

**PROPUESTA DE SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE
APROVECHAMIENTO PARA RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE
DE PLÁSTICO UTILIZANDO LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS
MULTICRITERIO AHP**

LUIS DAVID TORRES TORRES
KAREN XIMENA VALENCIA SOLÍS

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL, VALLE
2020

**PROPUESTA DE SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE
APROVECHAMIENTO PARA RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE
DE PLÁSTICO UTILIZANDO LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS
MULTICRITERIO AHP**

LUIS DAVID TORRES TORRES
KAREN XIMENA VALENCIA SOLÍS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Industrial

Directora
MSc. VIVIAN LORENA CHUD PANTOJA

Codirector
MSc. JULIÁN GONZALES VELAZCO

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL, VALLE
2020

Agradecimientos

A Dios, que es el centro de mi vida y me ha permitido llegar donde estoy.

A mi mamá, papá y hermanita por siempre estar apoyándome en todo.

Al resto de mi familia, los cuales me hacen sentir todos los días lo afortunada que soy.

A la cirujana Sonia Carrero y al Oncólogo Álvaro Gómez.

A mi compañero de trabajo de grado Luis David Torres.

A la Universidad del Valle, por aportar en mi formación profesional.

KAREN XIMENA VALENCIA SOLÍS

A Dios, por guiarme y permitirme llegar hasta este momento de mi vida.

A mi madre, mis tías, tíos y en especial a mi abuela, por ser la persona que me crío, que ha estado ahí en todos los procesos educativos y en el cumplimiento de cada una mis metas.

A todos mis amigos y compañeros de carrera, por sus compañía, alientos y motivación para ser una mejor persona.

A mi novia, por confiar en mí y brindarme su apoyo desde el momento que inicie este proceso.

A mi compañera de trabajo de grado Karen Ximena Valencia, por su paciencia y amistad durante toda la carrera.

A la Universidad del Valle, profesores, administrativos e instructores de Futsal por sus enseñanzas, conocimiento, apoyo y acogida en toda mi formación académica, deportiva y crecimiento personal.

A mi directora de trabajo de grado, por su dedicación esfuerzo, asesoría, comprensión y colaboración.

LUIS DAVID TORRES TORRES

Dedicatoria

A Dios.

A mi mamá Mery, mi papá Luis y mi hermanita Paola.

A mis abuelos, Pastora, Solís y Rosa.

A mis Tíos, Julio, Robinson, Miguel, Claudia, Ancizar y Jhon.

A mis primas, primos y sobrino.

KAREN XIMENA VALENCIA SOLÍS

A Dios.

A mi mamá Jamileth, a mi abuela Eloísa.

A toda mi familia.

A todos mis amigos y compañeros de carrera.

A mi compañera de trabajo de grado Karen Ximena Valencia.

A mi compañera de vida Melissa Libreros.

LUIS DAVID TORRES TORRES

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GENERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. MARCO TEÓRICO	17
3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS	17
3.1.1. Residuos sólidos hospitalarios	17
3.1.2. Clasificación y código CIIU	18
3.1.3. Tipos de residuos sólidos hospitalarios	18
3.1.4. Residuos sólidos hospitalarios a base de plástico	19
3.1.5. Tipos de plásticos	19
3.2. MARCO LEGAL DE LA GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS HOSPITALARIOS	20
3.3. LOGÍSTICA INVERSA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE DE PLÁSTICO	21
3.3.1. Definición de logística inversa	21
3.3.2. Procesos logísticos en la recuperación de valor de los residuos sólidos hospitalarios	22
3.3.3. Cadena logística de los residuos sólidos hospitalarios	23
3.4. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO	24
3.4.1. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)	24
4. IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE DE PLÁSTICO	29
4.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE ZARZAL	29
4.2. GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE DE PLÁSTICO EN ZARZAL	29

5.	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DECISIÓN	34
5.1.	CRITERIOS Y SUBCRITERIOS	34
5.1.1.	Definición de los criterios de decisión	35
5.1.2.	Definición de los subcriterios de decisión	37
5.2.	ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO	39
5.2.1.	Definición de las alternativas	40
6.	SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE DE PLÁSTICOS	41
6.1.	APLICACIÓN DE AHP	41
6.1.1.	Estructura jerárquica	42
6.1.2.	Juicio de los expertos	42
6.1.3.	Construcción de las matrices pareadas	44
6.1.4.	Consistencia del juicio de los expertos	45
6.1.5.	Ponderación del juicio de los expertos	49
6.1.6.	Resultados de selección de alternativas	50
7.	ANÁLISIS DE ESCENARIOS	54
7.1.	ESCENARIO 1. CRITERIOS Y SUBCRITERIOS CON EL MISMO PESO	54
7.2.	ESCENARIO 2. CRITERIOS CON PESOS ALEATORIOS	56
7.3.	ESCENARIO 3. SUBCRITERIOS CON PESOS ALEATORIOS	62
7.4.	RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS	65
8.	DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO SELECCIONADA	66
8.1.	BENEFICIOS DE LA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	67
	CONCLUSIONES	68
	FUTURAS INVESTIGACIONES	69
	BIBLIOGRAFÍA	70
	ANEXOS	74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marco legal de la gestión de residuos sólidos hospitalarios	20
Tabla 2. Escala de Saaty	26
Tabla 3. Valores de IR	28
Tabla 4. Principales generadores de residuos sólidos hospitalarios en el municipio de Zarzal	30
Tabla 5. Cantidad total mensual de residuos no peligrosos y peligrosos del Hospital San Rafael para el primer semestre del 2020	32
Tabla 6. Registro mensual de residuos generados para el primer semestre del 2020	33
Tabla 7. Criterios y subcriterios de decisión para la elección de la mejor alternativa de aprovechamiento	34
Tabla 8. Selección de expertos	43
Tabla 9. Matriz de comparación de los criterios	44
Tabla 10. Matriz de comparación de subcriterios	45
Tabla 11. Matriz de comparación de las alternativas	45
Tabla 12. Consistencia del juicio del Experto 1	46
Tabla 13. Consistencia del juicio del Experto 2	46
Tabla 14. Consistencia del juicio del Experto 3	47
Tabla 15. Consistencia del juicio del Experto 4	47
Tabla 16. Consistencia del juicio del Experto 5	48
Tabla 17. Validación consensuada del juicio de los expertos	50
Tabla 18. Matriz de comparación consensuada del juicio de los expertos	51
Tabla 19. Matriz normalizada del conjunto de los criterios	51
Tabla 20. Prioridad del conjunto de los criterios y subcriterios	52
Tabla 21. Pesos subcriterios	53
Tabla 22. Resultados de la evaluación de las alternativas de aprovechamiento	53
Tabla 23. Escenario 1. Criterios y subcriterios con el mismo peso	55
Tabla 24. Pesos escenario de aleatoriedad 1	57
Tabla 25. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 1	57

Tabla 26. Pesos escenario de aleatoriedad 2	58
Tabla 27. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 2	58
Tabla 28. Pesos escenario de aleatoriedad 3	59
Tabla 29. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 3	59
Tabla 30. Pesos escenario de aleatoriedad 4	60
Tabla 31. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 4	60
Tabla 32. Pesos escenario de aleatoriedad 5	61
Tabla 33. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 5	61
Tabla 34. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 6	62
Tabla 35. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 7	62
Tabla 36. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 8	63
Tabla 37. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 9	64
Tabla 38. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 10	64
Tabla 39. Resultados de los escenarios	65

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Clasificación de los residuos hospitalarios y similares	18
Ilustración 2. Flujo de la logística inversa	21
Ilustración 3. Nivel de recuperación de valor de los residuos	22
Ilustración 4. Cadena logística de los residuos sólidos hospitalarios aprovechables	23
Ilustración 5. Estructura jerárquica de AHP	25
Ilustración 6. Estructura jerárquica – aplicación de AHP	42
Ilustración 7. Función aleatoria en Excel	56
Ilustración 8. Pesos aleatorios de los criterios	56
Ilustración 9. Etapas del reciclaje mecánico post consumo	66

LISTA DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1. Cantidad mensual total de residuos aprovechables para el primer semestre del 2020

32

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formulario RH1	74
Anexo B. Solicitud de recolección de RESPEL	75
Anexo C. Consentimiento informado	76
Anexo D. Encuesta de comparación de criterios, subcriterios y alternativas	77

GLOSARIO

Aprovechamiento: recuperación eficiente de diferentes materiales presentes en los desechos, la cual puede realizarse mediante la reutilización, el reciclaje, la incineración con generación de energía y compostaje (Aristizábal & Sáchica, 2001).

Contaminación ambiental: contaminación ambiental se presenta como la alteración física, química y biológica que un medio o un territorio pueden sufrir por la dinámica que desarrollan medios naturales y/o antrópicos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2014).

Disposición final: última fase de la gestión de desechos. Su objetivo es garantizar la seguridad mediante la colocación de los desechos en instalaciones diseñadas para mantener un nivel apropiado de contención y aislamiento. En el diseño y mantenimiento de esas instalaciones se tiene en cuenta el uso de barreras naturales y artificiales para proteger adecuadamente a las personas y el medio ambiente frente a las radiaciones por largos lapsos de tiempo (Organismo Internacional de Energía Atómica - OIEA, 2012).

Logística inversa: actividades que involucran la administración, procesamiento, reducción y disposición de residuos o productos desde producción, residuos de embalaje (cajas, pallets, bidones, entre otros) y/o bienes usados por el cliente hasta el punto de origen, reproceso o destrucción (Dyckhoff, Lackes & Reese, 2004).

Residuos hospitalarios: son las sustancias, materiales o subproductos sólidos, líquidos o gaseosos, generados por una tarea productiva resultante de la actividad ejercida la atención médica. De conformidad con la clasificación establecida en la normatividad vigente (Ministerio de Salud, 2002).

Residuos no peligrosos: son aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que no presentan riesgo para la salud humana y/o el medio ambiente. Vale la pena aclarar que cualquier residuo hospitalario no peligroso sobre el que se presume el haber estado en contacto con residuos peligrosos debe ser tratado como tal (Ministerio de Salud, 2002).

Residuos peligrosos: son aquellos residuos producidos por el generador con alguna de las siguientes características: infecciosos, combustibles, inflamables, explosivos, reactivos, radiactivos, volátiles, corrosivos y/o tóxicos; los cuales pueden causar daño a la salud humana y/o al medio ambiente. Así mismo, se consideran peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos (Ministerio de Salud, 2002).

INTRODUCCIÓN

Los nuevos retos económicos a los que se enfrentan las organizaciones, la importancia que se le ha dado al cuidado del medio ambiente y así mismo, la responsabilidad que tienen las organizaciones con este, se ha hecho importante en distintas áreas de conocimiento, hablar de logística inversa, la cual hace referencia al proceso de proyectar, implementar y controlar un flujo de materia prima, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen de una forma eficiente y lo más económico posible, con el propósito de recuperar valor o el de la propia devolución (Vázquez, 2008).

La logística inversa utilizada para la gestión integral de residuos hospitalarios puede ser definida como: “La creciente y regulada conciencia medioambiental en los países, que lleva a plantearse los problemas de la recogida de residuos y de productos o componentes usados, su reciclaje y el impacto en el ambiente respecto al depósito de residuos en botaderos o sus mejores prácticas para minimizar el impacto ambiental” (Morales, 2017, p. 1).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2012) afirma que: “Los establecimientos hospitalarios, otras instituciones de atención a la salud, corporaciones y entidades ambientales, municipios y prestadores de servicios tienen la obligación de preservar la salud pública y el medio ambiente, como también responsabilidades con relación a los residuos que ellos generan o manejan”.

Esta propuesta describe estrategias de logística inversa con el objetivo reducir el impacto ambiental que generan los residuos hospitalarios y propone un modelo de selección de estrategias para la disposición final de estos residuos utilizando una herramienta de análisis multicriterio.

Por lo cual, este documento se estructura como sigue: en primer lugar, se presenta el problema, después el marco teórico que aborda la descripción de los residuos sólidos hospitalarios, un marco legal de la gestión de residuos sólidos hospitalarios, definiciones de la logística inversa en los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico y los pasos para la aplicación de la herramienta de análisis multicriterio (AHP). Se presenta después la caracterización del municipio de Zarzal y la identificación de los generadores en dicho municipio, la elección de los parámetros de decisión y aplicación de la herramienta AHP en el caso de estudio, finalmente se establecen las conclusiones del proyecto, recomendaciones y futuras investigaciones a ser abordadas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo de los residuos hospitalarios es uno de los aspectos de la gestión hospitalaria que ha ido tomando gran importancia e interés los últimos años, debido a que son desechos que presentan problemas muy complejos al momento de utilizar una alternativa de aprovechamiento o disposición final de estos. Thiri, Shengji y Qiyong (2019) resaltan que, proporcionar un buen sistema de gestión de desechos médicos o residuos hospitalarios que sean seguros y confiables, es uno de los pilares claves para las instituciones y entidades prestadoras de servicios de salud. No obstante, una inadecuada gestión, puede convertir todos los residuos hospitalarios en infecciosos y tóxicos, lo cual plantea riesgos potenciales para la salud y el medio ambiente.

Saad (2013) afirma que: “Aunque hay ciertos riesgos con los desechos médicos peligrosos, las formas y medios de gestionarlos, aprovecharlos y disponerlos, son relativamente buenos cuando se realiza un adecuado manejo de estos residuos”. También se debe tener en cuenta, que hay ciertos problemas técnicos al momento de realizar el manejo de estos residuos, que corresponden a la separación inadecuada de los desechos en el punto de origen, lo que es producido por un desconocimiento de la clasificación de estos, que conlleva a una disposición inadecuada de elementos cortopunzantes, infecciosos, patológicos o químicos (Rodríguez Miranda, García Ubaque & Zafra Mejía, 2016).

Aunque los residuos hospitalarios o desechos médicos representen un peligro para la salud y el medio ambiente, ocasionando riesgos de enfermedades y contagios, en cuanto a su composición, la OMS en un informe publicado en el año 2017 resalta que aproximadamente el 85% de los desechos producidos en la atención médica son comparables con los desechos domésticos, que por lo general se clasifican como no peligrosos, o residuos generales de la atención médica, estos provienen principalmente de funciones administrativas, cocina, limpieza de las instalaciones sanitarias y también puede incluir residuos de envases, residuos generados durante la construcción y el mantenimiento de edificios sanitarios. Cabe resaltar que, el 15% restante de los residuos sanitarios se considera peligroso y puede plantear una serie de riesgos para la salud y el medio ambiente.

La importancia de la logística inversa es aplicable en el sector hospitalario, debido a que este tiene un impacto en el medio ambiente y la salud de las personas principalmente en aspectos económicos, ambientales, legislativos y responsabilidad extendida. Por estos motivos, cobra importancia el diseño de una propuesta que permita la implementación de sistemas de logística inversa en diferentes sectores, incluyendo el hospitalario. Ambiente (Gómez Montoya, Zuluaga Mazo & Correa Espinal, 2014).

Adicionalmente, puede considerarse la logística inversa en el sector hospitalario como un medio que permite a las empresas y la cadena de suministro, aprovechar

aspectos económicos, mejorar la utilización de los recursos, satisfacción de requerimientos legislativos y fuente de generación de imagen medioambiental en el medio empresarial, que cada vez exige a las empresas ser responsables en un desarrollo sostenible y protector del medio ambiente (Gómez Montoya, Zuluaga Mazo & Correa Espinal, 2014)

En Colombia, para el año 2018 según el Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL 2018), se generaron 42.731 toneladas de residuos hospitalarios de acuerdo a la clasificación establecida por el Decreto 351 de 2014 *“Por el cual se reglamenta la gestión de los residuos generados en la atención de salud, los residuos con riesgo biológico o infeccioso”*.

En el departamento del Valle del Cauca, con la implementación del Plan de Gestión Ambiental Regional 2015 – 2036 la gestión de residuos peligrosos ha tenido una evolución más rápida en cuanto a la reglamentación, manejo, prevención, requisitos y procedimientos para el registro de los generadores de residuos o desechos peligrosos.

En el Valle del Cauca se generan aproximadamente 632 Toneladas/año de residuos hospitalarios resultantes de prácticas médicas, dentales, veterinarias o actividades similares, estas actividades son las que más generan este tipo de residuo y merecen una atención especial de seguimiento y control por parte de la Corporación y todos los actores que participan en la cadena productiva y de servicios.

Por otro lado, Zarzal es un municipio del norte del Valle del Cauca que cuenta con aproximadamente 46.600 habitantes (Departamento Nacional de Planeación, 2018) y tiene un hospital departamental de segundo nivel, el cual presta servicios hospitalarios, quirúrgicos, urgencias, promoción, prevención, apoyo diagnóstico, complementación terapéutica, consulta externa entre otros; servicios y establecimientos que generan residuos hospitalarios variados, con diferente peligrosidad y en cantidades considerables, aun así no cuenta con un sistema de manejo integral de residuos peligrosos y no se ha evaluado el potencial aprovechamiento que se le puede dar a estos residuos, en especial los desechos a base de plástico.

En los últimos años el municipio ha ido creciendo de una manera exponencial y así mismo el número de establecimientos generadores de residuos considerados como peligrosos y que pueden ser catalogados como hospitalarios, sin embargo, estos residuos son manejados como residuos ordinarios.

Cada generador potencial de residuos sólidos hospitalarios debería interesarse por buscar las mejores alternativas para el aprovechamiento y disposición final de los residuos hospitalarios generados de acuerdo con la actividad realizada, conociendo la incidencia que estos tienen para el medio ambiente y la salud de los habitantes. (Godoy Delmonico, 2017) afirma que se han realizado una serie de estudios en

diversos contextos, para evaluar las prácticas de gestión de residuos hospitalarios, los cuales han indicado que la planificación e implementación de prácticas de gestión de los residuos reducen los riesgos sanitarios y medioambientales, especialmente en el contexto de los países en desarrollo.

En Colombia, desde el año 2005 se ha venido implementando una Política Nacional de manejo de residuos peligrosos en la cual, mediante decretos (Decreto 351 de 2014) y leyes, ha implementado herramientas que permitan el registro adecuado y sistemático de información sobre la generación cada año de los desechos peligrosos generados por cada actividad económica. A nivel departamental, la Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC) con base a la información reportada en el aplicativo RESPEL 2018 ha venido desarrollando trabajos conjuntos con los gremios y sectores económicos que son generadores de residuos peligrosos para desarrollar programas de sensibilización, recopilación de información y promoción de tecnologías más limpias.

