA DENSIDA)
7.- Otros Plásticos
8.- Aluminio
9.- Metales Ferrosos (Chatarra)
10.- Latas de comida
11.- Cobre
12.- Plomo
13.- Estaño
14.- Níquel
15.- Residuos electrónicos:
A.-Televisiones
B.- Computadoras
C.- Lavadoras
D.- Refrigeradores
E.- Otros electrónicos
16.- Textiles
17.- Vidrios
18.- Basura de comida, de jardines y materiales orgánicos similares
19.- Colchones viejos
20.- Otros residuos voluminosos
21.- Otros residuos (Anotar)

## 5. CUESTIONARIO DE OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA DE OPERACIONES LOGÍSTICAS DE ADQUISICIÓN EN CENTROS DE ACOPIO PRIVADOS

### INTRODUCCIÓN

#### C. Descripción general del instrumento

Este cuestionario está enfocado a registrar las observaciones sistemáticas sobre las operaciones logísticas de adquisición desarrolladas en centros de acopio privados que operan principalmente en el municipio de Nezahualcóyotl. Para cubrir con el propósito del cuestionario, un observador activo registrará en el cuestionario la información obtenida de los registros fotográficos sobre el CA disponibles en *Google maps*.

#### D. Propósito del cuestionario

6. Hacer un registro de las características de las operaciones logísticas de adquisición.
7. Registrar las impresiones de los trabajadores y responsables de centros de acopio sobre los impactos que generan a los entornos social y ambiental en el Municipio de Nezahualcóyotl.
8. Registrar las prácticas de ADQUISICIÓN – VALORIZACIÓN asociadas con impactos en términos de sustentabilidad.

#### d. Secciones del Instrumento

El instrumento de observación se compone de las siguientes secciones:

4. **Localización e identificación de unidades económicas.** Obtiene información sobre la localización y distribución de las UE en una AGEB particular. Así mismo se recaba información sobre las operaciones de adquisición en las que se enfoca el establecimiento o UE.
5. **Caracterización Operativa.** Obtiene información sobre las características operativas de estas UE a partir de la observación directa de rasgos cualitativos y cuantitativos del establecimiento. El tamaño del establecimiento, consumo de mano de obra, condiciones de trabajo y requerimientos de capital son algunas de las características que se recaban.
6. **Identificación de impactos a los entornos social y ambiental.** Obtiene información sobre los impactos generados por la operación de estas UE, particularmente en los ámbitos social y medio ambiental.

## II. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL INFORMANTE Y LA ZONA DE COLECTA DE DATOS DE DATOS

Número de cuestionario: \_\_\_\_\_

Fecha de inicio del llenado: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_, Fecha de culminación de llenado: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

Nombre del Observador Activo: \_\_\_\_\_

Fecha de la fotografía o de visita en campo \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

ID del centro de acopio en recorrido virtual \_\_\_\_\_

ID del centro de acopio en base DENUÉ \_\_\_\_\_

## II.- ALMACENAMIENTO TEMPORAL

### ETAPA 1.- CARACTERIZACIÓN OPERATIVA

A. GIRO DEL CENTRO DE ACOPIO			
1.- Actividades del establecimiento:	a) Compra de materiales valorizables	( )	
	b) Compra y venta de materiales valorizables	( )	
	c) Desmantelamiento de Equipo eléctrico y electrónico.	( )	
	d) Otras (Especificar)	( ) _____ _____	Precio de compra
2.- Materiales que se acopian:	Papel	( )	\$___
	Periódico	( )	\$___
	Cartón	( )	\$___
	PET (POLIETILEN TEREFTALATO)	( )	\$___
	PP (POLIPROPILENO)	( )	\$___
	PEHD (POLIETILENO DE ALTA DENSIDA)	( )	\$___
	Otros Plásticos	( )	\$___
	Aluminio	( )	\$___
	Metales Ferrosos (Chatarra)	( )	\$___
	Latas de comida	( )	\$___
	Cobre	( )	\$___
	Plomo	( )	\$___
	Estaño	( )	\$___
	Níquel	( )	\$___
Residuos electrónicos:	( )	\$___	



	• Televisiones		
	• Computadoras	( )	\$___
	• Lavadoras	( )	\$___
	• Refrigeradores	( )	\$___
	Otros	( )	\$___
	Textiles	( )	\$___
	Vidrios	( )	\$___
	Basura de comida, de jardines y materiales orgánicos similares	( )	\$___
	Colchones viejos	( )	\$___
	Otros residuos (Anotar)		\$___

B.- PERSONAL QUE LABORA EN EL CENTRO DE ACOPIO			
1.- Número aproximado de personas laborando.	<b>Hombre</b>	Mujer	
	0 a 5 ( )	0 a 5 ( )	
	6 a 10 ( )	6 a 10 ( )	
	11 a 30 ( )	11 a 30 ( )	
	Más de 30 ( )	Más de 30 ( )	
2.- Laboran personas de grupos vulnerable de acuerdo con su edad:	No	Si	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
2.1 Menores de 15.	( )	( )	( )
2.2 De entre 15 y 18.	No	Si	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
	( )	( )	( )
2.3 Adultos mayores de 60 años y más.	No	Si	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>

	( )	( )	( )
--	-----	-----	-----

\* Anotar el número de personas en el interior de los paréntesis.

C.- RECURSOS MATERIALES, INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO							
<b>1.- Maquinaria y equipo para el manejo de residuos</b>	<b>Compra/venta</b> (Anotar el número de elementos identificados)						
	a) Báscula mecánica	( )	b) Báscula de plataforma	( )	c) Báscula digital	( )	
	d) Caja registradora	( )	e) Estantería	( )	Otro: _____		
	<b>Manejo de residuos</b> (Anotar el número de elementos identificados)						
	a) Diablitos	( )	b) Carretillas	( )	c) Patines	( )	
	d) Montacargas	( )	e) Cintas transportadoras	( )	f) Grúas	( )	
	g) Cizalla Guillotina	( )	h) Apiladores	( )	i) Otros:		
	<b>Almacenamiento</b> (Anotar el número de elementos identificados)						
	a) Transelevadores	( )	b) Estantería	( )	c) Racks	( )	
	d) Otros:						
	<b>Compactación, empaque y corte</b> (Anotar el número de elementos identificados)						
	a) Prensas para la compactación	( )	b) Trituradoras	( )	Otros:		
	<b>2.- Bienes inmuebles</b>	a) Local comercial	( )	b) Terreno	( )	c) Casa	( )
		Superficie: _____ m <sup>2</sup>		Superficie: _____ m <sup>2</sup>		Superficie: _____ m <sup>2</sup>	
	b) Nave Industrial	( )	Otro:				
	Superficie: _____ m <sup>2</sup>		Superficie: _____ m <sup>2</sup>				
<b>3.- Equipo de cómputo y tecnologías de información y comunicación</b>	a) Teléfono inteligente	( )	b) Computadora	( )	c) Tableta	( )	
	a) Impresoras, escáner, fax	( )	Otro:				

