

**PRIORIZACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES  
EN UNA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN  
DE ACEITE VEGETAL USADO (AVU)**

**JENIFFER GUADALUPE INSUASTY REINA  
JUAN ALEJANDRO TASCÓN RUEDA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
GUADALAJARA DE BUGA  
2020**

**PRIORIZACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES  
EN UNA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN  
DE ACEITE VEGETAL USADO (AVU)**

**JENIFFER GUADALUPE INSUASTY REINA  
JUAN ALEJANDRO TASCÓN RUEDA**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial**

**Director  
Juan Carlos Osorio Gómez  
Dr. Ingeniería Industrial**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
GUADALAJARA DE BUGA  
2020**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Jurado 1

---

Firma del Jurado 2

Guadalajara de Buga, 16 de marzo de 2020.

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente, a Dios por la vida, esta oportunidad, la salud, fortaleza, paciencia, sabiduría y por brindarnos la guía para lograr este gran objetivo en nuestra vida profesional.*

*A nuestros padres por su gran apoyo incondicional en todo este tiempo, nuestro objetivo será siempre poderlos honrar con cada logro en nuestras vidas. A nuestros familiares y amigos por su constante aliento en el camino y por estar siempre allí.*

*A los diferentes docentes del programa los cuales nos acompañaron durante nuestra carrera, sin ellos este logro no sería posible ya que fueron un pilar fundamental para nuestro desarrollo personal, académico y profesional.*

*Al PhD Juan Carlos Osorio por habernos direccionado durante el desarrollo de nuestro trabajo de grado, por su paciencia, sus conocimientos y experiencia transmitida durante este tiempo, los cuales fueron primordiales para haber podido realizar de la mejor manera este trabajo.*

*Y finalmente, a la Universidad del Valle y a nuestros compañeros, los cuales fueron nuestro hogar y familia durante el transcurso de toda nuestra carrera y dejaron una gran huella en nuestras vidas.*

*Jeniffer y Juan Alejandro*

## CONTENIDO

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                                                                                                                                              | 10 |
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                                         | 11 |
| 1. CARACTERIZACIÓN DE LA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DEL AVU.....                                                                          | 13 |
| 1.1 ANTECEDENTES: LOGÍSTICA INVERSA PARA LA GESTIÓN DEL AVU .                                                                                             | 14 |
| 1.2 CARACTERIZACIÓN DE LA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DEL AVU .....                                                                        | 14 |
| 1.3 COMPONENTES DE LA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DE AVU .....                                                                             | 15 |
| 1.4 CONTEXTO: RECUPERACIÓN DE ACEITE VEGETAL USADO EN COLOMBIA.....                                                                                       | 17 |
| 1.5 NORMATIVIDAD VIGENTE EN COLOMBIA PARA LA GESTIÓN DEL AVU .....                                                                                        | 18 |
| 2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES EN LOS PROCESOS DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DEL AVU .....                                      | 19 |
| 2.1 ANTECEDENTES: IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN CADENAS DE SUMINISTRO .....                                                                                | 19 |
| 2.2 REVISIÓN DE RIESGOS EN LA LITERATURA.....                                                                                                             | 20 |
| 2.3 CONSTRUCCIÓN DEL CUESTIONARIO .....                                                                                                                   | 21 |
| 2.4 RESULTADOS DEL CUESTIONARIO .....                                                                                                                     | 23 |
| 2.4.1 Proceso de recolección de AVU .....                                                                                                                 | 24 |
| 2.4.2 Proceso de transporte de AVU .....                                                                                                                  | 26 |
| 2.4.3 Proceso de almacenamiento de AVU .....                                                                                                              | 27 |
| 3. ESTABLECER LOS RIESGOS QUE AFECTAN EN MAYOR GRADO LOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE LOS PROCESOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA QFD DIFUSO. .... | 28 |
| 3.1 ANTECEDENTES: PRIORIZACIÓN DE RIESGOS POR MEDIO DE LA HERRAMIENTA MULTICRITERIO FQFD .....                                                            | 29 |
| 3.2 SELECCIÓN DE LOS RIESGOS A PRIORIZAR DE CADA PROCESO .....                                                                                            | 29 |
| 3.3 DEFINICIÓN DEL EQUIPO EVALUADOR PARA EL CUESTIONARIO .....                                                                                            | 31 |
| 3.4 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA QFD DIFUSO PARA PRIORIZAR LOS RIESGOS .....                                                                              | 31 |

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.1 Identificación de los “Qué’s” .....                                                                | 32 |
| 3.4.2 Determinación de la importancia relativa de los “Qué’s” ( $I_q$ ) .....                            | 33 |
| 3.4.3 Identificación de los “Cómo’s” .....                                                               | 35 |
| 3.4.4 Determinación de la correlación de los “Qué’s” con los “Cómo’s” ( $R_{qc}$ )..                     | 35 |
| 3.4.5 Determinar el peso de los “Cómo’s” ( $P_c$ ) .....                                                 | 37 |
| 3.4.6 Determinar el impacto de los riesgos en los objetivos estratégicos<br>“Cómo’s” ( $IR_{rc}$ ) ..... | 38 |
| 3.4.7 Obtener el índice de prioridad de los riesgos ( $IPR_r$ ) .....                                    | 40 |
| 3.4.8 Consolidación del ranking de prioridad de los riesgos.....                                         | 43 |
| CONCLUSIONES .....                                                                                       | 47 |
| REFERENCIAS .....                                                                                        | 48 |
| ANEXOS .....                                                                                             | 50 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Cadena para la recuperación de AVU.....                                                       | 15 |
| <b>Figura 2.</b> Pregunta inicial: Proceso de Recolección - Cuestionario.....                                  | 22 |
| <b>Figura 3.</b> Riesgo RR1: Proceso Recolección - Cuestionario.....                                           | 22 |
| <b>Figura 4.</b> Probabilidad de ocurrencia e Impacto del Riesgo RR1: Proceso Recolección - Cuestionario ..... | 23 |
| <b>Figura 5.</b> Matriz de criticidad Probabilidad-Impacto para la calificación del riesgo                     | 24 |
| <b>Figura 6.</b> Matriz Probabilidad-Impacto de Riesgos en proceso de recolección de AVU .....                 | 25 |
| <b>Figura 7.</b> Matriz Probabilidad-Impacto de Riesgos en proceso de transporte de AVU .....                  | 27 |
| <b>Figura 8.</b> Matriz Probabilidad-Impacto de Riesgos en proceso de almacenamiento de AVU .....              | 28 |
| <b>Figura 9.</b> Cuestionario para la calificación de correlación entre Qué's y Cómo's..                       | 36 |
| <b>Figura 10.</b> Cuestionario para la definición del impacto de los Riesgos sobre los Cómo's.....             | 39 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Riesgos en los procesos de recolección, almacenamiento y transporte de AVU .....                    | 20 |
| <b>Tabla 2.</b> Referencias de los Riesgos en los procesos de recolección, almacenamiento y transporte de AVU ..... | 21 |
| <b>Tabla 3.</b> Riesgos identificados en el proceso de recolección de AVU .....                                     | 25 |
| <b>Tabla 4.</b> Riesgos identificados en el proceso de transporte de AVU .....                                      | 26 |
| <b>Tabla 5.</b> Riesgos identificados en el proceso de almacenamiento de AVU .....                                  | 27 |
| <b>Tabla 6.</b> Riesgos seleccionados del proceso de recolección de AVU .....                                       | 30 |
| <b>Tabla 7.</b> Riesgos seleccionados del proceso de transporte de AVU .....                                        | 30 |
| <b>Tabla 8.</b> Riesgos seleccionados del proceso de almacenamiento de AVU .....                                    | 31 |
| <b>Tabla 9.</b> Equipo evaluador seleccionado .....                                                                 | 31 |
| <b>Tabla 10.</b> Qué's del proceso de recolección de AVU .....                                                      | 32 |
| <b>Tabla 11.</b> Qué's del proceso de transporte de AVU .....                                                       | 32 |
| <b>Tabla 12.</b> Qué's del proceso de almacenamiento de AVU .....                                                   | 32 |
| <b>Tabla 13.</b> Escala lingüística difusa .....                                                                    | 33 |
| <b>Tabla 14.</b> Calificaciones Qué's del proceso de recolección de AVU .....                                       | 33 |
| <b>Tabla 15.</b> Calificaciones Qué's del proceso de transporte de AVU .....                                        | 33 |
| <b>Tabla 16.</b> Calificaciones Qué's del proceso de almacenamiento de AVU .....                                    | 34 |
| <b>Tabla 17.</b> Calificación difusa de los Qué's del proceso de recolección de AVU ....                            | 34 |
| <b>Tabla 18.</b> Calificación difusa de los Qué's del proceso de transporte de AVU .....                            | 34 |
| <b>Tabla 19.</b> Calificación difusa de los Qué's del proceso de almacenamiento de AVU .....                        | 34 |
| <b>Tabla 20.</b> Objetivos estratégicos del proceso de recolección de AVU.....                                      | 35 |
| <b>Tabla 21.</b> Objetivos estratégicos del proceso de transporte de AVU.....                                       | 35 |
| <b>Tabla 22.</b> Objetivos estratégicos del proceso de almacenamiento de AVU .....                                  | 35 |
| <b>Tabla 23.</b> Calificaciones correlación Qué's - Cómo's proceso de recolección.....                              | 36 |
| <b>Tabla 24.</b> Calificaciones correlación Qué's - Cómo's proceso de transporte.....                               | 36 |
| <b>Tabla 25.</b> Calificaciones correlación Qué's - Cómo's proceso de almacenamiento .....                          | 37 |
| <b>Tabla 26.</b> Valores de correlación Qué's - Cómo's y peso Cómo' del proceso de recolección.....                 | 37 |
| <b>Tabla 27.</b> Valores de correlación Qué's - Cómo's y peso Cómo's del proceso de transporte.....                 | 38 |
| <b>Tabla 28.</b> Valores de correlación Qué's - Cómo's y peso Cómo's del proceso de almacenamiento.....             | 38 |
| <b>Tabla 29.</b> Calificación del impacto de los riesgos sobre los Cómo's del proceso de recolección.....           | 39 |
| <b>Tabla 30.</b> Calificación del impacto de los riesgos sobre los Cómo's del proceso de transporte.....            | 40 |



**Tabla 31.** Calificación del impacto de los riesgos sobre los Cómo's del proceso de almacenamiento.....40

**Tabla 32.** Valores de  $IR_{rc}$  e  $IPR_r$  para el proceso de recolección de AVU.....42

**Tabla 33.** Valores de  $IR_{rc}$  e  $IPR_r$  para el proceso de transporte de AVU.....42

**Tabla 34.** Valores de  $IR_{rc}$  e  $IPR_r$  para el proceso de almacenamiento de AVU .....42

**Tabla 35.** Límites del ranking para el proceso de recolección de AVU.....43

**Tabla 36.** Límites del ranking para el proceso de transporte de AVU.....43

**Tabla 37.** Límites del ranking para el proceso de almacenamiento de AVU .....44

**Tabla 38.** Ranking de prioridad de riesgos del proceso de recolección de AVU ...44

**Tabla 39.** Ranking de prioridad de riesgos del proceso de transporte de AVU .....45

**Tabla 40.** Ranking de prioridad de riesgos del proceso de almacenamiento de AVU .....45

## RESUMEN

Recientemente, las redes de logística inversa para la recuperación de aceite vegetal usado (AVU) han tomado gran importancia, esto debido a requerimientos legales, consideraciones de costo-beneficio y responsabilidad social y ambiental. En estas redes, las compañías llevan a cabo los procesos de recolección, transporte y almacenamiento de AVU, en los cuales se pueden enfrentar a diversos riesgos internos o de tipo operacional. Estudios han demostrado que una inadecuada gestión de estos riesgos puede generar no solo una interrupción en la red, si no también conducir a pérdidas en cuestión de materiales, tiempo y dinero. Considerando la problemática, el presente trabajo lleva a cabo la caracterización de la red de estudio y la identificación de los riesgos operacionales presentes en cada uno de estos procesos. Finalmente, y mediante la aplicación de la herramienta QFD Difuso, los riesgos son priorizados considerando su impacto sobre los objetivos estratégicos de los procesos, obteniendo en última instancia, un ranking de prioridad que brinda a las compañías recuperadoras de AVU una base fundamental para direccionar sus acciones de mitigación de riesgos.

**Palabras clave:** priorización de riesgos, red de logística inversa, aceite vegetal usado (AVU), riesgos operacionales, QFD Difuso.

## INTRODUCCIÓN

Cada año se generan cerca de 162 millones de litros de aceite de cocina en Colombia, de los cuales se consume un 65%, dejando un 35% para convertirse en residuo (Garrido & Patiño, 2017). Además, la disposición de éste debe considerar una serie de condiciones especiales debido a su alto grado de contaminación. Con base en estudios realizados por la Comunidad de Madrid España, “cada litro de aceite usado vertido contamina hasta 1.000 litros de agua limpia”.

Por esta razón han surgido desarrollos legales recientes en cuanto a la regulación, control y gestión final de este residuo (Echavarría Mejía, 2012). Normatividad como la Resolución No. 0316, 2018 por parte del Ministerio del Medio Ambiente, establece disposiciones relacionadas con la correcta disposición del AVU en el país, y además determina que las empresas productoras de aceite deben asegurar un proceso de recolección ya sea propio o tercerizado.

Es así como los primeros que se han visto involucrados y responsabilizados en realizar esta recuperación de aceites usados son las organizaciones comercializadoras de aceites vegetales, sin embargo, también existen compañías comerciantes de materiales secundarios, instalaciones de reciclaje, recuperación de materiales o puntos de consolidación que llevan a cabo estos procesos (Garrido & Patiño, 2017).

Los procesos de logística inversa han aumentado su nivel de implementación en Colombia en los últimos años y ofrecen en este sentido, una ventaja en cuanto a la gestión del AVU, ya que permiten la ampliación o renovación de su vida útil y hacen posible, bien sea su aprovechamiento y generación de valor en la cadena de suministro, o su correcta disposición de acuerdo a la normatividad vigente (Gómez Montoya, 2010).

Sin embargo, cabe mencionar que las compañías encargadas de realizar los procesos de recolección, transporte y almacenamiento de este residuo se enfrentan a diversas variables internas o externas que generan riesgos de que se afecte negativamente el desempeño de toda la cadena (Jiménez Carabalí, 2011). Estas se encuentran expuestas a eventos como derrames de aceite, incendios o explosiones tanto en las instalaciones, como durante el cargue, descargue o movilización del producto, que pueden resultar en graves consecuencias por tratarse de un residuo inflamable y altamente contaminante del recurso hídrico (SDA, 2011).

Estos riesgos que se presentan en la cadena de suministro se consideran como operacionales, ya que, según (Osorio, Manotas & Rivera, 2017), estos riesgos hacen referencia a la posibilidad de que eventos inesperados acontezcan durante

el funcionamiento diario de la cadena, incluyendo fallas relacionadas con las personas, procesos internos, tecnología o consecuencias de procesos externos.

Según (Hatzisymeon, Kamenopoulos, & Tsoutsos, 2019), las empresas que realizan los procesos de recuperación de AVU requieren implementar herramientas y estándares de gestión y seguridad más sólidos para la gestión de este residuo, llevando una adecuada gestión de riesgos en sus operaciones. De no llevarse a cabo dicha gestión, estos eventos pueden generar una interrupción en los procesos principales de las compañías, lo cual tendría impactos negativos de una manera amplificada hacia el resto de actividades a lo largo de la cadena (Osorio, Manotas, & Rivera, 2017). Esto finalmente conduce a pérdidas en materia de tiempo, materiales, dinero, así como problemas ambientales y legales por incumplimiento de normativas.

Según una investigación realizada por el Centro Latinoamericano de Innovación en Logística (CLI, 2010), el 94% de las organizaciones que experimentaron una interrupción de la cadena de suministro se vieron afectadas negativamente tanto en el aspecto de su rentabilidad como en el de las expectativas del cliente. Por lo tanto, es muy importante para el correcto desarrollo y operación de las cadenas logísticas inversas para la recuperación de AVU, que los riesgos operacionales sean debidamente identificados y priorizados de manera que sirvan como base para la gestión del riesgo. En este sentido, cabe resaltar que en la literatura y a nivel local se encuentra muy poca información al respecto haciendo pertinente una investigación alrededor de este tema.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, surge el interrogante: **¿Cuáles son los principales riesgos operacionales asociados a una red de logística inversa para la recuperación de aceite vegetal usado (AVU)?**

El presente trabajo buscó dar respuesta a este interrogante por medio de un proceso de identificación y priorización de riesgos operacionales en los procesos de recolección, almacenamiento y transporte de una red logística inversa para la recuperación de AVU; proporcionando una base conceptual y metodológica tanto para la comunidad académica como para la industria y sirviendo como complemento para el desarrollo de estudios en el ámbito de la logística inversa. Para llevar esto a cabo se plantearon como objetivos, general y específicos, los siguientes:

**Objetivo general:** Priorizar los riesgos operacionales presentes en los procesos de recolección, transporte y almacenamiento de una red logística inversa para la recuperación de aceite vegetal usado (AVU).

### **Objetivos específicos:**

- Primero:** Caracterizar la red de logística inversa para la recuperación del AVU.
- Segundo:** Identificar los riesgos operacionales presentes en los procesos de recolección, transporte y almacenamiento de la red de estudio.
- Tercero:** Establecer los riesgos que afectan en mayor grado los objetivos estratégicos de los procesos mediante la aplicación de la herramienta QFD difuso.

El trabajo se estructuró en 4 capítulos. Los primeros tres capítulos dan respuesta al desarrollo de los tres objetivos específicos. En el capítulo 1 se desarrolló la caracterización de la red logística inversa para la recuperación de AVU. En el capítulo 2 se expuso el proceso de identificación de los riesgos operacionales presentes en los procesos de recolección, transporte y almacenamiento de la red de estudio. Seguidamente en el capítulo 3, se establecen los riesgos que afectan en mayor grado los objetivos estratégicos de los procesos mediante la aplicación de la herramienta QFD difuso. Finalmente, en el capítulo 4 se presentan las conclusiones.