Por otro lado Arandes, Bilbao y López Valerio (2004) afirman que “El aumento en el consumo de los plásticos en la sociedad moderna, que se estima que crece un 4% anualmente, se ha producido en paralelo con el desarrollo tecnológico de estos materiales, cuyo uso se ha extendido además de en el campo ya convencional de los envases, en la fabricación de componentes en las industrias de automoción, vivienda, vestido y todo tipo de bienes de consumo” y en ese mismo sentido afirman que “La situación actual en el aprovechamiento de los plásticos nos lleva a las siguientes conclusiones: Los plásticos, por su composición y su origen derivado del petróleo y por tanto de una materia prima agotable, son un residuo de alto valor, relativamente fácil de recuperar y abundante (tanto o más que el vidrio en los residuos domésticos y creciente entre los residuos industriales)”

Por tales motivos, en el municipio de Zarzal se debe coordinar esfuerzos para darle un mejor manejo y realizar una adecuada gestión en el aprovechamiento de los residuos peligrosos, en este caso, para los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico. Por ello, en este trabajo con la aplicación de conceptos de logística inversa, definición de los criterios, alternativas de aprovechamientos y mediante la aplicación de un análisis multicriterio se pretende definir cuál es la mejor alternativa de aprovechamiento de los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico generados en el municipio.

A raíz de la problemática en cuanto a la generación, peligrosidad y el potencial aprovechamiento de los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico, se plantea la siguiente pregunta problema:

¿Cuál es la mejor alternativa de aprovechamiento para los residuos sólidos hospitalarios generados en el municipio de Zarzal – Valle del Cauca utilizando herramientas de análisis multicriterio?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Seleccionar la mejor alternativa de aprovechamiento para los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico generados en el municipio de Zarzal – Valle del Cauca, utilizando herramientas de análisis multicriterio.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los principales generadores de residuos sólidos hospitalarios a base de plástico en la zona urbana del municipio de Zarzal – Valle del Cauca.
- Establecer los parámetros de decisión para la aplicación de la herramienta de análisis multicriterio mediante la revisión de la literatura.
- Definir la mejor alternativa de aprovechamiento para los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico mediante el uso de la herramienta de análisis multicriterio.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS

3.1.1. Residuos sólidos hospitalarios

El Departamento Administrativo Distrital de Salud de Cartagena (DADIS, 2020), afirma que: “Los residuos sólidos hospitalarios son aquellas sustancias, materiales, subproductos sólidos, líquidos, gaseosos, que son el resultado de una actividad ejercida por el generador; que se define como la persona natural o jurídica que produce residuos hospitalarios relacionados con la prestación de servicios de salud”. Por lo cual, es importante implementar herramientas de gestión integral que abarquen el manejo, la cobertura y planeación de todas las actividades relacionadas con los residuos hospitalarios desde su generación hasta su disposición final.

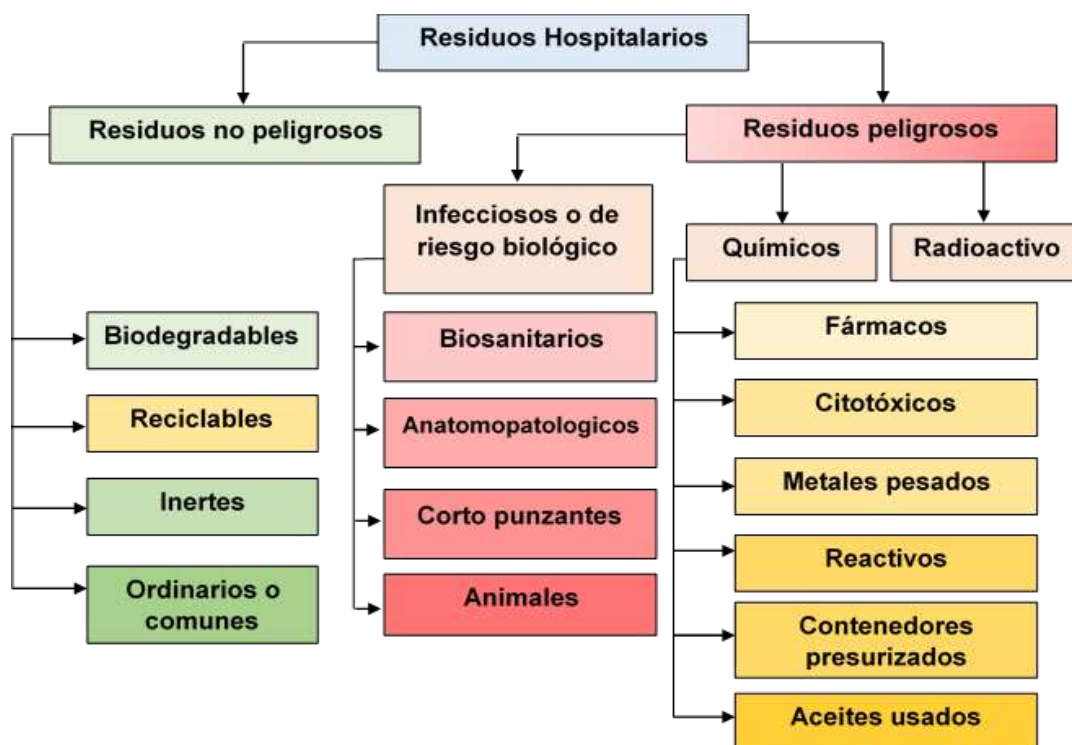
3.1.2. Clasificación y código CIU

El Decreto 1076 de mayo de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establece que el registro de los generadores de residuos peligrosos debe ser reportado en correspondencia al tipo de residuo o actividad que desempeñe la persona natural o jurídica, al igual que deben establecer el tipo de corriente a la que pertenece los residuos hospitalarios, se utiliza la clasificación de actividad Y1 - Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas y la corriente A4020 - Desechos clínicos y afines; es decir, desechos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinarias o actividades similares.

3.1.3. Tipos de residuos sólidos hospitalarios

Los desechos generados en los establecimientos de salud y similares, correspondientes a residuos sólidos hospitalarios, se clasifican en peligrosos y no peligrosos, según lo establecido por el Decreto 351 de 2014, como se muestra en la Ilustración 1.

Ilustración 1. Clasificación de los residuos hospitalarios y similares



Fuente: Tomado y editado de Ministerio de Ambiente (2007).

Los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico se encuentran clasificados como residuos no peligrosos, que son aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que presentan un riesgo mínimo para la salud humana y el medio ambiente. Cabe resaltar que, cuando estos residuos están en contacto con alguna sustancia contaminante como la sangre, deja de ser un residuo no peligroso (Ministerio de Ambiente, 2007).

En la categoría que se encuentran los desechos hospitalarios a base de plástico, son denominados residuos reciclables, ya que son aquellos que no se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos como materia prima. Entre estos residuos se encuentran: papel periódico algunos papeles y plásticos, chatarra, vidrio, telas, radiografías, partes y equipos obsoletos o en desuso, entre otros (Ministerio de Salud y Protección Social, 2007).

3.1.4. Residuos sólidos hospitalarios a base de plástico

Según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2018), el consumo de plástico en Colombia es de 1.250.000 Ton/año en materias primas, materiales y empaques consumidos y comprados. Además, en promedio un colombiano genera 24 kg de residuos plásticos al año.

De los residuos sólidos que se generan en un hospital, aproximadamente el 53% del total son papel y derivados, y un 15% es plástico reciclable, mientras que los residuos orgánicos constituyen sólo el 17% del total de residuos generados. La recogida selectiva de los residuos desde las diferentes zonas y el reciclaje final son fundamentales para una correcta gestión medioambiental. Todo ello ayuda a los hospitales a crear el camino adecuado para ofrecer el mejor cuidado al paciente, y preocuparse por la seguridad y el bienestar de sus empleados y visitantes (OMS, 2017).

3.1.5. Tipos de plásticos

Para abordar el tema de los plásticos, Ochoa Montoya (2017) afirma que:

Se debe saber que, aunque se desechen todos los plásticos, sólo los termoplásticos pueden ser reciclados, permitiendo repetir el ciclo hasta siete veces, esto gracias a las propiedades que posee este tipo de plásticos tales como su arreglo molecular, el cual influye en el proceso de fusión y solidificación, en su grado de translucidez u opacidad, punto de fusión y resistencia, entre otras características (p. 22).

3.2. MARCO LEGAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS

Con relación a la normatividad asociada a la gestión de residuos hospitalarios se encontró que existen manuales de procedimientos, normas y leyes asociadas a la gestión de dichos residuos. En la Tabla 1 se presentan las normas y su respectiva descripción.

Tabla 1. *Marco legal de la gestión de residuos sólidos hospitalarios*

NORMA	EXPEDIDA	DESCRIPCIÓN
Resolución 1164 de 2002	Ministerio de Ambiente	Por la cual se adopta el manual de procedimientos para la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.
Ley 1252 de 2008	Congreso de la Republica	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0482 de 11 de Marzo de 2009.	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial - Ministerio de la Protección Social.	Por la cual se reglamenta el manejo de bolsas o recipientes que han contenido soluciones para uso intravenoso, intraperitoneal y en hemodiálisis, generados como residuos en las actividades de atención de salud, susceptibles de ser aprovechados o reciclados.
Decreto 351 de 2014	Presidencia de la Republica	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades.
Decreto 1076 de 2015	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	Modifica el Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
Decreto 780 de 2016	Ministerio de Salud y Protección Social	Por el cual se expide el decreto único reglamentario del sector salud y protección social

Fuente: Elaboración propia

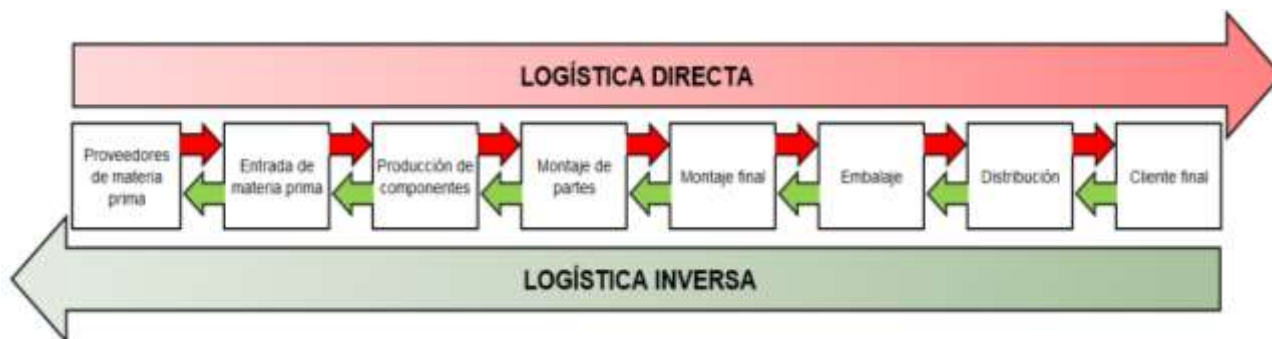
Todos aquellos establecimientos que generen residuos hospitalarios o similares y que por ende se cataloguen en residuos peligrosos y no peligrosos deberán conocer la norma, difundirla y aplicarla, porque de lo contrario se tendrán que acoplar a las sanciones previstas (Vargas Pulgarín, Granada Ortiz & Sepúlveda Zapata, 2013).

3.3. LOGÍSTICA INVERSA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE DE PLÁSTICO

3.3.1. Definición de logística inversa

La logística inversa es el proceso de proyectar, implementar, inspeccionar y controlar un flujo de materia prima, inventarios en proceso, recursos, producto terminado e información desde el punto de consumo (cliente), hasta el punto de origen o en algún punto de la cadena de suministro, de una manera eficiente y al menor costo, con la finalidad de recuperar valor o la propia devolución del producto. Se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos, así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones e inventarios estacionales. Incluso se adelanta el fin de vida del producto, con el objeto de darle salida en mercados con mayor rotación (Tarazona Camacho & Ospina Sossa, 2018). En la Ilustración 2 se presenta el diagrama que representa la logística directa y la logística inversa, indicando el sentido del flujo de la cadena de los residuos hospitalarios.

Ilustración 2. Flujo de la logística inversa



Fuente: Elaboración propia. Tomado y editado de Tarazona Camacho y Ospina Sossa (2018).

Por otro lado, Alvarado Ayala, Argueta Rivas y Fuentes Trujillo (2008) afirman que:

La logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventarios, devoluciones de clientes, destrucción, reacondicionamiento de los productos, productos obsoletos e inventarios estacionales. Incluso se adelanta al fin de vida del producto, con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación. Además, la logística inversa tiene varios nombres o denominaciones como retrologística, gestión de devoluciones, recuperación y el reciclaje, o logística verde dependiendo del sector industrial (p. 19).

3.3.2. Procesos logísticos en la recuperación de valor de los residuos sólidos hospitalarios

El proceso de logística inversa empieza cuando se realiza un reconocimiento de la situación, cuando se conoce que se va a recibir la devolución de un producto por parte de una persona externa (Donado, 2018). Cabe resaltar que, cada una de las prácticas de los residuos en un proceso de logística inversa tiene la capacidad de generar diferentes niveles de valor de acuerdo a las características que presente, en la Ilustración 3 se presentan los niveles de recuperación de valor de los residuos sólidos, para este caso los hospitalarios.

Ilustración 3. Nivel de recuperación de valor de los residuos



Fuente: Tomado y editado de Tarazona Camacho y Ospina Sossa (2018).

De manera general se dice que los procesos de logística inversa se pueden implementar en los sectores primario, secundario y terciario de la economía, lo que interna y externamente generaría beneficios en cada una de las empresas que lo implementen; es interesante resaltar, que dentro del sector terciario se clasifica la salud, representada en centros hospitalarios, clínicas y demás centros de atención de salud; vale anotar que a este sector se le atribuye una considerable importancia, debido a que es evidente la necesidad de implementar los procesos de logística

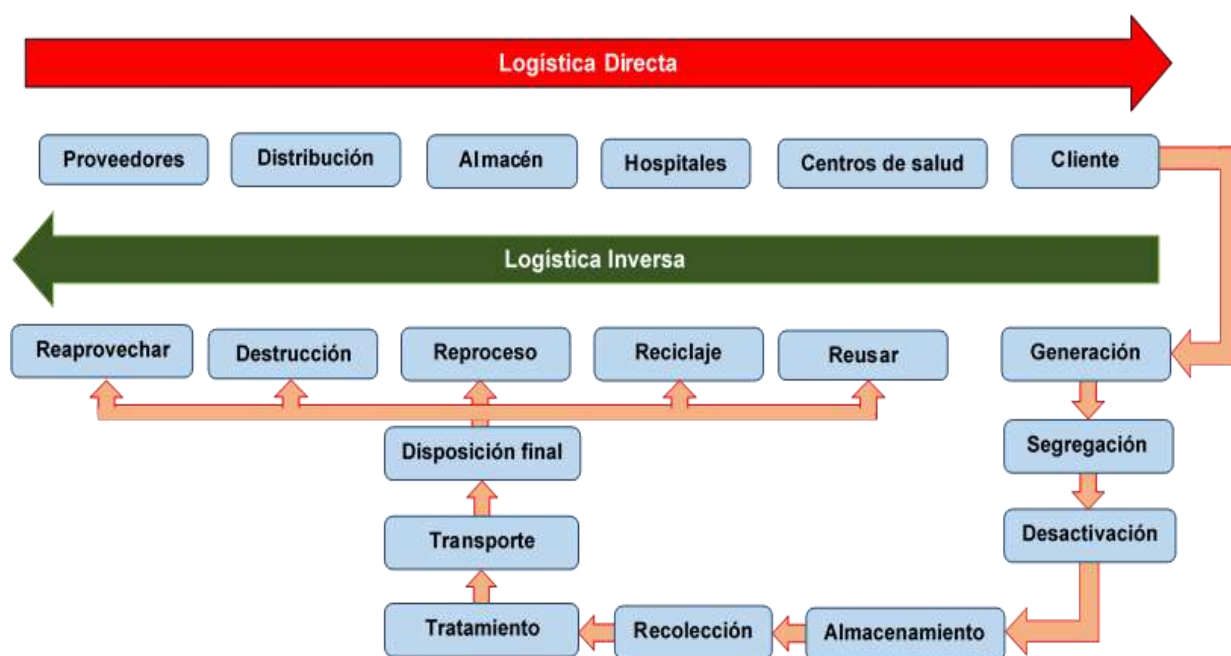
inversa, debido principalmente a las normas que la rigen y a la responsabilidad social a la cual deben atender (Tarazona Camacho & Ospina Sossa, 2018).

3.3.3. Cadena logística de los residuos sólidos hospitalarios

La implementación de un proceso de logística inversa de residuos sólidos hospitalarios, tiene entre sus orientaciones la protección del medio ambiente a través de la gestión adecuada de los desechos o excedentes que son producidos en los procesos productivos o prestación de servicios, cadenas de suministro de los diferentes sectores empresariales, en los cuales se encuentra el sector salud (Gómez Montoya, Zuluaga Mazo & Correa Espinal, 2014).

En la Ilustración 4, se muestran las diferentes etapas sobre el manejo de los desechos hospitalarios que comprende actividades como: generación, segregación en la fuente, desactivación, almacenamiento, recolección, tratamiento, transporte y disposición final (Murra Lara, 2017)

Ilustración 4. Cadena logística de los residuos sólidos hospitalarios aprovechables



Fuente: Tomado y editado de Murra Lara (2017).

3.4. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

Las herramientas de análisis de decisión multicriterio, son un conjunto de métodos que permiten al investigador tomar decisiones, cuando se halle en una situación en la que existan criterios en conflicto. Para el caso de los problemas ambientales, manejo de residuos sólidos y gestión de recursos naturales. Manyoma Velásquez, Pardo Colorado y Torres Lozada (2013) afirman que, las herramientas como AHP y ANP son en conjunto, los métodos más usados para representar este tipo de situaciones, debido a que el fundamento del AHP se basa en la complejidad del problema mediante la jerarquización de los criterios y alternativas.

3.4.1. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

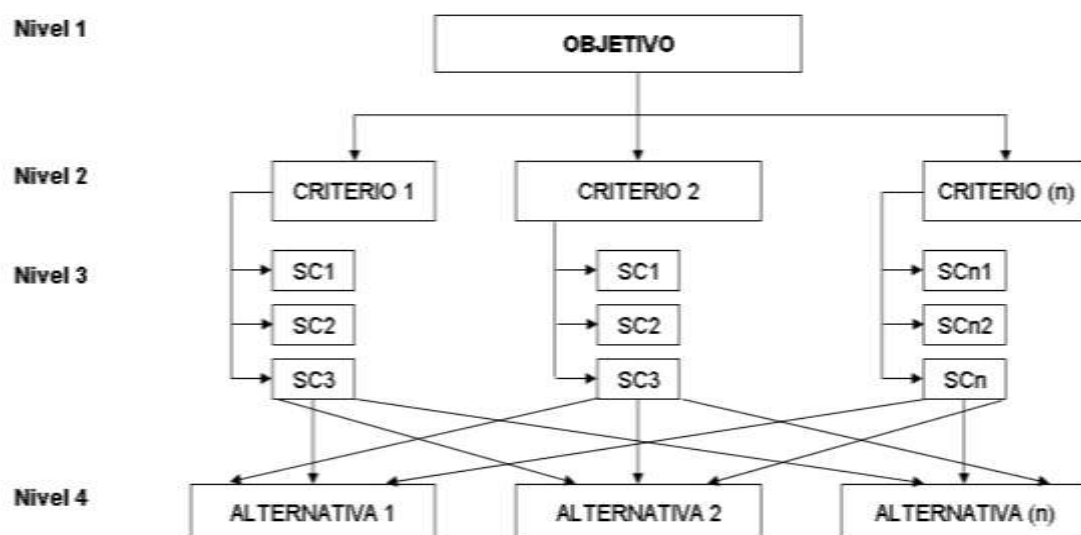
El proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) corresponde a una técnica que se ajusta a los requerimientos de un problema planteado, en el cual, participa una cantidad de juicios emitidos por expertos. Mendoza, Solano, Palencia y García (2019) plantean que la herramienta se puede implementar en cinco pasos sistemáticos:

1. Desarrollo de la estructura jerárquica.
2. Representación de los juicios de valor (Escala de Saaty).
3. Construcción de las matrices de pareadas y cálculo de los vectores de prioridad.
4. Consistencia del problema.
5. Análisis de resultados.