D.- DISTRIBUCIÓN FÍSICA DEL CENTRO DE ACOPIO			
Existencia de área o áreas definidas dedicadas a:	No se pudo apreciar	Si	No
1.- Recepción y descarga.	( )	( )	( )
2.- Control administrativo, oficina de gestión o conducción.	( )	( )	( )
3.- Selección y clasificación.	( )	( )	( )
4.- Compactado, empaque, embalaje o etiquetado	( )	( )	( )
5.- Almacenamiento.	( )	( )	( )
6.- Embarque y salida de unidades de transporte.	( )	( )	( )
7.- Estacionamiento o encierro de las unidades de transporte utilizadas.	( )	( )	( )
8.- Uso de clientes	( )	( )	( )
9.- Uso de trabajadores	( )	( )	( )
10.- Uso de proveedores	( )	( )	( )

E.- TIPO DE ALMACENAMIENTO			
1.- Características del almacenamiento del residuo		Si	No
	a) Almacenamiento cubierto	( )	( )
	b) Almacenamiento descubierto o al aire libre	( )	( )
	c) Almacenamiento parcialmente cubierto	( )	( )
2.- Organización del almacén	a) Existen áreas diferenciadas en almacén para cada tipo de residuo.	( )	( )

	b) Se observa algún tipo de registro de las entradas y salidas del almacén	( )	( )
2.- Materiales que se acopian:	Papel		
	Periódico		
	Cartón		
	PET (POLIETILEN TEREFTALATO)		
	PP (POLIPROPILENO)		
	PEHD (POLIETILENO DE ALTA DENSIDA)		
	Otros Plásticos		
	Aluminio		
	Metales Ferrosos (Chatarra)		
	Latas de comida		
	Cobre		
	Plomo		
	Estaño		
	Níquel		
	Residuos electrónicos:		
	Televisiones		
	Computadoras		
Lavadoras			
Refrigeradores			
<b>3.- Para almacenar los residuos se ocupan</b>	a) En racks	( )	( )
	b) Estantes	( )	( )
	c) Tarimas	( )	( )
	d) Tambos.	( )	( )

	e) Otros (Especificar)	_____	
7.- El residuo tiene algún resguardo para evitar el robo	( )	( )	

### III IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS A LOS ENTORNOS SOCIAL Y AMBIENTAL

A.- SEGURIDAD E HIGIENE						
Equipo de protección usado por el personal operativo durante las actividades.	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
1.- Mascarillas o tapabocas.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
2.- Overoles o trajes protectores	( )	( )	( )	( )	( )	( )
3.- Calzado protector.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
4.- Guantes de carnaza, lona o de otro material.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
5.- Gafas protectoras.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
6.- Casco protector.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
7.- Fajas para cargar el material.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
8.- Otro equipo de seguridad.	( )	( )	( )	( )	( )	( )

B.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS: ACTIVIDADES DE CARGA Y DESCARGA						
Ítem	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
1.- Hay desechos sólidos esparcidos en la vía pública.	( )	( )	( )	( )	( )	( )

<b>2.- Identifica algún riesgo de accidentes.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>3.- Se perciben ruidos molestos.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>4.- Existe aumento de los niveles de ruido del entorno.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>5.- Existen afectación a la imagen o estética urbana local.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>6.- Se observan Vectores de enfermedades (fauna nociva como ratas, moscas, cucarachas, etc.).</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>7.- Se observa acumulación de desechos en la vía pública derivados de la actividad.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>8.- Se observa la generación de gases de efecto invernadero.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>9.- Se observa el consumo de agua.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>10.- Se observa el consumo de energía eléctrica.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>11.- Existe alteración de las vías de circulación.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>12.- Se perciben olores desagradables.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>13.- Hay riesgo de accidentes para el personal del establecimiento.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>14.- Hay riesgo de accidentes para la población de la comunidad cercana al establecimiento.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>15.- Se ocupa el espacio público para realizar estas actividades.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>16.- Al finalizar las actividades, el espacio público es aseado.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )

**C.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS: ACTIVIDADES DE ALMACENAMIENTO**

	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasion almente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
1.- Hay desechos sólidos esparcidos en la vía pública.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
2.- Identifica algún riesgo de accidentes.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
3.- Se perciben ruidos molestos.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
4.- Existe aumento de los niveles de ruido del entorno.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
5.- Existen afectación a la imagen o estética urbana local.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
6.- Se observan Vectores de enfermedades (fauna nociva como ratas, moscas, cucarachas, etc.).	( )	( )	( )	( )	( )	( )
7.- Se observa acumulación de desechos en la vía pública derivados de esta actividad.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
8.- Se observa la generación de gases de efecto invernadero.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
9.- Se observa el consumo de agua.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
10.- Se observa el consumo de energía eléctrica.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
11.- Existe alteración de las vías de circulación.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
12.- Se perciben olores desagradables.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
13.- Hay riesgo de accidentes para el personal del establecimiento.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
14.- Hay riesgo de accidentes para la población de la comunidad cercana al establecimiento.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
15.- Se realizan principalmente en el espacio privado del establecimiento.	( )	( )	( )	( )	( )	( )

16.- Se realizan principalmente en el espacio público colindante con el establecimiento.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
17.- Se realizan principalmente en las unidades de transporte estacionadas en las inmediaciones del establecimiento.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
18.- En caso de almacenar residuo en espacio público colindante al establecimiento, qué tipo de áreas son ocupadas.	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
a) Banquetas	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
b) Camellones	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
c) Calles y avenida	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
d) Áreas verdes	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
e) Plazas Públicas	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
19.- En caso de almacenar residuo en espacio público colindante al establecimiento ¿Qué superficie total se ocupa?	Largo (m):					
	Ancho (m):					
20.- En caso de almacenar residuo en los transportes estacionados cerca del establecimiento ¿Qué volumen total se ocupa?	Largo (m):					
	Ancho (m):					
	Alto (m)					






**D.- TIPOS DE RECOLECTORES / TRANSPORTISTAS QUE ABASTECEN EL CENTRO DE ACOPIO**


1.- El agente recolector/transportista que abastece el centro de acopio es	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
--	----	--------------------	--------------------------	-----------------------------	------------------------	--------------------



a) Recolector a pie	( ) )	( )	( )	( )	( )
b) Recolector con vehículo de tracción humana (triciclo, diablito, carretilla, etc.).	( ) )	( )	( )	( )	( )
c) Recolector con vehículo de tracción animal (Carro impulsado por caballo, burro).	( ) )	( )	( )	( )	( )
d) Recolector con medio de transporte motorizado de baja capacidad (Menos de 1 t).	( ) )	( )	( )	( )	( )
e) Recolector con medio de transporte motorizado con capacidad superior a 1 t.	( ) )	( )	( )	( )	( )
f) Trabajadores del servicio Municipal de recolección RSU.	( ) )	( )	( )	( )	( )
g) Trabajadores privados de recolección RSU.	( ) )	( )	( )	( )	( )
h) Otros (Anotar):	( ) )	( )	( )	( )	( )

\* Anotar el número de personas en el interior de los paréntesis.