## **1. CARACTERIZACIÓN DE LA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DEL AVU**

El primer objetivo del presente trabajo consistió en realizar una caracterización de la red logística inversa para la recuperación de Aceite Vegetal Usado AVU. Para esto se recuerda que una cadena de suministro consiste en todas las partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de la solicitud de un cliente (Chopra & Meindl, 2008).

La caracterización de la cadena es entonces una herramienta que permite conocer cómo funciona esta, describiendo los eslabones y procesos que la componen, sus objetivos, los elementos de entrada, salida, actores que interrelacionan en ella como proveedores y clientes de cada eslabón, las actividades llevadas a cabo y los recursos requeridos en cada proceso.

En los últimos años, diversos estudios han sido desarrollados alrededor de la recuperación del AVU. A continuación, se destacan algunos antecedentes relevantes alrededor de este tema, que permiten, identificar los eslabones y elementos, mencionados con anterioridad, a lo largo de la cadena.

### **1.1 ANTECEDENTES: LOGÍSTICA INVERSA PARA LA GESTIÓN DEL AVU**

Un primer y más reciente estudio desarrollado por (Garrido & Patiño, 2017) plantea el objetivo de diseñar una red logística inversa de recolección de AVU en la ciudad considerando actividades de recolección, acopio y posterior comercialización como materia prima para la producción de Biodiesel, esto a través de un modelo matemático de programación lineal.

Trabajos de investigación realizados por los autores (Zucatto, Welle, & Nunes da Silva, 2013) y (Graciano, Reboursin, & Pertusati, 2014) tratan acerca de la estructuración de cadenas de suministro inversa para la recuperación del AVU considerando la integración de los actores de la cadena. El camino metodológico en su desarrollo tiene un enfoque cualitativo y exploratorio, lo cual permite una mejor comprensión general del campo investigado.

Los trabajos relacionados permiten además de identificar la configuración de la red logística inversa para la recuperación del AVU, conocer un contexto actual alrededor de esta gestión, la dimensión de los impactos negativos que su mala gestión tiene a nivel operacional, ambiental, social y se identifican algunas de las principales barreras existentes en la red logística inversa para la recuperación de este residuo. Además, se reconocen oportunidades existentes en cuanto a la reincorporación del mismo a nuevas cadenas de suministro.

### **1.2 CARACTERIZACIÓN DE LA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DEL AVU**

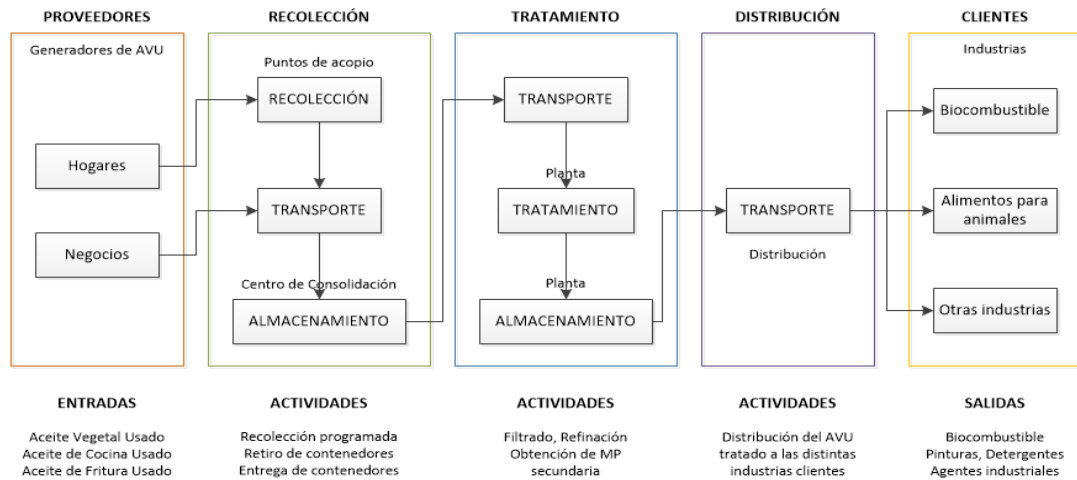
La caracterización de la cadena en este trabajo se realizó bajo el enfoque de “cadenas productivas”, en el cual se detalla cada eslabón, identificando cómo participa cada uno de estos en la misma (Orjuela & Chavarrio, 2011). Dentro de las fuentes de información utilizadas se encuentran libros, revistas, artículos, tesis, entre otras.

Con base en los estudios desarrollados por los autores (Graciano et al., 2014), (Zucatto et al., 2013), (Garrido & Patiño, 2017) y en la consulta de los procesos llevados a cabo por distintas empresas de la región, se pudieron identificar cada uno de los eslabones que forman parte de la cadena para la recuperación del AVU. De la misma manera se identificaron las actividades principales de cada eslabón, los actores relacionados y mediante un diagrama se evidencian las relaciones y el flujo de material, dinero e información entre los eslabones.

Cabe resaltar que, dentro de la investigación, se encontró que las empresas grandes realizan un proceso más completo en la recuperación del AVU, ya que cuentan con plantas de tratamiento y producción, mientras que las organizaciones

más pequeñas participan en su mayoría únicamente en el proceso inicial de recolección y tratamiento. En la Figura 1, se enseña un esquema en el que se muestran los procesos de manera general y más amplia dentro de la cadena, seguidamente se procede a describir paso a paso cada uno de sus componentes, así como sus actores y relación con otros eslabones.

**Figura 1.** Cadena para la recuperación de AVU



Fuente: Elaboración propia

### 1.3 COMPONENTES DE LA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DE AVU

**I Eslabón: Generación de AVU.** En este eslabón se genera la entrada principal de esta cadena, el Aceite Vegetal Usado. Los actores identificados se pueden especificar en dos grupos: Hogares o domicilios particulares y negocios o comercios.

Dentro de los negocios se encuentran: restaurantes, cafeterías, panaderías, piqueteaderos, negocios ambulantes, plantas procesadoras, centros recreacionales, instituciones educativas, hoteles, hospitales, casinos empresariales y centros comerciales.

Los hogares que tienen participación en este proceso se encargan de recoger el aceite usado en botellas plásticas y depositarlas en puntos de acopio o recolección del residuo, estos generalmente son contenedores puestos ya sea en tiendas de barrio, supermercados o centros comerciales. Los negocios por su parte recogen el aceite usado en bidones más grandes suministrados por las empresas recolectoras y esperan, según lo programado, la recolección del mismo en sus domicilios.

**II Eslabón: Recolección, Transporte y almacenamiento.** En este eslabón participan la mayoría de compañías, las cuales son de dos tipos: pequeñas y de reducida capacidad operativa y económica, y grandes con muy buena capacidad de operación; de las anteriormente mencionadas, las pequeñas son las que más abundan en el sector. En este eslabón toman lugar 3 procesos: recolección, transporte y almacenamiento del aceite vegetal usado.

El primer proceso que compone este eslabón es el de recolección del aceite vegetal usado, el cual inicia con el contacto entre el generador de AVU o punto de acopio y la compañía recolectora, en este se estipulan fechas y frecuencia de recolección del residuo y se entrega a los generadores o puntos de acopio los recipientes o bidones respectivos en donde se irá recogiendo el aceite. De acuerdo con lo estipulado, la empresa llega al lugar del generador para recoger el recipiente lleno y en su lugar deja uno vacío.

Después del contacto y la recogida del aceite se continúa con el proceso de transporte. En este punto, los recipientes recolectados de cada punto de acopio (tienda) o negocio son llevados en un vehículo dispuesto por la compañía hasta un centro de consolidación o área de almacenamiento.

Luego de realizada la recolección y transporte hacia centros de consolidación, inicia el último proceso de este eslabón que corresponde al almacenamiento del AVU, donde este generalmente es vertido en su totalidad en un mismo tanque, esto se realiza con el fin de controlar de mejor manera el producto evitando vertimientos además de poder reaprovechar los recipientes, ya sea entregándolos a empresas de reciclaje o reintegrándolos al proceso de forma que se entreguen a cambio de recipientes que contengan AVU.

El aceite es almacenado en algunos casos hasta que pase al siguiente eslabón a ser tratado, o directamente hasta que otra organización requiera de este aceite para su uso en la generación de un nuevo producto, como lo es en la mayoría de casos en el sector.

**III Eslabón: Tratamiento.** Algunas empresas que realizan el proceso anterior de recolección, se encargan del tratamiento inicial del AVU, el cual consiste en un filtrado y refinación, en donde se eliminan todas las sustancias no deseadas como la humedad, impurezas y residuos sólidos del AVU. Esto permite de cierta manera seleccionar y proveer un aceite usado de mejor calidad para el siguiente proceso en donde este servirá como materia prima en una industria para la elaboración de un nuevo producto.



Como fue mencionado previamente, diversas compañías no realizan el proceso de tratamiento del AVU, estas simplemente lo almacenan hasta que una industria grande que lo requiera como materia prima, lo compre y en este caso es esta industria quien realiza este proceso de tratamiento antes de continuar con el proceso de aprovechamiento o transformación del AVU a un nuevo producto.

**IV Eslabón: Distribución.** Aquí, las empresas recolectoras se encargan de distribuir el AVU tratado a las industrias que lo requieran para su aprovechamiento, para este proceso existen diferentes situaciones. La primera es que la industria solicite el aceite vegetal usado y las mismas empresas recolectoras son quienes se encarguen de llevar el aceite hasta ellos. La segunda situación es el caso en que las diferentes industrias son quienes se acercan y disponen de sus propios vehículos para el transporte del aceite para su aprovechamiento.

**V Eslabón: Aprovechamiento en Industrias.** En este eslabón las distintas industrias reciben AVU tratado como materia prima para ser aprovechado para la generación de nuevos productos. El mayor ejemplo del aprovechamiento del AVU se encuentra en la Generación de Biodiesel. Sin embargo, cabe mencionar que existen otras industrias que utilizan el AVU como materia prima para la generación de nuevos productos como: químicos, cosméticos, pinturas, materiales de limpieza, alimentos para animales, entre otros.

#### **1.4 CONTEXTO: RECUPERACIÓN DE ACEITE VEGETAL USADO EN COLOMBIA**

A fin de responder a las necesidades ambientales y reglamentarias en cuanto a la disposición del aceite vegetal usado, existen diversas entidades que prestan el servicio de recolección de estos residuos, sin embargo, estas logran recolectar menos del 1% del que es generado en el país, el resto de estos residuos son desechados en sifones, desagües o bajo tierra.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la cantidad de AVU que pueda ser recuperado varía según su grado de utilización y el número de tipos de alimentos que hayan sido procesados en estos. Por lo que es más probable que en lugares donde se suelen preparar los mismos productos con normalidad como establecimientos de comidas rápidas se emitan aceites con posibilidad de ser recuperados en mayor cantidad. Según un estudio realizado por (Rincón Vija, 2018), se pueden destacar 6 sectores generadores de AVU, de acuerdo con su volumen de ventas, estos son: hamburguesa (32%), pollo (26%), pizza (10%), parrilla (6%), típica (3%) y sándwiches (2%).

Cabe mencionar que en Colombia pocas industrias realizan el proceso de conversión de AVU en otro producto como biodiesel, esto se debe a que la generación de este producto es rentable únicamente si se realiza en grandes cantidades, además de que existen requerimientos muy rigurosos para que estos puedan ser comercializados, de modo que para las organizaciones en Colombia la producción de biodiesel de manera sostenible se torna muy riesgosa. De acuerdo a lo anterior, la mayor parte del aceite recolectado es destinado a la exportación a otros países que sí realizan el proceso.

### **1.5 NORMATIVIDAD VIGENTE EN COLOMBIA PARA LA GESTIÓN DEL AVU**

En cuanto a la normatividad existente alrededor de la recuperación de AVU en Colombia, se exponen aquellas de mayor relevancia y pertinencia para el desarrollo del presente trabajo.

**Resolución No. 0316, 2018.** Establece disposiciones relacionadas con la gestión del aceite de cocina usado en el país. Se dictan responsabilidades para los productores de aceite vegetal comestible, así como para los generadores y gestores de aceite de cocina usado que realizan procesos de recolección, transporte y almacenamiento de este residuo.

Esta resolución determina que las empresas productoras de aceite vegetal deben asegurar un proceso de recolección ya sea propio o tercerizado (Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible, 2018).

**Proyecto de Ley No. 061, 2014.** Establece mecanismos y condiciones para un correcto ejercicio de la gestión del aceite vegetal de fritura usado para prevenir la contaminación ambiental y riesgos en la salud humana (SENADO, 2014).

El proyecto de ley busca lograr un adecuado desempeño de todos los actores involucrados con los procesos de generación, manipulación, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de este residuo en el país.

## **2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES EN LOS PROCESOS DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DEL AVU**

El objetivo de este capítulo fue identificar los riesgos operacionales presentes en los procesos de recolección, transporte y almacenamiento del AVU, inicialmente desde la perspectiva de la literatura, así como también desde la perspectiva de las personas que día a día interactúan con cada uno de estos procesos.

Se consultaron trabajos relacionados con el manejo de AVU y con la identificación y gestión de riesgos operacionales en procesos de transporte y almacenamiento de este residuo y productos similares, como otros tipos de aceite, productos químicos, etc. En adelante se detallan algunos de los trabajos consultados que sirvieron de apoyo para esta fase.

### **2.1 ANTECEDENTES: IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN CADENAS DE SUMINISTRO**

Al ser la Identificación de Riesgos, la primera etapa en el proceso de gestión de riesgos, se hace necesario tener en cuenta distintas recomendaciones desde la literatura. En primera instancia encontramos a los autores (Ramos, Manotas, & Osorio, 2019) quienes proponen una metodología para la identificación y priorización de riesgos en donde se analizan escenarios relacionando los factores de riesgo con los indicadores clave de los procesos y las actividades logísticas propuestas por el modelo SCOR. Con base en este artículo es posible conocer los diferentes métodos tanto cualitativos, como cuantitativos para la identificación y medición de riesgos operacionales en la cadena de suministro.

(Hatzisymeon et al., 2019) presentan un artículo con la identificación de los peligros asociados a una cadena de suministro para la producción de Biodiesel a partir de AVU, incluyendo los procesos de recolección, transporte, almacenamiento y producción. El alcance del artículo incluye la aclaración de la importancia de la seguridad en los procesos de esta cadena, la identificación de los posibles riesgos incorporados y la evaluación de los mismos por parte de los interesados, como lo son: la industria biodiesel, la academia, el sector público y el sector de recolección y transporte del AVU.

El autor (Gorzeń-Mitka, 2013) por su parte, trata acerca de la importancia de la correcta selección de las herramientas de identificación de riesgos para garantizar la calidad de los datos a obtener. En este sentido, (Croitoru, 2014) y (Zubair & Mufti, 2015) utilizan diferentes herramientas en el proceso de identificación de riesgos en cadenas de suministro. En sus trabajos se consideran desde bases de datos de eventos adversos, medidas preventivas, cuestionarios de verificación y/o listas de

chequeo, y por otra parte se realizan extensas consultas en la literatura como base para determinar los riesgos y adicionalmente se aplican cuestionarios a personas relacionadas con la cadena de suministro.

## 2.2 REVISIÓN DE RIESGOS EN LA LITERATURA

Para esta segunda fase del trabajo se realizó primeramente una revisión de la literatura en donde se identificaron los principales riesgos presentes en los procesos de recolección, transporte y almacenamiento de aceite de cocina. Los riesgos consultados para cada proceso se resumen en la Tabla 1. Las respectivas referencias para los riesgos identificados se encuentran en la Tabla 2.