- **Estructura jerárquica**

La estructura jerárquica es una representación gráfica del problema. Godoy Delmonico *et al.* (2017) dividen la jerarquía en cuatro niveles, como se muestra en la Ilustración 5.

Ilustración 5. Estructura jerárquica de AHP



Fuente: Elaboración propia. Tomado y editado de Godoy Delmonico *et al.* (2017).

- **Representación de los juicios de valor (Escala de Saaty)**

Para definir los valores que pueden tomar los juicios emitidos por los expertos. Mendoza *et al.* (2019) afirman que: “La escala de Saaty es una representación de los juicios de valor para la comparación entre dos alternativas respecto a un criterio dado, es decir, para establecer la importancia o preferencia de alternativas en la matriz de comparaciones a pares”, como se muestra en la Tabla 2. Por lo tanto, al realizar estas comparaciones se puede entregar homogeneidad y cierto grado de certeza a cada una de las comparaciones realizadas.

Tabla 2. Escala de Saaty

ESCALA	ESCALA VERBAL	DESCRIPCIÓN
1	Igual importancia.	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.
3	El elemento es moderadamente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente a otro.
5	El elemento es fuertemente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	La importancia del elemento es muy fuerte respecto al otro.	Un elemento domina fuertemente.
9	La importancia del elemento es extrema respecto al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	
Recíprocos $\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{9}$		
Se utiliza cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar.		

Fuente: Elaboración propia. Tomado y editado de Mendoza *et al* (2019).

- **Construcción de las matrices pareadas y cálculo de los vectores de prioridad**

La comparación de cada uno de los criterios mediante la escala de Saaty, se establece mediante una matriz de comparación pareada de $n \times n$, que mide el juicio de las decisiones tomadas por cada uno de los expertos concerniente a cada criterio. Thiri, Shengji y Qiyong (2019) plantean la construcción de las matrices pareadas y cálculo de los vectores de prioridad de la siguiente manera:

1. La matriz de comparación pareada o por pares se obtiene para cada nivel con base en los juicios de los expertos a_{ij} , ecuación 1.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}; \text{Donde } a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad i, j = 1, \dots, n \quad (1)$$

2. Para determinar el peso de los criterios se genera la matriz de comparación y el vector de columna B, ecuación 2.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ b_{n1} \end{bmatrix}; \text{Donde } b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

3. Vector columna B se combina con la matriz de comparación pareada A, ecuación 3.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

4. Por último, se obtiene el vector prioridad o la columna W con los pesos de los criterios, ecuación 4.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}; \text{Donde } w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (4)$$

- **Consistencia del problema**

Para determinar la consistencia de la matriz de comparación pareada, Delgado y Romero (2015) describen el procedimiento de la siguiente manera:

1. En primer lugar, se calcula el índice de consistencia (CI) de la matriz, usando la ecuación 5.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

2. λ_{max} es el máximo autovector, se calcula mediante la ecuación 6.

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n s_i \cdot w_i \quad (6)$$

3. Luego, se determina el índice de consistencia aleatoria (RI), cuyos valores dependen del tamaño de la matriz (n). Por ello, los valores calculados por Saaty se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de IR

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fuente: Elaboración propia. Tomado y editado de Delgado y Romero (2015).

Mendoza *et al.* (2019) afirman que, existe otra manera para determinar el índice de consistencia aleatorio, el cual puede ser calculado de manera empírica como el promedio CI de una muestra grande matrices de comparación generadas al azar, mediante la ecuación 7.

$$IR = \frac{1,98(n - 2)}{n} \quad (7)$$

4. Por último, se establece la razón de consistencia, usando la ecuación 8.

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (8)$$

Si el resultado de la ecuación 8 es menor o igual a 0.10, el nivel de inconsistencia es aceptable, con un resultado contrario se recomienda que el experto debe revisar sus estimaciones

- **Análisis de resultados**

Una vez realizada la totalidad de las comparaciones, entre los criterios, subcriterios y alternativas, se obtiene el resultado final consensuado, es decir, que la obtención del resultado está basado entonces, en las prioridades, en la emisión de juicio de los expertos y la evaluación hecha a través de comparaciones de cada uno de los componentes del modelo jerárquico, llevado a cabo por los investigadores, con la

finalidad de determinar la solución más adecuada al problema planteado (Toskano Hurtado, 2005).

4. IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE DE PLÁSTICO

4.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE ZARZAL

Zarzal es un municipio ubicado aproximadamente 140 kilómetros al noroeste de Cali, la capital del Valle del Cauca. Actualmente cuenta con una población de 46.600 habitantes aproximadamente habitantes (Departamento Nacional de Planeación, 2018), se caracteriza por concentrar 71,8% de la población en su cabecera; el desarrollo de la economía gira alrededor de las actividades agrícolas.

En el año 2011 se realizó una actualización del PGIRS del Municipio, elaborado por la Fundación Vida por la Vida, en el cual, de acuerdo a una concertación entre los diferentes actores y sectores involucrados en el manejo integral de residuos sólidos en cumplimiento de la normatividad ambiental se llevó a cabo el proceso de actualización. Cabe resaltar que, la cantidad de los residuos sólidos generados por el municipio y que son recolectados oscila entre 700 – 800 Ton/mes incluyendo la cabecera municipal y la zona rural; el proceso de caracterización permitió determinar la gran variedad de residuos sólidos municipales. Por ejemplo: papel, cartón, trapos, restos de comida, cuero, pilas, lámparas, papel higiénico entre otros. En el estudio realizado se determinó que la generación diaria de residuos sólidos es de 28 Ton/día y la generación per cápita es de 0,56 kg/habitantes día (López Orozco, 2015). A la fecha de la última actualización del PGIRS el municipio de Zarzal no realiza ninguna actividad de tratamiento y/o aprovechamiento de los residuos sólidos, su totalidad se dispone en el relleno sanitario Presidente. La revisión y recopilación de los antecedentes demuestra que en el municipio de Zarzal se han formulado medidas preventivas y correctivas frente a la problemática ambiental del manejo inadecuado de los residuos sólidos, pero sin colocarse en gran porcentaje estas medidas en práctica.

4.2. GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE DE PLÁSTICO EN ZARZAL

Para la identificación de los establecimientos, que el Decreto 351 de 2014 clasifica como generadores de residuos sólidos hospitalarios ubicados en el municipio de Zarzal, se analiza la base de datos de la Cámara y Comercio de Tuluá (2020), y en la Tabla 4 se presenta de la siguiente manera.

Tabla 4. Principales generadores de residuos sólidos hospitalarios en el municipio de Zarzal

NÚMERO	RAZÓN SOCIAL	FECHA MATRICULA	FECHA NUEVA	DIRECCIÓN COMERCIAL	ACTIVIDAD
99077	MEDICIPS ZARZAL	23 Sep. 2019	03 Mar. 2020	Carrera 12 # 8-60	Actividades de la práctica médica.
99082	FUL FENIX S.A.S	12 Jun. 2019	12 Mar. 2020	Calle 14 # 19-71	Atención de pacientes en accidentes de tránsito y accidentes domiciliarios con traslado en ambulancia.
97650	O POSITIVA SALUD INTEGRAL S.A.S	03 May. 2019	26 Ago. 2020	Carrera 8 # 7-88	Actividades de atención residencial medicalizada de tipo general.
96886	IPS VIVIR ZARZAL	06 Mar. 2019	17 Jun. 2020	Calle 8 # 10-41	Servicios de salud mediana y baja complejidad.
96108	ASISTMED AMB S.A.S.	17 Ene. 2019	04 Feb. 2020	Carrera 6C # 4-24	Transporte de pacientes en cualquier tipo de ambulancia, incluido el transporte aéreo.
93453	GV ÓPTICA ZARZAL	23 Abr. 2018	06 Feb. 2020	Carrera 11 # 7-40	Actividades de apoyo terapéutico, comercio al por menor de monturas.
87608	SERVICIOS S&SEET S.A.S.	28 Nov. 2016	30 Jun. 2020	Carrera 8 # 11-38	Servicios de gestión de salud y consultoría empresariales.
81080	ENDOSALUD DE OCCIDENTE S.A. ZARZAL	10 Nov. 2014	11 Mar. 2020	Carrera 7 # 7-56	Prestación de servicio de salud sin intermediación.
78811	IMÁGENES 3D Y DIAGNÓSTICOS S.A.S.	05 Mar. 2014	06 Jul. 2020	Carrera 8 # 9-65	Actividades de apoyo diagnóstico, actividades de la práctica médica.
74158	ORAL BOUTIQUE ZARZAL CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS	27 Sep. 2012	13 Jul. 2020	Calle 9 # 8-21	Actividades de la práctica odontológica.
72309	CIC LABORATORIOS SAS ZARZAL	16 Feb. 2012	30 Jun. 2020	Calle 10 # 5-19	Actividades de apoyo diagnóstico.
63579	IPS ORAL PROFSALUD	05 Mar. 2009	18 Jun. 2020	Calle 13 # 8-29	Actividades de la práctica médica sin internación
48753	TIENDA VETERINARIA DEL CAMPO MI RANCHITO MASCOTAS Y ALGO MAS	24 Ene. 2005	14 Feb. 2020	Carrera 10 # 7-58	Actividades veterinarias, comercio al por menor de otros artículos domésticos en establecimientos especializados.
41028	LABORATORIO CLÍNICO GLORIA CIFUENTES ARÁNZAZU	29 Abr. 2002	11 Feb. 2020	Calle 11 # 9-34	Laboratorio.

Continuación Tabla 4.

40078	DROGAS SUPER ÉXITO	29 Ene. 2002	27 Jun. 2020	Carrera 10 # 10-57	Comercio al por menor de productos farmacéuticos y medicinales, cosméticos y artículos de tocador en establecimientos.
29448	ÓPTICA VISIÓN	25 Jun. 1997	18 Feb. 2020	Calle 9 # 8-91	Actividades de apoyo terapéutico y actividades de las ópticas.
18776	LABORATORIO CLÍNICO ANA MILENA MORENO	28 Feb. 1992	28 Ene. 2020	Calle 8 # 9-124	Actividades de apoyo diagnóstico.
100802	IPS. CENTRO DE ESTIMULACIÓN COGNITIVA DEL NORTE DEL VALLE S.A.S.	16 Mar. 2020	16 Mar. 2020	Carrera 7 # 10-20	Actividades de apoyo terapéutico y diagnóstico. Otras actividades de atención de la salud humana.
100238	SERVISALUD EN CASA S.A.S	05 Feb. 2020	05 Feb. 2020	Carrera 14ª # 13-48	Otras actividades de atención de la salud humana.

Fuente: Elaboración propia. Tomado y editado de Cámara y Comercio de Tuluá (2020).

Para el caso del Hospital Departamental San Rafael del municipio de Zarzal, la Unidad Ejecutora de Saneamiento del Valle del Cauca (UES), es la encargada del seguimiento y control de la generación de residuos sólidos hospitalarios, esta entidad según la cantidad de residuos generados, clasifica al hospital como un mediano generador y agrupa sus actividades o servicios en 4 ítems, que son los siguientes:

1. Actividad o servicio 1: Atención Domiciliaria.
2. Actividad o servicio 2: IPS odontológica.
3. Actividad o servicio 3: IPS quirúrgicas.
4. Actividad o servicio 4: Laboratorio Clínico.

En la cuantificación de los residuos sólidos hospitalarios generados por el hospital Departamental San Rafael de Zarzal, la UES (2020) evidencia el registro de estos desechos en la Tabla 5.

Tabla 5. Cantidad total mensual de residuos no peligrosos y peligrosos del Hospital San Rafael para el primer semestre del 2020

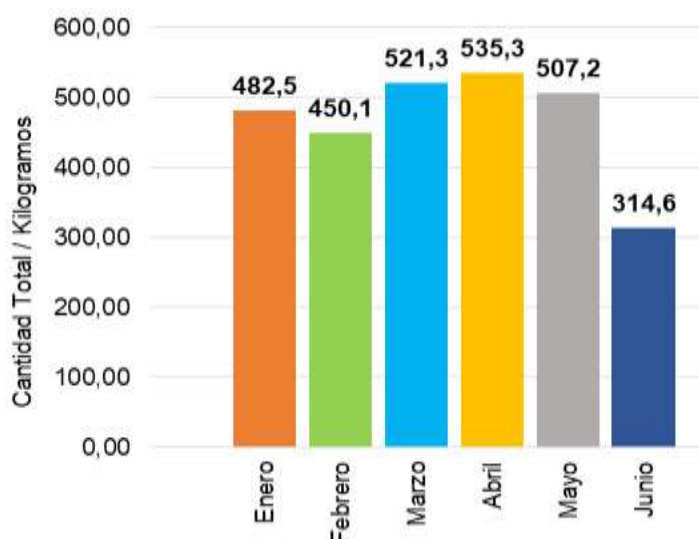
MES DE GENERACIÓN	NO PELIGROSOS (KG)	PELIGROSOS (KG)	CANTIDAD TOTAL (KG)
Enero	722,7	1.061,5	1.784,2
Febrero	662,5	1.100,2	1.762,7
Marzo	716,3	1.396,0	2.112,3
Abril	751,6	642,5	1.394,1
Mayo	729,2	874,8	1.604,0
Junio	565,5	902,0	1.467,5
Total	4.147,8	5.977,0	10.124,8

Fuente: Tomado y editado de Unidad Ejecutora de Saneamiento del Valle del Cauca (UES) (2020).

No obstante, de esos 4.147 kilogramos generados, la entidad registra que 2.811 kilogramos son aprovechables y el resto de los residuos sólidos hospitalarios se les realiza el tratamiento correspondiente el cual, para el caso del Hospital Departamental San Rafael de Zarzal, es realizado por la empresa RH de la ciudad de Cali que opera desde el año 1997, especializada en la Gestión Integral de residuos hospitalarios e industriales (RH, 2020) y posteriormente terminan en el sitio de disposición final correspondiente.

En el Gráfico 1 se puede evidenciar las cantidades de residuos aprovechables del Hospital Departamental San Rafael de Zarzal, para el primer semestre del año 2020 que se encuentra en el reporte mensual que realiza la UES.

Gráfico 1. Cantidad mensual total de residuos aprovechables para el primer semestre del 2020



Fuente: Tomado y editado de Unidad Ejecutora de Saneamiento del Valle del Cauca (UES, 2020).

La información suministrada por la UES es un reporte y control realizado por RH. El seguimiento y vigilancia de RH al Hospital San Rafael se realiza mediante personal especializado que verifica que se cumple la normativa vigente, el pesaje de los residuos, el tipo de residuo y la disposición final. Un aspecto importante, es que el hospital debe registrar esta información en el formulario RH1 (Ver Anexo A) y hacer la debida solicitud a la empresa (Ver Anexo C) con los formatos correspondientes.

El hospital departamental San Rafael de Zarzal, presenta mensualmente informe de la cantidad de residuos que aprovecha mediante la empresa RH contratada para este proceso a la (UES), la Tabla 6 presenta las cantidades, tipo de disposición y tipo de residuo que aprovecha.

Tabla 6. Registro mensual de residuos generados para el primer semestre del 2020

REGISTRO MENSUAL DE RESIDUOS GENERADOS						
Residuos no peligrosos (kilogramos)						
Año	Mes	No aprovechables		Aprovechables		Cantidad total residuos no peligrosos
		Cantidad no aprovechada	Tipo de disposición final	Cantidad aprovechada	Tipo de residuo aprovechado	
2020	Enero	240,2	Relleno sanitario	482,5	b) Papel, cartón, plegadiza	722,7
2020	Febrero	212,4	Relleno sanitario	450,1	b) Papel, cartón, plegadiza	662,5
2020	Marzo	221,0	Relleno sanitario	495,3	b) Papel, cartón, plegadiza	716,3
2020	Abril	216,3	Relleno sanitario	535,3	b) Papel, cartón, plegadiza	751,6
2020	Mayo	222,0	Relleno sanitario	507,2	b) Papel, cartón, plegadiza	729,2
2020	Junio	250,9	Relleno sanitario	314,6	b) Papel, cartón, plegadiza	565,5

Fuente: Tomado y editado de Unidad Ejecutora de Saneamiento del Valle del Cauca (UES, 2020).

La Tabla 6, también nos permite analizar que de los residuos aprovechables que se generan en la institución solo se están aprovechando el papel, cartón y plegadizas que son cajas a base de cartón reciclado en su mayoría, pero con el residuo plástico no se hace ningún tipo de aprovechamiento y termina en relleno sanitario y por ende se encuentra en la categoría de no aprovechable. Cabe mencionar que aquellos que se aprovechan son vendidos a recicladores formales e informales del mismo municipio.

5. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DECISIÓN

5.1. CRITERIOS Y SUBCRITERIOS

Para el caso de los problemas ambientales, manejo de residuos sólidos y gestión de recursos naturales. Manyoma Velásquez, Pardo Colorado y Torres Lozada (2013) afirman que, las herramientas como AHP y ANP son en conjunto, los métodos más usados para representar este tipo de situaciones, debido a que el fundamento del AHP se basa en la complejidad del problema mediante la jerarquización de los criterios y alternativas.

Para la elección de la mejor alternativa en este trabajo se decide aplicar la herramienta AHP, ya que mediante revisión de la literatura y utilizando palabras clave como “Logística Inversa en hospitales” y “Logística Inversa en plásticos” encontramos que esta era la herramienta más utilizada y pertinente, en total se revisaron 5 artículos sobre logística inversa en hospitales, y 20 artículos sobre logística inversa para plásticos.