4.- Unidades y equipo de transporte	Tipo de vehículo basado en <i>International Trade and Customs</i>	Anotar placa
 	a) Vehículos ligeros o camioneta pickup hasta 1.5 toneladas, Medidas Largo 5.2 / Alto 1.8 / Ancho 1.9 metros	1.- _____ 2.- _____ 3.- _____
 	b) CAMIONETA 3.5, transporta hasta 8 toneladas. Medidas Largo 5/ Alto 2.1/ Ancho 2.4 metros	1.- _____ 2.- _____ 3.- _____
	c) RABON (1 eje), transporta hasta 8 toneladas. Medidas Largo 6.5/ Alto 2.5/ Ancho 2.4 metros	1.- _____ 2.- _____ 3.- _____

	d) TORTON (2 ejes), transporta hasta 17 toneladas. Medidas Largo 6.5/ Alto 2.5/ Ancho 2.4 metros	1.- _____ 2.- _____ 3.- _____
	e) CAJA CERRADA 53 pies (4 ejes), transporta hasta 25 toneladas. Medidas Largo 15.19 / Alto 2.5/ Ancho 2.5 metros	1.- _____ 2.- _____ 3.- _____
	e) FULL DOBLE SEMIREMOLQUE (7 ejes), transporta hasta 50 toneladas. Medidas Largo 30 / Alto 2.5/ Ancho 2.5 metros	1.- _____ 2.- _____

<b>D.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS: ACTIVIDADES DE TRANSPORTE</b>						
<b>Ítem</b>	<b>NA</b>	<b>Todos (Siempre)</b>	<b>La mayoría (A menudo)</b>	<b>Algunos (Ocasionalmente)</b>	<b>Pocos (Pocas veces)</b>	<b>Ninguno (Nunca)</b>
<b>1.- Hay desechos sólidos esparcidos en la vía pública durante el transporte.</b>	( )	( )	( )	( )	( )	( )
<b>2.- Se perciben ruidos molestos.</b>	( )	( )	( )	( )	( )	( )
<b>3.- Existe aumento de los niveles de ruido del entorno.</b>	( )	( )	( )	( )	( )	( )
<b>4.- Existen afectación a la imagen o estética urbana local.</b>	( )	( )	( )	( )	( )	( )
<b>5.- Se observan Vectores de enfermedades (fauna nociva como ratas, moscas, cucarachas, etc.).</b>	( )	( )	( )	( )	( )	( )
<b>6.- Se observa acumulación de desechos en la vía pública derivados de esta actividad.</b>	( )	( )	( )	( )	( )	( )
<b>7.- Se observa la generación de gases de efecto invernadero.</b>	( )	( )	( )	( )	( )	( )

8.- Se observa el consumo de agua.	( ) )	( )	( )	( )	( )
9.- Se observa el consumo de energía eléctrica.	( ) )	( )	( )	( )	( )
10.- Existe alteración de las vías de circulación.	( ) )	( )	( )	( )	( )
11.- Se perciben olores desagradables	( ) )	( )	( )	( )	( )
12.- Hay riesgo de accidentes para el personal del establecimiento.	( ) )	( )	( )	( )	( )
13.- Hay riesgo de accidentes para la población de la comunidad cercana al establecimiento.	( ) )	( )	( )	( )	( )
14.- El transporte utilizado cuenta con permiso para el transporte privado de carga.	( ) )	( )	( )	( )	( )
15.- El transporte utilizado cuenta con la autorización otorgada por la Secretaría de Comunicaciones y transportes, para el servicio de autotransporte federal de carga.	( ) )	( )	( )	( )	( )
16.- El transporte utilizado para el traslado de residuos se encuentran registrados a un plan de manejo de residuos (Calcomanía).	( ) )	( )	( )	( )	( )
17.- El transporte utilizado para el traslado de residuos cuenta con placas, calcomanía de verificación vehicular y engomado.	( ) )	( )	( )	( )	( )
18.- Se observa que el transporte utilizado se encuentra en condiciones físicas y mecánicas idóneas.	( ) )	( )	( )	( )	( )
19.- El transporte utilizado cuenta con calcomanías, carteles o algún otro elemento que permita identificar el tipo de carga que transporta.	( ) )	( )	( )	( )	( )
20.- Existe alteración de las vías de circulación.	( ) )	( )	( )	( )	( )
21.- El transporte utilizado cuenta con caja cerrada o en su defecto, utiliza lonas para evitar propagar particular de residuos durante el traslado.	( ) )	( )	( )	( )	( )

\*

## 6. CUESTIONARIO ENFOCADO A LA COMUNIDAD CIRCUNDANTE A CENTROS DE ACOPIO

### Introducción

#### Descripción general del instrumento

Este cuestionario está enfocado a la población que habita en las viviendas circundantes a un centro de acopio de RSU valorizables en el municipio de Nezahualcóyotl. Para cubrir con el propósito del cuestionario, un observador activo registrará en el cuestionario la información que el informante (**comunidad circundante**) proporcione conforme a cada conjunto de cuestionamientos. El llenado del cuestionario se realizará mediante encuesta domiciliaria.

#### Propósito del Instrumento

Registrar las valoraciones que hace la población que habita en las viviendas circundantes a los centros de acopio de RSU valorizables. La información registrada en el cuestionario servirá para caracterizar a las operaciones logísticas de adquisición en los centros de acopio.

Registrar las impresiones que la población que habita en las viviendas circundantes a los centros de acopio tiene sobre las prácticas de ADQUISICIÓN y de los impactos en términos de sustentabilidad.

#### Secciones del Instrumento

El instrumento de observación se compone de las siguientes secciones:

**Datos de identificación del cuestionario y del informante.** Asigna un Número de identificación para el cuestionario, registra la fecha de llenado y los datos del observador. También se registra información sobre el área en la que los Centros de acopio están establecidos. Así mismo se recaba información sobre las operaciones de adquisición en las que se enfoca el recolector/transportista.

**Caracterización Operativa.** Obtiene información sobre las características operativas de los centros de acopio desde la perspectiva de la comunidad circundante. A través de la visión de la población se registran rasgos cualitativos y cuantitativos del establecimiento. El tamaño del establecimiento, consumo de mano de obra, condiciones de trabajo y requerimientos de capital son algunas de las características que se recaban.