**Tabla 1.** Riesgos en los procesos de recolección, almacenamiento y transporte de AVU

| Riesgos en la Red Logística Inversa para la recuperación de AVU |                                                   |                       |                                                        |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|
| Proceso de Recolección                                          |                                                   | Proceso de Transporte |                                                        |
| No.                                                             | Riesgo                                            | No.                   | Riesgo                                                 |
| RR1                                                             | Goteos o fugas de AVU                             | RT1                   | Goteos o fugas de AVU                                  |
| RR2                                                             | Derrame de AVU                                    | RT2                   | Derrame de AVU                                         |
| RR3                                                             | Incendio                                          | RT3                   | Incendio                                               |
| RR4                                                             | Contaminación del AVU                             | RT4                   | Fallas mecánicas del vehículo                          |
| RR5                                                             | Incumplimiento de requerimientos del AVU          | RT5                   | Impericia de conductor                                 |
| RR6                                                             | Contenedores al límite de capacidad               | RT6                   | Problemas con documentación del vehículo               |
| RR7                                                             | Deterioro de contenedores                         | RT7                   | Accidente de tránsito                                  |
| RR8                                                             | Incumplimiento de entrega por parte del proveedor | RT8                   | Criminalidad                                           |
| RR9                                                             | Problemas de comunicación con proveedores         | RT9                   | Manifestaciones públicas                               |
| RR10                                                            | Dificultad de acceso a zona de recolección        | RT10                  | Demora por inspección de tránsito                      |
| RR11                                                            | Robo de contenedores, envases                     | RT11                  | Desastres en la vía                                    |
| RR12                                                            | Insuficiente capacidad de recolección (vehículos) | RT12                  | Vías en mal estado                                     |
| RR13                                                            | Baja tasa de reciclaje                            | RT13                  | Congestión vehicular                                   |
| RR14                                                            | Competencia con recolectores informales           | RT14                  | Malas condiciones climáticas                           |
| Proceso de Almacenamiento                                       |                                                   | RT15                  | Temblor (u otro fenómeno natural)                      |
|                                                                 |                                                   | RT16                  | Incumplimiento de normas de tránsito                   |
| No.                                                             | Riesgo                                            | RT17                  | Incumplimiento de normativas para el transporte de AVU |
| RA1                                                             | Goteos o Fugas de AVU                             | RT18                  | Capacidad limitada del vehículo                        |
| RA2                                                             | Derrame de AVU                                    | RT19                  | Dificultades en la comunicación del transportador      |
| RA3                                                             | Incendio                                          | RT20                  | Alza en el costo del combustible                       |
| RA4                                                             | Contaminación del AVU                             | RT21                  | *Agotamiento de combustible                            |
| RA5                                                             | Deterioro de recipientes o tanques                | RT22                  | *Dificultades para encontrar alguna dirección          |
| RA6                                                             | Incorrecto almacenamiento                         | RT23                  | *Incumplimiento empresa de transporte subcontratada    |
| RA7                                                             | Robo de recipientes                               | RT24                  | *Inadecuada manipulación del producto                  |
| RA8                                                             | Exceso del tiempo max. permitido de almacenaje    | RT25                  | *Inadecuada distribución de recipientes en el vehículo |
| RA9                                                             | Obstrucción de tuberías                           |                       |                                                        |
| RA10                                                            | Inundaciones                                      |                       |                                                        |
| RA11                                                            | Temblor (u otro fenómeno natural)                 |                       |                                                        |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.** Referencias de los Riesgos en los procesos de recolección, almacenamiento y transporte de AVU

| Referencias bibliográficas                           | Riesgos en la Red Logística Inversa para la recuperación de AVU |                                         |                      |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|
|                                                      | Recolección                                                     | Transporte                              | Almacenamiento       |
| (Hatzisymeon, Kamenopoulos, & Tsoutsos, 2019)        | RR2 RR5                                                         | RT2 RT3 RT7 RT15                        | RA1 RA2 RA3 RA6 RA10 |
| (Osorio, Manotas, & Rivera, 2017)                    | RR4 RR7 RR9 RR11                                                | RT4 RT5 RT6 RT8 RT9 RT10 RT11 RT16 RT19 | RA3 RA4 RA5 RA7 RA11 |
| (SDA, 2011)                                          | RR1 RR2 RR3                                                     | RT1 RT2 RT3                             | RA1 RA2 RA3          |
| (Yang, Chin, & Li, 2018)                             | RR6 RR12                                                        | RT4 RT5 RT13 RT14 RT17 RT18             |                      |
| (Ferreira, César, Conejero, & Guabiroba, 2018)       | RR1 RR4 RR8 RR9 RR12 RR14                                       |                                         | RA1 RA4 RA9          |
| (Guabiroba, Silva, César, & Silva, 2017)             | RR10 RR13                                                       | RT20                                    |                      |
| (Torregroza-vargas, Bocarejo, & Ramos-bonilla, 2014) |                                                                 | RT5 RT7 RT12                            |                      |
| (Ovejero Hormigos, 2014)                             |                                                                 |                                         | RA6 RA8              |
| *[Riesgos identificados en la práctica]              |                                                                 | RT21 RT22 RT23 RT24 RT25                |                      |

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 CONSTRUCCIÓN DEL CUESTIONARIO

Con base en los riesgos previamente identificados se procedió a diseñar un cuestionario con el propósito de validarlos en cadenas reales de gestión de AVU, por medio de la experiencia y el conocimiento de actores involucrados en los respectivos procesos de recuperación de este residuo (ver Anexo 1).

El cuestionario se realizó por medio de la herramienta on-line ‘formularios’ de Google y se dividió en distintas secciones. Primeramente, se encuentra la ‘Presentación del cuestionario’, en donde se introduce y se describe de manera breve su propósito. Luego se inicia con una sección de ‘Información preliminar’, en donde se solicita a los participantes, información básica como nombre, ciudad, empresa o fundación en la que trabaja y cargo dentro de la entidad.

Seguidamente, este cuestionario se estructura en tres secciones de acuerdo con los tres procesos mencionados (recolección, transporte y almacenamiento). Al inicio de cada sección, se pregunta a la persona si tiene conocimiento acerca del proceso en específico, aquí se describen de manera un poco más detallada las actividades que comprende cada uno de los procesos con el propósito de brindarle orientación (ver Figura 2).

**Figura 2.** Pregunta inicial: Proceso de Recolección - Cuestionario

The screenshot shows a questionnaire interface. At the top, there is a blue header bar with the text "1° SECCIÓN: RECOLECCIÓN DE AVU". Below this, the main question is "¿Tiene usted conocimiento acerca del proceso de Recolección de AVU? \*". A red asterisk indicates a mandatory question. Below the question, there is a descriptive text: "El proceso de Recolección de AVU incluye las actividades de: contacto con los proveedores del AVU, el acuerdo de fecha, hora y lugar para la recolección, así como la facilitación de recipientes para el almacenaje de AVU en la fuente." At the bottom, there are two radio button options: "Sí" and "No".

Fuente: Elaboración propia

En caso negativo, se continúa con la misma pregunta respecto del próximo proceso. En caso afirmativo, continúa una introducción a la sección del proceso y se dan las principales indicaciones para contestar de manera correcta el cuestionario en adelante. Luego, se procede a preguntar, por cada uno de los riesgos identificados, si estos afectan al proceso (ver Figura 3).

**Figura 3.** Riesgo RR1: Proceso Recolección - Cuestionario

The screenshot shows a questionnaire interface. At the top, there is a blue header bar with the text "RR1 - Goteos o Fugas de AVU". Below this, the main question is "¿Considera que el riesgo de 'Goteos o Fugas de AVU' afecta el proceso de recolección de AVU? \*". A red asterisk indicates a mandatory question. Below the question, there are two radio button options: "Sí" and "No".

Fuente: Elaboración propia

En caso negativo, se solicita continuar con la misma pregunta respecto del próximo riesgo. En caso afirmativo, se procederá a preguntar cuál es la probabilidad de ocurrencia y el impacto que tendría la materialización de este riesgo en el proceso. Para esto se tuvo en cuenta una escala que va desde '1-Muy bajo' hasta '5-Muy alto' (ver Figura 4).

Con el propósito de conocer si existen otros riesgos que afectan el proceso y no fueron contemplados en la etapa de identificación previa, se realiza esta pregunta al final de cada sección; en caso negativo, se continúa con la siguiente; en caso afirmativo, se solicita escribir aquellos riesgos que considera que pueden afectar el proceso. De la misma manera se pide la descripción respecto del impacto y la probabilidad de ocurrencia, como se había venido trabajando con anterioridad,

**Figura 4.** Probabilidad de ocurrencia e Impacto del Riesgo RR1: Proceso Recolección - Cuestionario

Si aplica, seleccione la probabilidad de ocurrencia y el Impacto del riesgo en el proceso de recolección de AVU

|                            | 1- Muy Bajo           | 2- Bajo               | 3- Medio              | 4- Alto               | 5- Muy alto           |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Probabilidad de Ocurrencia | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Impacto                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Fuente: Elaboración propia

Se procede de la manera descrita con cada una de las secciones correspondientes a cada proceso y finalmente se dispone un mensaje de agradecimiento y un espacio para que los actores participantes puedan realizar sus observaciones respecto del cuestionario.

## 2.4 RESULTADOS DEL CUESTIONARIO

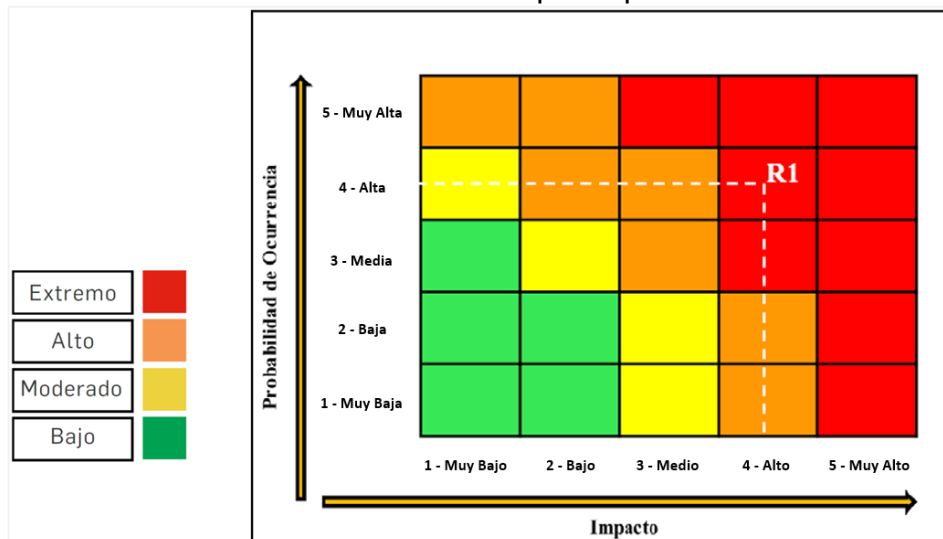
Este cuestionario fue dirigido a diversas empresas a nivel nacional que tienen en común los procesos de recolección, transporte y almacenamiento de aceite vegetal usado. Un primer contacto se realizó por medio telefónico, con el propósito de exponer el estudio que se estaba realizando y preguntar por las personas más relacionadas con los procesos. Seguidamente se envió el cuestionario por medio de un link al correo electrónico de los encargados en las compañías y en adelante se insistió frecuentemente por medio telefónico y correo

Se recibieron respuestas al cuestionario por doce empresas de las contactadas desde distintas ciudades del país. Se realizó el respectivo consolidado de datos y se procedió con el análisis de los mismos. Se promediaron las respuestas de impacto y probabilidad dadas por las empresas para cada uno de los riesgos y se multiplicó cada uno de estos valores por el porcentaje de las personas que respondieron afirmativamente; esto con el propósito de tener en cuenta si los riesgos, con base en la experiencia de los que respondieron, ocurren o no en los procesos mencionados.

Con la calificación obtenida y con el propósito de tener una mejor visualización del estado final de los riesgos, se procedió a ubicarlos en una matriz de criticidad probabilidad-impacto para la calificación del riesgo. Esta es una herramienta de análisis cualitativo que permite visualizar qué riesgos son prioritarios de acuerdo con las variables estudiadas, probabilidad e impacto (DAFP, 2018). La matriz utilizada en el presente trabajo es de 5x5 ya que cuenta con 5 niveles en

probabilidad y 5 niveles en impacto. Además, consta de cuatro secciones diferenciadas por colores, las cuales corresponden a zona de riesgo extremo, alto, moderado y bajo, lo anterior se puede apreciar en la Figura 5.

**Figura 5.** Matriz de criticidad Probabilidad-Impacto para la calificación del riesgo



Fuente: Adaptada de Guía para la administración del riesgo y el diseño de controles en entidades públicas, DAFP, 2018.

Una vez que todos los riesgos de cada proceso se plasmaron en la matriz probabilidad-impacto, esto permitió establecer los riesgos prioritarios en la tercera fase del trabajo para continuar con la priorización de los mismos por medio de la aplicación de la herramienta QFD Difuso. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el cuestionario por cada uno de los procesos y en cada uno se presenta la matriz correspondiente.

#### 2.4.1 Proceso de recolección de AVU

En cuanto al proceso de recolección se identificaron un total de 14 riesgos, los valores para la probabilidad e impacto de cada uno de estos riesgos son mostrados en la Tabla 3.

Seguidamente, se ubicaron los riesgos de este proceso en la matriz probabilidad-impacto. En esta quedan distribuidos así: 1 queda en la zona de riesgo bajo, 3 en la zona de riesgo moderado, 6 en la zona de riesgo alto y 4 en la zona catalogada como riesgo extremo (ver Figura 6).

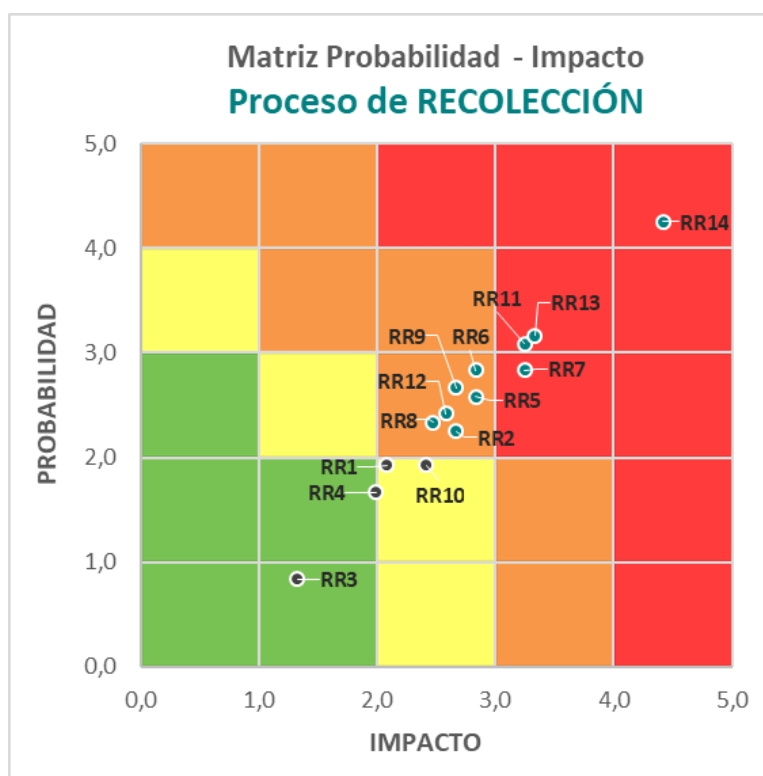


**Tabla 3.** Riesgos identificados en el proceso de recolección de AVU

|             | R    | RIESGO                                               | Probabilidad | Impacto |
|-------------|------|------------------------------------------------------|--------------|---------|
| RECOLECCIÓN | RR1  | Goteos o Fugas de AVU                                | 1,92         | 2,08    |
|             | RR2  | Derrame de AVU                                       | 2,25         | 2,67    |
|             | RR3  | Incendio                                             | 0,83         | 1,33    |
|             | RR4  | Contaminación del AVU                                | 1,67         | 2,00    |
|             | RR5  | Incumplimiento de requerimientos del AVU             | 2,58         | 2,83    |
|             | RR6  | Contenedores al límite de capacidad                  | 2,83         | 2,83    |
|             | RR7  | Deterioro de contenedores                            | 2,83         | 3,25    |
|             | RR8  | Incumplimiento de entrega por parte del proveedor    | 2,33         | 2,48    |
|             | RR9  | Problemas de comunicación con proveedores            | 2,67         | 2,67    |
|             | RR10 | Dificultad de acceso a zona de recolección           | 1,92         | 2,42    |
|             | RR11 | Robo de contenedores, envases                        | 3,08         | 3,25    |
|             | RR12 | Insuficiente capacidad de recolección (en vehículos) | 2,42         | 2,58    |
|             | RR13 | Baja tasa de reciclaje                               | 3,17         | 3,33    |
|             | RR14 | Competencia con recolectores informales              | 4,25         | 4,42    |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 6.** Matriz Probabilidad-Impacto de Riesgos en proceso de recolección de AVU



Fuente: Elaboración propia

## 2.4.2 Proceso de transporte de AVU

En cuanto al proceso de transporte, se identificaron un total de 25 riesgos, los valores para la probabilidad e impacto de cada uno son mostrados en la Tabla 4.

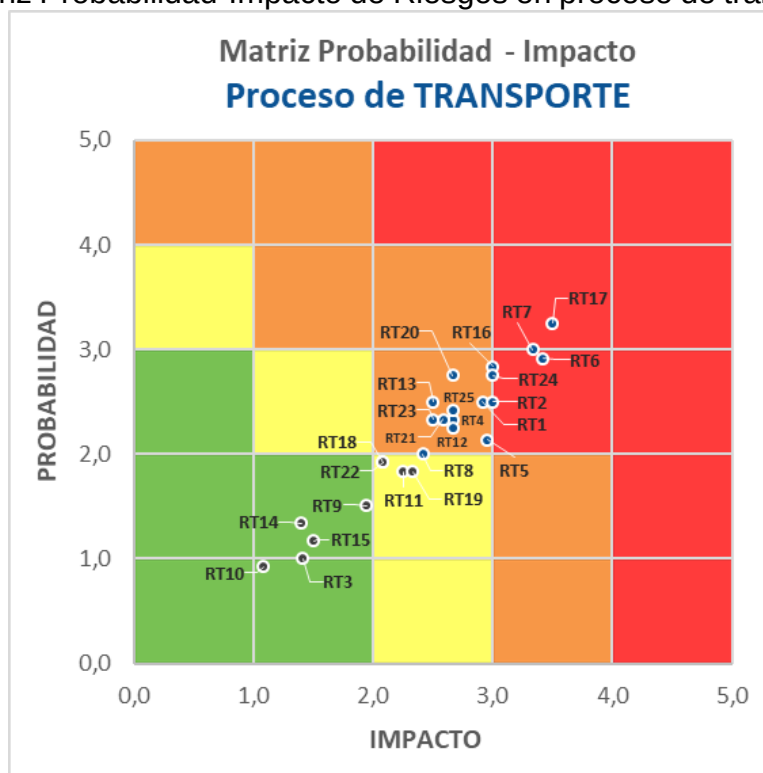
**Tabla 4.** Riesgos identificados en el proceso de transporte de AVU

|            | R    | RIESGO                                                             | Probabilidad | Impacto |
|------------|------|--------------------------------------------------------------------|--------------|---------|
| TRANSPORTE | RT1  | Goteos o Fugas de AVU                                              | 2,50         | 2,92    |
|            | RT2  | Derrame de AVU                                                     | 2,50         | 3,00    |
|            | RT3  | Incendio                                                           | 1,00         | 1,42    |
|            | RT4  | Fallas mecánicas del vehículo                                      | 2,33         | 2,67    |
|            | RT5  | Impericia del conductor                                            | 2,14         | 2,95    |
|            | RT6  | Problemas con documentación del vehículo                           | 2,92         | 3,42    |
|            | RT7  | Accidente de tránsito                                              | 3,00         | 3,33    |
|            | RT8  | Criminalidad                                                       | 2,00         | 2,42    |
|            | RT9  | Manifestaciones públicas                                           | 1,50         | 1,94    |
|            | RT10 | Demora por inspección de tránsito                                  | 0,92         | 1,08    |
|            | RT11 | Desastres en la vía                                                | 1,83         | 2,25    |
|            | RT12 | Vías en mal estado                                                 | 2,25         | 2,67    |
|            | RT13 | Congestión vehicular                                               | 2,50         | 2,50    |
|            | RT14 | Malas condiciones climáticas                                       | 1,33         | 1,40    |
|            | RT15 | Temblor (u otro fenómeno natural)                                  | 1,17         | 1,50    |
|            | RT16 | Incumplimiento de normas de tránsito                               | 2,83         | 3,00    |
|            | RT17 | Incumplimiento de normativas para el transporte de AVU             | 3,25         | 3,50    |
|            | RT18 | Capacidad limitada del vehículo                                    | 1,92         | 2,08    |
|            | RT19 | Dificultades de comunicación del transportador                     | 1,83         | 2,33    |
|            | RT20 | Alza en el costo del combustible                                   | 2,75         | 2,67    |
|            | RT21 | Agotamiento de combustible                                         | 2,33         | 2,58    |
|            | RT22 | Dificultades para encontrar la dirección del proveedor             | 1,92         | 2,08    |
|            | RT23 | Incumplimiento por parte de la empresa de transporte subcontratada | 2,33         | 2,50    |
|            | RT24 | Inadecuada manipulación del producto                               | 2,75         | 3,00    |
|            | RT25 | Inadecuada distribución de recipientes en el vehículo              | 2,42         | 2,67    |

Fuente: Elaboración propia

Plasmando los riesgos para el proceso de transporte en la matriz, se evidencia que 5 riesgos se ubican en la zona de riesgo baja, 4 en la zona de riesgo moderada, 10 en la zona de riesgo alta y 6 en la zona de riesgo extrema (ver Figura 7).