Se definen los criterios y subcriterios de decisión después de analizar trabajos en los que se hayan abordado problemas similares al caso de estudio y se identifican los más relevantes, que algunos autores proponen para la evaluación de las alternativas de aprovechamiento mediante herramientas de análisis multicriterio, después se analiza la pertinencia de estos criterios en el contexto propio y en la Tabla 7, son recopilados de la siguiente manera:

Tabla 7. *Criterios y subcriterios de decisión para la elección de la mejor alternativa de aprovechamiento*

CRITERIOS	SUBCRITERIOS	AUTORES
AMBIENTAL (A)	A1. Cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios y cementerios.	• Gómez Montoya, Zuluaga Mazo y Correa Espina, 2014. • Chud, Osorio y Peña, 2018
	A2. Uso y afectación de los recursos naturales.	• Ministerio de Ambiente, 2016. • Zambrano y Domínguez, 2018.
ECONÓMICO (E)	E1. Costos de la gestión logística de los residuos.	• Johnson et al 2013. • Hernández Flechas y Corredor González, 2016.
	E2. Beneficios de implementar alternativas de aprovechamiento.	• Fuentes Perea y Serrano Pedraza, 2006. • Soto Mosquera, 2015.

LEGAL (L)	L1. Elaboración del manual de procedimientos de los residuos hospitalarios.	• Resolución 1164 de 2002
	L2. Gestión integral en el uso y preservación de los recursos naturales de los residuos hospitalarios.	• Decreto 1076 de 2015
SOCIAL (S)	S1. Reciclaje formal e informal	• Reyes Curcio, Pellegrini Blanco y Reyes Gil, 2015. • Cárdenas Solorzano, 2018. • Coy Martínez, 2016.
	S2. Capacitación y sensibilización de la comunidad en reducir, reciclar y reutilizar los residuos.	• Rosario, Concepción Toledo, Barrios Castillo y González Suárez, 2014. • Arango Betancur, Rojas Ladino y Silva Álvarez, 2019.
SALUD PÚBLICA (SP)	SP2. Trasmisión de enfermedades.	• Zambrano y Domínguez, 2018. • Gómez Montoya, Zuluaga Mazo y Correa Espina, 2014.
	SP3. Peligrosidad en el tratamiento de residuos infecciosos.	• Jorge Jaramillo, 1999 • Mochammad Chaerul, Masaru Tanaka y Ashok V. Shekdar, 2008
TÉCNICO (T)	T1. Adecuadas instalaciones y tecnología.	• Chud, Osorio y Peña, 2018
	T2. Reincorporación del residuo reciclado al ciclo productivo.	• Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2011.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1. Definición de los criterios de decisión

Los criterios de decisión, para la evaluación de las alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos hospitalarios mediante herramientas de análisis multicriterio se definen de la siguiente manera:

- **CRITERIO AMBIENTAL (A)**

Este criterio se refiere a cualquier cambio en el ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades, productos y servicios de una organización generadora de residuos hospitalarios (Mora Valencia & Berbeo Rodríguez, 2010).

- **CRITERIO ECONÓMICO (E)**

Hace referencia a los costos de la gestión logística, el beneficio adquirido por tratar y aprovechar los residuos sólidos hospitalarios y generar valor agregado, depende de la adecuada supervisión de la cadena logística, en cuanto a: la segregación, clasificación y eliminación de la peligrosidad de estos, con la finalidad de garantizar la seguridad de las personas, el personal y los actores involucrados (Johnson *et al.*, 2013).

- **CRITERIO LEGAL (L)**

Se rige por los fundamentos reglamentados en las políticas nacionales del país, para los residuos o desechos hospitalarios que están contenidos principalmente en la Constitución Nacional de 1991 y en los decretos establecidos por el Ministerios de Ambiente, con la finalidad de minimizar los residuos mediante la prevención, aprovechamiento y valorización de estos (Ministerio de Ambiente, 2020).

- **CRITERIO SOCIAL (S)**

Hace referencia a las ventajas que ofrece la gestión logística de los residuos sólidos hospitalarios en lo social, que están dadas por emprender nuevos caminos hacia el desarrollo, mejorando la calidad de vida de las personas, debido a que, se reduce la cantidad de residuos generados, es decir, se genera una mayor conciencia en cuanto a reducir el consumo de productos y reutilizar aquellos que puedan devolver valor a la cadena logística (Rosario *et al.*, 2014).

- **CRITERIO SALUD PÚBLICA (SP)**

De acuerdo con la Ley 1122 de 2007, este criterio está constituido por un conjunto de políticas que buscan garantizar de manera integrada, la salud de la población por medio de acciones dirigidas tanto de manera individual como colectiva ya que sus resultados constituyen indicadores de las condiciones de vida, bienestar y desarrollo de una comunidad (Ministerio de Salud y Protección Social, 2007).

- **CRITERIO TÉCNICO (T)**

Este criterio consta de un análisis de las operaciones tecnológicas posibles y apropiadas para solucionar el problema o deficiencia existente en el servicio. Incluye condiciones técnicas, estudios, diseños finales y presupuestos para la gestión logística de los residuos sólidos hospitalarios aprovechables (Jorge Jaramillo, 1999).

5.1.2. Definición de los subcriterios de decisión

Los subcriterios de decisión relacionados con los criterios definidos en el numeral anterior, para la evaluación de las alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico mediante herramientas de análisis multicriterio se definen de la siguiente manera:

CRITERIO AMBIENTAL (A)

- **Subcriterio A1. Cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios y cementerios:** hace referencia a la cantidad de residuos que están siendo dispuestos en los rellenos sanitarios. (Departamento Nacional de Planeación, 2018)
- **Subcriterio A2. Uso y afectación de los recursos naturales:** hace referencia a la cantidad de agua y energía utilizada para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final los residuos hospitalarios y el impacto ambiental que produzca la alternativa evaluada en cuestión de contaminación y desperdicio del recurso natural. (Ministerio de Ambiente, 2016)

CRITERIO ECONÓMICO (E)

- **Subcriterio E1. Costos de la gestión logística de los residuos:** corresponde a todas las acciones que deben asegurar el adecuado aprovechamiento de los residuos sólidos hospitalarios, con respecto al transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final. (Hernández Flechas y Corredor González, 2016)

- **Subcriterio E2. Beneficios de implementar alternativas de aprovechamiento:** hace referencia a la adquisición de valor monetario asociado a la preservación del medio ambiente y reutilización de los residuos. (Soto Mosquera, 2015)

CRITERIO LEGAL (L)

- **Subcriterio L1. Elaboración del manual de procedimientos de los residuos hospitalarios:** consiste en el cumplimiento de la Resolución 1164 de 2002, por la cual los establecimientos deben elaborar el manual para la gestión integral de residuos hospitalarios.
- **Subcriterio L2. Gestión integral en el uso y preservación de los recursos naturales de los residuos hospitalarios:** consiste en el cumplimiento del Decreto 1076 de mayo de 2015, por el cual se busca proteger el uso de los recursos naturales renovables.

CRITERIO SOCIAL (S)

- **Subcriterio S1. Reciclaje formal e informal:** hace referencia al proceso mediante el cual se recuperan y se aprovechan los residuos que han desechado como basura, ya sea, informal por medio de recicladores o una entidad especializada. (Cárdenas Solorzano, 2018)
- **Subcriterio S2. Capacitación y sensibilización de la comunidad en reducir, reciclar y reutilizar los residuos:** consiste en que, en la comunidad, la generación de residuos sólidos hospitalarios sea poca, en cuanto a que se pueda reducir, reciclar y reutilizar internamente. (Arango Betancur, Rojas Ladino y Silva Álvarez, 2019)

CRITERIO SALUD PÚBLICA (SP)

- **Subcriterio SP1. Transmisión de enfermedades:** hace referencia al origen del residuo hospitalario y la peligrosidad en cuanto a la exposición a este. (Gómez Montoya, Zuluaga Mazo y Correa Espina, 2014)
- **Subcriterio SP2. Tratamiento de residuos infecciosos:** hace referencia a la eficiencia de la alternativa, en cuanto a la eliminación de

agentes patógenos y riesgo a la salud. (Gómez Montoya, Zuluaga Mazo y Correa Espina, 2014)

CRITERIO TÉCNICO (T)

- **Subcriterio T1. Adecuadas instalaciones y tecnología:** consiste en el acceso a la tecnología requerida para aplicar las alternativas de aprovechamiento de residuos hospitalarios (OPS, 2011).
- **Subcriterio T2. Reincorporación del residuo reciclado al ciclo productivo:** hace referencia a la confianza que se tiene en el residuo reciclado y en el proceso tecnológico implementado (OPS, 2011).

5.2. ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO

Con respecto a las alternativas de aprovechamiento de residuos sólidos hospitalarios a base de plástico, se deben contemplar aquellas alternativas que consideren dentro del proceso logístico el tratamiento como un factor importante a la hora de realizar la recuperación del residuo.

Se hace nuevamente una revisión de la literatura para identificar las alternativas que se han utilizado a la hora de aprovechar los residuos a base de plástico, se revisó la normatividad vigente y algunos planes de aprovechamiento de residuos a base de plástico, se encontraron también documentos de Vázquez Morillas, Espinosa Valdemar, Beltrán Villavicencio y Velasco Pérez del 2016, otro de Montoya Camargo, Roncancio Cardona del 2018 y por ultimo uno de Solano Albuja y Vera Ríos del 2011 los cuales concuerdan en las siguientes alternativas:

- 1. ALTERNATIVA AA1.** Reciclaje mecánico post consumo.
- 2. ALTERNATIVA AA2.** Reciclaje químico.
- 3. ALTERNATIVA AA3.** Recuperación energética.

5.2.1. Definición de las alternativas

- **ALTERNATIVA AA1. RECICLAJE MECÁNICO POST CONSUMO**

El reciclado mecánico es un proceso físico - mecánico mediante el cual el plástico post - consumo o el industrial (Scrap) es recuperado, permitiendo su posterior utilización.

Consiste en una serie de etapas o procesos a los que el material es sometido, para su limpieza y procesado, sin que exista en principio un cambio químico en la estructura. La calidad del producto resultante dependerá en gran medida de la separación previa de los distintos materiales plásticos y de la ausencia de impurezas, por lo que es muy importante hacer una buena selección del proceso a realizar (Ecoplas, 2011).

- **ALTERNATIVA AA2. RECICLAJE QUÍMICO**

El reciclaje químico, es un proceso en el cual las macromoléculas de los polímeros son craqueadas (rotas) transformándose en compuestos de bajo peso molecular, para finalmente por medio de un proceso de separación y purificación ser utilizados nuevamente. En ciertos casos los polímeros, bajo ciertas condiciones de temperatura, presión y catalizadores, vuelven a los monómeros originales de los que partieron como materia prima. A dichos monómeros se los purifica y pueden volver a usarse para producir nuevamente polímeros con iguales características que el polímero virgen (Ecoplas, 2011). Algunos métodos de reciclado químico son los siguientes:

- **Pirolisis:** este método se basa en el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío, es decir, en ausencia de oxígeno. Este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías.
- **Hidrogenación:** en este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.
- **Gasificación:** los plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Así se obtienen gases de síntesis como el monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco.

- **Metanólisis:** es un avanzado proceso de reciclado que consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster (PET), es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetil tereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen.

- **ALTERNATIVA AA3. RECUPERACIÓN ENERGÉTICA**

Proceso que, mediante combustión controlada (incineración) aprovecha el alto contenido energético de los residuos plásticos como combustible alternativo. Aunque algunos plásticos puedan reciclarse, con ventajas para el medio ambiente, muchos residuos plásticos consisten en pequeños objetos dispersos entre otros materiales de residuos. Separar y limpiar esos residuos para su reciclaje puede entrañar una carga ambiental mayor que las ventajas del reciclaje, incluso antes de tenerse en cuenta el costo económico. Asimismo, podría haber residuos del proceso de reciclaje que no puedan ser reciclados a su vez (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

6. SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS A BASE DE PLÁSTICOS

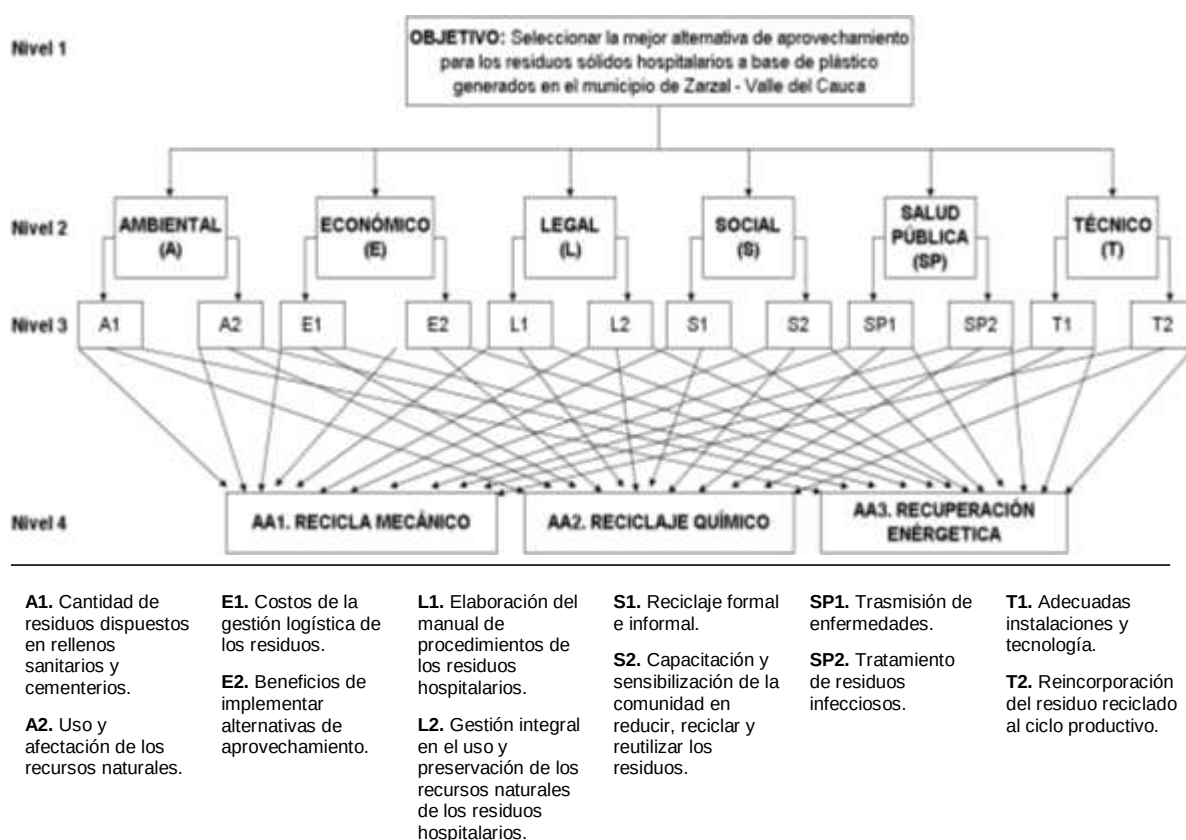
6.1. APLICACIÓN DE AHP

Al buscar precisión en la toma de decisiones, es necesario recurrir a diferentes técnicas de la Investigación de Operaciones. Manyoma Velásquez, Pardo Colorado y Torres Lozada (2013) afirman que, para el caso de los problemas ambientales, manejo de residuos sólidos y gestión de recursos naturales, las herramientas como AHP y ANP son en conjunto, los métodos más usados para representar este tipo de situaciones, debido a que el fundamento principal de AHP se basa en la complejidad del problema mediante la jerarquización de los criterios y alternativas. Mendoza *et al.* (2019) resaltan que, para abordar problemas en consenso con expertos es necesario una técnica que garantice y priorice el conjunto de juicios de estos, en ese sentido AHP permite establecer parámetros de decisión enfatizando en los criterios una perspectiva más amplia, de ahí para este caso de estudio, la relevancia de aplicar AHP como herramienta de análisis para definir la mejor alternativa

6.1.1. Estructura jerárquica

En la ilustración 6 se presenta de manera gráfica y ordenada, el objetivo, los criterios, subcriterios y las alternativas de aprovechamiento de residuos sólidos hospitalarios a base de plástico establecidas para este estudio.

Ilustración 6. Estructura jerárquica – aplicación de AHP



Fuente: Elaboración propia.

6.1.2. Juicio de los expertos

La aplicación de AHP es un proceso que implica realizar comparaciones entre parejas de alternativas de acuerdo a los criterios establecidos. Para ello, es necesario recopilar los juicios individuales de cada experto, por lo cual, se establece una encuesta que permita recopilar información de cada uno de ellos (Ver Anexo D). La encuesta está dividida en tres secciones:

- **Sección 1:** Comparación de criterios – 15 preguntas.
- **Sección 2:** Comparación de subcriterios – 6 preguntas.
- **Sección 3:** Comparación de alternativas – 36 preguntas.

Para la aplicación de la encuesta, los expertos seleccionados para este caso de estudio, se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Selección de expertos

	PROFESIÓN	CARGO	EXPERIENCIA
EXPERTO 1	Ingeniero en alimentos, especialista en gerencia en salud	Secretario de bienestar del municipio de zarzal	Gerente de Zarzalud (Empresa de contratos sindicales del sector salud), área de calidad de la gobernación del valle del cauca.
EXPERTO 2	Ingeniera ambiental	Área técnica de vallecaucana de aguas SAS ESP (último cargo)	Cuatro años de experiencia en el Sector de Agua y Saneamiento Básico, específicamente en el área técnica de la empresa Vallecaucana de Aguas SA ESP, la cual es gestora del Plan Departamental de Aguas del Departamento Valle del Cauca.
EXPERTO 3	Tecnólogo en seguridad y salud en el trabajo	Concejal del Municipio de Zarzal	Veedor de la salud del municipio de Zarzal ante juntas de acción comunal por 12 años. Encargado del manejo de residuos sólidos hospitalarios en el hospital departamental San Rafael de Zarzal por 5 años
EXPERTO 4	Ingeniero sanitario	Secretario de medio ambiente y desarrollo rural del municipio de Zarzal	Ingeniero sanitario en la secretaria de ambiente del municipio de Zarzal.
EXPERTO 5	Medica	Directora local de salud del municipio de Zarzal	Medica en Coomeva EPS y Nueva EPS. Dirección local de Salud del Municipio de Zarzal.

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/file/d/1dyrETIkLZ03ATEO9Afrv0culpeVFkEHU/view?usp=sharing> se puede visualizar de forma detallada, la plantilla en la cual se realizó el modelo de AHP y los respectivos cálculos.

6.1.3. Construcción de las matrices pareadas

La construcción de las matrices pareadas se obtuvo mediante la aplicación de una encuesta de comparación de criterios, subcriterios y alternativas, y se registró en una plantilla de Excel el juicio de cada uno de los expertos, en el siguiente ejemplo:

- **Resultados del Experto 1**

Se toma como ejemplo, las matrices de comparación pareadas del Experto 1. Cabe resaltar que, para cada uno de los expertos se realizó la misma construcción de las matrices y obtención de resultados. En la tabla 9, se evidencia el registro de la comparación de cada uno de los criterios, como primer aspecto a evaluar.