**Identificación de impactos a los entornos social y ambiental.** Obtiene información sobre los impactos generados por la operación de los centros de acopio desde la perspectiva de la comunidad circundante.

#### DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL INFORMANTE Y DEL CENTRO DE ACOPIO

Número de cuestionario: \_\_\_\_\_

Fecha de inicio del llenado: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_, Fecha de culminación de llenado: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

Nombre del Observador Activo: \_\_\_\_\_

Fecha de la fotografía o de visita en campo \_\_/\_\_/\_\_

ID del centro de acopio en recorrido en campo \_\_\_\_\_

ID del centro de acopio en base DENUÉ \_\_\_\_\_

## II.- CARACTERIZACIÓN OPERATIVA

A.- PERSONAL QUE LABORA EN CENTRO DE ACOPIO			
1.- Número aproximado de personas laborando.	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	
	0 a 5 ( )	0 a 5 ( )	
	6 a 10 ( )	6 a 10 ( )	
	11 a 30 ( )	11 a 30 ( )	
	Más de 30 ( )	Más de 30 ( )	
2.- Laboran personas de grupos vulnerable de acuerdo con su edad:	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
2.1 Menores de 15.	( )	( )	( )
2.2 De entre 15 y 18.	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
	( )	( )	( )
2.3 Adultos mayores de 60 años y más.	No	<b>Si</b>	
		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
	( )	( )	( )

\* Anotar el número de personas en el interior de los paréntesis.

B.- DÍAS TRABAJADOS Y HORARIOS		
1.- Anote el total de días trabajados por el recolector o transportista durante la semana	Lunes	( )
	Martes	( )
	Miércoles	( )
	Jueves	( )

	Viernes	( )
	Sábado	( )
	Domingo	( )
2.- Anote el horario de inicio de actividades	____:____	
3.- Anote el horario máximo en que cesan las actividades en un día regular	____:____	
4.- Fecha aproximada en se inició con estas actividades		

<b>C.- TIPOS DE RECOLECTORES QUE ABASTECEN EL CENTRO DE ACOPIO</b>						
<b>1.- El agente recolector/transportista que abastece el centro de acopio es</b>	<b>NA</b>	<b>Todos (Siempre)</b>	<b>La mayoría (A menudo)</b>	<b>Algunos (Ocasionalmente)</b>	<b>Pocos (Pocas veces)</b>	<b>Ninguno (Nunca)</b>
a) Recolector a pie	( )	( )	( )	( )	( )	( )
b) Recolector con vehículo de tracción humana (triciclo, diablito, carretilla, etc.).	( )	( )	( )	( )	( )	( )
c) Recolector con vehículo de tracción animal (Carro impulsado por caballo, burro).	( )	( )	( )	( )	( )	( )
d) Recolector con medio de transporte motorizado de baja capacidad (Menos de 1 t).	( )	( )	( )	( )	( )	( )
e) Recolector con medio de transporte motorizado con capacidad superior a 1 t.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
f) Trabajadores del servicio Municipal de recolección RSU.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
g) Trabajadores privados de recolección RSU.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
h) Otros (Anotar):	( )	( )	( )	( )	( )	( )

<b>D.- TIPOS DE VEHÍCULOS QUE OCUPAN EL ESPACIO PÚBLICO ALREDEDOR DEL CENTRO DE ACOPIO.</b>						
<b>A.- Tipo de vehículo basado en la NOM</b>	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
a) Vehículos ligeros o camioneta pickup hasta 1.5 toneladas, Medidas Largo 5.2 / Alto 1.8 / Ancho 1.9 metros	( )	( )	( )	( )	( )	( )
b) CAMIONETA 3.5, transporta hasta 3.5 toneladas. Medidas Largo 5/ Alto 2.1/ Ancho 2.4 metros	( )	( )	( )	( )	( )	( )
c) Camión unitario C2 y C3	( )	( )	( )	( )	( )	( )
d) Camión remolque C2(R2 y R3), C3(R2 y R3).	( )	( )	( )	( )	( )	( )
e) Tractocamión articulado T2(S1-S3) y T3(S1-S3).	( )	( )	( )	( )	( )	( )
f) Tractocamión semirremolque-remolque T(2-3) S(1-2) R (2-3).	( )	( )	( )	( )	( )	( )
f) Otros ( Anotar): _____	( )	( )	( )	( )	( )	( )

### **III.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS**

<b>A.- SEGURIDAD E HIGIENE</b>						
	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
Equipo de protección usado por el personal operativo durante las actividades.						

1.- Mascarillas o tapabocas.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
2.- Overoles o trajes protectores	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
3.- Calzado protector.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
4.- Guantes de carnaza, lona o de otro material.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
5.- Gafas protectoras.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
6.- Casco protector.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
7.- Fajas para cargar el material.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
8.- Otro equipo de seguridad.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )

**B.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS POR LAS ACTIVIDADES DEL CENTRO DE ACOPIO**

Ítem	NA	Todos (Siempre)	La mayoría (A menudo)	Algunos (Ocasionalmente)	Pocos (Pocas veces)	Ninguno (Nunca)
1.- Hay desechos sólidos esparcidos en la vía pública.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
2.- Identifica algún riesgo de accidentes.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
3.- Se perciben ruidos molestos.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
4.- Existe aumento de los niveles de ruido del entorno.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
5.- Existen afectación a la imagen o estética urbana local.	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )
6.- Se observan Vectores de enfermedades (fauna nociva como ratas, moscas, cucarachas, etc.).	( ) )	( )	( )	( )	( )	( )



<b>7.- Se observa acumulación de desechos en la vía pública derivados de la actividad.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>8.- Se observa la generación de gases de efecto invernadero.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>9.- Se observa el consumo de agua.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>10.- Se observa el consumo de energía eléctrica.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>11.- Existe alteración de las vías de circulación.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>12.- Se perciben olores desagradables.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>13.- Hay riesgo de accidentes para el personal del establecimiento.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>14.- Hay riesgo de accidentes para la población de la comunidad cercana al establecimiento.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>15.- Se ocupa el espacio público para realizar estas actividades.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>16.- Al finalizar las actividades, el espacio público es aseado.</b>	( ) )	( )	( )	( )	( )
<b>17.- Se observa la presencia de polvos o neblinas generados por las actividades del centro de acopio</b>					