**Figura 7.** Matriz Probabilidad-Impacto de Riesgos en proceso de transporte de AVU



Fuente: Elaboración propia

### 2.4.3 Proceso de almacenamiento de AVU

En cuanto al proceso de almacenamiento se identificaron un total de 11 riesgos, los valores para la probabilidad e impacto de cada uno son mostrados en la Tabla 5.

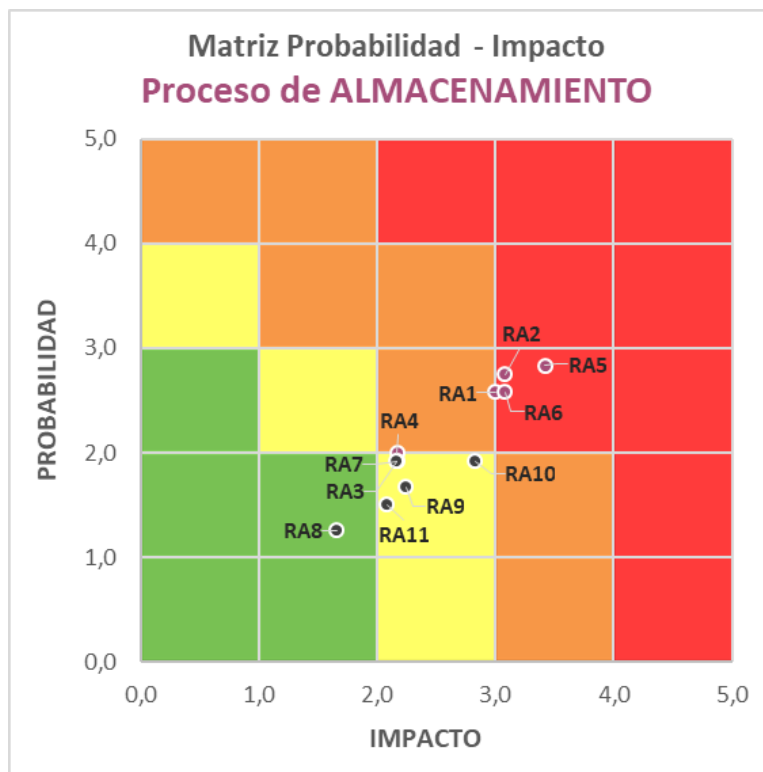
**Tabla 5.** Riesgos identificados en el proceso de almacenamiento de AVU

|                | R    | RIESGO                                                   | Probabilidad | Impacto |
|----------------|------|----------------------------------------------------------|--------------|---------|
| ALMACENAMIENTO | RA1  | Goteos o Fugas de AVU                                    | 2,58         | 3,00    |
|                | RA2  | Derrame de AVU                                           | 2,75         | 3,08    |
|                | RA3  | Incendio                                                 | 1,92         | 2,17    |
|                | RA4  | Contaminación del AVU                                    | 2,00         | 2,17    |
|                | RA5  | Deterioro de recipientes o tanques                       | 2,83         | 3,42    |
|                | RA6  | Incorrecto almacenamiento                                | 2,58         | 3,08    |
|                | RA7  | Robo de recipientes                                      | 1,92         | 2,17    |
|                | RA8  | Exceso del tiempo máximo permitido de almacenaje del AVU | 1,25         | 1,67    |
|                | RA9  | Obstrucción de tuberías                                  | 1,67         | 2,25    |
|                | RA10 | Inundaciones                                             | 1,92         | 2,83    |
|                | RA11 | Temborl (u otro fenómeno natural)                        | 1,50         | 2,08    |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para el proceso de almacenamiento, un solo riesgo queda en la zona de riesgo baja de la matriz, 5 en la zona de riesgo moderada, 1 en la zona de riesgo alta y 4 en la zona de riesgo extrema (ver Figura 8).

**Figura 8.** Matriz Probabilidad-Impacto de Riesgos en proceso de almacenamiento de AVU



Fuente: Elaboración propia

### 3. ESTABLECER LOS RIESGOS QUE AFECTAN EN MAYOR GRADO LOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE LOS PROCESOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA QFD DIFUSO.

La última fase de este trabajo tuvo como finalidad establecer qué riesgos son los que amenazan en mayor medida la consecución de los objetivos estratégicos de los procesos de recolección, transporte y almacenamiento del aceite vegetal usado.

Para el desarrollo de este objetivo fue necesario primeramente seleccionar los riesgos que se van a tomar en cuenta para ser priorizados, posteriormente se hizo la selección del equipo evaluador para la aplicación de la herramienta multicriterio de despliegue de la función de la calidad. A continuación, se señalan algunos artículos que han hecho uso de la herramienta en mención para la priorización de riesgos y que se toman como guía para su desarrollo en este trabajo.

### **3.1 ANTECEDENTES: PRIORIZACIÓN DE RIESGOS POR MEDIO DE LA HERRAMIENTA MULTICRITERIO FQFD**

Los autores (Yang, Chin, & Li, 2018) aplican la metodología de despliegue de función de calidad difuso F-QFD para la gestión de riesgos y prevención de pérdidas en el proceso de transporte de materiales peligrosos. En su artículo, se puede evidenciar la aplicación de esta herramienta en un escenario aproximado a uno de los que trata el presente trabajo y ayuda a comprender el uso de la teoría difusa para disminuir la incertidumbre y ambigüedad en la toma de decisiones grupal.

(Osorio-Gómez, Manotas-Duque, Rivera-Cadavid, & Canales-Valdiviezo, 2018) por su parte, proponen un enfoque metodológico para la evaluación de riesgos presentes en una empresa de transporte marítimo tipo 3PL. Se utiliza el método F-QFD para la priorización de los riesgos considerando los objetivos estratégicos de la compañía. Un caso de estudio permite definir los riesgos más importantes en esta para que se puedan establecer planes de acción acordes para mitigarlos o eliminarlos.

En cuanto a este tema, (Nallusamy & Ambedkar, 2015) presentan los factores de riesgo presentes dentro y fuera de pequeñas y medianas empresas, para priorizar estos factores hacen uso de la herramienta F-QFD, la cual ayuda a concentrar las acciones de los propietarios y gerentes de las compañías a aquellos factores críticos que afectan en mayor medida su desempeño técnico y financiero.

El autor (Ding, 2009) aplica este modelo F-QFD para identificar soluciones para el sistema de prestación de servicios (SDS) para un puerto desde el punto de vista de los clientes. Los resultados muestran los factores clave para mejorar la calidad del SDS y las soluciones factibles para mejorar su desempeño.

Finalmente, (Bevilacqua, Ciarapica, & Giacchetta, 2006) presentan la aplicación de la herramienta F-QFD en el proceso de selección de proveedores. Su trabajo representa una base importante para el entendimiento de la herramienta QFD y teoría difusa, así como la metodología para la aplicación de la misma.

### **3.2 SELECCIÓN DE LOS RIESGOS A PRIORIZAR DE CADA PROCESO**

De acuerdo con (Pastrana-Jaramillo & Osorio-Gómez, 2019), esta fase inició con la selección de los riesgos que se van a considerar para la priorización. Esto se realizó con base en los resultados de la calificación de los riesgos de la fase anterior y su ubicación en la matriz de probabilidad impacto utilizada (DAFP, 2018).

Conociendo la ubicación de cada uno de los riesgos en la matriz, se seleccionaron aquellos que se encuentran en las zonas de riesgo alto y extremo (naranja y rojo

respectivamente), debido a que, por su calificación, se identifica que tienen un impacto importante en los procesos y su probabilidad de ocurrencia amerita que se les tenga que prestar atención y por ende entrar en la priorización. De este modo los riesgos que se tuvieron en cuenta para la priorización de cada proceso se muestran a continuación (ver tablas 6, 7 y 8).

**Tabla 6.** Riesgos seleccionados del proceso de recolección de AVU

| RECOLECCIÓN | R    | RIESGO                                               |
|-------------|------|------------------------------------------------------|
|             | RR2  | Derrame de AVU                                       |
|             | RR5  | Incumplimiento de requerimientos del AVU             |
|             | RR6  | Contenedores al límite de capacidad                  |
|             | RR7  | Deterioro de contenedores                            |
|             | RR8  | Incumplimiento de entrega por parte del proveedor    |
|             | RR9  | Problemas de comunicación con proveedores            |
|             | RR11 | Robo de contenedores, envases                        |
|             | RR12 | Insuficiente capacidad de recolección (en vehículos) |
|             | RR13 | Baja tasa de reciclaje                               |
|             | RR14 | Competencia con recolectores informales              |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.** Riesgos seleccionados del proceso de transporte de AVU

| TRANSPORTE | R    | RIESGO                                                             |
|------------|------|--------------------------------------------------------------------|
|            | RT1  | Goteos o Fugas de AVU                                              |
|            | RT2  | Derrame de AVU                                                     |
|            | RT4  | Fallas mecánicas del vehículo                                      |
|            | RT5  | Impericia del conductor                                            |
|            | RT6  | Problemas con documentación del vehículo                           |
|            | RT7  | Accidente de tránsito                                              |
|            | RT8  | Criminalidad                                                       |
|            | RT12 | Vías en mal estado                                                 |
|            | RT13 | Congestión vehicular                                               |
|            | RT16 | Incumplimiento de normas de tránsito                               |
|            | RT17 | Incumplimiento de normativas para el transporte de AVU             |
|            | RT20 | Alza en el costo del combustible                                   |
|            | RT21 | Agotamiento de combustible                                         |
|            | RT23 | Incumplimiento por parte de la empresa de transporte subcontratada |
|            | RT24 | Inadecuada manipulación del producto                               |
|            | RT25 | Inadecuada distribución de recipientes en el vehículo              |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.** Riesgos seleccionados del proceso de almacenamiento de AVU

| ALMACENAMIENTO | R   | RIESGO                             |
|----------------|-----|------------------------------------|
|                | RA1 | Goteos o Fugas de AVU              |
|                | RA2 | Derrame de AVU                     |
|                | RA4 | Contaminación del AVU              |
|                | RA5 | Deterioro de recipientes o tanques |
|                | RA6 | Incorrecto almacenamiento          |

Fuente: Elaboración propia

En total se consideran 31 riesgos, distribuidos de la siguiente manera: 10 correspondientes al proceso de recolección, 16 al proceso de transporte y 5 al proceso de almacenamiento, a estos se les aplica la herramienta de priorización.

### 3.3 DEFINICIÓN DEL EQUIPO EVALUADOR PARA EL CUESTIONARIO

Para la definición del equipo evaluador, que fue el apoyo para generar los insumos para la aplicación de la herramienta de priorización, y de acuerdo con los autores (Osorio-Gómez et al., 2018) y (Bevilacqua et al., 2006), quienes utilizan una serie de criterios para esta selección, en el presente trabajo se tuvieron en cuenta los siguientes: rol en la organización, involucramiento en el proceso, conocimiento global del proceso y de los objetivos de cada uno. Definido lo anterior, se seleccionaron las personas que cumplían con estos criterios. En la tabla 9 se puede observar cómo quedó conformado el equipo evaluador:

**Tabla 9.** Equipo evaluador seleccionado

| ID | Cargo              | Empresa                              |
|----|--------------------|--------------------------------------|
| E1 | Director operativo | Mundo Eco Soluciones                 |
| E2 | Colíder Logístico  | Recover Oil                          |
| E3 | Director operativo | Ravco                                |
| E4 | Colíder Logístico  | Recover Oil                          |
| E5 | Director           | Corporación Cekan, proyecto BIOPRAVU |

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA QFD DIFUSO PARA PRIORIZAR LOS RIESGOS

Para la priorización de los riesgos operacionales se hizo la elección de la herramienta del despliegue de función de la calidad (QFD) ya que su utilidad se basa en satisfacer las necesidades del cliente a partir de la traducción de estas en requerimientos técnicos de ingeniería que permiten generar acciones y planes de procesos (Osorio et al., 2017).

Junto con la aplicación de esta herramienta se hace uso de la teoría difusa, la cual según (Bevilacqua et al., 2006) y (Ding, 2009) permite tomar múltiples apreciaciones cualitativas, que pueden generar imprecisión en la información, y convertir estas en números difusos, los cuales son conjuntos numéricos definidos, en este caso triangulares, que pueden ser analizados de una forma más lógica y efectiva.

En el presente trabajo se siguió la metodología de implementación del ‘QFD difuso’ planteada por (Osorio-Gómez et al., 2018), la cual consta de 7 etapas que se detallan a continuación.

### 3.4.1 Identificación de los “Qué’s”

Aquí se definieron los deseos que se tienen frente al proceso, los cuales son las prioridades de cada uno de los procesos involucrados. Esto se realizó mediante la entrevista con los miembros del equipo evaluador (ver Anexo 2). Posteriormente, de la información obtenida se consolidaron las definiciones que abarcan de manera global los deseos expresados. Los resultados se pueden observar en las tablas 10, 11 y 12.

**Tabla 10.** Qué's del proceso de recolección de AVU

| PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU |                                               |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| QR1                           | El AVU cuenta con condiciones requeridas      |
| QR2                           | El AVU se entrega almacenado correctamente    |
| QR3                           | Disponibilidad de proveedores para la entrega |
| QR4                           | Recolección de la mayor cantidad de AVU       |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11.** Qué's del proceso de transporte de AVU

| PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU |                                         |
|------------------------------|-----------------------------------------|
| QT1                          | Suficiente capacidad para el transporte |
| QT2                          | Evitar derrames y pérdida del producto  |
| QT3                          | Prevenir robos de bidones               |
| QT4                          | Impedir la contaminación del producto   |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12.** Qué's del proceso de almacenamiento de AVU

| PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU |                                          |
|----------------------------------|------------------------------------------|
| QA1                              | El AVU se preserva en buen estado        |
| QA2                              | El producto no se contamina              |
| QA3                              | Gran cantidad de AVU almacenado          |
| QA4                              | Los recipientes conservan un buen estado |

Fuente: Elaboración propia



### 3.4.2 Determinación de la importancia relativa de los “Qué’s” ( $I_q$ )

A partir de la escala lingüística difusa sugerida por los autores (Bevilacqua et al., 2006), se determinó el nivel de importancia de cada “Qué” para cada miembro del equipo evaluador. Esta se puede apreciar a continuación (ver tabla 13).

**Tabla 13.** Escala lingüística difusa

| Denominación |    | Número difuso |
|--------------|----|---------------|
| Muy baja     | MB | (0,1,2)       |
| Baja         | B  | (2,3,4)       |
| Media        | M  | (4,5,6)       |
| Alta         | A  | (6,7,8)       |
| Muy alta     | MA | (8,9,10)      |

Fuente: Bevilacqua, Ciarapica, & Giacchetta, 2006

Se aplicó un cuestionario al equipo relacionado en el cual se les cuestiona sobre la importancia de cada uno de los deseos frente a su proceso correspondiente (ver Anexo 4), los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 14, 15 y 16.

**Tabla 14.** Calificaciones Qué’s del proceso de recolección de AVU

| PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU |    |    |    |    |    |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|
|                               | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
| QR1                           | A  | MA | MA | M  | A  |
| QR2                           | M  | A  | A  | A  | M  |
| QR3                           | A  | M  | B  | A  | MA |
| QR4                           | A  | M  | M  | A  | M  |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15.** Calificaciones Qué’s del proceso de transporte de AVU

| PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU |    |    |    |    |    |
|------------------------------|----|----|----|----|----|
|                              | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
| QT1                          | MA | M  | A  | M  | A  |
| QT2                          | M  | MA | A  | M  | MA |
| QT3                          | B  | A  | B  | A  | B  |
| QT4                          | A  | A  | MA | A  | A  |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16.** Calificaciones Qué's del proceso de almacenamiento de AVU

| PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU |    |    |    |    |    |
|----------------------------------|----|----|----|----|----|
|                                  | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
| QA1                              | MA | A  | A  | MA | A  |
| QA2                              | A  | MA | MA | A  | A  |
| QA3                              | A  | A  | A  | M  | M  |
| QA4                              | A  | B  | A  | MA | MA |

Fuente: Elaboración propia

Tomadas las calificaciones de cada evaluador, se convirtieron al número difuso, se promedió el peso de cada 'qué', sumando los pesos de los diferentes miembros del equipo y dividiéndolos entre el número total de miembros, para obtener así el peso o importancia relativa de cada "Qué" ( $I_q$ ) (ver Tablas 17, 18 y 19).