Tabla 9. Matriz de comparación de los criterios

MATRIZ DE COMPARACIÓN DEL CONJUNTO DE LOS CRITERIOS						
CRITERIOS	AMBIENTAL (A)	ECONÓMICO (E)	LEGAL (L)	SOCIAL (S)	SALUD PÚBLICA (SP)	TÉCNICO (T)
AMBIENTAL (A)	1,00	4,00	1,00	1,00	0,20	3,00
ECONÓMICO (E)	0,25	1,00	0,20	0,13	0,17	3,00
LEGAL (L)	1,00	5,00	1,00	0,25	0,33	5,00
SOCIAL (S)	1,00	8,00	4,00	1,00	1,00	7,00
SALUD PUBLICA (SP)	5,00	6,00	3,00	1,00	1,00	8,00
TÉCNICO (T)	0,33	0,33	0,20	0,14	0,13	1,00

Fuente: Elaboración propia

Luego de comparar el conjunto de los criterios, se debe hacer la comparación de cada uno de los subcriterios pertenecientes a cada criterio, para este caso se tienen seis (6) criterios, por ende, se construyen el mismo número de matrices, en la Tabla 10, se toma el criterio Ambiental (A) como ejemplo.

Tabla 10. *Matriz de comparación de subcriterios*

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE SUBCRITERIOS DEL CRITERIO AMBIENTAL		
CRITERIO AMBIENTAL (A)	SUBCRITERIO A1	SUBCRITERIO A2
SUBCRITERIO A1	1,00	0,20
SUBCRITERIO A2	5,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

Por último, después de realizar la comparación de subcriterios en cada criterio, se hace la comparación de cada una de las alternativas en cada subcriterio, cabe resaltar que para este caso se establecieron doce (12) subcriterios, por lo que, se deben construir el mismo número de matrices, en la Tabla 11, se toma el Subcriterio A1 como ejemplo:

Tabla 11. *Matriz de comparación de las alternativas*

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DEL SUBCRITERIO A1			
SUBCRITERIO A1	ALTERNATIVA AA1	ALTERNATIVA AA2	ALTERNATIVA AA3
ALTERNATIVA AA1	1,00	5,00	0,25
ALTERNATIVA AA2	0,20	1,00	0,13
ALTERNATIVA AA3	4,00	8,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

6.1.4. Consistencia del juicio de los expertos

De la construcción de las matrices de comparación pareadas para cada uno de los evaluados, mediante el índice de consistencia se valida el juicio de cada uno de los expertos, teniendo en cuenta que el resultado del cálculo de esta medida debe ser menor a 0,10 para poder afirmar que las matrices establecidas son consistentes, por ello, a continuación, se muestran los resultados de cada uno de los expertos:

Tabla 12. Consistencia del juicio del Experto 1

MATRIZ DE COMPARACIÓN DEL CONJUNTO DE CRITERIOS		MATRICES DE COMPARACIÓN DE SUBCRITERIOS EN CADA CRITERIO		MATRICES DE COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN CADA SUBCRITERIO	
DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	CRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	SUBCRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA
CRITERIOS	0,0741	AMBIENTAL (A)	--	SC. A1	0,0724
		ECONÓMICO (E)	--	SC. A2	0,0659
		LEGAL (L)	--	SC. E1	0,0727
		SOCIAL (S)	--	SC. E2	0,0839
		SALUD PÚBLICA (SP)	--	SC. L1	0,0957
		TÉCNICO (T)	--	SC. L2	0,0139
				SC. S1	0,0107
				SC. S2	0,0826
				SC. SP1.	0,0724
				SC. SP2	0,0563
				SC. T1	0,0813
				SC. T2	0,0957

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Consistencia del juicio del Experto 2

MATRIZ DE COMPARACIÓN DEL CONJUNTO DE CRITERIOS		MATRICES DE COMPARACIÓN DE SUBCRITERIOS EN CADA CRITERIO		MATRICES DE COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN CADA SUBCRITERIO	
DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	CRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	SUBCRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA
CRITERIOS	0,0985	AMBIENTAL (A)	--	SC. A1	0,0912
		ECONÓMICO (E)	--	SC. A2	0,0813
		LEGAL (L)	--	SC. E1	0,0957
		SOCIAL (S)	--	SC. E2	0,0839
		SALUD PÚBLICA (SP)	--	SC. L1	0,0000
		TÉCNICO (T)	--	SC. L2	0,0496
				SC. S1	0,0000
				SC. S2	0,0000
				SC. SP1.	0,0012
				SC. SP2	0,0266
				SC. T1	0,0000
				SC. T2	0,0409

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Consistencia del juicio del Experto 3

MATRIZ DE COMPARACIÓN DEL CONJUNTO DE CRITERIOS		MATRICES DE COMPARACIÓN DE SUBCRITERIOS EN CADA CRITERIO		MATRICES DE COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN CADA SUBCRITERIO	
DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	CRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	SUBCRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA
CRITERIOS	0,0881	AMBIENTAL (A)	--	SC. A1	0,0726
		ECONÓMICO (E)	--	SC. A2	0,0961
		LEGAL (L)	--	SC. E1	0,0727
		SOCIAL (S)	--	SC. E2	0,0927
		SALUD PÚBLICA (SP)	--	SC. L1	0,0412
		TÉCNICO (T)	--	SC. L2	0,0813
				SC. S1	0,0721
				SC. S2	0,0412
				SC. SP1.	0,0830
				SC. SP2	0,0826
				SC. T1	0,0000
				SC. T2	0,0000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Consistencia del juicio del Experto 4

MATRIZ DE COMPARACIÓN DEL CONJUNTO DE CRITERIOS		MATRICES DE COMPARACIÓN DE SUBCRITERIOS EN CADA CRITERIO		MATRICES DE COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN CADA SUBCRITERIO	
DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	CRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	SUBCRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA
CRITERIOS	0,0829	AMBIENTAL (A)	--	SC. A1	0,0775
		ECONÓMICO (E)	--	SC. A2	0,0813
		LEGAL (L)	--	SC. E1	0,0567
		SOCIAL (S)	--	SC. E2	0,0247
		SALUD PÚBLICA (SP)	--	SC. L1	0,0000
		TÉCNICO (T)	--	SC. L2	0,0000
				SC. S1	0,0139
				SC. S2	0,0775
				SC. SP1.	0,0614
				SC. SP2	0,0000
				SC. T1	0,0247
				SC. T2	0,0813

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Consistencia del juicio del Experto 5

MATRIZ DE COMPARACIÓN DEL CONJUNTO DE CRITERIOS		MATRICES DE COMPARACIÓN DE SUBCRITERIOS EN CADA CRITERIO		MATRICES DE COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN CADA SUBCRITERIO	
DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	CRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	SUBCRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA
CRITERIOS	0,0921	AMBIENTAL (A)	--	SC. A1	0,0414
		ECONÓMICO (E)	--	SC. A2	0,0775
		LEGAL (L)	--	SC. E1	0,0957
		SOCIAL (S)	--	SC. E2	0,0549
		SALUD PÚBLICA (SP)	--	SC. L1	0,0413
		TÉCNICO (T)	--	SC. L2	0,0499
				SC. S1	0,0961
				SC. S2	0,0411
				SC. SP1.	0,0247
				SC. SP2	0,0657
				SC. T1	0,0000
				SC. T2	0,0000

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos del índice de consistencia de cada uno de los expertos, se puede observar dos puntos importantes:

1. En las matrices de comparación de los subcriterios en cada criterio, el índice de consistencia es un valor nulo, dado que, como solo se comparan dos subcriterios, entonces el índice de aleatoriedad presente en la Tabla 3. indica que para una matriz de tamaño $n= 2$ el valor es cero (0), por lo tanto, al tomar este índice ese valor, el resultado de la matriz de consistencia es nulo y no afecta el modelo en la toma de decisiones.
2. En los resultados de consistencia de cada uno de los expertos, se observa en cada una de las tablas, que tanto la matriz de comparación de criterios y las matrices del conjunto de subcriterios, los valores son menores a 0,10, como establece Saaty (1980).

6.1.5. Ponderación del juicio de los expertos

Mendoza *et al.* (2019) Afirman que, luego de determinar la consistencia de cada una de las comparaciones de los expertos y posterior reevaluación de aquellas matrices no consistentes, se formulan las matrices de valoraciones consensuadas, donde el valor de la comparación de cada criterio, subcriterio y alternativa corresponderá a la media geométrica de la comparación por pares de los expertos, con la ecuación 9.

$$\bar{X}_g = \sqrt[n]{X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \dots X_n} \quad (9)$$

En la aplicación de la media geométrica, Mendoza *et al.* (2019) se basan en la propuesta realizada por Saaty y Aczel (1983) para sustentar por qué se debe utilizar este estadístico para ponderar el juicio de los expertos de la siguiente manera:

Si se utiliza la media aritmética, esta propiedad no se mantiene. A manera de ejemplo, supongamos que con la media aritmética la media de dos juicios con valores de 7 y 9 resultaría en 8, cuyo valor recíproco es 1/8, pero en el otro lado de la matriz obtendríamos un valor de $(1/7 + 1/9)/2 = 8/63$ lo que difiere del valor esperado de 1/8 para mantener la matriz recíproca. Por otra parte, utilizando la media geométrica, la síntesis de estos dos juicios sería $\bar{X}_g = \sqrt[2]{7 \cdot 9} = \sqrt[2]{63}$, y en el otro lado de la matriz el inverso estaría dado por $\bar{X}_g = \sqrt[2]{\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{9}} = \sqrt[2]{\frac{1}{63}}$, que sería lo mismo que decir $\bar{X}_g = \frac{1}{\sqrt[2]{63}}$, entonces al usar la media geométrica se puede ponderar el juicio de los expertos sin alterar la consistencia de las matrices de comparación pareadas.

Luego, se aplica la media geométrica, y finalmente se calculan las matrices consensuadas para cada uno de los parámetros del modelo, con ello se valida el juicio consensuado de los expertos con el índice de consistencia para cada una de las comparaciones pareadas, como se denota en la Tabla 18.

Tabla 17. Validación consensuada del juicio de los expertos

MATRIZ DE COMPARACIÓN DEL CONJUNTO DE CRITERIOS		MATRICES DE COMPARACIÓN DE SUBCRITERIOS EN CADA CRITERIO		MATRICES DE COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN CADA SUBCRITERIO	
DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	CRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	SUBCRITERIOS	ÍNDICE DE CONSISTENCIA
CRITERIOS	0,0291	AMBIENTAL (A)	--	SC. A1	0,0037
		ECONÓMICO (E)	--	SC. A2	0,0287
		LEGAL (L)	--	SC. E1	0,0035
		SOCIAL (S)	--	SC. E2	0,0358
		SALUD PÚBLICA (SP)	--	SC. L1	0,0037
		TÉCNICO (T)	--	SC. L2	0,0001
				SC. S1	0,0252
				SC. S2	0,0010
				SC. SP1.	0,0013
				SC. SP2	0,0001
				SC. T1	0,0006
				SC. T2	0,0012

Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en la Tabla 18, el análisis de las valoraciones consensuadas de los expertos no refleja inconsistencias en la comparación de cada uno de los criterios y subcriterios, por lo que, se puede afirmar que las evaluaciones realizadas por los expertos son consistentes.

6.1.6. Resultados de selección de alternativas

- **Matrices de comparación consensuada del juicio de los expertos**

En la tabla 19, se toma como ejemplo el resultado de la matriz de comparación consensuada del juicio de los expertos para el conjunto de los criterios obtenida con la aplicación de la media geométrica

Tabla 18. Matriz de comparación consensuada del juicio de los expertos

MATRIZ DE NORMALIZADA DEL CONJUNTO DE LOS CRITERIOS						
CRITERIOS	AMBIENTAL (A)	ECONÓMICO (E)	LEGAL (L)	SOCIAL (S)	SALUD PÚBLICA (SP)	TÉCNICO (T)
AMBIENTAL (A)	0,1793	0,2001	0,1611	0,2818	0,1132	0,2506
ECONÓMICO (E)	0,0328	0,0366	0,0390	0,0388	0,0347	0,0262
LEGAL (L)	0,1793	0,1510	0,1611	0,1299	0,1684	0,1816
SOCIAL (S)	0,1793	0,2655	0,3493	0,2818	0,3179	0,3463
SALUD PUBLICA (SP)	0,3817	0,2539	0,2305	0,2135	0,2409	0,1286
TÉCNICO (T)	0,0477	0,0930	0,0591	0,0542	0,1249	0,0667

Fuente: Elaboración propia

Después de obtener las matrices de comparación para el conjunto de criterios, subcriterios y alternativas, como siguiente paso se debe hallar la matriz normalizada del conjunto de comparaciones, la cual resulta de dividir el valor de cada columna por la respectiva suma de esa columna, ejemplo, en la calificación del criterio Ambiental (A) con respecto al criterio Económico (E) se obtuvo una calificación consensuada de 5,47 por lo tanto, el valor correspondiente en la matriz normalizada para esa misma posición esta dado por el resultado de la operación $5,47/27,34 = 0,2001$. Así como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Matriz normalizada del conjunto de los criterios

MATRIZ DE COMPARACIÓN DEL CONJUNTO DE LOS CRITERIOS						
CRITERIOS	AMBIENTAL (A)	ECONÓMICO (E)	LEGAL (L)	SOCIAL (S)	SALUD PÚBLICA (SP)	TÉCNICO (T)
AMBIENTAL (A)	1,00	5,47	1,00	1,00	0,47	3,76
ECONÓMICO (E)	0,18	1,00	0,24	0,14	0,14	0,39
LEGAL (L)	1,00	4,13	1,00	0,46	0,70	2,72
SOCIAL (S)	1,00	7,26	2,17	1,00	1,32	5,19
SALUD PUBLICA (SP)	2,13	6,94	1,43	0,76	1,00	1,93
TÉCNICO (T)	0,27	2,54	0,37	0,19	0,52	1,00
SUMA	5,58	27,35	6,21	3,55	4,15	15,00

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, como se presenta en la Tabla 9, se halla la matriz normalizada para cada una de las matrices de comparación de los subcriterios y alternativas.

Luego, se halla el vector prioridad, que corresponde al promedio de la fila correspondiente a cada criterio en la matriz normalizada, por ejemplo, para el criterio Ambiental (A), la prioridad de este, está dada por el promedio de: $(0,1793 + 0,2001 + 0,1611 + 0,2818 + 0,1132 + 0,2506)/6 = 0,1976 * 100 = 19,76\%$, así sucesivamente se realiza para hallar la prioridad del resto de los criterios y subcriterios. Los resultados se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. *Prioridad del conjunto de los criterios y subcriterios*

CRITERIOS	VECTOR PRIORIDAD	SUBCRITERIOS	VECTOR PRIORIDAD
AMBIENTAL (A)	19,756%	SC. A1	55,790%
		SC. A2	44,210%
ECONÓMICO (E)	3,468%	SC. E1	30,513%
		SC. E2	69,487%
LEGAL (L)	16,187%	SC. L1	17,718%
		SC. L2	82,282%
SOCIAL (S)	29,000%	SC. S1	54,647%
		SC. S2	45,353%
SALUD PÚBLICA (SP)	24,151%	SC. SP1.	70,926%
		SC. SP2	29,074%
TÉCNICO (T)	7,429%	SC. T1	58,156%
		SC. T2	41,844%

Fuente: Elaboración propia

Por último, se establecen los pesos de los subcriterios, al multiplicar cada valor del vector prioridad del conjunto de los criterios, con el subcriterio que le corresponda, es decir, para hallar el peso del subcriterio A1 y A2, que pertenecen al criterio Ambiental (A), se multiplica 19,756% por los valores, 55,790% y 44,210%, los resultados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Pesos subcriterios

SUBCRITERIO	PESOS SUBCRITERIO
SC. A1	11,027%
SC. A2	8,738%
SC. E1	1,058%
SC. E2	2,410%
SC. L1	2,868%
SC. L2	13,319%
SC. S1	15,848%
SC. S2	13,153%
SC. SP1.	17,129%
SC. SP2	7,022%
SC. T1	4,320%
SC. T2	3,109%

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecido los pesos de subcriterios, se procede a hallar el vector prioridad de las alternativas en comparación con cada subcriterio, para así, definir la solución del modelo, como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22. Resultados de la evaluación de las alternativas de aprovechamiento

SUBCRITERIO	PESOS SUBCRITERIO	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	11,027%	41,125%	15,272%	43,602%	4,535%	1,684%	4,808%
SC. A2	8,738%	52,198%	32,382%	15,421%	4,561%	2,830%	1,347%
SC. E1	1,058%	31,191%	26,250%	42,560%	0,330%	0,278%	0,450%
SC. E2	2,410%	45,832%	23,228%	30,940%	1,104%	0,560%	0,746%
SC. L1	2,868%	51,898%	18,630%	29,741%	1,488%	0,534%	0,845%
SC. L2	13,319%	60,204%	23,820%	15,976%	8,108%	3,173%	2,128%
SC. S1	15,848%	59,442%	11,283%	29,275%	9,420%	1,788%	4,639%
SC. S2	13,153%	47,615%	20,261%	32,124%	6,263%	2,665%	4,225%
SC. SP1.	17,129%	12,778%	39,747%	47,476%	2,189%	6,808%	8,132%
SC. SP2	7,022%	16,734%	37,278%	45,988%	1,175%	2,618%	3,229%
SC. T1	4,320%	24,124%	24,819%	51,057%	1,042%	1,072%	2,206%
SC. T2	3,109%	29,631%	48,219%	22,150%	0,921%	1,499%	0,689%
RESULTADO					41,047%	25,508%	33,445%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de AHP registrado en la Tabla 11, permiten afirmar que la alternativa de aprovechamiento que está más acorde al cumplimiento de cada uno de los criterios y subcriterios establecidos para este caso es de estudio, es la AA1. Reciclaje mecánico post consumo, la cual tiene un 41,047% de consenso por parte de los expertos, de ahí le sigue la AA3. Recuperación energética con 33,445% de consenso, y, por último, la AA2. Reciclaje químico con un 25,508%.

En síntesis, la mejor alternativa de aprovechamiento para los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico que se generan en el municipio de Zarzal corresponde al reciclaje mecánico post consumo, el cual permite que se puedan involucrar activamente los recicladores formales e informales pensando en los generadores del municipio que no tienen ningún tipo de control con los residuos que generan y que pueden ser catalogados como residuos sólidos hospitalarios.

7. ANÁLISIS DE ESCENARIOS

Para corroborar los resultados obtenidos de la evaluación de las alternativas mediante el uso de la herramienta de análisis multicriterio – AHP, es necesario que el caso de estudio sea sometido a un análisis de escenarios, en el cual se modifiquen los parámetros de interés, como lo son: la cantidad y el peso de los criterios, subcriterios Con la finalidad de poder observar qué tanto impacto genera las variaciones en el resultado de selección de alternativa de aprovechamiento.

7.1. ESCENARIO 1. CRITERIOS Y SUBCRITERIOS CON EL MISMO PESO

Como primer escenario, a cada uno de los criterios y subcriterios se les asigna el mismo peso, lo que supone que todos los criterios evaluados: ambiental, económico, legal, social, salud pública y técnico, y los subcriterios que los componen, son igual de importantes para los expertos, expresando así, que la alternativa de aprovechamiento seleccionada debe estar conforme con cada uno de ellos, ver la Tabla 23.