## REFERENCIAS

- Ackoff, R. L. (1978). *The Art of Problem Solving Accompanied by Ackoff's Fables*. Consultado el 26 de enero de 2022 en <http://dspace.creighton.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10504/78300/78300-2766.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Acosta, A. y Martínez, E. (2017). La acumulación de desperdicios y el desperdicio de las riquezas: una mirada desde los Derechos de la Naturaleza. En Solíz-Torres, M. F. (Coordinador) (2017). *Ecología política de la basura: pensando los residuos desde el Sur* (Pág. 51-70) Quito: Abya Yala; Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo. <http://hdl.handle.net/10644/6068>
- Agrawal, S., Singh, R. K., & Murtaza, Q. (2015). A literature review and perspectives in reverse logistics. *Resources, Conservation and Recycling*, 97, 76–92. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.009>
- Agrawal, S., Singh, R. K., & Murtaza, Q. (2018). Reverse supply chain issues in Indian electronics industry: a case study. *Journal of Remanufacturing*, 8, 115-129.
- Anguera Argilaga, M. T., & Hernández Mendo, A. (2013). La metodología observacional en el ámbito del deporte. *E-balonmano. com: Revista de Ciencias del Deporte*, 2013, vol. 9, num. 3, p. 135-160.
- Anguera, M. T. (2004). Posición de la metodología observacional en el debate entre las opciones metodológicas cualitativa y cuantitativa. *¿Enfrentamiento, complementariedad, integración? Psicología en Revista (Belo Horizonte, Brasil)*, 10(15), 13-27.
- Alaminos, A., & Castejón, J. L. (2006). Elaboración, análisis e interpretación de encuestas, cuestionarios y escalas de opinión. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Alegoz, M., & Kaya, O. (2017). Coordinated dispatching and acquisition fee decisions for a collection center in a reverse supply chain. *Computers and Industrial Engineering*, 113(September), 475–486. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.09.039>
- Asefi, H., Shahparvari, S., & Chhetri, P. (2019). Integrated Municipal Solid Waste Management under uncertainty: A tri-echelon city logistics and transportation context. *Sustainable Cities and Society*, 50(February), 101606. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101606>
- Avelino, F., & Rotmans, J. (2011). A dynamic conceptualization of power for sustainability research. *Journal of Cleaner Production*, 19(8), 796–804. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.012>
- Bal, A., & Satoglu, S. I. (2018). A goal programming model for the WEEE products recovery operations planning. In *Proceedings of International Conference on Computers & Industrial Engineering: CIE47*.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Pearson educación.
- Banco Mundial (2016). *Basura Cero-Los residuos sólidos en el epicentro del Desarrollo Sostenible*. Banco Mundial, 1. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2016/03/03/waste-not-want-not---solid-waste-at-the-heart-of-sustainable-development>.

- Baumgartner, R. J. (2011). Critical perspectives of sustainable development research and practice. *Journal of Cleaner Production*, 19(8), 783–786. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.01.005>
- Beh, L. S., Ghobadian, A., He, Q., Gallear, D., & O'Regan, N. (2016). Second-life retailing: a reverse supply chain perspective. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(2), 259-272.
- Bendul, J. C., Rosca, E., & Pivovarova, D. (2017). Sustainable supply chain models for base of the pyramid. *Journal of Cleaner Production*, 162, S107-S120.
- Bennekrouf, M., Boudahri, F., & Sari, Z. (2011). Sensivity analysis of recovery rate of multi-products reverse logistic supply chain design. 2011 International Conference on Communications, Computing and Control Applications, CCCA 2011, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CCCA.2011.6031454>
- Bing, X., Bloemhof, J. M., Ramos, T. R. P., Barbosa-Povoa, A. P., Wong, C. Y., & van der Vorst, J. G. A. J. (2016). Research challenges in municipal solid waste logistics management. *Waste Management*, 48, 584–592. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.025>
- Bing, X., Bloemhof-Ruwaard, J., Chaabane, A., & van der Vorst, J. (2015). Global reverse supply chain redesign for household plastic waste under the emission trading scheme. *Journal of cleaner production*, 103, 28-39.
- Blanchard, B. S., & Blyler, J. E. (2016). *System Engineering Management*. In *ReVision* (5ta.). Retrieved from <http://books.google.com/books?id=Gf7Lx4I9XKQC&pgis=1>
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros*. McGraw-Hill.
- Braz, A. C., De Mello, A. M., de Vasconcelos Gomes, L. A., & de Souza Nascimento, P. T. (2018). The bullwhip effect in closed-loop supply chains: A systematic literature review. *Journal of cleaner production*, 202, 376-389.
- Brundtland, G. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Oxford Paperbacks. <https://doi.org/10.2307/2621529>
- Calva-Alejo, C. L., & Rojas-Caldelas, R. I. (2014). Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de Mexicali, México: retos para el logro de una planeación sustentable. *Información tecnológica*, 25(3), 59-72. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000300009>
- Çetinsaya Özkir, V., Efendigil, T., Demirel, T., Çetin Demirel, N., Deveci, M., & Topçu, B. (2015). A three-stage methodology for initiating an effective management system for electronic waste in Turkey. *Resources, Conservation and Recycling*, 96, 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.01.008>
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R. T., Benítez, M. A. M., & Muñoz, H. H. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (Vol. 12). McGraw-Hill.
- Chopra, S., Meindl, P., & Kalra, D. V. (2013). *Supply chain management: strategy, planning, and operation* (Vol. 232). Boston, MA: Pearson.

- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministra. Estrategia, Planeación y operación* (3rd ed.). Pearson, Prentice Hall.
- Choi, Y. R. (2001). *The early life of a new venture: An analysis of entrepreneurs' strategic decisions and stakeholders' assessments*. Rensselaer Polytechnic Institute.
- CIDAC Centro de Investigación para el Desarrollo A.C. (2015). *Diagnóstico de la situación energética en el Distrito Federal: retos, pendientes y potencialidades*. México. Recuperado el 15 de octubre de 2019 en [http://cidac.org/esp/uploads/1/Diagn\\_stico\\_Energ\\_a\\_DF.pdf](http://cidac.org/esp/uploads/1/Diagn_stico_Energ_a_DF.pdf)
- CMIA, C. M. de I. A. (2003). *La basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos*.
- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2018). *Informe de pobreza en los municipios de México 2015*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Costa, Y. J. (2016). *Fleet size optimization in the collection process of discarded tires*. Fleet size optimization in the collection process of discarded tires. January.
- Christopher, Martin (1992). *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Service*. Pitman, London.
- Crainic, T. G., Ricciardi, N., & Storchi, G. (2009). *Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems*. *Transportation Science*, 43(4), 432-454. Doi: <https://doi.org/10.1287/trsc.1090.0279>
- Croom, S., Romano, P., & Giannakis, M. (2000). *Supply chain management: an analytical framework for critical literature review*. *European journal of purchasing & supply management*, 6(1), 67-83.
- Cruz-Rivera, R., & Ertel, J. (2010). *Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life Vehicles in Mexico*. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 930–939. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.04.041>
- Den Boer, J., Den Boer, E., & Jager, J. (2007). *LCA-IWM: a decision support tool for sustainability assessment of waste management systems*. *Waste management*, 27(8), 1032-1045.
- Denscombe, M. (2014). *The good research guide: for small-scale social research projects*. McGraw-Hill Education (UK).
- Dissanayake, G., & Sinha, P. (2015). *An examination of the product development process for fashion remanufacturing*. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.09.008>
- Diario Oficial de la Federación, 8 de octubre., (2003). <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/190117.pdf>
- Durán-Moreno, A., Garcés-Rodríguez, M., Velasco, A. R., Marín-Enriquez, J. C., Gutiérrez-Lara, R., Morelo-Gutiérrez, A., & Delgadillo, N. A. (2013). *MEXICO CITY'S MUNICIPAL SOLID WASTE CHARACTERISTICS AND COMPOSITION ANALYSIS*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(1), 21–28.
- Ehmke, J. F. (2012). *Integration of Information and Optimization Models for Routing in City Logistics*. 177, 9–23. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3628-7>

- Ellen MacArthur Foundation, M. & C. (2016). *Hacia una Economía Circular*, 22. Retrieved from [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive\\_summary\\_SP.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf)
- Farahbakhsh, A., & Forghani, M. A. (2019). Sustainable location and route planning with GIS for waste sorting centers, case study: Kerman, Iran. *Waste Management and Research*, 37(3), 287–300. <https://doi.org/10.1177/0734242X18815950>
- Fei, F., Qu, L., Wen, Z., Xue, Y., & Zhang, H. (2016). How to integrate the informal recycling system into municipal solid waste management in developing countries: Based on a China's case in Suzhou urban area. *Resources, Conservation and Recycling*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.019>
- Feitó Cespón, M., Cespón Castro, R., & Rubio Rodríguez, M. A. (2016). Modelos de optimización para el diseño sostenible de cadenas de suministros de reciclaje de múltiples productos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(1), 135-148.
- Figge, F., Hahn, T., Schaltegger, S., & Wagner, M. (2002). The sustainability balanced scorecard—linking sustainability management to business strategy. *Business Strategy and the Environment*, 11(5), 269-284.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A., & Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European journal of operational research*, 103(1), 1-17.
- Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R., & Flapper, S. D. P. (2000). A characterisation of logistics networks for product recovery. *Omega*, 28(6), 653-666.
- Florisbela dos Santos, Anna Lucía, y Wehenpohl, Günther (2001). De pepenadores y triadores. El sector informal y los residuos sólidos municipales en México y Brasil. *Gaceta Ecológica*, (60),70-80.[fecha de Consulta 26 de Enero de 2022]. ISSN: 1405-2849. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906006>
- Flygansvær, B., Dahlstrom, R., & Nygaard, A. (2018). Exploring the pursuit of sustainability in reverse supply chains for electronics. *Journal of Cleaner Production*, 189, 472–484. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.014>
- Foolmaun, R. K., & Ramjeeawon, T. (2013). Comparative life cycle assessment and social life cycle assessment of used polyethylene terephthalate (PET) bottles in Mauritius. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(1), 155–171. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0447-2>
- Freeman, R. Edward. 1984. *Strategic Management: A Stakeholder Approach* (Boston: Pitman Publishing Inc.
- Fujii, M., Fujita, T., Ohnishi, S., Yamaguchi, N., Yong, G., & Park, H. S. (2014). Regional and temporal simulation of a smart recycling system for municipal organic solid wastes. *Journal of Cleaner Production*, 78, 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.066>
- Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. In *Serie Medio Ambiente y Desarrollo*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gelman, O. y Negroe, G. (1982). La planeación como proceso básico de la conducción. *Revista de la Académica Nacional de Ingeniería*, vol. 1, 253-270.

- Georgiadis, P., & Vlachos, D. (2003). Analysis of the dynamic impact of environmental policies on reverse logistics. *Operational Research*, 3(2), 123-135
- Gimenez, C., & Tachizawa, E. M. (2012). Extending sustainability to suppliers: a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(5), 531–543. <https://doi.org/10.1108/13598541211258591>
- Golicic, S. L., Davis, D. F., & McCarthy, T. M. (2005). A balanced approach to research in supply chain management. In *Research methodologies in supply chain management* (pp. 15-29). Physica-Verlag HD.
- Gómez Maturano, J. (2019). Un modelo conceptual para evaluar la sustentabilidad de las operaciones de recolección y adquisición de RSU. *Virtual PRO. Procesos Industriales*.
- Gómez-Maturano, J. (2020). “Sustainable design of reverse supply chain for solid waste in Mexico”. *Cuadernos de Administración*, 36(67), 31-47. 2020. <https://doi.org/10.25100/cdea.v36i67.8421>
- Gómez Maturano, J. & Sánchez Lara, B. (2018). Procedimiento para caracterizar cadenas de suministro inversas que valorizan residuos sólidos urbanos. Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro. Ciudad de México: Asociación Mexicana de Logística y Cadena de Suministro, A.C. Recuperado de [https://www.academia.edu/42095764/Procedimiento\\_para\\_caracterizar\\_Cadenas\\_de\\_Suministro\\_Inversas\\_que\\_valorizan\\_Residuos\\_S%C3%B3lidos\\_Urbanos](https://www.academia.edu/42095764/Procedimiento_para_caracterizar_Cadenas_de_Suministro_Inversas_que_valorizan_Residuos_S%C3%B3lidos_Urbanos)
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European journal of operational research*, 240(3), 603-626
- GRI, Global Reporting Initiative (2015). Sustainability and Reporting Trends in 2025 – Preparing for the Future –, (May), 19. Recuperado de <https://growthorientedsustainableentrepreneurship.files.wordpress.com/2018/06/csr-sustainability-and-reporting-trends-in-2025.pdf>
- Guide, V. D. R., Harrison, T. P., & Van Wassenhove, L. N. (2003). The challenge of closed-loop supply chains. *Interfaces*, 33(6), 3-6.
- Guo, L., Qu, Y., Tseng, M. L., Wu, C., & Wang, X. (2018). Two-echelon reverse supply chain in collecting waste electrical and electronic equipment: A game theory model. *Computers & Industrial Engineering*, 126, 187-195.
- Gupta, S. M. (Ed) (2016). *Reverse supply chains: issues and analysis*. New York: Taylor & Francis Group.
- Gusmerotti, N. M., Corsini, F., Borghini, A., & Frey, M. (2018). Assessing the role of preparation for reuse in waste-prevention strategies by analytical hierarchical process: suggestions for an optimal implementation in waste management supply chain. *Environment, Development and Sustainability*, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0160-9>
- Habibi, M. K. K., Battaïa, O., Cung, V. D., & Dolgui, A. (2017). An efficient two-phase iterative heuristic for Collection-Disassembly problem. *Computers and Industrial Engineering*, 110, 505–514. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.06.031>

- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2006). Analisis de los datos cuantitativos. In *Metodología de la investigación*. <https://doi.org/10.6018/turismo.36.231041>
- Hiramatsu, A., Hara, Y., Sekiyama, M., Honda, R., & Chiemchaisri, C. (2009). Municipal solid waste flow and waste generation characteristics in an urban-rural fringe area in Thailand. *Waste Management and Research*, 27(10), 951–960. <https://doi.org/10.1177/0734242X09103819>
- Ilgin, M. A., & Gupta, S. M. (2013). Reverse Logistics. In S. M. Gupta (Ed.), *Reverse Supply Chains: Issues and analysis* (p. 401). Taylor & Francis Group.
- Inegi. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2011). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011 (CNGMD), Módulo 6: Residuos Sólidos Urbanos. México: SNIEG Información de Interés Nacional. Recuperado el 11 de junio de 2019 de:  
[https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2011/default.html#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2011/default.html#Datos_abiertos)
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2018). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017 (CNGMD), Módulo 6: Residuos Sólidos Urbanos. México. Recuperado el 11 de junio de 2019 de:  
<https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2017/default.html#Tabulados>
- Jiménez Ocampo, U. E. (2013). Análisis de Ciclo de Vida de las botellas de PET que se recolectan como residuos en el Municipio de Ecatepec de Morelos.
- Kaplan, R. S., Norton, D. P., & Santapau, A. (2009). El cuadro de mando integral.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. The World Bank. <https://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kianpour, K., Jusoh, A., Mardani, A., Streimikiene, D., Cavallaro, F., Nor, K. M., & Zavadskas, E. K. (2017). Factors influencing consumers' intention to return the end of life electronic products through reverse supply chain management for reuse, repair and recycling. *Sustainability* (Switzerland), 9(9). <https://doi.org/10.3390/su9091657>
- Kinobe, J. R., Gebresenbet, G. & Vinnerås, B. (2012). Reverse Logistics Related to Waste Management with Emphasis on Developing Countries—A Review Paper. *Journal of Environmental Science and Engineering B Formerly Part of Journal of Environmental Science and Engineering*, 1, 1104–1118. Fecha de consulta: 13 de diciembre de 2021. URL: <http://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/551e3a273dbcb.pdf>
- Kocabasoglu, C., Prahinski, C., & Klassen, R. D. (2007). Linking forward and reverse supply chain investments: The role of business uncertainty. *Journal of Operations Management*, 25(6), 1141-1160.
- KPMG. (2018). Desarrollo sostenible en México. [kpmg.com.mx](http://kpmg.com.mx)
- Lacy, P., & Rutqvist, J. (2015). *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Springer.

- La Londe, B. J., & Masters, J. M. (1994). Emerging logistics strategies: blueprints for the next century. *International journal of physical distribution & logistics management*, 24(7), 35-47.
- Lambert, D. M., Cooper, M. C., & Pagh, J. D. (1998). Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. *The International Journal of Logistics Management*, 9(2), 1-19.
- Lara-Rosano, F. (1990). Metodología para la planeación de sistemas: un enfoque prospectivo. *Cuaderno de Planeación Universitaria*, 4(2), 38-67.
- Larsen, S. B., Masi, D., Jacobsen, P., & Godsell, J. (2018). How the reverse supply chain contributes to a firm's competitive strategy: a strategic alignment perspective. *Production Planning & Control*, 29(6), 452-463. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1390178>
- Lebreton, B. (2007). *Strategic Closed-Loop Supply Chain Management*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 156 pp.
- Leff, E., Argueta, A., Boege, E., & Gonçalves, C. P. (2002). Más allá del desarrollo sostenible: la construcción de una racionalidad ambiental para la sustentabilidad: una visión desde América Latina. *PISANTY*, 1, 479-578
- Lélé, S. M. (1991). Sustainable development: a critical review. *World development*, 19(6), 607-621. ISSN 0305-750X, [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(91\)90197-](https://doi.org/10.1016/0305-750X(91)90197-)
- LGPGIR, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión México (2021). "Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos". En *Diario Oficial de la Federación*. 2021. Fecha de consulta: 13 de diciembre de 2021. URL: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_180121.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf)
- Luffiego García, M. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Historia y Epistemología de Las Ciencias*, 18(3), 473-486. <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21701/21535>
- Matos, S., & Hall, J. (2007a). Integrating sustainable development in the supply chain: The case of life cycle assessment in oil and gas and agricultural biotechnology. *Journal of Operations Management*, 25(6), 1083-1102. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.013>
- Mentzer, J.T., Min, S. and Zacharia, Z.G. (2000). The nature of interfirm partnering in supply chain management. *Journal of Retailing*, 76(4), pp. 549-568.
- Möller, A., & Schaltegger, S. (2005). The sustainability balanced scorecard as a framework for eco-efficiency analysis. *Journal of industrial ecology*, 9(4), 73-83.
- Morin, E. (1994). Sobre la interdisciplinariedad. *Contribución al Congreso de d'Arrabida, Bulletin Interactif du Centre International de Recherches et Etudes transdisciplinaires*.
- Nakashima, K. & Gupta, S. M. (2013). "Modeling Supplier Selection in Reverse Supply Chains". In Gupta, S. M. (Ed.), *Reverse Supply Chain: Issues and analysis* (p. 401). Taylor & Francis Group. 2013.
- Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-024-AMBT-2013 que establece los criterios y especificaciones técnicas bajo las cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de los residuos del Distrito Federal. *Gaceta Oficial del D.F.* 8 de julio de 2015, pp. 22-43.