**Tabla 17.** Calificación difusa de los Qué's del proceso de recolección de AVU

| PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU |           |            |            |           |            |       |     |     |
|-------------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|-------|-----|-----|
|                               | E1        | E2         | E3         | E4        | E5         | $I_q$ |     |     |
| QR1                           | (6, 7, 8) | (8, 9, 10) | (8, 9, 10) | (4, 5, 6) | (6, 7, 8)  | 6,4   | 7,4 | 8,4 |
| QR2                           | (4, 5, 6) | (6, 7, 8)  | (6, 7, 8)  | (6, 7, 8) | (4, 5, 6)  | 5,2   | 6,2 | 7,2 |
| QR3                           | (6, 7, 8) | (4, 5, 6)  | (2, 3, 4)  | (6, 7, 8) | (8, 9, 10) | 5,2   | 6,2 | 7,2 |
| QR4                           | (6, 7, 8) | (4, 5, 6)  | (4, 5, 6)  | (6, 7, 8) | (4, 5, 6)  | 4,8   | 5,8 | 6,8 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18.** Calificación difusa de los Qué's del proceso de transporte de AVU

| PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU |            |            |            |           |            |       |     |     |
|------------------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-------|-----|-----|
|                              | E1         | E2         | E3         | E4        | E5         | $I_q$ |     |     |
| QT1                          | (8, 9, 10) | (4, 5, 6)  | (6, 7, 8)  | (4, 5, 6) | (6, 7, 8)  | 5,6   | 6,6 | 7,6 |
| QT2                          | (4, 5, 6)  | (8, 9, 10) | (6, 7, 8)  | (4, 5, 6) | (8, 9, 10) | 6     | 7   | 8   |
| QT3                          | (2, 3, 4)  | (6, 7, 8)  | (2, 3, 4)  | (6, 7, 8) | (2, 3, 4)  | 3,6   | 4,6 | 5,6 |
| QT4                          | (6, 7, 8)  | (6, 7, 8)  | (8, 9, 10) | (6, 7, 8) | (6, 7, 8)  | 6,4   | 7,4 | 8,4 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19.** Calificación difusa de los Qué's del proceso de almacenamiento de AVU

| PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU |            |            |            |            |            |       |     |     |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|-----|-----|
|                                  | E1         | E2         | E3         | E4         | E5         | $I_q$ |     |     |
| QA1                              | (8, 9, 10) | (6, 7, 8)  | (6, 7, 8)  | (8, 9, 10) | (6, 7, 8)  | 6,8   | 7,8 | 8,8 |
| QA2                              | (6, 7, 8)  | (8, 9, 10) | (8, 9, 10) | (6, 7, 8)  | (6, 7, 8)  | 6,8   | 7,8 | 8,8 |
| QA3                              | (6, 7, 8)  | (6, 7, 8)  | (6, 7, 8)  | (4, 5, 6)  | (4, 5, 6)  | 5,2   | 6,2 | 7,2 |
| QA4                              | (6, 7, 8)  | (2, 3, 4)  | (6, 7, 8)  | (8, 9, 10) | (8, 9, 10) | 6     | 7   | 8   |

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3 Identificación de los “Cómo’s”

Esto hace referencia a los objetivos estratégicos del proceso. Para lo cual se realizó el análisis de las actividades que se llevan a cabo en cada proceso y además se realizaron entrevistas a los miembros del equipo para complementar la información (ver Anexo 3). De la misma manera que se realizó con la identificación de los Qué’s, se llevó a cabo la consolidación de la información la cual se puede observar en las Tablas 20, 21 y 22.

**Tabla 20.** Objetivos estratégicos del proceso de recolección de AVU

| PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU |                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| CR1                           | Contactar a más proveedores                  |
| CR2                           | Ofrecer variedad en retribuciones            |
| CR3                           | Comunicar los requerimientos de manera clara |
| CR4                           | Proporcionar bidones estándar                |
| CR5                           | Poner a disposición varias formas de entrega |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21.** Objetivos estratégicos del proceso de transporte de AVU

| PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU |                                                       |
|------------------------------|-------------------------------------------------------|
| CT1                          | Contar con los vehículos adecuados                    |
| CT2                          | Tener control de derrames en vehículo                 |
| CT3                          | Asegurar prácticas de conducción apropiadas           |
| CT4                          | Verificar el correcto estado y disposición de bidones |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22.** Objetivos estratégicos del proceso de almacenamiento de AVU

| PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU |                                                        |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| CA1                              | Controlar el tiempo máximo de almacenaje               |
| CA2                              | Almacenar bidones de manera adecuada                   |
| CA3                              | Evitar la exposición del producto a altas temperaturas |
| CA4                              | Asegurar condiciones de higiene y control de plagas    |
| CA5                              | Contar con capacidad de almacén suficiente             |

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4 Determinación de la correlación de los “Qué’s” con los “Cómo’s” ( $R_{qc}$ )

Se establece la relación de los deseos del proceso con los objetivos estratégicos del mismo, para lo cual los miembros del equipo evaluador calificaron mediante la escala lingüística (ver Anexo 5). Esto se realizó mediante el cuestionario mostrado en la Figura 9.

**Figura 9.** Cuestionario para la calificación de correlación entre Qué's y Cómo's

|                                                                                                                                 |                           |            |            |            |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Relación entre los <u>Deseos</u> y los <u>Objetivos</u> de cada proceso</b>                                                  |                           |            |            |            |            |
| Los miembros del equipo evaluador deben determinar la relación entre los deseos para cada proceso y los objetivos estratégicos. |                           |            |            |            |            |
| Por favor califique la relación entre los deseos y los objetivos de cada proceso                                                |                           |            |            |            |            |
| Para este cuestionario conteste: <b>MUY BAJA (MB); BAJA (B); MEDIA (M); ALTA (A); MUY ALTA</b>                                  |                           |            |            |            |            |
| <b>PROCESO X</b>                                                                                                                |                           |            |            |            |            |
|                                                                                                                                 | <b>OBJETIVOS (CÓMO'S)</b> |            |            |            |            |
| <b>DESEOS (QUÉ'S)</b>                                                                                                           | <b>CX1</b>                | <b>CX2</b> | <b>CX3</b> | <b>CX4</b> | <b>CX5</b> |
| QX1                                                                                                                             |                           |            |            |            |            |
| QX2                                                                                                                             |                           |            |            |            |            |
| QX3                                                                                                                             |                           |            |            |            |            |
| QX4                                                                                                                             |                           |            |            |            |            |

Fuente: Elaboración propia

Las calificaciones obtenidas de la relación entre los deseos “Qué’s” y los objetivos “Cómo’s” de cada proceso se pueden apreciar en las tablas 23, 24 y 25.

**Tabla 23.** Calificaciones correlación Qué's - Cómo's proceso de recolección

| PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU |        |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|-------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| $R_{qc}$                      | CÓMO'S |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|                               | CR1    |    |    |    |    | CR2 |    |    |    |    | CR3 |    |    |    |    | CR4 |    |    |    |    | CR5 |    |    |    |    |
| QUÉ'S                         | E1     | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 |
| QR1                           | MA     | MB | A  | A  | MB | M   | M  | B  | M  | M  | MA  | MA | MA | A  | MA | A   | B  | A  | A  | MB | A   | M  | A  | M  | MB |
| QR2                           | B      | MB | A  | A  | MB | B   | M  | B  | M  | M  | A   | MA | A  | A  | M  | A   | A  | A  | A  | A  | A   | M  | A  | M  | MB |
| QR3                           | MA     | B  | B  | M  | M  | M   | A  | M  | M  | A  | A   | B  | B  | A  | B  | A   | MB | B  | A  | MB | A   | A  | B  | M  | MB |
| QR4                           | MA     | MA | A  | A  | MA | MA  | A  | B  | M  | MA | A   | B  | A  | A  | MB | A   | M  | A  | A  | A  | MA  | A  | A  | M  | MA |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24.** Calificaciones correlación Qué's - Cómo's proceso de transporte

| PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU |        |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|
| $R_{qc}$                     | CÓMO'S |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
|                              | CT1    |    |    |    |    | CT2 |    |    |    |    | CT3 |    |    |    |    | CT4 |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| QUÉ'S                        | E1     | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 |  |  |  |  |  |
| QT1                          | MA     | MA | A  | M  | A  | MA  | MB | B  | M  | MB | MA  | MB | B  | A  | MB | MA  | MB | B  | A  | M  |  |  |  |  |  |
| QT2                          | MA     | A  | A  | M  | MA | MA  | MA | M  | MA | M  | MA  | A  | A  | A  | A  | A   | A  | MA | A  | MA |  |  |  |  |  |
| QT3                          | B      | A  | B  | M  | A  | B   | MB | B  | M  | MB | B   | MB | B  | A  | B  | A   | A  | MB | A  | A  |  |  |  |  |  |
| QT4                          | B      | A  | A  | M  | MA | A   | A  | B  | M  | A  | B   | A  | A  | A  | MA | M   | A  | MA | A  | MA |  |  |  |  |  |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25.** Calificaciones correlación Qué's - Cómo's proceso de almacenamiento

| PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU |        |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|----------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| $R_{qc}$                         | CÓMO'S |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|                                  | CA1    |    |    |    |    | CA2 |    |    |    |    | CA3 |    |    |    |    | CA4 |    |    |    |    | CA5 |    |    |    |    |
| QUÉ'S                            | E1     | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 |
| QA1                              | M      | A  | A  | A  | A  | A   | MA | MA | A  | A  | M   | A  | A  | A  | A  | M   | A  | A  | A  | MA | MA  | MB | A  | A  | MB |
| QA2                              | M      | B  | B  | A  | MB | MA  | A  | A  | A  | A  | M   | B  | A  | A  | MB | A   | MA | A  | A  | MA | MA  | MB | M  | A  | MB |
| QA3                              | MA     | MB | A  | A  | MB | MA  | MB | MA | A  | A  | MA  | MB | A  | A  | MB | M   | MB | A  | A  | MB | MA  | MA | MA | A  | MA |
| QA4                              | A      | B  | A  | A  | MB | MA  | MA | A  | A  | MA | M   | B  | A  | A  | M  | M   | B  | MA | A  | M  | A   | A  | A  | A  | M  |

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.5 Determinar el peso de los “Cómo's” ( $P_c$ )

Para calcular el peso de cada “Como”, primero se promediaron las calificaciones de los evaluadores para obtener un dato único de correlación ( $R_{qc}$ ). Luego se tomó la información de la importancia relativa de los Qué's ( $I_q$ ) y la correlación de los Qué's-Cómo's ( $R_{qc}$ ), se aplicó la siguiente ecuación.

$$P_c = \frac{\sum_{q=1}^Q (R_{qc} \times I_q)}{q}$$

Donde:

$P_c$  = Peso cómo c

$R_{qc}$  = Correlación Qué's – Cómo's

$I_q$  = Importancia relativa de los Qué's

$q$  = qué's

$c$  = cómo's

Al aplicar este paso se obtuvieron los resultados de las tablas 26, 27 y 28.

**Tabla 26.** Valores de correlación Qué's - Cómo's y peso Cómo' del proceso de recolección

| PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $R_{qc}$                      | CÓMO'S |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                               | CR1    |      |      | CR2  |      |      | CR3  |      |      | CR4  |      |      | CR5  |      |      |
| QR1                           | 4      | 5    | 6    | 3,6  | 4,6  | 5,6  | 7,6  | 8,6  | 9,6  | 4    | 5    | 6    | 4    | 5    | 6    |
| QR2                           | 2,8    | 3,8  | 4,8  | 3,2  | 4,2  | 5,2  | 6    | 7    | 8    | 6    | 7    | 8    | 4    | 5    | 6    |
| QR3                           | 4      | 5    | 6    | 4,8  | 5,8  | 6,8  | 3,6  | 4,6  | 5,6  | 2,8  | 3,8  | 4,8  | 3,6  | 4,6  | 5,6  |
| QR4                           | 7,2    | 8,2  | 9,2  | 5,6  | 6,6  | 7,6  | 4    | 5    | 6    | 5,6  | 6,6  | 7,6  | 6,4  | 7,4  | 8,4  |
| $P_c$                         | 23,9   | 34,8 | 47,7 | 22,9 | 33,6 | 46,3 | 29,4 | 41,1 | 54,8 | 24,6 | 35,6 | 48,6 | 24,0 | 34,9 | 47,8 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27.** Valores de correlación Qué's - Cómo's y peso Cómo's del proceso de transporte

| PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $R_{qc}$                     | CÓMO'S |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| QUÉ'S                        | CT1    |      |      | CT2  |      |      | CT3  |      |      | CT4  |      |      |
| QT1                          | 6,4    | 7,4  | 8,4  | 2,8  | 3,8  | 4,8  | 3,2  | 4,2  | 5,2  | 4    | 5    | 6    |
| QT2                          | 6,4    | 7,4  | 8,4  | 7,2  | 8,2  | 9,2  | 6    | 7    | 8    | 6,8  | 7,8  | 8,8  |
| QT3                          | 4      | 5    | 6    | 1,6  | 2,6  | 3,6  | 2,4  | 3,4  | 4,4  | 4,8  | 5,8  | 6,8  |
| QT4                          | 5,2    | 6,2  | 7,2  | 4,8  | 5,8  | 6,8  | 5,6  | 6,6  | 7,6  | 6,4  | 7,4  | 8,4  |
| $P_c$                        | 30,5   | 42,4 | 56,3 | 23,8 | 34,3 | 46,8 | 24,6 | 35,3 | 48,0 | 30,4 | 42,3 | 56,2 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28.** Valores de correlación Qué's - Cómo's y peso Cómo's del proceso de almacenamiento

| PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $R_{qc}$                         | CÓMO'S |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| QUÉ'S                            | CA1    |      |      | CA2  |      |      | CA3  |      |      | CA4  |      |      | CA5  |      |
| QA1                              | 5,6    | 6,6  | 7,6  | 6,8  | 7,8  | 8,8  | 5,6  | 6,6  | 7,6  | 6    | 7    | 8    | 4    | 5    |
| QA2                              | 2,8    | 3,8  | 4,8  | 6,4  | 7,4  | 8,4  | 3,6  | 4,6  | 5,6  | 6,8  | 7,8  | 8,8  | 3,6  | 4,6  |
| QA3                              | 4      | 5    | 6    | 5,6  | 6,6  | 7,6  | 4    | 5    | 6    | 3,2  | 4,2  | 5,2  | 7,6  | 8,6  |
| QA4                              | 4      | 5    | 6    | 7,2  | 8,2  | 9,2  | 4,4  | 5,4  | 6,4  | 4,8  | 5,8  | 6,8  | 5,6  | 6,6  |
| $P_c$                            | 25,5   | 36,8 | 50,1 | 40,5 | 54,2 | 69,9 | 27,4 | 39,0 | 52,6 | 33,1 | 45,5 | 59,9 | 31,2 | 43,6 |

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.6 Determinar el impacto de los riesgos en los objetivos estratégicos "Cómo's" ( $IR_{rc}$ )

Cada miembro del equipo evaluador determinó para cada uno de los procesos el impacto de cada riesgo en cada objetivo estratégico "Cómo" (ver Anexo 6). Tomadas las estimaciones de los evaluadores de acuerdo con la misma escala lingüística utilizada previamente, se procedió a promediar este impacto de los riesgos en los Cómo's en la siguiente sección.

La información de los impactos se recolectó mediante un cuestionario tipo matriz, en el que se relaciona cada riesgo con cada "cómo" u objetivo del proceso, este se presenta en la Figura 10.

**Figura 10.** Cuestionario para la definición del impacto de los Riesgos sobre los Cómo's.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                           |            |            |            |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Relación entre los <u>Riesgos</u> y los <u>Objetivos</u> del proceso</b><br>Los integrantes del equipo evaluador deben determinar cuál es el impacto de los riesgos sobre los objetivos estratégicos.<br>Por favor califique <b>el impacto de cada riesgo sobre cada objetivo</b> para cada proceso. |                           |            |            |            |            |
| Para este cuestionario conteste: <b>MUY BAJO (MB); BAJO (B); MEDIO (M); ALTO (A); MUY ALTO (MA)</b>                                                                                                                                                                                                     |                           |            |            |            |            |
| <b>PROCESO X</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |            |            |            |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>OBJETIVOS (COMO'S)</b> |            |            |            |            |
| <b>RIESGOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>CX1</b>                | <b>CX2</b> | <b>CX3</b> | <b>CX4</b> | <b>CX5</b> |
| <b>RX1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |            |            |            |            |
| <b>RX2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |            |            |            |            |
| <b>RX3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |            |            |            |            |
| <b>RX4</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |            |            |            |            |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados, de la relación entre los riesgos y los objetivos estratégicos o Cómo's de cada proceso, de acuerdo con la escala lingüística utilizada, se pueden ver en las tablas 29, 30 y 31.

Seguido a esto, se procede a traducir las valoraciones de los miembros del equipo evaluador a números difusos para proceder en la siguiente sección con el cálculo final del índice de prioridad de los riesgos.