Tabla 23. Escenario 1. Criterios y subcriterios con el mismo peso

SUBCRITERIO	PESOS SUBCRITERIO	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	8,333%	41,125%	15,272%	43,602%	3,427%	1,273%	3,634%
SC. A2	8,333%	52,198%	32,382%	15,421%	4,350%	2,698%	1,285%
SC. E1	8,333%	31,191%	26,250%	42,560%	2,599%	2,187%	3,547%
SC. E2	8,333%	45,832%	23,228%	30,940%	3,819%	1,936%	2,578%
SC. L1	8,333%	51,898%	18,630%	29,741%	4,325%	1,553%	2,456%
SC. L2	8,333%	60,204%	23,820%	15,976%	5,017%	1,985%	1,331%
SC. S1	8,333%	59,442%	11,283%	29,275%	4,953%	0,940%	2,440%
SC. S2	8,333%	47,615%	20,261%	32,124%	3,968%	1,688%	2,677%
SC. SP1.	8,333%	12,778%	39,747%	47,476%	1,065%	3,312%	3,956%
SC. SP2	8,333%	16,734%	37,278%	45,988%	1,395%	3,106%	3,832%
SC. T1	8,333%	24,124%	24,819%	51,057%	2,010%	2,068%	4,255%
SC. T2	8,333%	29,631%	48,219%	22,150%	2,469%	4,018%	1,846%
RESULTADO					39,398%	26,766%	33,837%

Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 1, se presenta la misma situación que en la solución del modelo original, indica que la mejor alternativa de aprovechamiento de los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico para el municipio de Zarzal, corresponde a la alternativa AA1. Reciclaje mecánico post consumo, con un consenso de los expertos del 39,398%, seguido de la AA3. Recuperación energética con un 33,837% y la AA2. Reciclaje químico con un 26,766%.

La diferencia entre este escenario y la solución original radica en que, al comparar las alternativas en condiciones iguales, el porcentaje de consenso de la alternativa 1 baja, mientras que el de las otras alternativas sube.

7.2. ESCENARIO 2. CRITERIOS CON PESOS ALEATORIOS

Para el segundo escenario, se estima que el peso de cada uno de los criterios evaluados: ambiental, económico, legal, social, técnico y salud pública, en la aplicación del modelo está determinado por el valor que arroje la función de aleatoriedad de Excel, como se muestra en la Ilustración 7.

Ilustración 7. Función aleatoria en Excel

CRITERIOS	PESOS ALEATORIO	ALEATORIO
AMBIENTAL (A)	18,61%	=ALEATORIO()
ECONÓMICO (E)	4,30%	ALEATORIO()
LEGAL (L)	15,11%	0,3212
SOCIAL (S)	17,88%	0,3801
SALUD PUBLICA (SP)	40,08%	0,8521
TÉCNICO (T)	4,02%	0,0854
SUMA	100,00%	

Fuente: Elaboración propia.

Luego de utilizar la función de aleatoriedad en Excel como se muestra en la ilustración 7, se procede a establecer los pesos de cada uno de los criterios, amarrados a una función de frecuencia, en la cual se toma el valor perteneciente a cada criterio y se divide por la suma de todos los valores, así como se muestra en la Ilustración 8.

Ilustración 8. Pesos aleatorios de los criterios

CRITERIOS	PESOS ALEATORIO	ALEATORIO
AMBIENTAL (A)	21,04%	0,6059
ECONÓMICO (E)	= (D7/SUMA(\$D\$6:\$D\$11))	0,5518
LEGAL (L)	17,29%	0,4981
SOCIAL (S)	30,73%	0,8850
SALUD PUBLICA (SP)	9,71%	0,2795
TÉCNICO (T)	2,08%	0,0598
SUMA	100,00%	

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Ilustración 8, se establecen los pesos aleatorios de cada uno de los criterios, y se verifica que la sumatoria sea del 100,00%, ya establecidas las condiciones iniciales, se realizan los siguientes escenarios de aleatoriedad para el modelo.

1. Escenario de aleatoriedad 1

Tabla 24. Pesos escenario de aleatoriedad 1

CRITERIOS	PESOS ALEATORIOS
AMBIENTAL	12,599%
ECONÓMICO	2,614%
LEGAL	20,146%
SOCIAL	24,158%
SALUD PÚBLICA	16,198%
TÉCNICO	24,287%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Luego de definir los pesos de cada uno de los criterios, en la Tabla 25 se evidencian los resultados del escenario propuesto.

Tabla 25. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 1

SUBCRITERIO	PESOS SUBCRITERIO	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	7,029%	41,125%	15,272%	43,602%	2,891%	1,073%	3,065%
SC. A2	5,570%	52,198%	32,382%	15,421%	2,907%	1,804%	0,859%
SC. E1	0,797%	31,191%	26,250%	42,560%	0,249%	0,209%	0,339%
SC. E2	1,816%	45,832%	23,228%	30,940%	0,832%	0,422%	0,562%
SC. L1	3,569%	51,898%	18,630%	29,741%	1,852%	0,665%	1,052%
SC. L2	16,577%	60,204%	23,820%	15,976%	9,980%	3,949%	2,648%
SC. S1	13,201%	59,442%	11,283%	29,275%	7,847%	1,490%	3,865%
SC. S2	10,956%	47,615%	20,261%	32,124%	5,217%	2,220%	3,520%
SC. SP1.	11,488%	12,778%	39,747%	47,476%	1,468%	4,566%	5,454%
SC. SP2	4,709%	16,734%	37,278%	45,988%	0,788%	1,756%	2,166%
SC. T1	14,124%	24,124%	24,819%	51,057%	3,407%	3,505%	7,211%
SC. T2	10,163%	29,631%	48,219%	22,150%	3,011%	4,900%	2,251%
RESULTADO					40,450%	26,559%	32,992%

Fuente: Elaboración propia.

2. Escenario de aleatoriedad 2

Tabla 26. Pesos escenario de aleatoriedad 2

CRITERIOS	PESOS ALEATORIOS
AMBIENTAL	20,493%
ECONÓMICO	19,479%
LEGAL	22,901%
SOCIAL	28,489%
SALUD PÚBLICA	7,738%
TÉCNICO	0,901%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Luego de definir los pesos de cada uno de los criterios, en la Tabla 27 se evidencian los resultados del escenario propuesto.

Tabla 27. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 2

SUBCRITERIO	PESOS SUBCRITERIO	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	11,433%	41,125%	15,272%	43,602%	4,702%	1,746%	4,985%
SC. A2	9,060%	52,198%	32,382%	15,421%	4,729%	2,934%	1,397%
SC. E1	5,944%	31,191%	26,250%	42,560%	1,854%	1,560%	2,530%
SC. E2	13,535%	45,832%	23,228%	30,940%	6,203%	3,144%	4,188%
SC. L1	4,058%	51,898%	18,630%	29,471%	2,106%	0,756%	1,196%
SC. L2	18,843%	60,204%	23,820%	15,976%	11,344%	4,488%	3,010%
SC. S1	15,568%	59,442%	11,283%	29,275%	9,254%	1,757%	4,558%
SC. S2	12,921%	47,615%	20,261%	32,124%	6,152%	2,618%	4,151%
SC. SP1.	5,488%	12,778%	39,747%	47,476%	0,701%	2,181%	2,606%
SC. SP2	2,250%	16,734%	37,278%	45,988%	0,376%	0,839%	1,035%
SC. T1	0,524%	24,124%	24,819%	51,057%	0,126%	0,130%	0,267%
SC. T2	0,377%	29,631%	48,219%	22,150%	0,112%	0,182%	0,083%
RESULTADO					47,660%	22,335%	30,005%

Fuente: Elaboración propia.

3. Escenario de aleatoriedad 3

Tabla 28. Pesos escenario de aleatoriedad 3

CRITERIOS	PESOS ALEATORIOS
AMBIENTAL	2,951%
ECONÓMICO	6,384%
LEGAL	2,556%
SOCIAL	49,003%
SALUD PÚBLICA	3,124%
TÉCNICO	35,981%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Luego de definir los pesos de cada uno de los criterios, en la Tabla 29 se evidencian los resultados del escenario propuesto.

Tabla 29. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 3

SUBCRITERIO	PESOS SUBCRITERIO	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	1,647%	41,125%	15,272%	43,602%	0,677%	0,251%	0,718%
SC. A2	1,305%	52,198%	32,382%	15,421%	0,681%	0,423%	0,201%
SC. E1	1,948%	31,191%	26,250%	42,560%	0,608%	0,511%	0,829%
SC. E2	4,436%	45,832%	23,228%	30,940%	2,033%	1,030%	1,373%
SC. L1	0,453%	51,898%	18,630%	29,471%	0,235%	0,084%	0,133%
SC. L2	2,103%	60,204%	23,820%	15,976%	1,266%	0,501%	0,336%
SC. S1	26,779%	59,442%	11,283%	29,275%	15,918%	3,021%	7,840%
SC. S2	22,225%	47,615%	20,261%	32,124%	10,582%	4,503%	7,139%
SC. SP1.	2,215%	12,778%	39,747%	47,476%	0,283%	0,881%	1,052%
SC. SP2	0,908%	16,734%	37,278%	45,988%	0,152%	0,339%	0,418%
SC. T1	20,925%	24,124%	24,819%	51,057%	5,048%	5,193%	10,684%
SC. T2	15,056%	29,631%	48,219%	22,150%	4,461%	7,260%	3,335%
		RESULTADO			41,945%	23,998%	34,057%

Fuente: Elaboración propia.

4. Escenario de aleatoriedad 4

Tabla 30. Pesos escenario de aleatoriedad 4

CRITERIOS	PESOS ALEATORIOS
AMBIENTAL	18,874%
ECONÓMICO	10,549%
LEGAL	21,474%
SOCIAL	12,034%
SALUD PÚBLICA	14,591%
TÉCNICO	22,478%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Luego de definir los pesos de cada uno de los criterios, en la Tabla 31 se evidencian los resultados del escenario propuesto.

Tabla 31. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 4

SUBCRITERIO	PESOS SUBCRITERIO	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	10,530%	41,125%	15,272%	43,602%	4,330%	1,608%	4,591%
SC. A2	8,344%	52,198%	32,382%	15,421%	4,356%	2,702%	1,287%
SC. E1	3,219%	31,191%	26,250%	42,560%	1,004%	0,845%	1,370%
SC. E2	7,331%	45,832%	23,228%	30,940%	3,360%	1,703%	2,268%
SC. L1	3,805%	51,898%	18,630%	29,471%	1,975%	0,709%	1,121%
SC. L2	17,669%	60,204%	23,820%	15,976%	10,637%	4,209%	2,823%
SC. S1	6,576%	59,442%	11,283%	29,275%	3,909%	0,742%	1,925%
SC. S2	5,458%	47,615%	20,261%	32,124%	2,599%	1,106%	1,753%
SC. SP1.	10,349%	12,778%	39,747%	47,476%	1,322%	4,113%	4,913%
SC. SP2	4,242%	16,734%	37,278%	45,988%	0,710%	1,581%	1,951%
SC. T1	13,072%	24,124%	24,819%	51,057%	3,154%	3,244%	6,674%
SC. T2	9,406%	29,631%	48,219%	22,150%	2,787%	4,535%	2,083%
RESULTADO					40,142%	27,098%	32,760%

Fuente: Elaboración propia.

5. Escenario de aleatoriedad 5

Tabla 32. Pesos escenario de aleatoriedad 5

CRITERIOS	PESOS ALEATORIOS
AMBIENTAL	2,324%
ECONÓMICO	7,969%
LEGAL	7,827%
SOCIAL	21,634%
SALUD PÚBLICA	28,371%
TÉCNICO	31,875%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Luego de definir los pesos de cada uno de los criterios, en la Tabla 33 se evidencian los resultados del escenario propuesto.

Tabla 33. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 5

SUBCRITERIO	PESOS SUBCRITERIO	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	1,297%	41,125%	15,272%	43,602%	0,533%	0,198%	0,565%
SC. A2	1,028%	52,198%	32,382%	15,421%	0,536%	0,333%	0,158%
SC. E1	2,431%	31,191%	26,250%	42,560%	0,758%	0,638%	1,035%
SC. E2	5,537%	45,832%	23,228%	30,940%	2,538%	1,286%	1,713%
SC. L1	1,387%	51,898%	18,630%	29,471%	0,720%	0,258%	0,409%
SC. L2	6,440%	60,204%	23,820%	15,976%	3,877%	1,534%	1,029%
SC. S1	11,823%	59,442%	11,283%	29,275%	7,028%	1,334%	3,461%
SC. S2	9,812%	47,615%	20,261%	32,124%	4,672%	1,988%	3,152%
SC. SP1.	20,122%	12,778%	39,747%	47,476%	2,571%	7,998%	9,553%
SC. SP2	8,249%	16,734%	37,278%	45,988%	1,380%	3,075%	3,793%
SC. T1	18,537%	24,124%	24,819%	51,057%	4,472%	4,601%	9,464%
SC. T2	13,338%	29,631%	48,219%	22,150%	3,952%	6,431%	2,954%
		RESULTADO			33,038%	29,675%	37,288%

Fuente: Elaboración propia.

7.3. ESCENARIO 3. SUBCRITERIOS CON PESOS ALEATORIOS

Para el tercer escenario, se realiza el mismo procedimiento que el escenario dos (2), para establecer los pesos de cada uno de los subcriterios. Por ello, se realizan los siguientes escenarios de aleatoriedad para el modelo.

6. Escenario de aleatoriedad 6

Tabla 34. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 6

SUBCRITERIO	PESOS ALEATORIOS	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	6,363%	41,125%	15,272%	43,602%	2,617%	0,972%	2,774%
SC. A2	3,096%	52,198%	32,382%	15,421%	1,616%	1,003%	0,477%
SC. E1	15,198%	31,191%	26,250%	42,560%	4,740%	3,989%	6,468%
SC. E2	10,544%	45,832%	23,228%	30,940%	4,833%	2,449%	3,262%
SC. L1	10,960%	51,898%	18,630%	29,471%	5,688%	2,042%	3,230%
SC. L2	2,026%	60,204%	23,820%	15,976%	1,220%	0,483%	0,324%
SC. S1	9,634%	59,442%	11,283%	29,275%	5,726%	1,087%	2,820%
SC. S2	8,215%	47,615%	20,261%	32,124%	3,912%	1,664%	2,639%
SC. SP1.	7,782%	12,778%	39,747%	47,476%	0,994%	3,093%	3,694%
SC. SP2	14,267%	16,734%	37,278%	45,988%	2,387%	5,318%	6,561%
SC. T1	8,225%	24,124%	24,819%	51,057%	1,984%	2,041%	4,199%
SC. T2	3,691%	29,631%	48,219%	22,150%	1,094%	1,780%	0,818%
RESULTADO					36,811%	25,921%	37,268%

Fuente: Elaboración propia.

7. Escenario de aleatoriedad 7

Tabla 35. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 7

SUBCRITERIO	PESOS ALEATORIOS	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	6,542%	41,125%	15,272%	43,602%	2,691%	0,999%	2,853%
SC. A2	6,612%	52,198%	32,382%	15,421%	3,451%	2,141%	1,020%

Continuación Tabla 35.

SC. E1	7,613%	31,191%	26,250%	42,560%	2,374%	1,998%	3,240%
SC. E2	6,012%	45,832%	23,228%	30,940%	2,756%	1,397%	1,860%
SC. L1	4,630%	51,898%	18,630%	29,471%	2,403%	0,863%	1,364%
SC. L2	8,502%	60,204%	23,820%	15,976%	5,118%	2,025%	1,358%
SC. S1	11,025%	59,442%	11,283%	29,275%	6,554%	1,244%	3,228%
SC. S2	9,436%	47,615%	20,261%	32,124%	4,493%	1,912%	3,031%
SC. SP1.	4,639%	12,778%	39,747%	47,476%	0,593%	1,844%	2,202%
SC. SP2	10,830%	16,734%	37,278%	45,988%	1,812%	4,037%	4,981%
SC. T1	12,969%	24,124%	24,819%	51,057%	3,129%	3,219%	6,621%
SC. T2	11,190%	29,631%	48,219%	22,150%	3,316%	5,395%	2,479%
RESULTADO					38,689%	27,074%	34,237%

Fuente: Elaboración propia.

8. Escenario de aleatoriedad 8

Tabla 36. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 8

SUBCRITERIO	PESOS ALEATORIOS	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	3,303%	41,125%	15,272%	43,602%	1,359%	0,504%	1,440%
SC. A2	9,141%	52,198%	32,382%	15,421%	4,772%	2,960%	1,410%
SC. E1	0,184%	31,191%	26,250%	42,560%	0,058%	0,048%	0,079%
SC. E2	14,115%	45,832%	23,228%	30,940%	6,469%	3,279%	4,367%
SC. L1	5,499%	51,898%	18,630%	29,471%	2,854%	1,024%	1,621%
SC. L2	3,819%	60,204%	23,820%	15,976%	2,299%	0,910%	0,610%
SC. S1	12,101%	59,442%	11,283%	29,275%	7,193%	1,365%	3,543%
SC. S2	11,004%	47,615%	20,261%	32,124%	5,240%	2,230%	3,535%
SC. SP1.	9,143%	12,778%	39,747%	47,476%	1,168%	3,634%	4,341%
SC. SP2	3,618%	16,734%	37,278%	45,988%	0,605%	1,349%	1,664%
SC. T1	9,109%	24,124%	24,819%	51,057%	2,197%	2,261%	4,651%
SC. T2	18,963%	29,631%	48,219%	22,150%	5,619%	9,144%	4,200%
RESULTADO					39,832%	28,708%	31,460%

Fuente: Elaboración propia.

9. Escenario de aleatoriedad 9

Tabla 37. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 9

SUBCRITERIO	PESOS ALEATORIOS	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	0,363%	41,125%	15,272%	43,602%	0,149%	0,055%	0,158%
SC. A2	6,589%	52,198%	32,382%	15,421%	3,439%	2,134%	1,016%
SC. E1	4,204%	31,191%	26,250%	42,560%	1,311%	1,104%	1,789%
SC. E2	14,509%	45,832%	23,228%	30,940%	6,650%	3,370%	4,489%
SC. L1	9,899%	51,898%	18,630%	29,471%	5,138%	1,844%	2,918%
SC. L2	5,891%	60,204%	23,820%	15,976%	3,547%	1,403%	0,941%
SC. S1	17,019%	59,442%	11,283%	29,275%	10,116%	1,920%	4,982%
SC. S2	11,958%	47,615%	20,261%	32,124%	5,694%	2,423%	3,841%
SC. SP1.	8,292%	12,778%	39,747%	47,476%	1,060%	3,296%	3,937%
SC. SP2	4,594%	16,734%	37,278%	45,988%	0,769%	1,712%	2,113%
SC. T1	9,182%	24,124%	24,819%	51,057%	2,215%	2,279%	4,688%
SC. T2	7,500%	29,631%	48,219%	22,150%	2,222%	3,617%	1,661%
RESULTADO					42,310%	25,157%	32,533%

Fuente: Elaboración propia.