- Norman, W., & Macdonald, C. (2004). Getting to the Bottom of “Triple Bottom Line.” *Business Ethics Quarterly*, 14(2), 243–262. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.035>
- Nowakowski, P. (2018). A novel, cost efficient identification method for disassembly planning of waste electrical and electronic equipment. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2695-2707.
- Parmigiani, A., & Rivera-Santos, M. (2015). Sourcing for the base of the pyramid: Constructing supply chains to address voids in subsistence markets. *Journal of Operations Management*, 33–34, 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.10.007>
- Paz-Miño, J. B. y Martínez-Alier, J. (2017). La acumulación de desperdicios y el desperdicio de las riquezas: una mirada desde los Derechos de la Naturaleza. En Solíz-Torres, M. F. (Coordinador) (2017). *Ecología política de la basura: pensando los residuos desde el Sur* (Pág. 51-70) Quito: Abya Yala; Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo. <http://hdl.handle.net/10644/6068>
- Pialot, O., Millet, D., & Tchertchian, N. (2012). How to explore scenarios of multiple upgrade cycles for sustainable product innovation: the “Upgrade Cycle Explorer” tool. *Journal of Cleaner Production*, 22(1), 19-31.
- Pires, A., Martinho, G., & Chang, N.-B. (2011). Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques. *Journal of Environmental Management*, 92(4), 1033–1050. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.024>
- PNUMA OMS. (2015). *Perspectiva mundial de la gestión de residuos Resumen para los responsables de la toma de decisiones* Perspectiva mundial de la gestión de residuos. Unesco, 1(1), 1–5. Retrieved from [http://web.unep.org/ietc/sites/unep.org.ietc/files/GWMO\\_summary\\_Spanish\\_1.pdf](http://web.unep.org/ietc/sites/unep.org.ietc/files/GWMO_summary_Spanish_1.pdf)
- Rodriguez, R., & Traconis, G. (2012). *Gestión ambiental de la vitivinicultura: aplicación del cuadro de mando*. Econ. Gest. Desarro. Cali (Colombia), (13), 93-119.
- Rogers, D. S. & Ronald, S. (1999). *Going Backwards : Reverse Logistics Trends and Practices* Going Backwards : Reverse Logistics Trends and Practices.
- Rosa, P., Sassanelli, C., & Terzi, S. (2019). Towards Circular Business Models: a systematic literature review on classification frameworks and archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 117696.
- Rosca, E., Arnold, M., y Bendul, J. C. (2017). Business models for sustainable innovation—an empirical analysis of frugal products and services. *Journal of Cleaner Production*, 162, S133-S145. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.050>
- Rouse, M. (2012). Downcycling [dostopno na daljavo]. *Obnovljeno decembra*.
- Sagasti, F. R., & Mitroff, I. I. (1973). Operations research from the viewpoint of general systems theory. *Omega*, 1(6), 695–709.
- Sanjeevi, V., & Shahabudeen, P. (2016). Optimal routing for efficient municipal solid waste transportation by using ArcGIS application in Chennai. *Waste Management and Research*, 34(1), 11–21. <https://doi.org/10.1177/0734242X15607430>.

- Santibanez-Gonzalez, E. D., & Diabat, A. (2013). Solving a reverse supply chain design problem by improved Benders decomposition schemes. *Computers & Industrial Engineering*, 66(4), 889-898.
- Sarkis, J., Helms, M. M., & Hervani, A. A. (2010). Reverse logistics and social sustainability. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 17(6), 337-354.  
<https://doi.org/10.1002/csr.220>
- Schaltegger, S., & Burritt, R. (2014). Measuring and managing sustainability performance of supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(3), 232-241.  
<https://doi.org/10.1108/SCM-02-2014-0061>.
- Schröter, M., & Spengler, T. (2005, July). A system dynamics model for strategic management of spare parts in closed-loop supply chains. In *The 23rd International Conference of the System Dynamics Society* (pp. 17-21).
- Schuh, G., Novoszel, T., & Maas, M. (2011). Rebound logistics: An integrative reverse supply chain for multiple usage products. In Heidelberg (Ed.), *Advances in Sustainable Manufacturing* (pp. 401-408). Springer.
- SEDEMA, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (2016). Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2020.  
<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/programas/residuos-solidos/pgirs.pdf>
- SEMARNAT-INECC. (2006). Diagnóstico Básico Para La Gestión Integral De Los Residuos.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). Informe De La Situación Del Medio Ambiente En México. Compendio De Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave Y De Desempeño Ambiental. Edición 2012. Recuperado de [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/pdf/Informe\\_2012.pdf](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf)
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave de desempeño ambiental y de crecimiento verde. Edición 2015. México. Recuperado el 11 de junio de 2019 de:  
[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15\\_completo.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf)
- Sembiring, E., & Nitivattananon, V. (2010). Sustainable solid waste management toward an inclusive society: Integration of the informal sector. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 802-809.
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of cleaner production*, 16(15), 1699-1710.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Seuring, S., Müller, M., Reiner, G., & Kotzab, H. (2005). Is there a right research design for your supply chain study?. In *Research Methodologies in Supply Chain Management* (pp. 1-12). Physica-Verlag HD.
- Seuring, S. (2013). A review of modeling approaches for sustainable supply chain management. *Decision support systems*, 54(4), 1513-1520
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E., & Shankar, R. (2008). *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies*. Tata McGraw-Hill Education.

- Solíz-Torres, M. F. (Coordinador) (2017). *Ecología política de la basura: pensando los residuos desde el Sur*. Quito: Abya Yala; Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo. <http://hdl.handle.net/10644/6068>
- Supply Chain Council (2008). *SCOR: The Supply Chain Operations Reference Model. Version 9.0*. The Supply Chain Council, Inc.
- Suyabatmaz, A. Ç., Altekin, F. T., & Şahin, G. (2014). Hybrid simulation-analytical modeling approaches for the reverse logistics network design of a third-party logistics provider. *Computers & Industrial Engineering*, 70, 74-89.
- Tajbakhsh, A., & Hassini, E. (2015). A data envelopment analysis approach to evaluate sustainability in supply chain networks. *Journal of Cleaner Production*, 105, 74–85. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.054>
- Umeda, S. (2013). Simulation analysis of supply chain systems with reverse logistics. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference - Simulation: Making Decisions in a Complex World, WSC 2013*, 3375–3384. <https://doi.org/10.1109/WSC.2013.6721701>
- van Bommel, H. W. M. (2011). A conceptual framework for analyzing sustainability strategies in industrial supply networks from an innovation perspective. *Journal of Cleaner Production*, 19(8), 895–904. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.12.015>
- Varsei, M., Soosay, C., Fahimnia, B., & Sarkis, J. (2014). Framing sustainability performance of supply chains with multidimensional indicators. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(3), 242–257. <https://doi.org/10.1108/SCM-12-2013-0436>.
- Veleva, V., & Bodkin, G. (2018). Corporate-entrepreneur collaborations to advance a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 188, 20-37.
- Weick, K.E. Systematic observational methods In G. Lindzey & E. Aronson (Eds.), *Handbook of social psychology* (2nd ed., Vol. 2), Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1968.
- Winter, M., & Knemeyer, A. M. (2013). Exploring the integration of sustainability and supply chain management: Current state and opportunities for future inquiry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- Williams, E., Kahhat, R., Allenby, B., Kavazanjian, E., Kim, J., & Xu, M. (2008). Environmental, social, and economic implications of global reuse and recycling of personal computers. *Environmental science & technology*, 42(17), 6446-6454. <https://doi.org/10.1021/es702255z>
- Yin, R. K. (1994). Discovering the future of the case study. *Method in evaluation research. Evaluation practice*, 15(3), 283-290.
- Yoon, S. W., & Jeong, S. J. (2016). Implementing coordinative contracts between manufacturer and retailer in a reverse supply chain. *Sustainability (Switzerland)*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/su8090913>
- Yu, H., & Solvang, W. D. (2016). A general reverse logistics network design model for product reuse and recycling with environmental considerations. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 87(9–12), 2693–2711. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8612-6>

Zoeteman, B. C., Krikke, H. R., & Venselaar, J. (2010). Handling WEEE waste flows: on the effectiveness of producer responsibility in a globalizing world. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47(5-8), 415-436.