**Tabla 29.** Calificación del impacto de los riesgos sobre los Cómo's del proceso de recolección

| PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVJ |        |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|-------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| $IR_{rc}$                     | CÓMO'S |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|                               | CR1    |    |    |    |    | CR2 |    |    |    |    | CR3 |    |    |    |    | CR4 |    |    |    |    | CR5 |    |    |    |    |
| Riesgos                       | E1     | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 |
| RR2                           | B      | MB | MB | B  | MB | B   | MB | MB | B  | MB | M   | A  | A  | A  | B  | A   | MB | A  | A  | MB | A   | M  | A  | M  | M  |
| RR5                           | A      | B  | A  | M  | MB | A   | MB | B  | A  | MB | A   | A  | MA | A  | A  | B   | B  | A  | A  | MB | M   | M  | MB | A  | M  |
| RR6                           | B      | B  | MB | M  | MB | B   | B  | MB | M  | MB | B   | B  | MB | A  | MB | M   | B  | MB | A  | MB | M   | MB | B  | A  | M  |
| RR7                           | M      | MB | MB | M  | MB | B   | MB | MB | M  | MB | B   | A  | B  | A  | MB | A   | M  | MB | A  | A  | A   | MB | B  | M  | A  |
| RR8                           | A      | A  | B  | A  | MB | A   | B  | B  | B  | B  | M   | B  | A  | A  | B  | M   | B  | B  | A  | MB | A   | A  | B  | B  | MB |
| RR9                           | M      | MA | A  | A  | A  | M   | B  | B  | B  | M  | A   | MA | A  | A  | MA | M   | B  | MB | A  | MB | M   | M  | A  | B  | A  |
| RR11                          | B      | B  | MB | B  | MB | B   | B  | MB | B  | M  | B   | MB | B  | A  | MB | B   | B  | A  | A  | A  | B   | MB | B  | B  | MA |
| RR12                          | B      | M  | A  | B  | M  | M   | MB | MB | B  | A  | A   | B  | B  | A  | MB | A   | B  | B  | A  | MB | M   | A  | A  | M  | B  |
| RR13                          | M      | A  | A  | B  | A  | A   | M  | A  | M  | M  | A   | MB | A  | A  | B  | B   | MB | B  | A  | MB | B   | MB | B  | B  | MB |
| RR14                          | MA     | MA | MA | MA | MA | A   | M  | A  | A  | A  | A   | MB | A  | A  | MB | B   | MB | B  | A  | B  | B   | MA | A  | A  | A  |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30.** Calificación del impacto de los riesgos sobre los Cómo's del proceso de transporte

| PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU |        |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| $IR_{rc}$                    | CÓMO'S |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|                              | CT1    |    |    |    |    | CT2 |    |    |    |    | CT3 |    |    |    |    | CT4 |    |    |    |    |
| Riesgos                      | E1     | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 |
| RT1                          | MA     | B  | B  | B  | MB | MA  | A  | MA | M  | M  | M   | MB | B  | B  | MB | A   | B  | MA | M  | A  |
| RT2                          | MA     | MB | A  | B  | M  | MA  | A  | MA | M  | A  | B   | MB | B  | B  | MB | A   | M  | MA | M  | MA |
| RT4                          | MA     | A  | MA | B  | A  | MA  | A  | B  | M  | MB | M   | M  | A  | M  | A  | M   | MB | B  | M  | A  |
| RT5                          | A      | MB | B  | M  | MB | A   | A  | M  | A  | MB | M   | MA | A  | A  | MA | A   | MB | B  | B  | M  |
| RT6                          | M      | A  | B  | B  | MA | M   | MB | MB | B  | MB | M   | MB | A  | M  | A  | B   | MB | MB | B  | MB |
| RT7                          | A      | MB | A  | MB | MB | A   | A  | A  | M  | MB | M   | A  | B  | M  | MA | MA  | MB | M  | B  | MB |
| RT8                          | M      | MB | MB | B  | MB | B   | MB | MB | B  | MB | B   | MB | M  | B  | MB | B   | MB | MB | B  | MB |
| RT12                         | M      | B  | A  | M  | M  | M   | A  | A  | A  | A  | M   | MA | A  | M  | A  | M   | MB | MA | B  | M  |
| RT13                         | M      | MB | B  | M  | MB | A   | MB | B  | B  | MB | M   | B  | MB | M  | A  | M   | MB | B  | B  | B  |
| RT16                         | M      | MB | A  | B  | M  | A   | M  | B  | B  | MB | A   | MA | B  | M  | MA | B   | MB | B  | B  | MB |
| RT17                         | A      | MB | A  | B  | MB | A   | MB | A  | M  | B  | A   | M  | A  | B  | M  | A   | MB | A  | B  | MB |
| RT20                         | M      | M  | B  | M  | B  | B   | MB | B  | B  | B  | B   | MB | B  | M  | MA | B   | MB | B  | B  | MB |
| RT21                         | M      | MB | B  | M  | MB | B   | MB | B  | B  | MB | B   | MB | M  | M  | MB | B   | MB | B  | B  | MB |
| RT23                         | B      | MB | MB | B  | MB | M   | MB | MB | B  | A  | M   | MB | MB | B  | M  | M   | MB | MB | B  | A  |
| RT24                         | M      | MB | A  | B  | MB | A   | B  | M  | M  | A  | B   | MB | B  | B  | MB | A   | M  | A  | M  | M  |
| RT25                         | M      | MB | B  | B  | MB | A   | MB | M  | M  | MA | M   | MB | A  | B  | MB | M   | A  | B  | M  | MB |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31.** Calificación del impacto de los riesgos sobre los Cómo's del proceso de almacenamiento

| PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU |        |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|----------------------------------|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| $IR_{rc}$                        | CÓMO'S |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|                                  | CA1    |    |    |    |    | CA2 |    |    |    |    | CA3 |    |    |    |    | CA4 |    |    |    |    | CA5 |    |    |    |    |
| Riesgos                          | E1     | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 | E1  | E2 | E3 | E4 | E5 |
| RA1                              | B      | MB | A  | M  | B  | A   | M  | A  | B  | A  | M   | B  | B  | M  | MB | A   | A  | A  | B  | M  | A   | MB | B  | B  | MB |
| RA2                              | A      | MB | M  | B  | MB | MA  | M  | A  | B  | MA | MA  | MB | B  | B  | MB | MA  | MA | B  | B  | B  | M   | MB | A  | B  | MB |
| RA4                              | B      | B  | A  | B  | MB | B   | M  | MA | B  | A  | B   | B  | A  | B  | M  | B   | MA | A  | B  | A  | B   | MB | MB | B  | MB |
| RA5                              | M      | A  | A  | B  | MA | M   | A  | A  | B  | A  | M   | B  | A  | B  | MB | M   | M  | MA | B  | MA | A   | A  | A  | B  | MB |
| RA6                              | A      | M  | A  | M  | MB | MA  | MA | A  | B  | MA | A   | A  | A  | B  | MA | M   | MA | A  | B  | A  | MA  | M  | A  | B  | M  |

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.7 Obtener el índice de prioridad de los riesgos ( $IPR_r$ )

Para obtener el nivel de prioridad de los riesgos seleccionados se tomó la información del peso de los Cómo's y el promedio del impacto de los riesgos en los objetivos estratégicos y se aplicó la siguiente ecuación, de la cual el resultante es el índice de prioridad del riesgo ( $IPR_r$ ).

$$IPR_r = \frac{\sum_{c=1}^C (IR_{rc} \times P_c)}{c}$$



Donde:

$IPR_r$  = Índice de prioridad del riesgo

$IR_{rc}$  = Impacto del riesgo  $r$  sobre el objetivo estratégico  $c$

$P_c$  = Peso del Cómo  $c$

$r$  = riesgos

$c$  = cómo's

De esta ecuación se obtuvo el número triangular de índice de prioridad. Para poder comparar los valores del IPR de cada riesgo de manera objetiva y finalmente definir el ranking de prioridad, se hace necesario que estos tengan valores únicos y no triangulares. Para esto, (Bevilacqua et al., 2006) recomienda la utilización de la ecuación planteada por (Facchinetti, Ricci & Muzzioli, 1998) para convertir un número difuso a un número de único valor, este valor se conocerá como *IPR<sub>r</sub> No difuso*, y se calcula de la siguiente manera:

$$IPR_r \text{ No difuso} = \frac{a_1 + 2 \times a_2 + a_3}{4}$$

Donde:

$IPR_r \text{ No difuso}$  = Valor único del IPR del riesgo  $r$

$a_1$  = Primer valor del número triangular

$a_2$  = Segundo valor del número triangular

$a_3$  = Tercer valor del número triangular

Llevando a cabo el proceso previamente mencionado, se presenta a continuación, la prioridad calculada de cada uno de los riesgos para cada uno de los procesos (ver tablas 32, 33 y 34).

Seguidamente, para la comprensión de estos resultados se presenta una sección adicional final para este proceso de priorización, que busca organizar y ubicar los riesgos dentro de una escala que permite reconocer su prioridad e importancia de una mejor manera. Esto igualmente se realiza para cada uno de los procesos.

**Tabla 32.** Valores de  $IR_{rc}$  e  $IPR_r$  para el proceso de recolección de AVU

| PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |                      |
|-------------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------|----------------------|
| $IR_{rc}$                     | CÓMO'S |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | $IPR_r$ |       |                      |
| Riesgos                       | CR1    |     |     | CR2 |     |     | CR3 |     |     | CR4 |     |     | CR5 |     |     | $IPR_r$ |       |                      |
|                               |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       | $IPR_r$<br>No difuso |
| RR2                           | 0,8    | 1,8 | 2,8 | 0,8 | 1,8 | 2,8 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 3,6 | 4,6 | 5,6 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 76,43   | 145,5 | 246,5                |
| RR5                           | 3,6    | 4,6 | 5,6 | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 6,4 | 7,4 | 8,4 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 3,6 | 4,6 | 5,6 | 100,7   | 180,3 | 294                  |
| RR6                           | 1,6    | 2,6 | 3,6 | 1,6 | 2,6 | 3,6 | 2   | 3   | 4   | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 53,86   | 113,7 | 203,9                |
| RR7                           | 1,6    | 2,6 | 3,6 | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 3,6 | 4,6 | 5,6 | 70,84   | 137,9 | 236,6                |
| RR8                           | 4      | 5   | 6   | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 4   | 5   | 6   | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 84,56   | 157,7 | 263,7                |
| RR9                           | 6      | 7   | 8   | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 6,8 | 7,8 | 8,8 | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 114,4   | 200,2 | 321,1                |
| RR11                          | 1,2    | 2,2 | 3,2 | 2   | 3   | 4   | 2   | 3   | 4   | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 61,69   | 125   | 219,4                |
| RR12                          | 3,6    | 4,6 | 5,6 | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 83,82   | 156,9 | 262,8                |
| RR13                          | 4,8    | 5,8 | 6,8 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 4   | 5   | 6   | 2   | 3   | 4   | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 84,02   | 157,1 | 263                  |
| RR14                          | 8      | 9   | 10  | 5,6 | 6,6 | 7,6 | 3,6 | 4,6 | 5,6 | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 5,6 | 6,6 | 7,6 | 123,7   | 215   | 342,5                |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33.** Valores de  $IR_{rc}$  e  $IPR_r$  para el proceso de transporte de AVU

| PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |                      |       |  |
|------------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------|-------|----------------------|-------|--|
| $IR_{rc}$                    | CÓMO'S |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | $IPR_r$ |       |       | $IPR_r$<br>No difuso |       |  |
| Riesgos                      | CT1    |     |     | CT2 |     |     | CT3 |     |     | CT4 |     |     | $IPR_r$ |       |       | $IPR_r$<br>No difuso |       |  |
|                              |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |                      |       |  |
| RT1                          | 2,8    | 3,8 | 4,8 | 6   | 7   | 8   | 1,6 | 2,6 | 3,6 | 5,2 | 6,2 | 7,2 | 106,4   | 188,8 | 305,5 |                      | 197,4 |  |
| RT2                          | 4      | 5   | 6   | 6,4 | 7,4 | 8,4 | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 6   | 7   | 8   | 121,5   | 209,9 | 333,5 |                      | 218,7 |  |
| RT4                          | 6      | 7   | 8   | 4   | 5   | 6   | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 123,4   | 212,6 | 337,4 |                      | 221,5 |  |
| RT5                          | 2,4    | 3,4 | 4,4 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 6,4 | 7,4 | 8,4 | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 105,1   | 187,8 | 305,0 |                      | 196,5 |  |
| RT6                          | 4,4    | 5,4 | 6,4 | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 4   | 5   | 6   | 0,8 | 1,8 | 2,8 | 71,4    | 139,2 | 238,8 |                      | 147,2 |  |
| RT7                          | 2,4    | 3,4 | 4,4 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 95,3    | 173,7 | 285,8 |                      | 182,1 |  |
| RT8                          | 1,2    | 2,2 | 3,2 | 0,8 | 1,8 | 2,8 | 1,6 | 2,6 | 3,6 | 0,8 | 1,8 | 2,8 | 29,8    | 80,7  | 160,3 |                      | 87,9  |  |
| RT12                         | 4      | 5   | 6   | 5,6 | 6,6 | 7,6 | 5,6 | 6,6 | 7,6 | 3,6 | 4,6 | 5,6 | 125,6   | 216,5 | 343,2 |                      | 225,5 |  |
| RT13                         | 2      | 3   | 4   | 2   | 3   | 4   | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 2   | 3   | 4   | 62,0    | 126,3 | 221,7 |                      | 134,1 |  |
| RT16                         | 3,2    | 4,2 | 5,2 | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 5,6 | 6,6 | 7,6 | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 84,6    | 158,6 | 265,5 |                      | 166,8 |  |
| RT17                         | 2,8    | 3,8 | 4,8 | 3,6 | 4,6 | 5,6 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 91,1    | 167,6 | 277,3 |                      | 175,9 |  |
| RT20                         | 3,2    | 4,2 | 5,2 | 1,6 | 2,6 | 3,6 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 62,7    | 127,1 | 222,6 |                      | 134,9 |  |
| RT21                         | 2      | 3   | 4   | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 2   | 3   | 4   | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 43,8    | 100,4 | 186,7 |                      | 107,8 |  |
| RT23                         | 0,8    | 1,8 | 2,8 | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 2   | 3   | 4   | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 50,9    | 110,7 | 200,7 |                      | 118,2 |  |
| RT24                         | 2,4    | 3,4 | 4,4 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 88,3    | 163,1 | 270,7 |                      | 171,3 |  |
| RT25                         | 1,6    | 2,6 | 3,6 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 77,5    | 148,3 | 251,4 |                      | 156,4 |  |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34.** Valores de  $IR_{rc}$  e  $IPR_r$  para el proceso de almacenamiento de AVU

| PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |                      |
|----------------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------|----------------------|
| $IR_{rc}$                        | CÓMO'S |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | $IPR_r$ |       |                      |
| Riesgos                          | CA1    |     |     | CA2 |     |     | CA3 |     |     | CA4 |     |     | CA5 |     |     | $IPR_r$ |       |                      |
|                                  |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       | $IPR_r$<br>No difuso |
| RA1                              | 2,8    | 3,8 | 4,8 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 2   | 3   | 4   | 110,6   | 196,4 | 317,4                |
| RA2                              | 2,4    | 3,4 | 4,4 | 5,6 | 6,6 | 7,6 | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 114,9   | 201,9 | 324,4                |
| RA4                              | 2,4    | 3,4 | 4,4 | 4,4 | 5,4 | 6,4 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 0,8 | 1,8 | 2,8 | 102,2   | 184,9 | 302,3                |
| RA5                              | 5,2    | 6,2 | 7,2 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 2,8 | 3,8 | 4,8 | 5,2 | 6,2 | 7,2 | 4   | 5   | 6   | 140,2   | 238,2 | 373,6                |
| RA6                              | 4      | 5   | 6   | 6,4 | 7,4 | 8,4 | 5,6 | 6,6 | 7,6 | 5,2 | 6,2 | 7,2 | 4,8 | 5,8 | 6,8 | 167,4   | 275,6 | 422,7                |

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.8 Consolidación del ranking de prioridad de los riesgos

Para la consolidación del ranking de prioridad de los riesgos de cada proceso, en primer orden fue necesario establecer los límites para identificar las zonas de prioridad sobre las cuales se van a ubicar los riesgos. Estas son “muy alta”, “alta”, “media”, “baja”, “muy baja”; y así poder identificar la urgencia de atención de cada riesgo.

Para establecer estos límites, se hizo el cálculo para cada uno de los procesos, asignando el valor de impacto correspondiente a la zona frente a todos los objetivos estratégicos o Cómo's, y de esta manera obtener el valor de  $IR_{rc}$  de cada zona y posteriormente obtener los valores de  $IPR_r$  y su valor no difuso.

Los valores resultantes al realizar los cálculos correspondientes pueden apreciarse en las Tablas 35, 36 y 37.

**Tabla 35.** Límites del ranking para el proceso de recolección de AVU

| PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU |    |         |       |       |                      |
|-------------------------------|----|---------|-------|-------|----------------------|
| Límites                       |    | $IPR_r$ |       |       | $IPR_r$<br>No difuso |
| Muy alta                      | MA | 199,6   | 323,9 | 490,2 | 334,4                |
| Alta                          | A  | 149,7   | 251,9 | 392,2 | 261,4                |
| Media                         | M  | 99,8    | 179,9 | 294,1 | 188,4                |
| Baja                          | B  | 49,9    | 108,0 | 196,1 | 115,5                |
| Muy baja                      | MB | 0,0     | 36,0  | 98,0  | 42,5                 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36.** Límites del ranking para el proceso de transporte de AVU

| PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU |    |         |       |       |                      |
|------------------------------|----|---------|-------|-------|----------------------|
| Límites                      |    | $IPR_r$ |       |       | $IPR_r$<br>No difuso |
| Muy alta                     | MA | 218,6   | 347,1 | 518,2 | 357,8                |
| Alta                         | A  | 163,9   | 270,0 | 414,6 | 279,6                |
| Media                        | M  | 109,3   | 192,9 | 310,9 | 201,5                |
| Baja                         | B  | 54,6    | 115,7 | 207,3 | 123,3                |
| Muy baja                     | MB | 0,0     | 38,6  | 103,6 | 45,2                 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37.** Límites del ranking para el proceso de almacenamiento de AVU

| PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU |    |         |       |       |                      |
|----------------------------------|----|---------|-------|-------|----------------------|
| Límites                          |    | $IPR_r$ |       |       | $IPR_r$<br>No difuso |
| Muy alta                         | MA | 252,4   | 394,5 | 581,1 | 405,6                |
| Alta                             | A  | 189,3   | 306,8 | 464,9 | 317,0                |
| Media                            | M  | 126,2   | 219,2 | 348,7 | 228,3                |
| Baja                             | B  | 63,1    | 131,5 | 232,4 | 139,6                |
| Muy baja                         | MB | 0,0     | 43,8  | 116,2 | 51,0                 |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para generar los rankings, los cuales se encuentran en las Tablas 38, 39 y 40, los riesgos se ordenaron de mayor a menor según su valor de índice de prioridad junto con los valores de los límites.