10. Escenario de aleatoriedad 10

Tabla 38. Evaluación de las alternativas escenario de aleatoriedad 10

SUBCRITERIO	PESOS ALEATORIOS	PESOS			PONDERADO		
		AA1	AA2	AA3	AA1	AA2	AA3
SC. A1	10,359%	41,125%	15,272%	43,602%	4,260%	1,582%	4,517%
SC. A2	17,289%	52,198%	32,382%	15,421%	9,024%	5,599%	2,666%
SC. E1	3,019%	31,191%	26,250%	42,560%	0,942%	0,793%	1,285%
SC. E2	24,243%	45,832%	23,228%	30,940%	11,111%	5,631%	7,501%
SC. L1	5,969%	51,898%	18,630%	29,471%	3,098%	1,112%	1,759%
SC. L2	7,507%	60,204%	23,820%	15,976%	4,520%	1,788%	1,199%
SC. S1	5,659%	59,442%	11,283%	29,275%	3,364%	0,638%	1,657%
SC. S2	4,718%	47,615%	20,261%	32,124%	2,247%	0,956%	1,516%

SC. SP1.	1,576%	12,778%	39,747%	47,476%	0,201%	0,626%	0,748%
SC. SP2	15,759%	16,734%	37,278%	45,988%	2,637%	5,874%	7,247%
SC. T1	1,416%	24,124%	24,819%	51,057%	0,342%	0,351%	0,723%
SC. T2	2,486%	29,631%	48,219%	22,150%	0,737%	1,199%	0,551%
RESULTADO					42,482%	26,150%	31,368%

Fuente: Elaboración propia

7.4. RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS

En la Tabla 39, se presenta de manera resumida los resultados de los escenarios con pesos aleatorios, y la ponderación de cada una de las alternativas.

Tabla 39. Resultados de los escenarios

DESCRIPCIÓN	PONDERADO		
	AA1	AA2	AA3
ESCENARIO 1	40,450%	26,559%	32,992%
ESCENARIO 2	47,660%	22,335%	30,005%
ESCENARIO 3	41,945%	23,998%	34,057%
ESCENARIO 4	40,142%	27,098%	32,760%
ESCENARIO 5	33,038%	29,675%	37,288%
ESCENARIO 6	36,811%	25,921%	37,268%
ESCENARIO 7	38,689%	27,074%	34,237%
ESCENARIO 8	39,832%	28,708%	31,460%
ESCENARIO 9	42,310%	25,157%	32,533%
ESCENARIO 10	42,482%	26,150%	31,368%

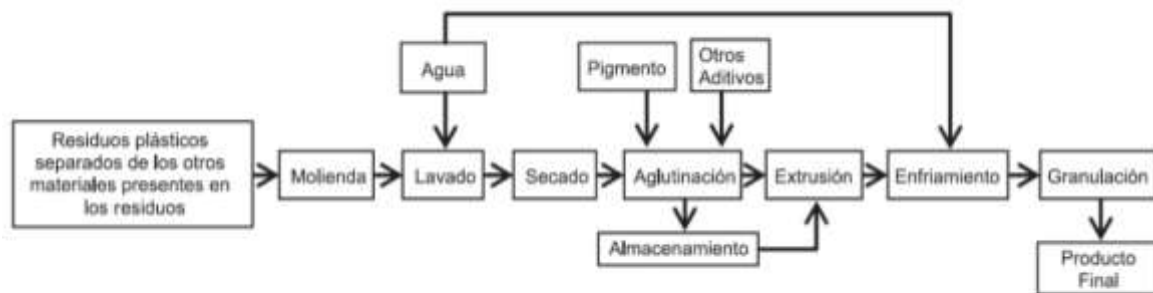
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 39, se evidencia los resultados de las alternativas de cada uno de los escenarios, por lo que, se puede afirmar que el 80% de las veces que se realizó el modelo, la alternativa de aprovechamiento más adecuada corresponde a la AA1. Reciclaje mecánico post consumo, seguido de la AA3. Recuperación energética con un 20% de ocurrencia, y por último la alternativa AA2. Reciclaje químico, la cual, en ninguno de los escenarios se presentó como la mejor alternativa.

8. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO SELECCIONADA

La mejor alternativa de aprovechamiento arrojada como resultado de la evaluación de la herramienta de análisis multicriterio - AHP, corresponde al reciclaje mecánico post consumo, que se presenta en la Ilustración 7.

Ilustración 9. Etapas del reciclaje mecánico post consumo



Fuente. Tomado y editado de Ecoplas (2011).

Ecoplas en el Manual de valorización de los residuos plásticos (2011) define las siguientes etapas para el proceso de reciclaje mecánico:

- **Recolección:** todo sistema de recolección diferenciada que se implemente descansa en un principio fundamental.
- **Clasificación:** plantas de Separación o Centros Verdes. Luego de la recepción se efectúa una clasificación de los productos por tipo de plástico y color. Si bien esto puede hacerse manualmente, se han desarrollado tecnologías de clasificación automática, que se están usando en países desarrollados. Este proceso se ve facilitado si existe una entrega diferenciada de este material, lo cual podría hacerse con el apoyo y promoción por parte de los municipios.
- **Molienda:** los plásticos separados son molidos y tamizados. Es importante verificar que los plásticos que sean sometidos a este proceso no se encuentren contaminados con objetos metálicos, ya que esto dañaría las cuchillas del molino.

- **Separación por densidad:** aprovechando que los distintos plásticos tienen distintas densidades, esta técnica permite separar los distintos tipos de plásticos. Esta etapa se lleva a cabo con el objeto de obtener una mayor purificación. Aquí se separan las trazas remanentes de otros plásticos, pequeños objetos metálicos u otras partículas que puedan perjudicar el proceso en etapas posteriores.
- **Lavado:** en el caso de que los plásticos se encuentren sucios el lavado se efectúa con agua y detergentes de baja espuma.
- **Secado:** para eliminar los restos de humedad luego del proceso de lavado y/o separación.
- **Extrusión - Granulación:** se realiza para uniformar el tamaño de las partículas del material. El mismo se alimenta al tornillo de un extrusor, se funde por calor, se lo fuerza por una matriz, luego es enfriado por agua y finalmente es cortado en forma de pequeños cilindros (de aproximadamente 3 mm x 3 mm) denominados pellets. En este proceso el material es aditivado con distintas sustancias químicas, para mejorar su performance en su reutilización. También puede ser coloreado con pigmentos.
- **Embolsado y almacenado:** Luego de este procedimiento el material es adecuado para su reutilización.

Se puede afirmar que, si bien el procedimiento desarrollado hasta aquí es un modelo estándar de reciclado mecánico, existen otras tecnologías más simplificadas para el mismo fin. El proceso descrito es el que se utiliza en muchos países para la elaboración de pellets plásticos para soplado, inyección, extrusión de caños y película (Ecoplas, 2011).

8.1. BENEFICIOS DE LA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO

Los beneficios que pueden traer para un municipio como Zarzal la aplicación de esta alternativa de aprovechamiento en los residuos sólidos hospitalarios a base de plástico y porque no, posterior aplicación en las diferentes fuentes de este tipo de residuo podrían ser principalmente beneficios ambientales, económicos, de salud pública y ambiental.

Pensar en acciones que minimicen el impacto ambiental que genera un municipio siempre será importante pues la situación medioambiental actual lo está exigiendo, los beneficios económicos pensados en la posibilidad de vender como materia prima las escamas resultantes de la aplicación de la alternativa para hacer productos

nuevos. En el tema de salud pública se puede resaltar la importancia que se le empieza a dar al residuo desde la fuente, para así evitar que se contamine con otros residuos y minimizar la generación de residuos peligrosos en los hospitales. En lo social se esperaría que las personas que están en el entorno del reciclaje e incluso las que no, vean la importancia de este tipo de prácticas y empiecen a buscar las opciones que también se tienen incluso con otro tipo de residuos.

CONCLUSIONES

El tema de residuos sólidos hospitalarios en el municipio de Zarzal no ha sido tenido en cuenta con la importancia que requiere por ser este un tema de salud pública del cual no se tiene mucha información en el municipio por no contar con secretaria de salud sino con una dirección local de salud que limita los alcances de la misma, para el caso del municipio del caso de estudio, este tema pasa a otro tipo de entidades departamentales especializadas como lo es la UES (Unidad ejecutora de Saneamiento del Valle) o empresas contratistas como RH que están en las ciudades más grandes del municipio y que cuentan con la documentación para hacer los debidos análisis.

Para los criterios se eligieron los más relevantes para algunos autores mediante la revisión de la literatura de problemas similares al nuestro y se evaluó la pertinencia de ellos en base a los conocimientos adquiridos en la carrera de pregrado y las reuniones con los entes involucrados en la gestión de estos residuos en el municipio. Para las alternativas se consideraron aquellas que incluían en su proceso algún tipo de desinfección para este tipo de residuos. Las opciones son limitadas y requieren de algún tipo de modificación o combinarla con segregación en la fuente.

La alternativa elegida después de aplicar AHP con la opinión y evaluación de criterios por parte de 5 expertos en el tema del trabajo investigativo en el municipio de Zarzal fue el Reciclaje Mecánico post consumo (AA1), los criterios que más peso tuvieron a la hora de elegir la mejor alternativa fueron el criterio Social (S), Salud Pública (SP) y Ambiental (A).

La elección de la alternativa refleja que como el criterio ambiental fue uno de los más importantes para los expertos, la alternativa de Recuperación Energética (AA2) que tiene algún tipo de impacto ambiental por la generación de gases y material particulado fue descartada por los expertos que conocían más sobre las ventajas y desventajas que ofrece la alternativa y con respecto a la alternativa de Reciclaje Químico (AA3) la cual fue la última en el ranking de las alternativas nos refleja de alguna manera el análisis técnico que los expertos teniendo en cuenta las restricciones en el acceso al tipo de tecnología requerida para realizarla, además de que es un proceso nuevo que aún está en observación y que puede resultar muy costoso implementar este tipo de procesos.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que, a la hora de analizar los distintos escenarios se encontró que la mejor alternativa sigue siendo el Reciclaje Mecánico post consumo (AA1), ya que es la que más nivel de importancia tiene con respecto a los criterios con más ponderación dados por los expertos, además de que, de cierta manera refleja la consistencia en cada una de las ponderaciones, comparaciones y juicio de cada una de las personas involucradas en el caso de estudio. Por último, la alternativa elegida, para que aplicable, se deberá acompañar con la segregación en la fuente, con la finalidad de minimizar los residuos contaminados buscando lograr que la etapa de limpieza de la alternativa sea menos compleja.

FUTURAS INVESTIGACIONES

- Utilizar otra herramienta de análisis multicriterio para realizar la elección de la mejor alternativa de aprovechamiento de residuos sólidos hospitalarios, analizar la efectividad de utilizar AHP difuso o una combinación entre AHP y la técnica ELECTRE.
- Considerar otro tipo de residuo diferente al plástico para realizar el trabajo investigativo y previa aplicación de la herramienta de análisis multicriterio, considerando sus variaciones en las alternativas de tratamiento para este residuo, los criterios y subcriterios de decisión.
- Tomar como base este trabajo investigativo para actualizar el PGIRS del municipio de Zarzal, con el objetivo de que contenga más información sobre residuos sólidos hospitalarios, ya que no es fácil acceder a este tipo de información en el actual ya sea por políticas de las entidades prestadoras del servicio o porque realmente no se registra detalladamente esta clase de información.
- Realizar un estudio de factibilidad de la alternativa arrojada por el modelo, en el cual se pueda evaluar su rentabilidad económica, beneficio esperado y costos de la implementación, en correlación con la medición del impacto ambiental y social.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Ayala, M., Argueta Rivas, S. de la P., & Fuentes Trujillo, C. M. (2008). *Diseño de un modelo de logística inversa para mejorar la competitividad de las empresas del sector farmaceutico en el salvador*. Universidad de el Salvador.
- Arango Betancur, L., Rojas Ladino, L. D., & Silva Álvarez, E. F. (2019). *Diseño de un modelo de logística inversa para empresas del sector industrial en la ciudad de Pereira, Risaralda*. Universidad Libre.
- Aristizabal, C., & Sáchica, M. S. (2001). *Aprovechamiento de los residuos sólidos domiciliarios no tóxicos en Bogotá DC*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Aupatrans. (2019). *Logística Inversa*.
- Cárdenas Solorzano, M. J. (2018). *Modelo para la recolección de residuos hospitalarios de los hogares*. Universidad Católica de Colombia.
- Clara, V. (2014). Gestión de los residuos sólidos y sus impactos económicos, sociales y medioambientales. *Centro Azúcar*, 41, 9–20.
- Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP). (2019). *Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente*. Universidad de los Andes.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). (2015). *Plan de Gestión Ambiental Regional - PGAR 2015 - 2036*.
- Coy Martínez, S. M. (2016). *Diseño de un sistema de logística inversa para reducir , reutilizar y reciclar juguetes en desuso en la ciudad de Bogotá*. Universidad de la Salle.
- Curcio Reyes, A., Blanco Pellegrini, N., & Reyes Gil, R. E. (2015). El reciclaje como alternativa de manejo de los residuos sólidos en el sector minas de Baruta , Estado Miranda , Venezuela. *Revista de Investigación*, 39(86), 157–170. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376144131008>
- Decreto 351 de 2014, (2014).
- Decreto 1076 de 2015, (2015).
- Delgado, L., & Romero, I. (2015). Selección de un método para la evaluación del impacto social usando AHP. *Revista ECI Perú*, 12(1), 84–91.
- Departamento Administrativo de Salud (DADIS). (2020). *Residuos hopsitalarios*. <https://www.dadiscartagena.gov.co/index.php/vigilancia-y-control/residuos-hospitalarios>

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2012). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas*. 1–497.
- Dyckhoff, H., Lackes, R., & Reese, J. (2004). *Supply Chain Managment and Reverse Logistics*. Berlin: Springer Verlag.
- Ecoplas. (2011). *Manual de valorización de los residuos plásticos*. Buenos Aires.
- Fuentes Perea, L. A., & Serrano Pedraza, A. M. (2006). *Valoración económica de los impactos socioeconomicos y ambientales ocasionados por el manejo de los residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario “La Esmeralda” del municipio de Barrancabermeja: Aplicación del metodo multicriterio*. Universidad Industrial de Santander.
- Godoy Delmonico, D. V, dos Santos, H. H., Pinheiro, M. A., Castro, R., & de Souza, R. M. (2017). Barreras para la gestión de residuos en hospitales de países en desarrollo: estudio de caso y análisis AHP. *Revista Sagepub*, 1–17. <https://doi-org.bd.univalle.edu.co/10.1177/0734242X17739972%0AResumen>
- Gómez Montoya, R. A., Zuluaga mazi, A., & Correa Espinal, A. A. (2014). Propuesta de sistema de logística inversa para el sector hospitalario: un enfoque teórico y práctico en Colombia. *Revista USBMed*, 5(1), 35–52.
- Hernández Flechas, S., & Corredor González, L. R. (20 16). Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 1–20.
- IDEAM. (2014). *Contaminación Ambiental*.
- Kuchibanda, K., & Mayo, A. W. (2015). Riesgos para la salud pública derivados de la mala gestión de los desechos sanitarios en las instalaciones sanitarias del municipio de Shinyanga, Tanzania. *Revista Científica Mundial*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4686721/>
- Ley 1122 de 2007, (2007).
- Ley 1252 de 2008, (2008).
- Manyoma Velásquez, P. C., Pardo Colorado, M. A., & Torres Lozada, P. (2013). *Localización de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios utilizando técnicas multicriterio*. 17(2), 443–461.
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & García, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Revista Chilena de Ingeniería*, 27(3).
- Ministerio de Ambiente. (2018). *Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia*. 1–87.

- Ministerio de Ambiente. (2020). *Normativa de residuos o desechos peligrosos*. <https://quimicos.minambiente.gov.co/index.php/residuos-peligrosos/normativa-de-residuos-o-desechos-peligrosos>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo. (2004). Decreto 1200 de 2004.
- Ministerio de Salud . (2002). Resolución 1020 de 2002.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2007). Decreto 3039 de 2007.
- Mora Valencia , C. A., & Berbeo Rodríguez, M. L. (2010). *Manual de Gestión integral de residuos*. Cundinamarca, Bogotá.
- Morales, B. B. (2017). *La Logística Reversa o Inversa, Aporte al Control de Devoluciones y Residuos en la Gestión de la Cadena de Abastecimiento*. Universidad Santo Tomás.
- Montoya Camargo , K., & Roncancio Cardona , K. L. (2016). *Evaluación de la gestión de residuos plásticos en la ciudad de Manizales*. Caldas, Manizales.<https://docplayer.es/80265106-Analisis-de-alternativas-tecnologicas-para-la-valorizacion-y-disposicion-final-de-residuos-plasticos-en-la-ciudad-de-manizales.html>
- Murra Lara, J. (2017). *Diseño de un modelo para la gestión integral de logística inversa en el manejo de residuos hospitalarios, bajo un enfoque de programación lineal entr*. Universidad Tecnológica de Bolívar.
- Ochoa Montoya, N. P. (2017). *Propuesta integral para el aprovechamiento del plástico a partir de los residuos sólidos resultantes del embalaje de plaguicidas (Residuos RESPEL)*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2012). *Gestión de los desechos radiactivos y el combustible gastado*. <https://www.iaea.org/es/temas/disposicion-final>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Safe management of wastes from health - care activities A summary*. 1–30.
- Orozco López, A. (2016). *Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos - PGIRS - del municipio de Zarzal, Valle del Cauca acorde a lo dispuesto en el Decreto 2981 de 2013 y la Resolución 0754 de Noviembre de 25 de 2014 proferida por el Ministerio de Vivienda*.
- Resolución 482 de 2009, (2009).
- Resolución 1164 de 2002, (2002).
- RH. (2020). *Tratamiento de residuos peligrosos*. <https://rhsas.com.co/>
- Rodríguez Miranda, J. P., García Ubaque, C. A., & Zafra Mejía, C. A. (2016). *Residuos hospitalarios : indicadores de tasas de generación en Bogotá, D.C.*

2012-2015. *Revista Facultad Médica*, 64(4), 625–628.
<http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.54770>

- Rosario , J. B., Concepción Toledo , D., Barrios Castillo , G., & González Suárez, E. (2014). Gestión de los residuos sólidos y sus impactos económicos, sociales y medioambientales. *Revista Centro Azúcar*, 9 - 20.
- Saad, S. (2013). Gestión de residuos sólidos hospitalarios en el estado de Jartum. *Revista Monitoreo y Evaluación Ambiental Volumen*, 8567–8582. <https://link-springer-com.bd.univalle.edu.co/article/10.1007/s10661-013-3196-1>
- Solano Albuja , X., & Vera Ríos, E. G. (2011). *Estudio de mercado para la implementación de un proyecto de reciclaje de plástico en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/142126468/Estudio-de-mercado-para-la-implementacion-de-un-proyecto-de-reciclajede-plastico-en-el-Distrito-Metropolitano-de-Q-uito>
- Soto Mosquera, N. (2015). *Evaluación económica de alternativas para el tratamiento de un residuo infeccioso de la empresa Compensar unidad de servicios Calle 42*. Universidad Libre.
- Tarazona Camacho, F. C., & Ospina Sossa, L. M. (2018). *Propuesta del sistema de logística inversa en la empresa Maderas Valderrama y Bilbao*. Universidad de la Salle.
- Thiri, S. A., Shengji, L., & Qiyong, X. (2020). Aplicación del enfoque de decisiones multicriterio para el análisis de los sistemas de gestión de desechos médicos en Myanmar. *Revista de Producción Más Limpia*, 222, 733–745.
- Toskano Hurtado, G. B. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores*.
- Varela Donado, J. S. (2018). *Logística Inversa y medioambiente Sistema de recolección PET*. Universidad Internacional de la Rioja.
- Vargas Pulgarín , E., Granada Ortiz , S. M., & Sepulveda Zapata , S. (2013). Revisión de la normativa vigente sobre la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia. Corporación Universitaria la Sallista, Antioquia, Caldas.
- Vázquez, J. F. (2008). *Logística Inversa*. 1–12.

ANEXOS

Anexo A. Formulario RH1

FECHA: _____ FORMULARIO RH1 FUENTE DE GENERACION Y CLASES DE RESIDUOS										
TIPO DE RESIDUOS										
AREA	RESIDUOS NO PELIGROSOS				RESIDUOS PELIGROSOS					
	BIODEGRADABLES (Kg)	RECICLABLES (Kg)	INERTES (Kg)	ORDINARIOS (Kg)	BIOSANITARIOS (Kg)	ANATOMOPATOLOGICOS (Kg)	RESIDUO BIOLOGICO COVID-19	CORTOPUNZANTES (Kg)	FARMACOS (Kg)	REACTIVOS (Kg)
URGENCIAS										
HOSPITALIZACION										
PEDIATRIA										
CIRUGIA										
MATERNIDAD										
LABORATORIO										
CURACIONES										
CONSULTA EXT										
CITOLOGIA										
ODONTOLOGIA										
VACUNACION										
COCINA										
FARMACIA										
TOTAL										

Fuente: Tomado y editado de RH (2020).

Anexo B. Solicitud de recolección de RESPEL

	GESTION LOGISTICA								Código: GL-FT-002	
									Versión: 003	
	Formato: Manifiesto de Transporte de Residuos								Actualización: 28/Dic/2016	
									Página 1	
CONSECUTIVO								OR-0014		
1. DATOS DEL GENERADOR										
NOMBRE DEL GENERADOR								FECHA		
DIRECCION								NIT		
CIUDAD								NUID		
NOMBRE RESPONSABLE ENTREGA								TELEFONO		
CARGO										
2. DATOS DEL TRANSPORTADOR RH SAS										
NIT		805.007.083-3		DIRECCION		AUTOPISTA CALI -YUMBO				
TELEFONO		5245122-6665121				CARRERA 24 #13-387 URBANIZACION INDUSTRIAL LA Y BODEGA 3				
3. INFORMACION DE RUTA										
CONDUCTOR TITULAR										
PLACA VEHICULO				RUTA				H. INGRESO		H.SALIDA
4. RECOLECCION DE RESIDUOS										
RIESGO QUIMICO								RIESGO BIOLOGICO		
ITEM	NOMBRE DEL RESIDUO	DECRETO 4741 Y/A	PESO (KG)	PESO REAL (KG)	TIPO DE EMBALAJE	UNIDADES	MANEJO	ITEM	NOMBRE DEL RESIDUO	PESO (KG)
1								1	BIOSANITARIO	
2								2	ANATOMOPATOLOGICO	
3								3	CORTOPUNZANTE	
4								4	ENV. DE MEDICAMENTOS	
5								5	ANIMALES	
6								TOTAL		
7								ITEM	RESIDUOS COMUNES/ORDINARIO	KG
8								1		
9								OBSERVACIONES:		
10										
11										
TOTAL										
RESPONSABLE DE ENTREGA DE RESIDUOS				CONDUCTOR TITULAR RUTA				RECIBIDO EN PLANTA		
Autorización del Manifiesto de transporte de residuos: degaso@rhsas.com.co PQRSF / Servicio al cliente: coordinacioncomercial@rhsas.com.co Logística, programación en ruta: logistica@rhsas.com.co										

Fuente: Tomado y editado de RH (2020)

Anexo C. Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Mediante la firma de este documento doy mi consentimiento para participar en el trabajo de investigación *“Propuesta de selección de una alternativa de aprovechamiento para residuos sólidos hospitalarios utilizando herramientas de análisis multicriterio”* desarrollado por los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle sede Zarzal Karen Ximena Valencia Solís, identificada con código 1558051 y cédula No. 1116447959 y Luis David Torres Torres, identificado con código 1558051 y cédula No. 1116446591.

Entiendo que fui elegido para el estudio por mi conocimiento e influencia en el tema de gestión de residuos sólidos hospitalarios en el municipio de Zarzal.

Además, doy fe de que estoy participando de manera voluntaria y de que la información que aporte solo será usada para fines educativos por parte de los estudiantes y la Universidad a la que pertenecen; Así mismo sé que puedo decidir dejar de participar en el trabajo en cualquier momento.

Fecha: _____

Firma del Participante

Firma del Investigador

Firma del Investigador

ENCUESTA

Anexo D. Encuesta de comparación de criterios, subcriterios y alternativas

Nombre Completo del Participante:	
Profesión:	
Cargo:	
Experiencia:	

El propósito de esta encuesta es que usted como experto en el tema de gestión de residuos hospitalarios y sus impactos en la población Zarzaleña evalúe de manera objetiva criterios de selección para una alternativa de aprovechamiento de los residuos reciclables a base de plástico.

Lea atentamente las siguientes instrucciones:

1. En cada pregunta encontrará la comparación entre dos pares de criterios, subcriterios o alternativas, y una escala de comparación.

Escala de comparación de Saaty (1980)

1. Igualmente preferible.
 2. Entre igual y moderadamente preferible.
 3. Moderadamente preferible.
 4. Entre moderado y fuertemente preferible.
 5. Fuertemente preferible.
 6. Entre fuerte y muy fuertemente preferible.
 7. Muy fuertemente preferible.
 8. Entre muy fuerte y extremadamente preferible.
 9. Extremadamente preferible.
2. Debe de marcar solamente una opción, la cual, se acerque lo más posible a su juicio como experto.
 3. Vea el siguiente ejemplo:

Pregunta X.

En la comparación entre el criterio ambiental y legal para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

Ejemplo 1.

Si para usted, el criterio ambiental, es igual de preferible que el criterio legal en la gestión de residuos hospitalarios, entonces solo marque la opción en la escala.

☐ Ambiental - ☐ Legal

☒ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

Ejemplo 2.

Si para usted, el criterio ambiental es más relevante que el criterio legal en la gestión de residuos hospitalarios, marque una X en el criterio ambiental, y luego en la escala, asigne un valor que se acerque lo más posible a su juicio como experto.

Para este ejemplo, marcaremos que el criterio ambiental es muy fuertemente preferible que el criterio legal.

☒ Ambiental - ☐ Legal

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☒ 7
☐ 8 ☐ 9

Ejemplo 3.

Si para usted, el criterio Legal es más relevante que el criterio ambiental en la gestión de residuos hospitalarios, marque una X en el criterio legal, y luego en la escala, asigne un valor que se acerque lo más posible a su juicio como experto.

Para este ejemplo, marcaremos que el criterio legal está entre moderado y fuertemente preferible que el criterio ambiental.

☐ Ambiental - ☒ Legal

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

Lo presentado en los ejemplos, es la manera correcta de diligenciar la encuesta, se le solicita amablemente que diligencie el cuestionario en su totalidad y que las respuestas sean lo más objetivas posibles, tenga en cuenta que no hay respuestas correctas ni incorrectas y que la información obtenida va a ser de mucha utilidad para el desarrollo de la propuesta.

CUESTIONARIO

SECCIÓN 1. Comparación de criterios (15 preguntas).

1. En la comparación entre el criterio ambiental y económico para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Ambiental - ☐ Económico

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

2. En la comparación entre el criterio ambiental y legal para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Ambiental - ☐ Legal

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

3. En la comparación entre el criterio ambiental y social para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Ambiental - ☐ Social

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

4. En la comparación entre el criterio ambiental y salud pública para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Ambiental - ☐ Salud Pública

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

5. En la comparación entre el criterio ambiental y técnico para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Ambiental - ☐ Técnico

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

6. En la comparación entre el criterio económico y legal para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Económico - ☐ Legal

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

7. En la comparación entre el criterio económico y social para la gestión de residuos hospitalarios,

¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Económico - ☐ Social

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

8. En la comparación entre el criterio económico y salud pública para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Económico - ☐ Salud Pública

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

9. En la comparación entre el criterio económico y técnico para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Económico - ☐ Técnico

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

10. En la comparación entre el criterio legal y social para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Legal - ☐ Social

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

11. En la comparación entre el criterio legal y salud pública para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Legal - ☐ Salud Pública

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

12. En la comparación entre el criterio legal y técnico para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Legal - ☐ Técnico

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

13. En la comparación entre el criterio social y salud pública para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Social - ☐ Salud Pública

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

14. En la comparación entre el criterio social y técnico para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Social - ☐ Técnico

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

15. En la comparación entre el criterio salud pública y técnico para la gestión de residuos hospitalarios, ¿Qué criterio considera usted que es de mayor relevancia?

☐ Salud Pública - ☐ Técnico

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

SECCIÓN 2. Comparación de subcriterios (6 preguntas).

1. Teniendo en cuenta el criterio ambiental en la gestión de residuos hospitalarios, ¿Cuál de los siguientes subcriterios considera usted que es más relevante?

A1. Cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios y cementerios.

A2. Uso y afectación de los recursos naturales.

☐ A1 - ☐ A2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

2. Teniendo en cuenta el criterio económico en la gestión de residuos hospitalarios, ¿Cuál de los siguientes subcriterios considera usted que es más relevante?

E1. Costos de la gestión logística de los residuos.

E2. Beneficios de implementar alternativas de aprovechamiento.

☐ E1 - ☐ E2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

3. Teniendo en cuenta el criterio legal en la gestión de residuos hospitalarios, ¿Cuál de los siguientes subcriterios considera usted que es más relevante?

L1. Elaboración del manual de procedimientos de los residuos hospitalarios.

L2. Gestión integral en el uso y preservación de los recursos naturales de los residuos hospitalarios.

☐ L1 - ☐ L2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7

☐ 8 ☐ 9

4. Teniendo en cuenta el criterio social en la gestión de residuos hospitalarios, ¿Cuál de los siguientes subcriterios considera usted que es más relevante?

S1. Reciclaje formal e informal

S2. Capacitación y sensibilización de la comunidad en reducir, reciclar y reutilizar los residuos.

☐ S1 - ☐ S2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

5. Teniendo en cuenta el criterio salud pública en la gestión de residuos hospitalarios, ¿Cuál de los siguientes subcriterios considera usted que es más relevante?

SP1. Trasmisión de enfermedades.

SP2. Tratamiento de residuos infecciosos.

☐ SP1 - ☐ SP2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

6. Teniendo en cuenta el criterio técnico en la gestión de residuos hospitalarios, ¿Cuál de los siguientes subcriterios considera usted que es más relevante?

T1. Adecuadas instalaciones y tecnología.

T2. Reincorporación del residuo reciclado al ciclo productivo.

☐ T1 - ☐ T2

☐ 1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

SECCIÓN 3. Comparación de las alternativas (54 preguntas).

1. Teniendo en cuenta el subcriterio **A1.** Cantidad de residuos dispuestos en los rellenos sanitarios y cementerios, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA2. Reciclaje químico

☐ AA1 - ☐ AA2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

2. Teniendo en cuenta el subcriterio **A1.** Cantidad de residuos dispuestos en los rellenos sanitarios y cementerios, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

- AA1.** Reciclaje mecánico
AA3. Recuperación energética
- ☐ AA1 - ☐ AA3
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
3. Teniendo en cuenta el subcriterio **A1**. Cantidad de residuos dispuestos en los rellenos sanitarios y cementerios, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?
- AA2.** Reciclaje químico
AA3. Recuperación energética
- ☐ AA2 - ☐ AA3
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
4. Teniendo en cuenta el subcriterio **A2**. Uso y afectación de los recursos naturales, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?
- AA1.** Reciclaje mecánico
AA2. Reciclaje químico
- ☐ AA1 - ☐ AA2
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
5. Teniendo en cuenta el subcriterio **A2**. Uso y afectación de los recursos naturales, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?
- AA1.** Reciclaje mecánico
AA3. Recuperación energética
- ☐ AA1 - ☐ AA3
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
6. Teniendo en cuenta el subcriterio **A2**. Uso y afectación de los recursos naturales, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?
- AA2.** Reciclaje químico
AA3. Recuperación energética
- ☐ AA2 - ☐ AA3
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
7. Teniendo en cuenta el subcriterio **E1**. Costos de la gestión logística de los residuos, ¿Cuál alternativa

de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

- AA1.** Reciclaje mecánico
AA2. Reciclaje químico
- ☐ AA1 - ☐ AA2
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
8. Teniendo en cuenta el subcriterio **E1**. Costos de la gestión logística de los residuos, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?
- AA1.** Reciclaje mecánico
AA3. Recuperación energética
- ☐ AA1 - ☐ AA3
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
9. Teniendo en cuenta el subcriterio **E1**. Costos de la gestión logística de los residuos, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?
- AA2.** Reciclaje químico
AA3. Recuperación energética
- ☐ AA2 - ☐ AA3
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
10. Teniendo en cuenta el subcriterio **E2**. Beneficios de implementar alternativas de aprovechamiento, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?
- AA1.** Reciclaje mecánico
AA2. Reciclaje químico
- ☐ AA1 - ☐ AA2
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
11. Teniendo en cuenta el subcriterio **E2**. Beneficios de implementar alternativas de aprovechamiento, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?
- AA1.** Reciclaje mecánico
AA3. Recuperación energética
- ☐ AA1 - ☐ AA3
- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9
12. Teniendo en cuenta el subcriterio **E2**. Beneficios de implementar alternativas de aprovechamiento,

¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA2. Reciclaje químico

AA3. Recuperación energética

☐ AA2 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

13. Teniendo en cuenta el subcriterio **L1.** Elaboración del manual de procedimientos de los residuos hospitalarios, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA2. Reciclaje químico

☐ AA1 - ☐ AA2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

14. Teniendo en cuenta el subcriterio **L1.** Elaboración del manual de procedimientos de los residuos hospitalarios, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA3. Recuperación energética

☐ AA1 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

15. Teniendo en cuenta el subcriterio **L1.** Elaboración del manual de procedimientos de los residuos hospitalarios, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA2. Reciclaje químico

AA3. Recuperación energética

☐ AA2 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

16. Teniendo en cuenta el subcriterio **L2.** Gestión integral en el uso y preservación de los recursos naturales de los residuos hospitalarios, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA2. Reciclaje químico

☐ AA1 - ☐ AA2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7

☐ 8 ☐ 9

17. Teniendo en cuenta el subcriterio **L2.** Gestión integral en el uso y preservación de los recursos naturales de los residuos hospitalarios, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA3. Recuperación energética

☐ AA1 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

18. Teniendo en cuenta el subcriterio **L2.** Gestión integral en el uso y preservación de los recursos naturales de los residuos hospitalarios, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA2. Reciclaje químico

AA3. Recuperación energética

☐ AA2 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

19. Teniendo en cuenta el subcriterio **S1.** Reciclaje formal e informal, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA2. Reciclaje químico

☐ AA1 - ☐ AA2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

20. Teniendo en cuenta el subcriterio **S1.** Reciclaje formal e informal, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA3. Recuperación energética

☐ AA1 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

21. Teniendo en cuenta el subcriterio **S1.** Reciclaje formal e informal, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA2. Reciclaje químico

AA3. Recuperación energética

☐ AA2 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

22. Teniendo en cuenta el subcriterio **S2**. Capacitación y sensibilización de la comunidad en reducir, reciclar y reutilizar los residuos, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA2. Reciclaje químico

☐ AA1 - ☐ AA2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

23. Teniendo en cuenta el subcriterio **S2**. Capacitación y sensibilización de la comunidad en reducir, reciclar y reutilizar los residuos, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA3. Recuperación energética

☐ AA1 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

24. Teniendo en cuenta el subcriterio **S2**. Capacitación y sensibilización de la comunidad en reducir, reciclar y reutilizar los residuos, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA2. Reciclaje químico

AA3. Recuperación energética

☐ AA2 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

25. Teniendo en cuenta el subcriterio **SP1**. Trasmisión de enfermedades, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA2. Reciclaje químico

☐ AA1 - ☐ AA2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

26. Teniendo en cuenta el subcriterio **SP1**. Trasmisión de enfermedades, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA3. Recuperación energética

☐ AA1 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

27. Teniendo en cuenta el subcriterio **SP1**. Trasmisión de enfermedades, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA2. Reciclaje químico

AA3. Recuperación energética

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

28. Teniendo en cuenta el subcriterio **SP2**. Tratamiento de residuos infecciosos, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA2. Reciclaje químico

☐ AA1 - ☐ AA2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

29. Teniendo en cuenta el subcriterio **SP2**. Tratamiento de residuos infecciosos, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA3. Recuperación energética

☐ AA1 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

30. Teniendo en cuenta el subcriterio **SP2**. Tratamiento de residuos infecciosos, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA2. Reciclaje químico

AA3. Recuperación energética

☐ AA2 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

31. Teniendo en cuenta el subcriterio **T1**. Adecuadas instalaciones y tecnología, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA2. Reciclaje químico

☐ AA1 - ☐ AA2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

32. Teniendo en cuenta el subcriterio **T1**. Adecuadas instalaciones y tecnología, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA3. Recuperación energética

☐ AA1 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

33. Teniendo en cuenta el subcriterio **T1**. Adecuadas instalaciones y tecnología, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA2. Reciclaje químico

AA3. Recuperación energética

☐ AA2 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

34. Teniendo en cuenta el subcriterio **T2**. Reincorporación del residuo reciclado al ciclo productivo, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA2. Reciclaje químico

☐ AA1 - ☐ AA2

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

35. Teniendo en cuenta el subcriterio **T2**. Reincorporación del residuo reciclado al ciclo productivo, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA1. Reciclaje mecánico

AA3. Recuperación energética

☐ AA1 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9

36. Teniendo en cuenta el subcriterio **T2**. Reincorporación del residuo reciclado al ciclo productivo, ¿Cuál alternativa de aprovechamiento considera usted que es más adecuada para este subcriterio?

AA2. Reciclaje químico

AA3. Recuperación energética

☐ AA2 - ☐ AA3

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9