**Tabla 38.** Ranking de prioridad de riesgos del proceso de recolección de AVU

| RECOLECCIÓN |                                                      |               |
|-------------|------------------------------------------------------|---------------|
| ID          | DESCRIPCIÓN                                          | $IPR_r$       |
| <b>A</b>    | <b>Alto</b>                                          | <b>261,41</b> |
| RR14        | Competencia con recolectores informales              | 224,01        |
| RR9         | Problemas de comunicación con proveedores            | 208,98        |
| RR5         | Incumplimiento de requerimientos del AVU             | 188,83        |
| <b>M</b>    | <b>Medio</b>                                         | <b>188,44</b> |
| RR8         | Incumplimiento de entrega por parte del proveedor    | 165,95        |
| RR13        | Baja tasa de reciclaje                               | 165,31        |
| RR12        | Insuficiente capacidad de recolección (en vehículos) | 165,11        |
| RR2         | Derrame de AVU                                       | 153,48        |
| RR7         | Deterioro de contenedores                            | 145,81        |
| RR11        | Robo de contenedores, envases                        | 132,79        |
| RR6         | Contenedores al límite de capacidad                  | 121,29        |
| <b>B</b>    | <b>Bajo</b>                                          | <b>115,47</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39.** Ranking de prioridad de riesgos del proceso de transporte de AVU

| TRANSPORTE |                                                                    |                        |
|------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------|
| ID         | DESCRIPCIÓN                                                        | <i>IPR<sub>r</sub></i> |
| <b>A</b>   | <b>Alto</b>                                                        | <b>279,62</b>          |
| RT12       | Vías en mal estado                                                 | 225,46                 |
| RT4        | Fallas mecánicas del vehículo                                      | 221,52                 |
| RT2        | Derrame de AVU                                                     | 218,70                 |
| <b>M</b>   | <b>Medio</b>                                                       | <b>201,48</b>          |
| RT1        | Goteos o Fugas de AVU                                              | 197,38                 |
| RT5        | Impericia del conductor                                            | 196,46                 |
| RT7        | Accidente de tránsito                                              | 182,14                 |
| RT17       | Incumplimiento de normativas para el transporte de AVU             | 175,88                 |
| RT24       | Inadecuada manipulación del producto                               | 171,30                 |
| RT16       | Incumplimiento de normas de tránsito                               | 166,84                 |
| RT25       | Inadecuada distribución de recipientes en el vehículo              | 156,36                 |
| RT6        | Problemas con documentación del vehículo                           | 147,17                 |
| RT20       | Alza en el costo del combustible                                   | 134,90                 |
| RT13       | Congestión vehicular                                               | 134,08                 |
| <b>B</b>   | <b>Bajo</b>                                                        | <b>123,34</b>          |
| RT23       | Incumplimiento por parte de la empresa de transporte subcontratada | 118,23                 |
| RT21       | Agotamiento de combustible                                         | 107,82                 |
| RT8        | Criminalidad                                                       | 87,90                  |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40.** Ranking de prioridad de riesgos del proceso de almacenamiento de AVU

| ALMACENAMIENTO |                                    |                        |
|----------------|------------------------------------|------------------------|
| ID             | DESCRIPCIÓN                        | <i>IPR<sub>r</sub></i> |
| <b>A</b>       | <b>Alto</b>                        | <b>316,96</b>          |
| RA6            | Incorrecto almacenamiento          | 285,32                 |
| RA5            | Deterioro de recipientes o tanques | 247,56                 |
| <b>M</b>       | <b>Medio</b>                       | <b>228,30</b>          |
| RA2            | Derrame de AVU                     | 210,80                 |
| RA1            | Goteos o Fugas de AVU              | 205,18                 |
| RA4            | Contaminación del AVU              | 193,56                 |
| <b>B</b>       | <b>Bajo</b>                        | <b>139,64</b>          |

Fuente: Elaboración propia

Entonces, conociendo los rankings de prioridad de los riesgos, se puede observar que se tienen 8 riesgos con alta prioridad de atención, distribuidos así: 3 en el proceso de recolección, 3 en el proceso de transporte y 2 en el proceso de almacenamiento. Del mismo modo, se identifica que 20 de los riesgos se encuentran ubicados en la zona de prioridad media, 7 riesgos en el proceso de recolección, 10 riesgos en el proceso de transporte y 3 en el proceso de almacenamiento.

Se logra apreciar, además, que ningún riesgo se ubicó dentro de la zona de riesgo muy alta y que, de los 31 riesgos considerados para la priorización, únicamente 3 tienen una prioridad baja y estos se encuentran en el proceso de transporte. Aquí se tiene en cuenta que fue en este proceso en el que se identificaron el mayor número de riesgos, en comparación con los demás.

Un aspecto importante para remarcar es que en cada uno de los procesos se identificó un riesgo con un nivel de prioridad considerablemente más alto que los demás y que en cuanto a este se notó una afinidad en la opinión de los miembros del equipo evaluador.

Para el proceso de recolección, fue el riesgo de “competencia con recolectores informales”, del cual los involucrados en la evaluación expresaron gran preocupación porque entre estos se encuentra el mercado negro, que viola todas las medidas de salud y pone en riesgo a las personas que consumen este aceite.

Para el proceso de transporte, el riesgo de “vías en mal estado” mostró con diferencia una mayor prioridad de atención la cual puede causar la pérdida parcial o total del producto, así como la contaminación de este, por lo cual las organizaciones deben actuar tomando vías alternas o reduciendo la velocidad.

Por último, para el proceso de almacenamiento se detectó que el riesgo con mayor índice de prioridad es el del “incorrecto almacenamiento del producto”, del cual los participantes manifestaron que un mal almacenamiento puede causar que el producto se pierda, además, que de la materialización de este se puede desencadenar la de muchos otros riesgos que pueden afectar de gran manera a la operación del proceso.

Los resultados de este capítulo permitieron reconocer de manera más clara la prioridad de los riesgos identificados, lo cual ayudará a los involucrados en los distintos procesos de gestión de AVU analizados, a realizar planes de acción para controlar o mitigar desde los riesgos más críticos, teniendo en cuenta que estos son los que en mayor medida afectarían el cumplimiento de los objetivos, hasta los riesgos de menor criticidad hoy presentes en las compañías.

## CONCLUSIONES

Mediante la investigación realizada para la caracterización de la red logística inversa para la recuperación de aceite vegetal usado, se logró determinar que esta cadena se encuentra conformada por cinco eslabones, de los cuáles el primer eslabón corresponde a la generación de AVU, luego se encuentra el eslabón de recolección, transporte y almacenamiento, seguido del eslabón de tratamiento, y finalmente los eslabones de distribución y de aprovechamiento de las industrias. Se observó que la mayor parte de las organizaciones que desempeñan este proceso son pequeñas y emergentes y sólo se desenvuelven dentro del eslabón de recolección, transporte y almacenamiento de AVU, ya que no cuentan con grandes recursos económicos y las actividades correspondientes a este eslabón no exigen una gran fortaleza en este ámbito como sí lo hacen los eslabones de tratamiento y distribución.

Desde la literatura, se lograron identificar 50 riesgos operacionales existentes en los distintos procesos dentro de la cadena de recuperación de AVU. La participación de las distintas empresas en esta fase de identificación fue primordial, ya que brindó la posibilidad de determinar la probabilidad y el impacto de los riesgos identificados. Para efectos de una mejor visualización, comparación y análisis de los riesgos, la matriz de criticidad probabilidad-impacto fue una herramienta útil, ayudando así a determinar la conveniencia de tenerlos o no en cuenta como datos de ingreso para la aplicación de la herramienta de priorización.

La herramienta de despliegue de la función de la calidad con aplicación de la teoría difusa permitió de manera eficiente priorizar los riesgos teniendo en cuenta el impacto que tienen sobre los objetivos estratégicos de su proceso específico. Al realizar la ejecución de la herramienta se establecieron 8 riesgos de prioridad alta lo que representa el 25,8% de los riesgos seleccionados para la priorización. Estos son, para el proceso de recolección, “la competencia con recolectores informales”, “los problemas de comunicación con proveedores” y “el incumplimiento de requerimientos de AVU”; referente al proceso de transporte de AVU, los riesgos que tienen alta prioridad de atención son los de “vías en mal estado”, “fallas mecánicas del vehículo” y “derrame de AVU” y finalmente, para el de almacenamiento, “el incorrecto almacenamiento”, y “el deterioro de recipientes o tanques” se encuentran en la zona de prioridad alta. Estos riesgos requieren una atención inmediata ya que afectan en mayor medida el cumplimiento de los objetivos de cada proceso.

Por lo anterior, se evidencia la necesidad de que las organizaciones que se encuentran desempeñando actividades de recuperación de AVU consideren la mitigación de estos riesgos como objetivos de mejora, mediante un proceso de estudio de estos donde se identifiquen cuáles pueden ser sus causas y se logre establecer de una manera sistemática y eficiente los planes de acción para cada uno y de esta manera sea posible obtener una mayor estabilidad y seguridad en las operaciones de estas organizaciones.

## REFERENCIAS

- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2006). A fuzzy-QFD approach to supplier selection. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 12(1), 14–27.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson Educación.
- CLI. (2010). *Riesgo en cadena de abastecimiento*. Recuperado de <http://www.icesi.edu.co/blogs/bitacorariesgointegral1010/files/2010/11/gestion-de-riesgos-en-la-sch.pdf>.
- Croitoru, I. (2014). OPERATIONAL RISK. Management and Monitoring. *Internal Auditing & Risk Management*, 4(36), 21–32.
- DAFP, D. A. de la F. P. (2018). *Guía para la administración del riesgo y el diseño de controles en entidades públicas*.
- Ding, J. (2009). Applying fuzzy quality function deployment (QFD) to identify solutions of service delivery system for port of Kaohsiung. *Quality & Quantity*, (43), 553–570.
- Echavarría Mejía, J. I. (2012). Aceites vegetales usados y principios del derecho ambiental. *Ambiente Jurídico*, 66–85.
- Facchinetti, G., Ricci, R. G., & Muzzioli, S. (n.d.). *Note on Ranking Fuzzy Triangular Numbers*.
- Garrido, V., & Patiño, G. (2017). *Diseño de una red logística inversa para la recolección de aceite vegetal usado en Guadalajara de Buga* (tesis de pregrado). Universidad del Valle, Guadalajara de Buga, Colombia.
- Gómez Montoya, R. A. (2010). Logística inversa un proceso de impacto ambiental y productividad. *Producción + Limpia*, 5(2), 63–76.
- Gorzeń-Mitka, I. (2013). Risk Identification Tools - Polish MSMEs Companies Practices. *Problems of Management in the 21st Century*, 7(2013), 6–11.
- Graciano, L., Reboursin, M., & Pertusati, E. (2014). *Cadena De Abastecimiento De Ciclo Cerrado Aplicada Al Reciclaje De Aceites Vegetales Usados* (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Hatzisymeon, M., Kamenopoulos, S., & Tsoutsos, T. (2019). Risk assessment of the life-cycle of the Used Cooking Oil-to-biodiesel supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 217, 836–843.
- Jiménez Carabalí, V. J. (2011). *Metodología multicriterio para la configuración de cadenas de suministro en ambientes de incertidumbre* (tesis de maestría). Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible. Resolución 0316 de 2018 (2018). Recuperado de <http://www.andi.com.co/Uploads/Resoluci%C3%B3n%20316%20de%202018-.pdf>.
- Nallusamy, S., & Ambedkar, P. (2015). Analysis and Ranking of Critical Supply Chain Risk Factors in Small & Medium Scale Industries Using QFD.



- Advanced Engineering Forum*, 14, 67–75.
- Orjuela, J., & Chavarrio, I. (2011). Caracterización de la cadena de abastecimiento de Panela para la provincia de Bajo Magdalena – Cundinamarca. *Ingeniería*, 16(2), 107–124.
- Osorio-Gómez, J. C., Manotas-Duque, D. F., Rivera-Cadavid, L., & Canales-Valdiviezo, I. (2018). Operational Risk Prioritization in Supply Chain with 3PL Using Fuzzy-QFD. In *New Perspectives on Applied Industrial Tools and Techniques, Management and Industrial Engineering*. (pp. 91–109). © Springer International Publishing AG.
- Osorio, J., Manotas, D., & Rivera, L. (2017). Priorización de Riesgos Operacionales para un Proveedor de Tercera Parte Logística - 3PL. *Información Tecnológica*, 28(4), 135–144.
- Pastrana-Jaramillo, C. A., & Osorio-Gómez, J. C. (2019). Operational risk management in a retail company. *Research in Computing Science*, 148(4), 57–66.
- Ramos, J., Manotas, D., & Osorio, J. (2019). Operational supply chain risk identification and prioritization using the SCOR model. *Ingeniería y Universidad: Engineering for Development*, 23(1), 1–19.
- Rincón Vija, L. A. (2018). *Reutilización de aceites de cocina usados en la producción de aceites epoxidados* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- SDA, S. D. de A. (2011). *Manual de normas y procedimientos para la gestión de aceites usados*. Recuperado de <http://ambientebogota.gov.co/aceitesusados>.
- SENADO. PROYECTO DE LEY No. 061 de 2014 (2014). Recuperado de: <http://leyes.senado.gov.co/proyectos/index.php/textos-radicados-senado/proyectos-de-ley-2014-2015/334-proyecto-de-ley-061-de-2014>.
- Yang, Q., Chin, K., & Li, Y. (2018). A quality function deployment-based framework for the risk management of hazardous material transportation process. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 52, 81–92.
- Zubair, M., & Mufti, N. A. (2015). Identification and Assessment of Supply Chain Risks Associated with Dairy Products Sector. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 11, 167–175.
- Zucatto, L. C., Welle, I., & Nunes da Silva, T. (2013). Cadena reversa del aceite de cocina: coordinación, estructura y aspectos relacionales. *Revista de Administración de Empresas*, 53(5), 442–453.

## ANEXOS

### Anexo 1. Cuestionario identificación de riesgos operacionales



## Identificación de Riesgos Operacionales en la Gestión de Aceite Vegetal Usado (AVU)

El presente cuestionario tiene como propósito la identificación de los riesgos operacionales presentes en los procesos de recolección, transporte y almacenamiento del Aceite Vegetal Usado (AVU), así como su impacto y probabilidad de ocurrencia. Este se encuentra dividido en tres secciones principales correspondientes a los procesos mencionados.

De antemano, agradecemos su tiempo y apoyo al presente trabajo, el cual se lleva a cabo con fines académicos. Si tiene algún comentario extra respecto del presente cuestionario, puede hacerlo al finalizar.

**\*Obligatorio**

### Información Preliminar

Nombre \*

Tu respuesta

Ciudad \*

Tu respuesta

Empresa o Fundación \*

Tu respuesta

Cargo dentro de la Entidad

Tu respuesta

Siguiente

Página 1 de 15

1° SECCIÓN: RECOLECCIÓN DE AVU

¿Tiene usted conocimiento acerca del proceso de Recolección de AVU? \*

El proceso de Recolección de AVU incluye las actividades de: contacto con los proveedores del AVU, el acuerdo de fecha, hora y lugar para la recolección, así como la facilitación de recipientes para el almacenaje de AVU en la fuente.

☐ Sí

☐ No

Atrás

Siguiente

Página 2 de 15

## RECOLECCIÓN DE AVU

A continuación, se mostrarán algunos de los riesgos que han sido identificados previamente en el proceso de recolección de AVU. Le solicitamos indicar, de acuerdo a su conocimiento y experiencia, si este es un riesgo que afecta o no el proceso mencionado.

Posteriormente, si el riesgo afecta el proceso, solicitamos indicar la probabilidad de ocurrencia, así como el impacto de este riesgo en el proceso, en caso de que se llegue a materializar.

NOTA: Si el riesgo No afecta el proceso, continuar con el siguiente riesgo.

1/2

### RR1 - Goteos o Fugas de AVU

¿Considera que el riesgo de 'Goteos o Fugas de AVU' afecta el proceso de recolección de AVU? \*

☐ Sí

☐ No

Si aplica, seleccione la probabilidad de ocurrencia y el Impacto del riesgo en el proceso de recolección de AVU

|                            | 1- Muy Bajo           | 2- Bajo               | 3- Medio              | 4- Alto               | 5- Muy alto           |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Probabilidad de Ocurrencia | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Impacto                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

RR2 - Derrame de AVU

RR3 - Incendio

RR4 - Contaminación del AVU

RR5 - Incumplimiento de requerimientos del AVU

RR6 - Contenedores al límite de capacidad

RR7 - Deterioro de contenedores

RR8 - Incumplimiento de entrega por parte del proveedor

RR9 - Problemas de comunicación con proveedores

RR10 - Dificultad de acceso a zona de recolección

RR11 - Robo de contenedores, envases

RR12 - Insuficiente capacidad de recolección (en vehículos)

RR13 - Baja tasa de reciclaje

RR14 - Competencia con recolectores informales

### Otros Riesgos en el proceso de Recolección

¿Considera que existen otros riesgos que pueden afectar el proceso de Recolección de AVU, que NO se mencionaron anteriormente? \*

- ☐ Sí
- ☐ No

Si su respuesta es afirmativa, por favor, indique qué otros riesgos identifica en el proceso de Recolección de AVU

De la manera más atenta, le solicitamos indicar en su descripción, la Probabilidad de ocurrencia [P] y el Impacto [I] de los riesgos que mencionará, de acuerdo con la escala que se ha trabajado anteriormente (entre '1=muy bajo' a '5=muy alto').

Tu respuesta

---

Atrás

Siguiente

 Página 5 de 15

### 2° SECCIÓN: TRANSPORTE DE AVU

¿Tiene usted conocimiento acerca del proceso de Transporte de AVU? \*

En este proceso, los recipientes recolectados de cada punto de acopio (tienda) o negocio son llevados en un vehículo dispuesto por la compañía hasta un centro de consolidación o área de almacenamiento.

- ☐ Sí
- ☐ No

Atrás

Siguiente

 Página 6 de 15

## TRANSPORTE DE AVU

A continuación, se mostrarán algunos de los riesgos que han sido identificados previamente en el proceso de transporte de AVU. Le solicitamos indicar, de acuerdo a su conocimiento y experiencia, si este es un riesgo que afecta o no el proceso mencionado.

Posteriormente, si el riesgo afecta el proceso, solicitamos indicar la probabilidad de ocurrencia, así como el impacto de este riesgo en el proceso, en caso de que se llegue a materializar.

NOTA: Si el riesgo No afecta el proceso, continuar con el siguiente riesgo.

1/3

### RT1 - Goteos o Fugas de AVU

¿Considera que el riesgo de 'Goteos o Fugas de AVU' afecta el proceso de transporte de AVU? \*

☐ Sí

☐ No

Si aplica, seleccione la probabilidad de ocurrencia y el Impacto del riesgo en el proceso de transporte de AVU

|                            | 1- Muy Bajo           | 2- Bajo               | 3- Medio              | 4- Alto               | 5- Muy alto           |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Probabilidad de Ocurrencia | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Impacto                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

RT2 - Derrame de AVU

RT3 - Incendio

RT4 - Fallas mecánicas del vehículo

RT5 - Impericia del conductor

RT6 - Problemas con documentación del vehículo

RT7 - Accidente de tránsito

RT8 - Criminalidad

RT9 - Manifestaciones públicas

RT10 - Demora por inspección de tránsito

RT11 - Desastres en la vía

RT12 - Vías en mal estado

RT13 - Congestión vehicular



RT14 - Malas condiciones climáticas

RT15 - Temblor (u otro fenómeno natural)

RT16 - Incumplimiento de normas de tránsito

RT17 - Incumplimiento de normativas para el transporte de AVU

RT18 - Capacidad limitada del vehículo

RT19 - Dificultades de comunicación del transportador

RT20 - Alza en el costo del combustible

RT21 - Agotamiento de combustible

RT22 - Dificultades para encontrar la dirección del proveedor

RT23 - Incumplimiento por parte de la empresa de transporte subcontratada  
Si aplica.

RT24 - Inadecuada manipulación del producto

RT25 - Inadecuada distribución de recipientes en el vehículo

### Otros Riesgos en el proceso de Transporte

¿Considera que existen otros riesgos que pueden afectar el proceso de Transporte de AVU, que NO se mencionaron anteriormente? \*

- ☐ Sí
- ☐ No

Si su respuesta es afirmativa, por favor, indique qué otros riesgos identifica en el proceso de Transporte de AVU

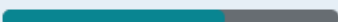
De la manera más atenta, le solicitamos indicar en su descripción, la Probabilidad de ocurrencia [P] y el Impacto [I] de los riesgos que mencionará, de acuerdo con la escala que se ha trabajado anteriormente (entre '1=muy bajo' a '5=muy alto').

Tu respuesta

---

Atrás

Siguiente

 Página 10 de 15

### 3ª SECCIÓN: ALMACENAMIENTO DE AVU

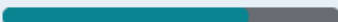
¿Tiene usted conocimiento acerca del proceso de Almacenamiento de AVU? \*

En este proceso, los recipientes recolectados se guardan en un almacén y/o en algunos casos el AVU es vertido en tanques donde se almacena hasta ser requerido en un siguiente proceso (de tratamiento o aprovechamiento).

- ☐ Sí
- ☐ No

Atrás

Siguiente

 Página 11 de 15

## ALMACENAMIENTO DE AVU

A continuación, se mostrarán algunos de los riesgos que han sido identificados previamente en el proceso de almacenamiento de AVU. Le solicitamos indicar, de acuerdo a su conocimiento y experiencia, si este es un riesgo que afecta o no el proceso mencionado.

Posteriormente, si el riesgo afecta el proceso, solicitamos indicar la probabilidad de ocurrencia, así como el impacto de este riesgo en el proceso, en caso de que se llegue a materializar.

NOTA: Si el riesgo No afecta el proceso, continuar con el siguiente riesgo.

1/2

### RA1 - Goteos o Fugas de AVU

¿Considera que el riesgo de 'Goteos o Fugas de AVU' afecta el proceso de almacenamiento de AVU? \*

☐ Sí

☐ No

Si aplica, seleccione la probabilidad de ocurrencia y el Impacto del riesgo en el proceso de almacenamiento de AVU

|                            | 1- Muy Bajo           | 2- Bajo               | 3- Medio              | 4- Alto               | 5- Muy alto           |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Probabilidad de Ocurrencia | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Impacto                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**RA2 - Derrame de AVU**

**RA3 - Incendio**

**RA4 - Contaminación del AVU**

**RA5 - Deterioro de recipientes o tanques**

**RA6 - Incorrecto almacenamiento**

Este riesgo puede hacer referencia a un mal sellado de los recipientes; una inadecuada distribución de los mismos en el espacio de almacenaje, etc.

**RA7 - Robo de recipientes**

**RA8 - Exceso del tiempo máximo permitido de almacenaje del AVU**

**RA9 - Obstrucción de tuberías**

Si aplica.

**RA10 - Inundaciones**

**RA11 - Temblor (u otro fenómeno natural)**

### Otros riesgos en el proceso de Almacenamiento

¿Considera que existen otros riesgos que pueden afectar el proceso de Almacenamiento de AVU, que NO se mencionaron anteriormente? \*

- ☐ Sí
- ☐ No

Si su respuesta es afirmativa, por favor, indique qué otros riesgos identifica en el proceso de Almacenamiento de AVU

De la manera más atenta, le solicitamos indicar en su descripción, la Probabilidad de ocurrencia [P] y el Impacto [I] de los riesgos que mencionará, de acuerdo con la escala que se ha trabajado anteriormente (entre '1=muy bajo' a '5=muy alto').

Tu respuesta

---

Atrás

Siguiente



Página 14 de 15

### Hemos finalizado!

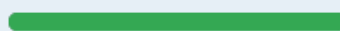
Por último, nos gustaría saber si tiene alguna observación extra respecto del presente cuestionario.

Tu respuesta

---

Atrás

Enviar



Página 15 de 15

## Anexo 2. formato entrevista identificación de los “qué’s”

### GESTIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES EN UNA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DE ACEITE VEGETAL USADO (AVU)

Nombre:  
Empresa:

Cargo:  
Fecha:

#### Determinación de los "Qué's"

Busca determinar cuáles son los *deseos de los expertos* frente a cada uno de los procesos

#### PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU

El proceso de Recolección de AVU incluye las actividades de: contacto con los proveedores del AVU, el acuerdo de fecha, hora y lugar para la recolección, así como la facilitación de recipientes para el almacenaje de AVU en la fuente.

*¿Cuáles son los deseos que se tienen frente al proceso de recolección de AVU?*

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

#### PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU

En este proceso, los recipientes recolectados de cada punto de acopio (tienda) o negocio son llevados en un vehículo dispuesto por la compañía hasta un centro de consolidación o área de almacenamiento.

*¿Cuáles son los deseos que se tienen frente al proceso de transporte de AVU?*

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

#### PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU

En este proceso, los recipientes recolectados se guardan en un almacén y/o en algunos casos el AVU es vertido en tanques donde se almacena hasta ser requerido en un siguiente proceso (de tratamiento o aprovechamiento).

*¿Cuáles son los deseos que se tienen frente al proceso de almacenamiento de AVU?*

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Observaciones:

### Anexo 3. Formato entrevista identificación de los “cómo’s”

#### GESTIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES EN UNA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DE ACEITE VEGETAL USADO (AVU)

##### Determinación de los "Cómo's"

Busca saber cuáles son los *objetivos estratégicos* de la compañía en relación con cada uno de los procesos

##### PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU

El proceso de Recolección de AVU incluye las actividades de: contacto con los proveedores del AVU, el acuerdo de fecha, hora y lugar para la recolección, así como la facilitación de recipientes para el almacenaje de AVU en la fuente.

**¿Cuáles son los objetivos estratégicos que se tienen frente al proceso de recolección de AVU?**

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

##### PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU

En este proceso, los recipientes recolectados de cada punto de acopio (tienda) o negocio son llevados en un vehículo dispuesto por la compañía hasta un centro de consolidación o área de almacenamiento.

**¿Cuáles son los objetivos estratégicos que se tienen frente al proceso de transporte de AVU?**

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

##### PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU

En este proceso, los recipientes recolectados se guardan en un almacén y/o en algunos casos el AVU es vertido en tanques donde se almacena hasta ser requerido en un siguiente proceso (de tratamiento o aprovechamiento).

**¿Cuáles son los objetivos estratégicos que se tienen frente al proceso de almacenamiento de AVU?**

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Observaciones:

#### Anexo 4. Cuestionario importancia relativa de los “qué’s”

##### GESTIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES EN UNA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DE ACEITE VEGETAL USADO (AVU)

Nombre:

Cargo:

Empresa:

Fecha:

#### Importancia relativa de los Deseos frente a cada proceso

Los miembros del equipo evaluador deben dar una calificación de **importancia** a cada deseo relacionado a cada proceso.

Para este cuestionario conteste: **MUY BAJA (MB); BAJA (B); MEDIA (M); ALTA (A); MUY ALTA (MA)**

#### PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU

¿Cuál es la importancia de cada uno de los deseos frente al proceso de recolección de AVU?

| Deseos                                        | Peso |
|-----------------------------------------------|------|
| El AVU cuenta con condiciones requeridas      |      |
| El AVU se entrega almacenado correctamente    |      |
| Disponibilidad de proveedores para la entrega |      |
| Recolección de la mayor cantidad de AVU       |      |

#### PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU

¿Cuál es la importancia de cada uno de los deseos frente al proceso de transporte de AVU?

| Deseos                                  | Peso |
|-----------------------------------------|------|
| Suficiente capacidad para el transporte |      |
| Evitar derrames y pérdida del producto  |      |
| Prevenir robos de bidones               |      |
| Impedir la contaminación del producto   |      |

#### PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU

¿Cuál es la importancia de cada uno de los deseos frente al proceso de almacenamiento de AVU?

| Deseos                                   | Peso |
|------------------------------------------|------|
| El AVU se preserva en buen estado        |      |
| El producto no se contamina              |      |
| Gran cantidad de AVU almacenado          |      |
| Los recipientes conservan un buen estado |      |

Observaciones:



## Anexo 5. Formato cuestionario relación “qué’s” - “cómo’s”

### GESTIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES EN UNA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DE ACEITE VEGETAL USADO (AVU)

Nombre:

Cargo:

Empresa:

Fecha:

#### Relación entre los Deseos y los Objetivos de cada proceso

Los miembros del equipo evaluador deben determinar la relación entre los deseos para cada proceso y los objetivos estratégicos. Por favor califique la relación entre los deseos y los objetivos de cada proceso

Para este cuestionario conteste: **MUY BAJA (MB); BAJA (B); MEDIA (M); ALTA (A); MUY ALTA (MA)**

#### PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU

| DESEOS (QUÉ'S)                                | OBJETIVOS (CÓMO'S)          |                                   |                                              |                               |                                              |
|-----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|
|                                               | Contactar a más proveedores | Ofrecer variedad en retribuciones | Comunicar los requerimientos de manera clara | Proporcionar bidones estándar | Poner a disposición varias formas de entrega |
| El AVU cuenta con condiciones requeridas      |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| El AVU se entrega almacenado correctamente    |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| Disponibilidad de proveedores para la entrega |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| Recolección de la mayor cantidad de AVU       |                             |                                   |                                              |                               |                                              |

#### PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU

| DESEOS (QUÉ'S)                          | OBJETIVOS (CÓMO'S)                 |                                       |                                             |                                                       |
|-----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                         | Contar con los vehículos adecuados | Tener control de derrames en vehículo | Asegurar prácticas de conducción apropiadas | Verificar el correcto estado y disposición de bidones |
| Suficiente capacidad para el transporte |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| Evitar derrames y pérdida del producto  |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| Prevenir robos de bidones               |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| Impedir la contaminación del producto   |                                    |                                       |                                             |                                                       |

#### PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU

| DESEOS (QUÉ'S)                           | OBJETIVOS (CÓMO'S)                       |                                      |                                                        |                                                     |                                            |
|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                          | Controlar el tiempo máximo de almacenaje | Almacenar bidones de manera adecuada | Evitar la exposición del producto a altas temperaturas | Asegurar condiciones de higiene y control de plagas | Contar con capacidad de almacén suficiente |
| El AVU se preserva en buen estado        |                                          |                                      |                                                        |                                                     |                                            |
| El producto no se contamina              |                                          |                                      |                                                        |                                                     |                                            |
| Gran cantidad de AVU almacenado          |                                          |                                      |                                                        |                                                     |                                            |
| Los recipientes conservan un buen estado |                                          |                                      |                                                        |                                                     |                                            |

Observaciones:

## Anexo 6. Formato cuestionario impacto de los riesgos sobre los “cómo’s”

### GESTIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES EN UNA RED LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECUPERACIÓN DE ACEITE VEGETAL USADO (AVU)

Nombre:

Cargo:

Empresa:

Fecha:

#### Relación entre los Riesgos y los Objetivos del proceso

Los integrantes del equipo evaluador deben determinar cuál es el impacto de los riesgos sobre los objetivos estratégicos. Por favor califique **el impacto de cada riesgo sobre cada objetivo** para cada proceso.

Para este cuestionario conteste: **MUY BAJO (MB); BAJO (B); MEDIO (M); ALTO (A); MUY ALTO (MA)**

#### PROCESO DE RECOLECCIÓN DE AVU

| Riesgos |                                                      | OBJETIVOS (COMO'S)          |                                   |                                              |                               |                                              |
|---------|------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|
|         |                                                      | Contactar a más proveedores | Ofrecer variedad en retribuciones | Comunicar los requerimientos de manera clara | Proporcionar bidones estándar | Poner a disposición varias formas de entrega |
| RR2     | Derrame de AVU                                       |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| RR5     | Incumplimiento de requerimientos del AVU             |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| RR6     | Contenedores al límite de capacidad                  |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| RR7     | Deterioro de contenedores                            |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| RR8     | Incumplimiento de entrega por parte del proveedor    |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| RR9     | Problemas de comunicación con proveedores            |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| RR11    | Robo de contenedores, envases                        |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| RR12    | Insuficiente capacidad de recolección (en vehículos) |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| RR13    | Baja tasa de reciclaje                               |                             |                                   |                                              |                               |                                              |
| RR14    | Competencia con recolectores informales              |                             |                                   |                                              |                               |                                              |

### PROCESO DE TRANSPORTE DE AVU

| Riesgos |                                                                    | OBJETIVOS (COMO'S)                 |                                       |                                             |                                                       |
|---------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|         |                                                                    | Contar con los vehículos adecuados | Tener control de derrames en vehículo | Asegurar prácticas de conducción apropiadas | Verificar el correcto estado y disposición de bidones |
| RT1     | Goteos o Fugas de AVU                                              |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT2     | Derrame de AVU                                                     |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT4     | Fallas mecánicas del vehículo                                      |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT5     | Impericia del conductor                                            |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT6     | Problemas con documentación del vehículo                           |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT7     | Accidente de tránsito                                              |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT8     | Criminalidad                                                       |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT12    | Vías en mal estado                                                 |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT13    | Congestión vehicular                                               |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT16    | Incumplimiento de normas de tránsito                               |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT17    | Incumplimiento de normativas para el transporte de AVU             |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT20    | Alza en el costo del combustible                                   |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT21    | Agotamiento de combustible                                         |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT23    | Incumplimiento por parte de la empresa de transporte subcontratada |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT24    | Inadecuada manipulación del producto                               |                                    |                                       |                                             |                                                       |
| RT25    | Inadecuada distribución de recipientes en el vehículo              |                                    |                                       |                                             |                                                       |

### PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE AVU

| Riesgos |                                    | OBJETIVOS (COMO'S)                       |                                      |                                                        |                                                     |                                            |
|---------|------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|         |                                    | Controlar el tiempo máximo de almacenaje | Almacenar bidones de manera adecuada | Evitar la exposición del producto a altas temperaturas | Asegurar condiciones de higiene y control de plagas | Contar con capacidad de almacén suficiente |
| RA1     | Goteos o Fugas de AVU              |                                          |                                      |                                                        |                                                     |                                            |
| RA2     | Derrame de AVU                     |                                          |                                      |                                                        |                                                     |                                            |
| RA4     | Contaminación del AVU              |                                          |                                      |                                                        |                                                     |                                            |
| RA5     | Deterioro de recipientes o tanques |                                          |                                      |                                                        |                                                     |                                            |
| RA6     | Incorrecto almacenamiento          |                                          |                                      |                                                        |                                                     |                                            |

Observaciones: