

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“DISEÑO DE UN MODELO DE REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS URBANOS
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MAPEO DE FLUJO DE VALOR. CASO:
CIUDAD DE CUENCA”**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de
Ingeniero Industrial

Autor:

José Francisco Moscoso Martínez

C.I. 0104691670

Franciscomososo786@gmail.com

Directora:

Ing. Lourdes Ximena Álvarez Palomeque, Mgt

C.I. 0103184362

CUENCA – ECUADOR

26-octubre-2021



RESUMEN

El presente estudio denominado: “Diseño de un modelo de revalorización de residuos urbanos mediante la aplicación de mapeo de flujo de valor. Caso: ciudad de Cuenca”, propone un levantamiento de la situación actual mediante la utilización de la herramienta Value Stream Mapping (VSM) para el estudio de procesos de revalorización de residuos urbanos. Se parte de la premisa de que la gestión de residuos sólidos urbanos requiere considerar, de manera holística, todas las etapas de su manejo y no solamente como una suma de partes. Es por ello que el presente estudio acoge como objetivos a cumplir el diagnosticar la situación actual del proceso de reciclaje y coprocesamiento de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Cuenca; realizar el mapeo de flujo de valor de estos materiales para definir las rutas óptimas de recuperación de materia, energía con énfasis en las variables socio económicas del personal dedicado a estas actividades; para posteriormente, y luego de un análisis y propuesta de reducción de desperdicios, elaborar una propuesta de un modelo de revalorización de residuos sólidos urbanos, dentro de la ciudad de Cuenca. Luego de la revisión bibliográfica y la recolección de los datos de campo, se procedió a establecer los mapas de flujo de valor tanto para el caso de materiales que se destinan (o que se pueden destinar) para reciclar como aquellos que se destinan para la recuperación energética (coprocesamiento). Los resultados obtenidos indican que, de acuerdo a la filosofía de Lean Manufacturing, el coprocesamiento genera menores cantidades de desperdicios, generando un mayor tiempo de valor agregado. No obstante, el acopio y separación de residuos, para su posterior reciclaje, constituyen una fuente de ingreso económico para un grupo de personas que trabajan dentro de la planta “El Chorro”. El modelo de revalorización de residuos evidencia que es posible realizar una combinación entre reciclaje y coprocesamiento, de tal manera que se obtenga el mayor beneficio de las dos formas de revalorización, al mismo tiempo que se alarga la vida útil del Relleno Sanitario de Pichacay.

Palabras clave: Revalorización. VSM. Residuos sólidos. Relleno Sanitario. Pichacay. El Chorro. Reciclaje. Coprocesamiento.



ABSTRACT

The present study called: “Design of a model for the revaluation of urban waste by applying value stream mapping. Case: Cuenca city”, proposes a survey of the current situation by using the Value Stream Mapping (VSM) tool to study urban waste revaluation processes. It starts from the premise that the management of urban solid waste requires considering, in a holistic way, all the stages of its management and not only as a sum of parts. That is why the present study includes as objectives to be met the diagnosis of the current situation of the recycling and co-processing of urban solid waste in the city of Cuenca; carry out the value flow mapping of these materials to define the optimal routes for the recovery of matter, energy, with emphasis on the socio-economic variables of the personnel dedicated to these activities; for later, and after an analysis and proposal of waste reduction, to elaborate a proposal of a model of revaluation of urban solid waste, within the city of Cuenca. After the bibliographic review and the collection of field data, we proceeded to establish the value flow maps both for the case of materials that are destined (or that can be destined) for recycling and those that are destined for recovery. energy (co-processing). The results obtained indicate that, according to the Lean Manufacturing philosophy, co-processing generates fewer amounts of waste, generating a longer value-added time. However, the collection and separation of waste, for its subsequent recycling, constitute a source of economic income for a group of people who work within the “El Chorro” plant. The waste revaluation model shows that it is possible to carry out a combination of recycling and co-processing, in such a way that the greatest benefit of the two forms of revaluation is obtained, at the same time that the useful life of the Pichacay Landfill is lengthened.

Keywords: Revaluation. VSM. Solid waste. Landfill. Cuenca; Pichacay. El Chorro. Recycling. Coprocessing.



ÍNDICE

RESUMEN.....	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE.....	IV
Índice de Tablas	VI
Índice de Ilustraciones	VI
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	VIII
CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR	IX
DEDICATORIA.....	X
AGRADECIMIENTOS	XI
1. Introducción.....	1
1.1. Generación de residuos sólidos urbanos	3
1.2. Gestión de los residuos sólidos urbanos: enfoque y cifras en Ecuador y la ciudad de Cuenca.....	4
1.3. Revalorización de residuos.....	8
1.3.1. Factores clave para el éxito del reciclaje	11
1.3.2. Coprocesamiento	13
1.4. Value Stream Mapping (VSM)	17
1.5. Problemática del caso de estudio	18
1.6. Objetivos	21
2. Materiales y métodos	21
2.1. Métodos.....	21
2.1.1. Investigación bibliográfica	22
2.1.2. Recolección de datos.....	22
2.1.3. Análisis de variables	22
2.1.4. Construcción de los VSM actuales.....	23
2.1.5. Identificación y Análisis de desperdicios en los VSM.....	23
2.1.6. Construcción de los VSM con identificación de desperdicios.....	24
2.1.7. Propuesta de reducción de desperdicios	24
2.1.8. Análisis comparativo entre reciclaje y coprocesamiento	24
2.1.9. Propuesta de modelo de revalorización de residuos sólidos.....	25
2.1.10. Materiales	25
Los materiales empleados en esta investigación son los siguientes:	25
3. Resultados.....	25
3.1. Construcción de los VSM actuales.....	25



3.2.	Identificación y análisis de desperdicios en los VSM	30
3.3.	Construcción de los VSM con identificación de desperdicios.....	34
3.4.	Propuesta de reducción de desperdicios	38
3.4.1.	Propuesta de reducción de desperdicios para reciclaje	38
3.4.2.	Propuesta de reducción de desperdicios para coprocesamiento.....	43
3.5.	Análisis comparativo entre reciclaje y coprocesamiento	44
3.6.	Propuesta de modelo de revalorización de residuos	46
4.	Discusión.....	49
5.	Conclusiones	52
6.	Recomendaciones.....	54
BIBLIOGRAFIA		55
ANEXOS.....		60
Anexo 1: Entrevista reciclaje		60
Anexo 2: Entrevista coprocesamiento		60
Anexo 3: Diagnostico de operación.....		61
Anexo 4: Evaluación 5S		62
Anexo 5: Tarjeta roja.....		63
Anexo 6: Diagrama de Gantt de El Chorro		63
Anexo 7: Evolución de precios de los materiales reciclables.....		64
Anexo 8: Recolección, entrega y ganancia mensual El Chorro		64
Anexo 9: Recolección, entrega y ganancia anual El Chorro		65



Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de reciclaje	12
Tabla 2. Precios del mercado para materiales reciclables de la ciudad de Cuenca	13
Tabla 3. Identificación de desperdicios reciclaje de todos los materiales	31
Tabla 4. Identificación de desperdicios reciclaje plástico	32
Tabla 5. Identificación de desperdicios Coprocesamiento	33
Tabla 6. Comparación de desperdicios reciclaje vs. coprocesamiento	44
Tabla 7. Comparación de tiempos de valor y tiempos de no valor agregado de reciclaje vs. coprocesamiento	45
Tabla 8. Costos de coprocesamiento.....	45
Tabla 9. Costos de reciclaje de todos los materiales vs reciclaje de plástico	46

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Clasificación de residuos	3
Ilustración 2. Generación de residuos	4
Ilustración 3. Gestión de residuos	5
Ilustración 4. Modelo de gestión implementado por los GAD Municipales 2014 – 2015	6
Ilustración 5. Caracterización de residuos de la ciudad de Cuenca	8
Ilustración 6. Combustibles derivados de residuos urbanos	15
Ilustración 7. Proceso de recolección de residuos para coprocesamiento	16
Ilustración 8. Esquema básico mapeo de cadena de valor (VSM).....	18
Ilustración 9. Cantidad de toneladas de residuos domiciliarios recibidos en el relleno sanitario de Pichancay	19
Ilustración 10. Cantidad de toneladas de material entregado a asociaciones de reciclaje de enero a abril 2020.....	20
Ilustración 11. VSM (Actual) Reciclaje de todos los materiales Asociación El Chorro	27
Ilustración 12. VSM (Actual) Reciclaje de plástico Asociación El Chorro	28
Ilustración 13. VSM (Actual) Coprocesamiento Relleno Sanitario Pichacay	29
Ilustración 14. Identificación de desperdicios VSM Reciclaje de todos los materiales Asociación El Chorro.....	35



Ilustración 15. Identificación de desperdicios VSM Reciclaje de plástico Asociación El Chorro	36
Ilustración 16. Identificación de desperdicios VSM coprocesamiento Relleno Sanitario Pichancay	37
Ilustración 17. Propuesta de modelo de revalorización de residuos sólidos.....	48



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

José Francisco Moscoso Martínez, autor/a del trabajo de titulación “Diseño de un modelo de revalorización de residuos urbanos mediante la aplicación de un mapeo de flujo de valor. Caso: ciudad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 26 de octubre de 2021

A handwritten signature in blue ink, reading "José Francisco Moscoso Martínez", written over a horizontal line.

José Francisco Moscoso Martínez

C.I: 0104691670



CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR

José Francisco Moscoso Martínez en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Diseño de un modelo de revalorización de residuos urbanos mediante la aplicación de un mapeo de flujo de valor. Caso: ciudad de Cuenca”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de octubre de 2021

José Francisco Moscoso Martínez

C.I: 0104691670



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DEDICATORIA

A mi padre y abuelo, quienes siempre me han apoyado y respaldado en todo momento de mi carrera universitaria.



AGRADECIMIENTOS

A mi madre y hermanos, por su constante apoyo.

A mi pareja, por su paciencia y apoyo durante la realización de este trabajo.

A mi tutora, la Ing. Ximena Álvarez, por la ayuda y la dedicación puesta en este trabajo.

Al Ing. Juan Llivisaca, por la colaboración desinteresada al momento de la realización de este trabajo.

A los ingenieros Mateo Centeno y Juan Pablo Vega, por abrirme las puertas de la planta de reciclaje “El Chorro” y del Relleno Sanitario de Pichacay.



1. Introducción

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación ganador del XVII Concurso DIUC: “Modelo de gestión de los residuos sólidos enfocado en los centros de acopio de reciclaje en la ciudad de Cuenca”, como contribución al objetivo específico número 5: “Determinar las líneas rectoras y la normalización de la gestión de producción de los centros de acopio de reciclaje en la Ciudad de Cuenca” encaminado a la estandarización de procesos en “El Chorro” como centro de prueba piloto, para la mejora y optimización en la gestión de reciclaje de residuos sólidos; el cual, aborda la problemática de la generación de residuos sólidos urbanos por la necesidad de adquirir un mejor plan de cuidado del medio ambiente y de los objetos, que una vez terminada su vida útil pueden ser revalorizados.

La gestión de residuos implica considerar todas las etapas de su manejo como un todo y no como la suma de partes, ya que así se aborda la problemática ambiental de los residuos sólidos de manera mucho más eficiente; esto, porque también existe un orden para abordar el problema, el cual debe iniciar por la prevención, lo que supone estar preparado para tomar las acciones del caso.

Existen varias opciones para recuperar, revalorizar o tratar un residuo sólido una vez que ha sido generado. El coprocesamiento, por ejemplo, parece ser una buena alternativa en cuanto a costos; sin embargo, es fundamental tomar en cuenta que, a pesar de resultar benéfico al ser humano en el aspecto monetario, este puede representar más bien un costo ambiental por la generación de emisiones al aire que se producen en caso de procesos de recuperación energética no controlados. Por otro lado, el reciclaje de materiales permite obtener productos nuevos y con valor agregado, que sin embargo requiere de varias fases de logística inversa desde el acopio, selección, almacenamiento, transporte y reciclaje propiamente dicho. Adicional, se debe considerar que los procesos de reciclaje no están exentos de costos ambientales por el uso de energía, agua y otros insumos para la transformación.

Es necesario entonces estudiar qué opción es la más beneficiosa, desde el punto de vista de recuperación de residuos con un enfoque socio-económico de las personas que se dedican al acopio de materiales como actividad económica, para las condiciones de la generación de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Cuenca.



Por otra parte, dentro de las herramientas de Lean Manufacturing, el mapeo de flujo de valor (Value Stream Map, VSM) permite determinar la creación o no creación de valor en una cadena de producción para, de esta manera, tener una visión objetiva y real de la situación actual, así como también la posibilidad de identificar desperdicios, proponer mejoras y crear un escenario futuro en base a la implementación de dichas mejoras, las cuales podrán representar la reducción significativa de desperdicios y así aumentar la productividad y el margen de ganancia. En ese contexto, el análisis con VSM definirá la opción más beneficiosa para los diferentes tipos de residuos.

Cualquier otra alternativa de uso, por ejemplo, el reciclar un solo tipo de material –el plástico–, genera un mayor desperdicio que el reciclar todos los materiales con potencial de reciclaje, esto debido a que se generan más esperas e inventario; en donde la logística, como una parte esencial de la administración de la cadena de suministro, pone en marcha y lleva el control del flujo directo e inverso; y, por lo tanto, la eficiencia de la planta y de los operarios disminuye. Así, se concluye que el reciclaje de plástico es capaz de generar mayor rentabilidad monetaria al ser el producto más comercializado y apetecido, tanto por los intermediarios como por las empresas; sin embargo, la ganancia que se obtiene de la venta de este material no subsana las necesidades de la planta ni de sus operarios.

En Latinoamérica, los proyectos para el manejo de residuos municipales (RM) han estado centrados en la correcta disposición en rellenos sanitarios adecuados, normalización de vertederos y planes de cierre. No obstante, esto no ha sido suficiente para mitigar la contaminación que se produce por los residuos. Ante lo expuesto, el presente estudio se fundamenta en el diseño de un modelo de revalorización de residuos urbanos, mediante la aplicación de la herramienta de Lean Manufacturing, Value Stream Map (VSM), utilizando como caso de estudio a la ciudad de Cuenca, para esto es fundamental tomar como referencia los temas que a continuación se detallan.

1.1. Generación de residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos se definen como material sólido, cuyo generador o poseedor debe o requiere deshacerse de él, y que puede o debe ser valorizado o tratado responsablemente, o en su defecto, ser manejado por sistemas de disposición final adecuados (ONU, 2019). Complementariamente, los residuos sólidos se clasifican según su origen en diferentes categorías. La ilustración 1 indica dicha clasificación.



Ilustración 1. Clasificación de residuos

Fuente: ONU, 2019

Está demostrado que la generación per cápita (GPC) promedio de residuos sólidos domiciliarios, especialmente en las grandes ciudades de los países de América Latina y el Caribe, se incrementa proporcionalmente al crecimiento de la economía y a los nuevos estilos de vida de “usar y descartar”, lo que está directamente relacionado con la falta de educación y conciencia ambiental, así como también con una casi inexistente y deficiente gestión de residuos. La evaluación del ciclo de vida de un residuo es una herramienta que se utiliza para evaluar el impacto potencial sobre el ambiente que un producto, proceso o actividad genera a lo largo de todas las fases de su fabricación, uso o descarte. Esta cuantificación del uso de recursos y emisiones medioambientales es totalmente necesaria (INTI, 2016). La ilustración 2 muestra el incremento en la generación de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe.



Ilustración 2. Generación de residuos

Fuente: ONU, 2019

Por otro lado, es evidente que el incremento en el consumo de productos procesados ha elevado la tasa de generación de desechos por habitante diaria, pues en el caso latinoamericano Ripoll (2003 citado en Saéz & Urdaneta, 2015) indicó que la tasa de generación, en las últimas décadas, se ha incrementado de 0,5 a 1 Kg/habitante-día, lo cual resulta inferior en un 25% al 50% de la tasa de generación de los países industrializados. En consecuencia, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) reportó que la tasa media per cápita de residuos sólidos urbanos asciende a 0,91 Kg/habitante-día para América Latina y El Caribe. De tal manera, es claro que se necesita de una gestión adecuada de esos residuos sólidos, pues los problemas ambientales generados por la inadecuada gestión de los residuos sólidos son una realidad que no puede desconocerse ya que se ha convertido en prioridad para la agenda pública y privada de los distintos actores en todos los países (Hernández & González, 2017).

1.2. Gestión de los residuos sólidos urbanos: enfoque y cifras en Ecuador y la ciudad de Cuenca

Sáez y Urdaneta (2015) consideran a la gestión de los residuos sólidos urbanos como un conjunto de herramientas y operaciones que se implementan desde que inician su vida al ser adquiridos en los hogares y prestan sus servicios hasta la fase terminal de su tratamiento, es decir, el reciclaje. Según estos autores, se manejan 3 fases para este proceso:

- Depósito y recogida
- Transporte
- Tratamiento

La gestión de residuos sólidos tiene múltiples aristas. De inicio, la mejor opción es la prevención en su generación, y como última y peor opción está la disposición final, ya que implica incurrir en los costos de implementación y mantenimiento de rellenos sanitarios sin casi ningún tipo de retorno económico. La ilustración 3 explica la gestión de residuos.



Ilustración 3. Gestión de residuos

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, 2013

Según datos del Banco Mundial (2018), en el curso de los próximos 30 años la generación de desechos a nivel mundial, impulsada por la rápida urbanización y el crecimiento de las poblaciones, aumentará de 2010 millones de toneladas, registradas en 2016, a 3400 millones. En efecto, es sumamente importante que se tomen acciones en cuanto a la gestión que se da a los residuos sólidos.

A nivel nacional, la normativa ambiental define a los desechos como las sustancias o materiales compuestos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo, cuya eliminación o disposición final procede conforme a lo dispuesto en la legislación ambiental nacional e internacional aplicable, por lo que, estos pueden, a su vez, ser definidos como: desechos no peligrosos que se generan por el consumo o uso en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios que carecen de utilidad para el generador, pero que son aptos para ser aprovechados y transformados en bienes y productos con valor agregado (Ministerio del Ambiente, 2015).

Sin embargo, al haber un incremento constante de la población, y por ende de residuos sólidos, es indudable que la sociedad demandará una gestión de residuos que, además de ser segura, deberá ser sustentable para la conservación de recursos y la prevención de la contaminación del ambiente. No obstante, a pesar de la obligación de la normativa, en el país

solo el 37% de Municipios cumplen con la separación en la fuente, y de las 11 203,24 toneladas de residuos sólidos recogidos por día, apenas el 10% se recolecta de forma diferenciada desde la fuente (Mora & Molina, 2017).

En Ecuador, durante el año 2015, 184 GADs Municipales gestionaron sus residuos sólidos a través de unidades, departamentos o direcciones del GAD. 5 lo hicieron como mancomunidad, 12 lo realizaron mediante Empresas Públicas y 20 a través de Empresas Públicas de Mancomunidad, que son aquellas empresas en la cuales intervienen dos o más GADs Municipales. Para el año en mención, se incluyó la información proporcionada por las empresas encargadas de la gestión integral de residuos sólidos del GAD Municipal de Guayaquil (los Consorcios Puerto Limpio y Las Iguanas), por lo que, la disposición final de residuos se realiza en un 39% en relleno sanitario, 26% en botaderos controlados, 23% en botaderos de cielo abierto y 12% en celdas emergentes (INEC, 2015). La ilustración 4 indica las cifras de la recolección de residuos sólidos urbanos realizadas por empresas pertenecientes a los GADs Municipales.

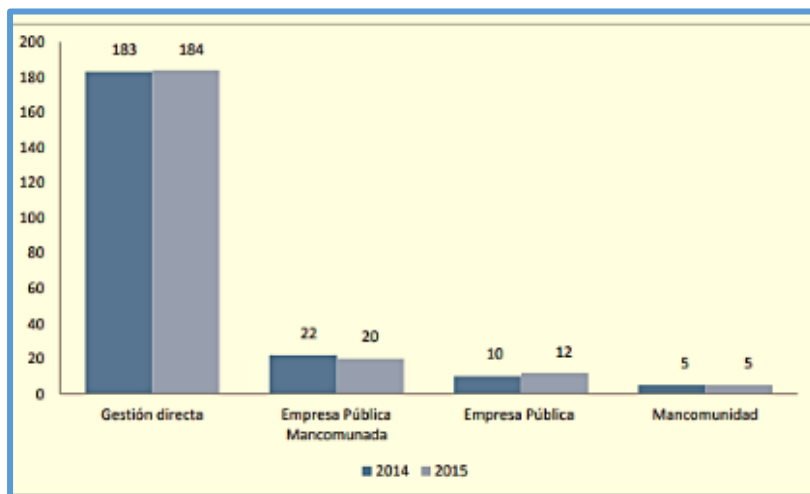


Ilustración 4. Modelo de gestión implementado por los GAD Municipales 2014 – 2015

Fuente: INEC, 2015

Gracias a la información proporcionada por los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) Municipales, se pudo determinar que cada habitante del Ecuador, en el sector urbano, produce en promedio 0,58 kg/hab/día de residuos sólidos para el año 2015. En ese mismo año, la región Costa tiene una tasa promedio de 0,59 kg/hab/día de residuos sólidos, mientras que la Sierra mantuvo un valor de 0,56 kg/hab/día, y la Amazonía tuvo un 0,54 kg/hab/día. Finalmente, para la Región Insular, los valores fueron significativamente mayores, con una tasa de



generación de 0,72 kg/hab/día de residuos sólidos. De igual manera, los datos proporcionados por los GADs, para el año 2015, indican que en la región Costa se recolectan 6229,92 ton/día de residuos sólidos, mientras que, en la Sierra, en promedio, se recolecta diario 4544,81 ton de residuos sólidos. La región Amazónica presenta una cifra mucho menor de toneladas recolectadas, en promedio, fueron 404,31 ton/día de residuos sólidos. Finalmente, para la Región Insular los datos fueron de 24,20 ton/día de residuos sólidos. Debido a que las cifras son altas y están en crecimiento, los GADs, a nivel nacional, se unieron e iniciaron la creación de campañas de gestión de residuos municipales, mismas que pretenden dar una adecuada disposición final a los residuos que son generados diariamente.

A partir de estas iniciativas, en el año 2016, a nivel nacional, el 37,1% de GADs Municipales cuentan con procesos de separación en la fuente. En la Región Insular, la totalidad de sus municipios han implementado dichos procesos a diferencia de la Costa donde apenas el 9,5% de los municipios cuentan con estos procesos. En este mismo año, de los 221 GADs Municipales, 161 realizaron caracterización de residuos sólidos producidos por tipo de residuos en el área urbana, teniendo como resultado el 58 % de residuos orgánicos y el 42 % de residuos inorgánicos (cartón, papel, plástico, vidrio, madera, metal, chatarra, caucho, textil, focos, pilas y desechos sanitarios no peligrosos, entre otros) (INEC, 2017). Así también, según datos del Servicio Nacional de Contratación Pública, para el mes de abril de 2017, existían 8 Empresas Públicas Municipales que se encargaban de brindar exclusivamente el servicio de gestión de desechos sólidos; 7 Empresas Públicas Municipales brindaban este servicio integral como Saneamiento Ambiental, y 9 Empresas Públicas Municipales lo brindan desde un enfoque de Aseo (Concejo Nacional de Competencias, 2019).

A nivel local, la Ciudad de Cuenca gestiona sus residuos mediante la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC, EP). Las cifras de esta empresa indican que se producen mensualmente alrededor de 14400 toneladas de desechos sólidos, con una producción per cápita de 15,6 kilogramos por mes. No obstante, del total generado, se recuperan para reciclaje únicamente 140 toneladas al mes. Para el caso de los residuos orgánicos, la producción promedio mensual de material compostado fue de 481,5 ton. La Ilustración 5 indica la caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Cuenca.

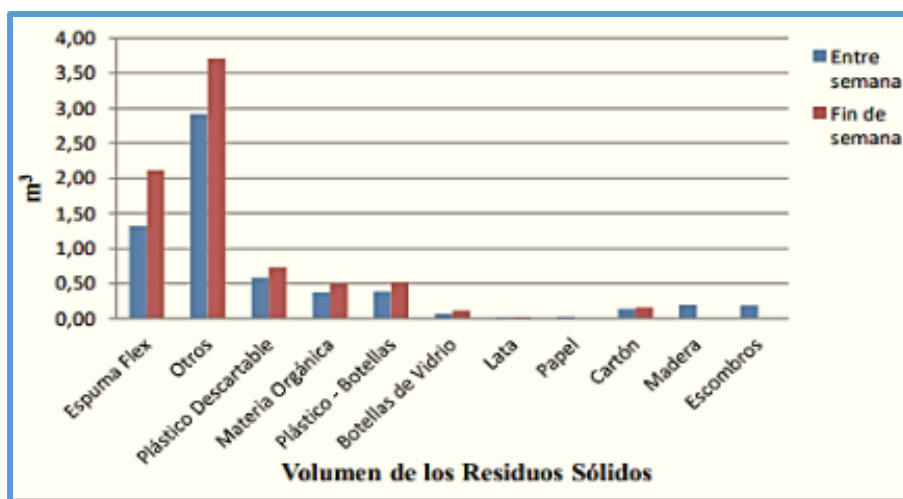


Ilustración 5. Caracterización de residuos de la ciudad de Cuenca

Fuente: Chocho, 2017

Hay que recalcar que, a pesar de los esfuerzos y planes aplicados por EMAC EP, aún existe un alto porcentaje de residuos que son depositados en el relleno sanitario o en espacios públicos no destinados para tal fin, puesto que existen ciudadanos y establecimientos comerciales que no contemplan un proceso de clasificación en el origen, a pesar de que es un requisito establecido en la ordenanza que regula la gestión integral para residuos sólidos (Chocho, 2017).

También es importante mencionar que Cuenca es la primera ciudad del país en generar electricidad a partir de sus residuos, pues desde febrero del 2012, con el apoyo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, el Ministerio del Ambiente (MAE), BGP Engineers, y el GAD Municipal, se trabajó en la preparación de la infraestructura necesaria para que se inicie la generación de energía eléctrica, la misma que empezó desde noviembre del 2014. Así, el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), en conjunto con el MAE, estima implementar esta tecnología en la mayor parte de GADs donde la aplicabilidad sea viable, ya que esta es una de las posibilidades para minimizar el aporte de Gases de Efecto Invernadero irradiados al ambiente, del cual el sector de residuos sólidos es el tercer mayor contribuyente en el país (Ministerio del Ambiente y Agua, 2015).

1.3. Revalorización de residuos

Considerando los residuos como materiales con potencial de revalorización, las opciones que se presentan se enfocan en la reutilización, reciclaje o recuperación energética. Estas



opciones van a depender del tipo de material, características químicas y físicas del residuo, disponibilidad de acopio y variabilidad del mercado de residuos.

Al reciclaje se lo define como el proceso mediante el cual los desechos se convierten en nuevos productos o en recursos materiales con el que fabrican otros productos, es decir, se convierte en materia prima para el desarrollo de nuevos productos, por lo que, los residuos se someten a un proceso de transformación eco-ambiental para poder ser aprovechados en algún proceso de fabricación, reduciendo así el consumo de materias primas y ayudando a eliminar residuos (Línea Verde, 2018). La ventaja de reciclar radica en el aprovechamiento de los materiales potencialmente recuperables, alargando la vida útil de los mismos. Mediante diversos programas de investigación y experimentación, se logra innovar al momento de encontrar nuevas utilidades para aquellas materias no biodegradables que, a final de cuentas, representan una amenaza para el ambiente por su largo periodo de descomposición de manera natural, que termina acumulándose en la naturaleza (Álvarez, 2013).

En Ecuador, el reciclaje está mencionado por la Constitución de la República, la cual establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) tienen la obligación de desarrollar programas que propicien la reducción, el reciclaje y el tratamiento adecuado de desechos sólidos (Martínez, 2019). De esta forma, el 24% de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) han iniciado procesos de separación en la fuente y recolección diferenciada, el 40% desarrollan procesos de aprovechamiento de residuos orgánicos, y el 24% desarrollan procesos de aprovechamiento de residuos inorgánicos, por lo que, según el MAE, en términos de disposición final, el 35% de la basura se dispone en rellenos sanitarios manejados, mientras que el 65% restante aún se deposita inadecuadamente en botaderos a cielo abierto (Ekos, 2016). Con respecto a las prácticas ciudadanas, de acuerdo a los datos que presenta el INEC, a través de ENEMDU 2017, tan solo el 47,47% de los hogares en el Ecuador realizan la práctica de clasificar sus residuos (plásticos, orgánicos, papel-cartón, y vidrio) desde la fuente, es decir, desde su generación, lo que ha permitido mejorar casi 8 puntos porcentuales frente a lo que acontecía en el 2015 (Los Andes, 2019).

Se menciona que el reciclaje es una de las actividades más importantes para contrarrestar varios problemas de la sociedad actual, ya que incluye componentes sociales, económicos y ambientales, lo que permite el desarrollo sostenible de sectores productivos y la subsistencia de muchas familias, es por ello que resulta tan importante el separar y reciclar los envases PET, esto no solo para reducir la cantidad de toneladas que se acumulan en los botaderos, sino para



ayudar a los recicladores de base en su trabajo y, más aún, para que más envases PET sirvan para elaborar nuevos. En este sentido, actualmente, la industria de bebidas no alcohólicas recicla alrededor de un 70 % de las botellas que coloca en el mercado (Vistazo, 2020).

Algunos de los beneficios más significativos del reciclaje según Álvarez (2013), se enlistan a continuación:

- Disminución de emisiones de gases contaminantes
- Conservación de los recursos de la naturaleza
- Fuentes de empleo
- Desarrollo sostenible
- Ahorro de energía y reducción de la emanación de contaminantes producto de la extracción de materiales
- Llega menos residuos a rellenos sanitarios
- Contaminación atmosférica
- Campañas de beneficencia
- Recolectores recicladores
- Ahorro de recursos naturales
- Ahorro para personas y municipios

En el año 2014, la Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo (IRR) crea el programa de reciclaje inclusivo y recicladores de base en Ecuador, presentando varios beneficios para las familias que son beneficiarias de los procesos de reciclado en el país. De esa forma, en ese mismo año, se inició el desarrollo de estudios de factibilidad para plantas de separación de residuos sólidos en las ciudades de Quito y Cuenca. El programa se integró inicialmente por 4 ciudades del país: Quito, Guayaquil, Cuenca y Manta debido a que abarcan el 48% de los residuos sólidos que se generan diariamente en el país. A pesar que no existe información exacta del número de personas o familias que se ven beneficiadas por este programa, es necesario mencionar que se acoge a toda persona natural que desee participar en esta iniciativa de gestión de residuos. Las personas interesadas fueron capacitadas previamente y dotados de materiales de seguridad necesarios para poder realizar este trabajo (Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo, 2016). Según un estudio realizado por diario El Universo, cerca de 20.000 familias en el Ecuador se sustentan de esta actividad que es el reciclaje. Así, según la Red Nacional de Recicladores del Ecuador (RENAREC), este es un trabajo que no solo permite a 20.000 familias de recicladores (es un trabajo familiar) llevar el sustento a sus hogares, sino que contribuye al cuidado ambiental del planeta (El Universo, 2016).



En el año 2016, de los 221 GADs Municipales, 198 (correspondiente al 90% del total de GAD) poseen un reglamento de cobro por la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos a través del cobro de energía eléctrica, impuesto predial, facturación directa por el Municipio o la combinación entre algunas de ellas. De esta manera, el promedio de subsidio que otorgaron los GADs Municipales por la prestación del servicio del manejo de residuos sólidos fue del 56,0% (Concejo Nacional de Competencias, 2019). Así también, en Ecuador, evoluciona un tenaz sector empresarial que apuesta a romper paradigmas e impulsar la llamada economía verde, pues el reciclaje es un negocio atractivo y con espacio para innovar, a pesar de la falta de estructura. En este sentido, las acciones entre los sectores público y privado, se traducen en más de 3.000 empresas que generan cerca de 50.000 empleos directos y un impacto económico de 60 millones de dólares anuales, producto de esta eco-actividad (CNN Español, 2016).

1.3.1. Factores clave para el éxito del reciclaje

Para un correcto reciclaje es necesario tener en cuenta ciertos factores claves de los procesos previos al reciclaje en sí mismo, ya que de estos procesos depende el grado de beneficio monetario para las asociaciones de reciclaje o empresas que adquieren productos reciclados de alta calidad. Estos factores son:

- **Proceso de separación**

En este proceso los residuos deben ser separados en dos fracciones: con potencial de reciclaje y sin potencial de reciclaje.

- **Proceso de clasificación**

En este proceso los residuos potencialmente reciclables son clasificados de acuerdo a su naturaleza, como por ejemplo en plástico, papel, cartón, vidrio, etc. Este proceso se lleva a cabo debido a que las empresas que compran el material reciclado pagan de acuerdo al tipo de material, existiendo un mercado referencial de precios que varía de acuerdo a la oferta y demanda. Tanto la separación como la clasificación se optimizan cuando se realiza en la fuente de generación, ya sea a nivel doméstico o industrial.

- **Proceso de acondicionamiento**

En el proceso de acondicionamiento los residuos sólidos debidamente separados y clasificados reciben diferentes tipos de tratamientos y acondicionamientos para que adquieran la calidad óptima necesaria para que las empresas que adquieren el material reciclado entreguen el mayor beneficio monetario a las asociaciones de reciclaje. El material reciclado define el tipo



de reciclaje a desarrollarse, ante lo cual, Línea Verde (2018) menciona que los materiales con mayor potencial son los que se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de reciclaje

TIPO DE RECICLAJE SEGÚN EL MATERIAL	
TIPO	DETALLE
RECICLAJE DE PLÁSTICO	El plástico es un material no biodegradable que tarda más de 200 años en degradarse cuando se libera en la naturaleza. El proceso de reciclaje del plástico consiste en recolectarlo, hacer una selección y clasificarlo, posteriormente, se limpia y se trocea para finalmente proceder a fundirlo. Este luego se utilizará como materia prima en la fabricación de nuevos objetos de plástico.
RECICLAJE DE PAPEL	El papel es un material biodegradable, pero como es uno de los materiales más utilizados en el mundo, es muy conveniente reciclarlo, en lugar de obtenerlo de su fuente natural, es decir, de la madera de los árboles. En el proceso de reciclaje del papel, este se tritura y se somete a tratamientos para disgregar las fibras de celulosa que lo forman y convertirlo en pasta de papel, lo que se utiliza como materia prima en el proceso de fabricación de papel.
RECICLAJE DE VIDRIO	El vidrio es probablemente el material que mejor se adapta al reciclado ya que puede ser utilizado y procesado una cantidad infinita de veces. Cuando el vidrio es sometido al proceso de reciclaje se ahorra hasta un 30% de la energía necesaria para la producción de vidrio nuevo.

Elaborado por: El autor

Con respecto al beneficio económico de esta actividad, los precios de los residuos oscilan en función de la demanda de las industrias, los costos de intermediarios y la pureza de las fracciones de interés de los materiales. La tabla 2 presenta algunos datos de materiales y precios a los que son comercializados en el mercado.



Tabla 2. Precios del mercado para materiales reciclables de la ciudad de Cuenca

PRECIOS DE MERCADO REFERENCIALES PARA MATERIALES RECICLABLES	
TIPO DE MATERIAL	PRECIO REFERENCIAL (\$/kg)
Cartón	\$0,11
Pet	\$0,75
Plástico limpio	\$0,17
Papel mixto	\$0,10
Papel blanco	\$0,18
Papel periódico	\$0,02
Chatarra	\$0,09
Chatarra electrónica	\$0,14
Aluminio	\$0,50
Vidrio	\$0,08

Fuente: Álvarez, et al., 2018

1.3.2. Coprocesamiento

El coprocesamiento es un proceso que consiste en el aprovechamiento del valor energético de los residuos, logrando su integración al proceso de producción y sin dejar ningún tipo de residuo. En la actualidad, la industria cementera se ha convertido en una industria que experimenta los beneficios de este proceso, ya que, por las características especiales de sus hornos de alta temperatura, el residuo se desintegra y queda incorporado al material que formará el cemento, evitando que los mismos terminen en los basureros o rellenos sanitarios (Salvador, 2019). Así, el coprocesamiento puede convertirse en una alternativa ambientalmente sostenible y económicamente viable para el tratamiento y valorización de los residuos, dados los estrictos parámetros de operación y monitoreo que se realizan durante todo el proceso (Spies & Arroyo, 2008). Por la naturaleza del proceso de incineración, el coprocesamiento no requiere de la separación minuciosa de materiales para transformarse en combustible. A manera de ejemplo, un cartón mezclado con aceite no puede ser reciclado, sin embargo, puede ser aprovechado para el coprocesamiento debido a su naturaleza orgánica y poder calorífico.

Para el coprocesamiento de residuos no se requiere cuidar de la pureza de materiales, puesto que los factores de separación y clasificación de residuos pasan a ser secundarios, por lo que, los residuos de cualquier empresa pueden integrarse en este aspecto de coprocesamiento, ya que este consiste en convertir los residuos en un material con características que puedan valorarse como combustible o materia prima alternativa para un proceso industrial específico.



Este es el caso de Holcim, pues a través de este proceso se hace una integración ambientalmente segura de residuos, que para su caso es el cemento (Mekler, 2019).

Transformar los desechos inútiles en un recurso seguro y utilizable contribuye a una economía regenerativa y circular que cierra el ciclo de recursos y minimiza el desperdicio de recursos naturales (Mora, 2019). De la misma forma, Salvador (2019) menciona que el coprocesamiento, permite aprovechar el valor energético del material sobrante y lograr su integración al proceso de producción y que esta es una alternativa que usan algunas industrias, siendo un caso de éxito para las empresas cementeras.

Dentro del coprocesamiento, a nivel nacional, es claro que las industrias de los diversos sectores de la construcción juegan un papel fundamental. Es el caso de empresas como Holcim, quien, a través de su filial Geocycle, promueve el coprocesamiento en el tratamiento de desechos. De esta manera, se menciona que solo para el año 2018 se coprocesó 20,000 toneladas de desechos, entre residuos de empresas pertenecientes a las industrias farmacéutica, automovilística, química, textil, manufacturera, plásticos, petróleo, papel, entre otros. Con la energía generada a partir de dicho proceso, Holcim ha logrado reducir en un 15 % el uso de combustibles fósiles (El Economista, 2019).

En ocasiones, también se habla de “*coprocesado*” cuando se produce un doble aprovechamiento energético y material de los residuos en la misma operación. Es el caso de la industria cementera que utiliza combustibles preparados a partir de residuos en sustitución de los combustibles fósiles empleados en el sector. Aquello resulta ser un beneficio económico y el mejor ejemplo de recuperación simultánea, tanto de material como energético de un residuo en nuestra industria, lo que encontramos en los neumáticos fuera de uso. Es así que resulta benéfico, en todo sentido, utilizar combustibles producto de residuos que combustibles fósiles. No obstante, EasyEcoTips (2019) menciona que los biocombustibles pueden tener un impacto menor que los combustibles fósiles si consideramos sólo el consumo del combustible, pero si tenemos en cuenta la producción, los biocombustibles pueden ser en realidad peores que los combustibles fósiles en algunos casos. La ilustración 6 indica los tipos de combustibles alternativos derivados de residuos urbanos más utilizados.

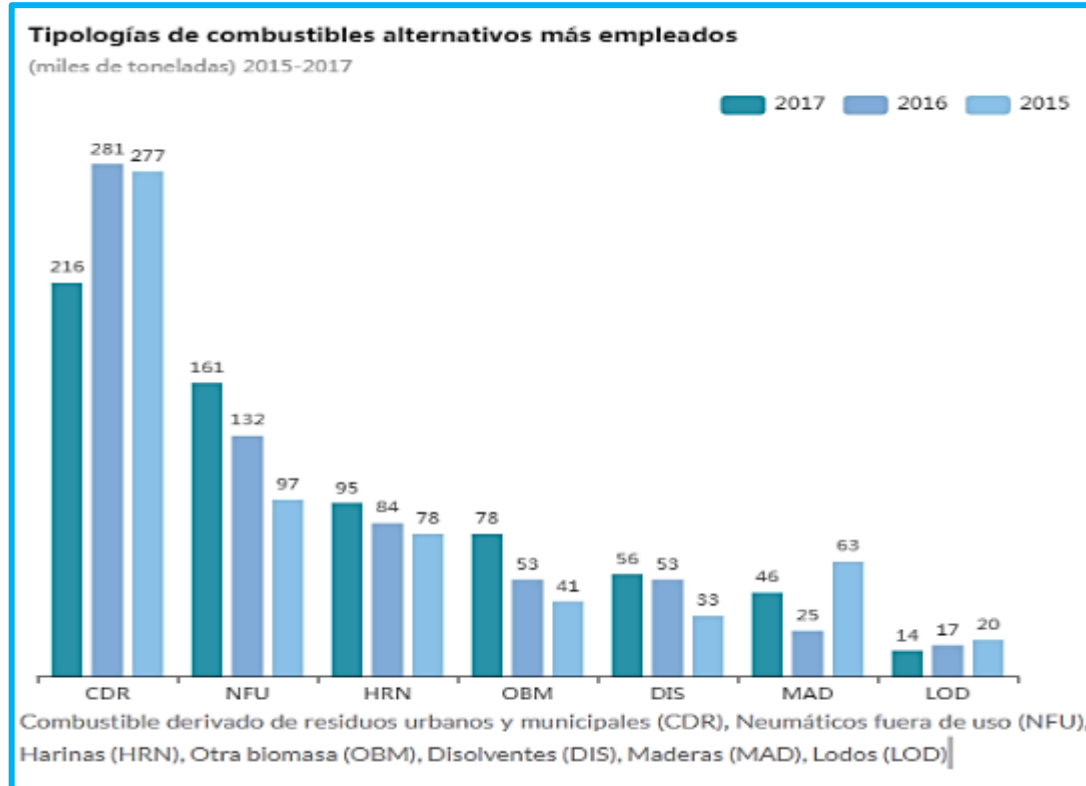


Ilustración 6. Combustibles derivados de residuos urbanos

Fuente: Observatorio de la economía circular de la industria cementera, 2017

Con estos antecedentes, Carvalho y Pessoa de Gil-Perez (2011) indican que los factores claves para el coprocesamiento de residuos es la manera en cómo los materiales vayan a ser gestionados. Según los autores debe ser de la siguiente manera:

- No deben poner en riesgo la integridad física de las personas
- Deben ser compatibles con el proceso en el que se utilizarán

Así, por ejemplo, la industria cementera utiliza los aceites usados del parque automotor como combustible en sus hornos de clinkerización. Otros ejemplos de materiales que pueden ser coprocesados son los solventes orgánicos, residuos de pinturas con base solvente, sólidos impregnados de hidrocarburos, residuos plásticos mezclados. En adición, la incineración es la única opción para un conjunto de residuos de naturaleza peligrosa como los residuos hospitalarios o que contengan sustancias químicas nocivas para las personas o el ambiente. Así mismo, resulta indispensable adicionar el control y equipo de depuración de gases a los sistemas de

coprocesamiento. No obstante, el coprocesamiento en América Latina no es una práctica muy recurrente, sin embargo, en países de Europa y Asia este es un proceso conocido y utilizado.

En cuanto a los procesos del coprocesamiento, Jambou (2015) indica que el proceso más conocido es Kalundborg en Dinamarca, y recalca que no fue una iniciativa ecológica, sino que surgió por necesidad de las industrias. En Japón, actualmente, se utiliza el coprocesamiento de residuos sólidos municipales y lodos, la ceniza, resultado de este proceso, es utilizada como materia prima para la producción de cemento y agregados de concreto, estos son llamados eco-cemento (Hasanbeigi, Lu, Williams, & Price, 2012). Aquellas prácticas surgieron debido a la escasez de áreas para la instalación de rellenos sanitarios. Asamany (2017), indica que en Canadá fueron seleccionados algunos materiales de residuos que serán coprocesados para la producción de tejas asfálticas. Para concluir, el Service de recherche dy Parlement Européen (2015 citado en Bourguignon, 2016) aclara que la valorización energética de desechos por incineración contribuye a la producción de energía renovable y al abastecimiento de la misma, haciendo del coprocesamiento un método útil para evitar que la disposición final de los residuos sólidos sea el relleno sanitario. La ilustración 7 muestra el proceso de recolección de residuos para coprocesamiento.



Ilustración 7. Proceso de recolección de residuos para coprocesamiento

Fuente: coprocesamiento.org, 2018



Dentro del coprocesamiento, cabe mencionar que son varios los beneficios y ventajas de coprocesar ya que se pueden utilizar diferentes corrientes de residuos como aquellos sólidos urbanos no aptos para el reciclaje: los residuos sólidos peligrosos, los restos de combustibles y neumáticos, debido a que estos residuos pueden ser integrados al material o algunos pueden servir como combustible para el horno (Salvador, 2019).

1.4. Value Stream Mapping (VSM)

Rajadell y Sánchez (2010 citado en Moreno, Grimaldo, & Salamanca, 2018) y Rodríguez (2017, citado en Lodoño, et al., 2019) indican que el Mapeo de Flujo de Valor o Value Stream Mapping – VSM por sus siglas en inglés – es una de las herramientas de Lean Manufacturing, que al ser una herramienta gráfica permite diagnosticar la situación actual y proyectar la situación futura de un sistema de producción a través de la visualización del flujo de los materiales y de la información a lo largo de la cadena de suministro. El proceso de mapeo obedece a los principios del sistema pull: desde el cliente hasta el proveedor, generando así una visión panorámica de toda la cadena de valor, entendiendo por cadena de valor a aquella herramienta de gestión que permite ver cómo se desarrollan los procesos dentro de una empresa.

De manera convencional, esta herramienta se ha utilizado en sistemas de producción de bienes o servicios, en donde típicamente el proceso inicia con la materia prima y llega hasta la distribución del producto terminado, analizando internamente las principales actividades generadoras de valor. El VSM es una de las herramientas más utilizadas ya que permite proponer mejoras que conlleven a un funcionamiento ideal del sistema, donde las actividades que generen desperdicio, dentro del proceso, sean mínimas para que solo queden aquellas tareas que le den un valor agregado al producto. De acuerdo con Rodríguez (2017, citado en Lodoño, et al., 2019), existen siete consideraciones a seguir para estructurar correctamente un mapeo de cadena de valor. Son las siguientes:

- Clientes
- Procesos
- Puntos de inventarios
- Entradas y salidas de material
- Flujos de información

- Relación entre procesos
- Líneas de tiempo

De acuerdo con el portal Lean Solutions, en el Value Stream Mapping (VSM) deben identificarse los desperdicios o mudas referentes a transporte y movimientos de materiales, inventarios, defectos, esperas, reprocesos, sobreproducción. Con este análisis se facilita la identificación de soluciones adecuadas para mejorar o eliminar estas mudas.

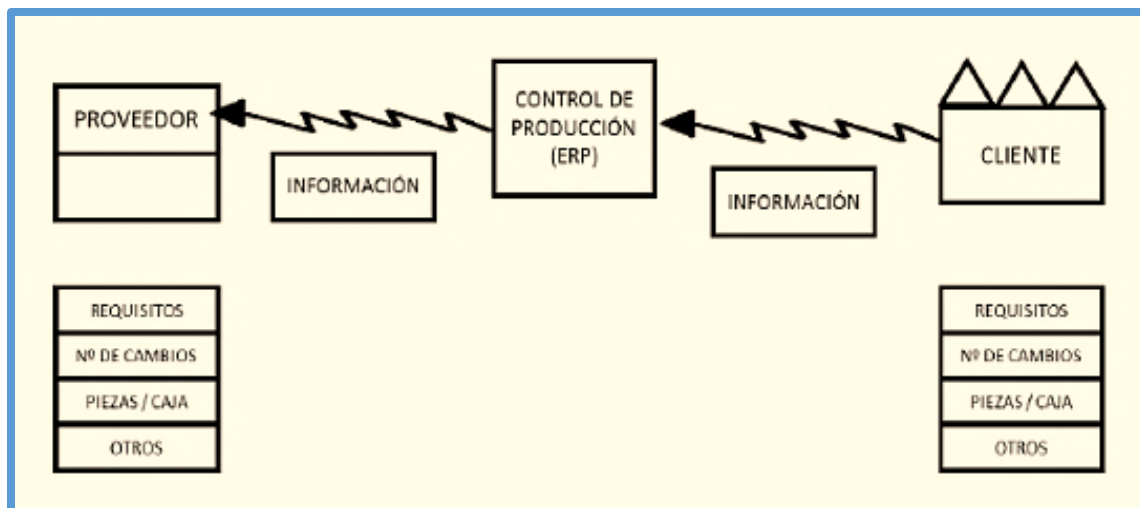


Ilustración 8. Esquema básico mapeo de cadena de valor (VSM).

Fuente: Rojas & Gisbert, 2017

1.5. Problemática del caso de estudio

Ya que uno de los múltiples problemas ambientales que afectan a ciudades del mundo en la actualidad corresponde al manejo de residuos sólidos urbanos, es necesario buscar alternativas eficientes y efectivas para la gestión y aprovechamiento de los mismos. La naturaleza heterogénea de los residuos urbanos abarca restos orgánicos, envases, materiales plásticos, vidrio, papel, cartón, entre otros, que de manera tradicional son desechados y dispuestos, en el mejor de los casos, en un relleno sanitario. Así, el análisis consiste entonces en estudiar las dos opciones de revalorización de los residuos sólidos urbanos, ya sea desde su potencial de reciclaje o de coprocesamiento. Desde el punto de vista de creación de valor, se utilizará el VSM para definir la prioridad de estas opciones en función de las variables económicas e implicaciones ambientales de ambas alternativas. Se

espera que como resultado del análisis se recomiende las opciones más viables desde el punto de vista económico y ambiental de los actores involucrados.

En la ciudad de Cuenca, las cifras indican un crecimiento año tras año del material que se dispone en el relleno sanitario, así como la evolución de las cantidades de residuos que han sido entregadas a asociaciones de reciclaje. La ilustración 9 indica dichos datos.

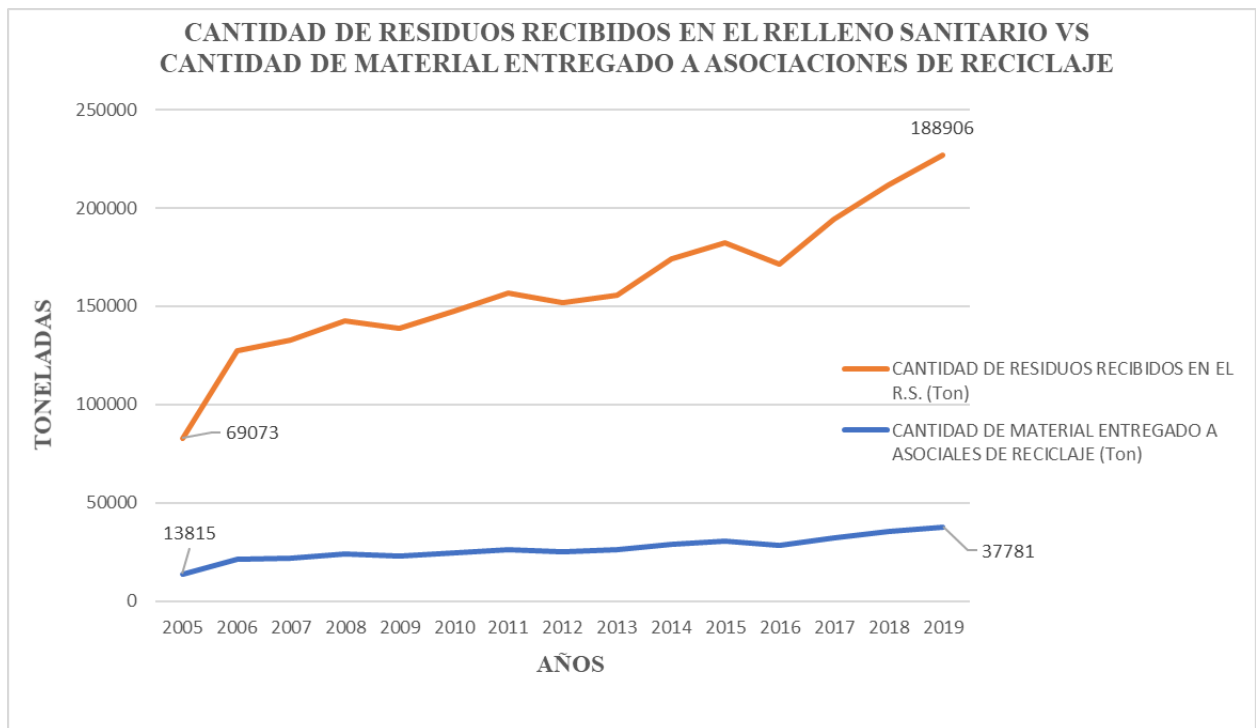


Ilustración 9. Cantidad de toneladas de residuos domiciliarios recibidos en el relleno sanitario de Pichacay

Fuente: EMAC EP, 2020

Como se puede apreciar, la iniciativa de reciclar materiales está en crecimiento dentro de la gestión de residuos sólidos urbanos del cantón Cuenca, por lo que es necesario que las asociaciones dedicadas a esta actividad optimicen sus procesos y definan el mejor destino posible para cada tipo de material desde el punto de vista económico y ambiental. Complementariamente, la ilustración 10 indica los datos de las toneladas de desechos domiciliarios que ha recibido el relleno sanitario de Pichacay desde enero hasta abril del año 2020. Cabe mencionar que por la emergencia sanitaria del país fue necesario suspender las actividades de acopio, selección y venta de residuos para precautelar la salud de quienes se dedican a esta tarea.

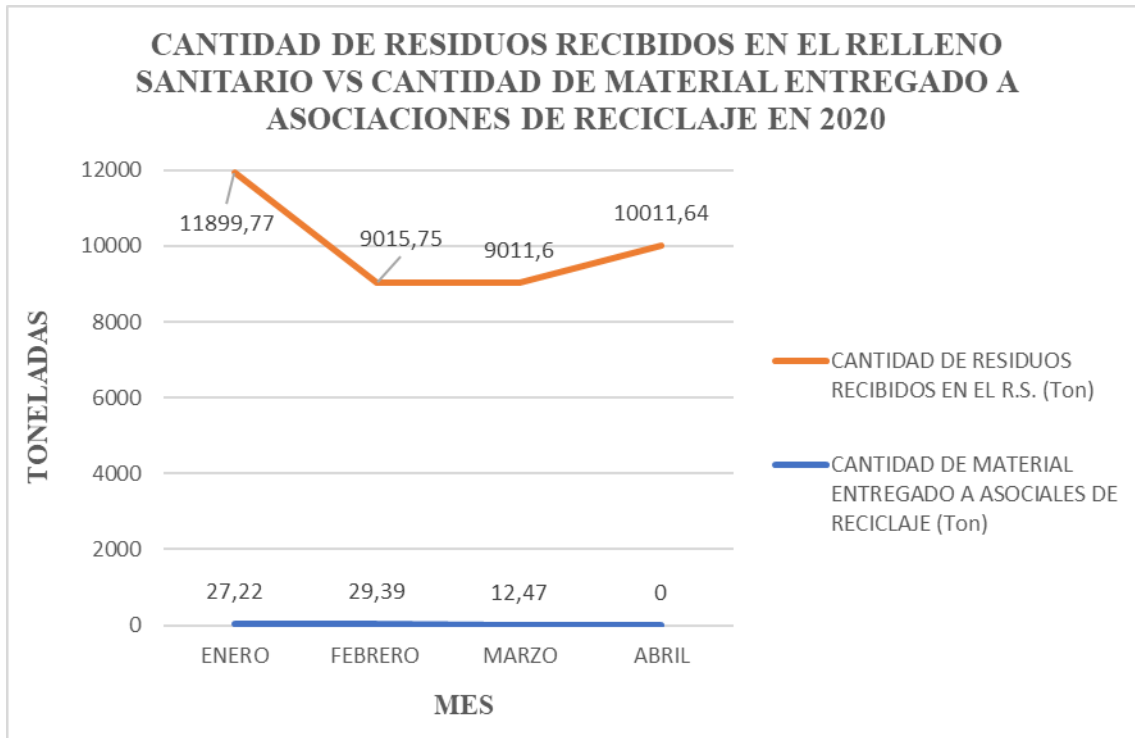


Ilustración 10. Cantidad de toneladas de material entregado a asociaciones de reciclaje de enero a abril 2020

Fuente: EMAC EP, 2020

El GAD Municipal de la ciudad de Cuenca junto con la Empresa Pública Municipal de Aseo para Cuenca (EMAC-EP), han buscado la disminución de la generación de residuos en la fuente mediante la reingeniería de los productos y sus envases; y a través de campañas de concientización a la población para su manejo responsable, ya que el relleno sanitario de Pichacay cuenta con un área total de 123 hectáreas, con una vida útil de 20 años, los cuales serán cumplidos en 2022, mientras que a este relleno sanitario llegan alrededor de 520 toneladas diarias de residuos sólidos (EMAC EP, 2016). Esto implica que, con el paso del tiempo y el notable crecimiento de la población en la ciudad de Cuenca, la vida útil del relleno sanitario de Pichacay colapsará debido a la inmensa cantidad de residuos sólidos que llegan diariamente, siendo insuficientes las diferentes acciones y medidas empleadas para la reducción de residuos sólidos.

Mediante la utilización de la herramienta Value Stream Mapping (VSM), se plantea realizar un análisis de dos métodos de revalorización de residuos para evitar su disposición final, estos son: reciclaje y coprocesamiento; para que, como su nombre lo indica, se obtenga lo más valioso de cada método. Esto podrá indicar en qué situaciones es conveniente utilizar reciclaje,



coprocesamiento o la posibilidad de generar un modelo de recuperación de residuos sólidos que mejore la eficiencia de las plantas de reciclaje, buscando así la reinsertión de materiales a los procesos productivos y encontrando mercados para materiales que actualmente no se están recuperando, fortaleciendo, de esta manera, la economía del sector, para favorecer, por un lado, al cuidado del medio ambiente, además de mejorar la calidad de vida de la población y, por otro, para alargar la vida útil de cualquier relleno sanitario. Cabe recalcar que en la presente investigación se propone utilizar de manera inédita esta herramienta; desarrollando el mapeo tanto para un proceso de reciclaje como para un proceso de coprocesamiento, permitiendo así obtener una comparativa Lean entre dos métodos de gestión de residuos para, de esta manera, establecer que el proceso inicia con la generación del residuo y termina con el uso del mismo en una planta de reciclaje como materia prima o en un incinerador como combustible.

1.6. Objetivos

Objetivo general del estudio

Proponer un modelo de revalorización de residuos urbanos mediante la aplicación de mapeo de flujo de valor para el manejo y recuperación de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Cuenca.

Objetivos específicos del estudio

- Diagnosticar la situación actual del proceso de reciclaje y coprocesamiento de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Cuenca.
- Realizar el mapeo de flujo de valor de los residuos destinados a reciclaje y a coprocesamiento.
- Establecer una comparación entre reciclaje y coprocesamiento para identificar la conveniencia de utilización de estos dos enfoques de gestión.

2. Materiales y métodos

2.1. Métodos

En la realización de este trabajo se utilizará el método deductivo, lo que significa llevar la investigación de lo general a lo específico. Con este método se identifica, mediante el uso del Value Stream Mapping (VSM), la situación actual del proceso de reciclaje en la planta “El Chorro”, así como también la situación actual del coprocesamiento dentro del Relleno Sanitario de Pichacay. Con ello se propondrá un modelo de revalorización de residuos sólidos, es decir, partir de la generación de residuos sólidos domiciliarios para llegar a la comparación mediante el mapeo de flujo de valor de las dos alternativas que son: reciclaje y coprocesamiento. De esta



manera, es necesario dividir a la investigación en 9 fases o etapas, las cuales se describen a continuación.

2.1.1. Investigación bibliográfica

La metodología aplicada en este estudio partió de una investigación descriptiva. Se realizó una investigación preliminar bibliográfica documental, necesaria para el cumplimiento de la investigación. Se recopiló información perteneciente, en tesis, artículos científicos, revistas y noticias de periódicos, locales, nacionales e internacionales, que fueron de interés para la investigación.

2.1.2. Recolección de datos

Utilizando la técnica de la entrevista con preguntas abiertas (Anexo 1), se recopiló información cualitativa. La presidenta de la Asociación y Planta de Reciclaje “El Chorro”, en la entrevista, indicó las actividades que forman parte del proceso de acopio y selección de materiales con potencial de reciclaje, así como los materiales que son más demandados en el mercado de residuos y que llegan con mayor frecuencia; informó también sobre los proveedores y clientes, y señaló la frecuencia de entrega de materia prima, cantidad de entrega, frecuencia de compra, cantidad y tipo de material comprado. Luego de dicha entrevista, se determinó realizar el estudio de los materiales más utilizados para el proceso de reciclaje.

Lo propio se realizó con el técnico encargado del coprocesamiento en el Relleno Sanitario de Pichacay; quien, de igual manera por medio de una entrevista con preguntas abiertas (Anexo 2), detalló las actividades que se realizan a lo largo del proceso, definiendo así la frecuencia y cantidad de material recibido por parte de sus proveedores, frecuencia y cantidad de material entregado a sus clientes, así como también los costos en los que incurre la empresa para llevar a cabo dicho proceso.

2.1.3. Análisis de variables

Para una correcta realización del mapeo de flujo de valor (Value Stream Mapping, VSM) resultó imperativo, primeramente, definir las variables a estudiar. De esta manera, mediante la técnica de observación, que en palabras de Pardinás se define como el acto de mirar detenidamente, se realizó el denominado trabajo de campo, el cual consistió en determinar el tiempo de duración de cada una de las actividades que comprenden dichos procesos, la cantidad de mano de obra



directa que interviene en cada actividad, la cantidad de inventario que se genera a lo largo del proceso, la cantidad de material con potencial de reciclaje y la cantidad de material entregado para coprocesamiento que resulta como producto terminado al final de cada uno de los procesos. Cabe recalcar que, tanto el proceso denominado reciclaje como el proceso denominado coprocesamiento son procesos de separación, clasificación y acondicionamiento de materiales que posteriormente son enviados a diferentes destinos, como a fábricas de reciclaje o a la empresa Geocycle, como única compradora y, finalmente, aquel material contaminado o colocado de manera incorrecta en la funda azul debe ser dispuesto en el relleno sanitario.

2.1.4. Construcción de los VSM actuales

Una vez identificadas y definidas las variables a utilizar en la investigación, se procedió a analizarlas. Para dicho análisis, se empleó la herramienta de Lean Manufacturing Value Stream Mapping (VSM), ya que esta herramienta se utiliza para plasmar la situación actual de una empresa o de un determinado proceso. De la misma forma, esta herramienta se utiliza para determinar los procesos que agregan valor a un determinado producto, así como también permite proponer situaciones futuras de cómo se vería una empresa, un proceso o un producto después de reducir desperdicios e implementar mejoras.

Con el uso de esta herramienta se pudo plasmar la situación actual, así como también determinar las actividades que generan y que no generan valor dentro de los procesos de reciclaje y coprocesamiento en la planta “El Chorro” y el Relleno Sanitario de Pichacay respectivamente. Cabe recalcar que esta herramienta nunca ha sido utilizada en procesos de recuperación de residuos sólidos. En otras palabras, es la primera vez que este proceso se emplea.

2.1.5. Identificación y Análisis de desperdicios en los VSM

Habiéndose realizado el VSM de manera exitosa, se puede evidenciar, tanto las actividades que agregan valor como las actividades que no agregan valor dentro de los procesos de reciclaje y coprocesamiento. Con la ayuda de estos datos, con la técnica de observación y un correcto diagnóstico del proceso – basado en una serie de preguntas referentes a ciertos aspectos de vital importancia para el proceso como el producto, el propósito de la actividad – fue posible realizar la identificación, análisis e incidencia de los desperdicios que resulten dentro de las actividades de los procesos de reciclaje y coprocesamiento, para así generar un cuadro de identificación de



desperdicios, en el cual se encontrarán los 7 desperdicios que pueden reflejarse al hablar de Lean Manufacturing, así como las actividades que se identifican en cada uno de los desperdicios que forman parte de los procesos y la incidencia de cada desperdicio dentro del proceso.

Para determinar la incidencia de los diferentes desperdicios se utilizó una escala de valores y colores, de acuerdo a la cantidad de actividades en las que se identifique un mismo desperdicio; valorando así: de 0 a 25% de actividades, incidencia baja; de 25 a 50% incidencia media-baja; de 50 a 75% incidencia media-alta; y de 75 a 100% incidencia alta. Cabe recalcar que la escala de colores determinada es la siguiente: incidencia baja (verde), incidencia media-baja (amarillo), incidencia media-alta (naranja), incidencia alta (rojo).

2.1.6. Construcción de los VSM con identificación de desperdicios

Una vez se realizó la identificación y el análisis de desperdicios, se procedió a utilizar la herramienta anteriormente mencionada: Value Stream Mapping (VSM), la cual permitió generar un VSM con estallidos Kaizen. Dichos estallidos Kaizen reflejan la existencia de un desperdicio en una determinada actividad de un proceso. Una vez plasmados dichos desperdicios en el VSM actual, se procedió a la realización de una propuesta de reducción de desperdicios.

2.1.7. Propuesta de reducción de desperdicios

Con base a los VSM con estallidos Kaizen, se determinó una propuesta de reducción de desperdicios, es decir, un plan de mitigación de desperdicios y mejora, basado en cada una de las necesidades de los diferentes procesos. Se dio prioridad a los desperdicios con mayor incidencia en dichas actividades. Para la realización de esta propuesta, se presentarán de manera teórica, diferentes herramientas de Lean Manufacturing, así como otras herramientas de ingeniería industrial que permiten generar una reducción de desperdicios, así como también fomentar el crecimiento personal y profesional de las personas involucradas en los procesos de revalorización de residuos sólidos.

2.1.8. Análisis comparativo entre reciclaje y coprocesamiento

Para continuar con el desarrollo de este trabajo es necesario, una vez que se hayan realizado las propuestas de reducción de desperdicios mediante la técnica de análisis de contenido, realizar un análisis comparativo entre el reciclaje y el coprocesamiento. Este análisis pondrá en evidencia las diferencias que existen actualmente entre estas formas de revalorización de residuos en la



ciudad de Cuenca. Dentro del análisis comparativo, se reflejará el rédito económico, los gastos, el tiempo de valor agregado, el tiempo de no valor agregado y los desperdicios que se presentan en cada uno de los procesos estudiados. De esta manera, será posible identificar el proceso económico que, operativamente, genera menos valor.

2.1.9. Propuesta de modelo de revalorización de residuos sólidos

Una vez realizada la comparación entre reciclaje y coprocesamiento, se puede realizar la construcción de un modelo propuesto de revalorización de residuos sólidos, el cual, dentro de un solo modelo, incluye toda la gestión de residuos sólidos en la ciudad de Cuenca, iniciando con la prevención y terminando con la disposición dentro del relleno sanitario. Dicho modelo presentará la mejor forma de revalorizar los residuos sólidos contemplando tanto la parte económica como la ambiental. Cabe recalcar que, dentro de este modelo, se utilizará una escala de colores, la cual va desde la opción más amigable con el ambiente – la prevención (verde) – hasta la disposición final en el relleno sanitario – (rojo) –. De esta manera, al finalizar el modelo propuesto de revalorización de residuos sólidos se podrá culminar el estudio y concluir con este trabajo.

2.1.10. Materiales

Los materiales empleados en esta investigación son los siguientes:

- Cronómetro
- Hojas de registro
- Grabadora de audio y video
- Software Visio
- Excel

3. Resultados

3.1. Construcción de los VSM actuales

Se presentan, en primer lugar, los resultados obtenidos del VSM actual en el proceso de acopio y acondicionamiento de todos los materiales que se venden para el proceso de reciclaje. Estos materiales son heterogéneos, destacándose el papel, el cartón, los plásticos y el vidrio.

Dada la heterogeneidad de los materiales procesados, como segundo estudio se realizó el VSM para el caso del plástico exclusivamente, debido a las cantidades procesadas y a la ventaja



de precio y versatilidad de venta con respecto a los otros materiales. El plástico tiene la ventaja de ser susceptible de compactación manual y no requiere de mayor acondicionamiento para el almacenaje en espera de llegar a las cantidades establecidas como mínimas por parte de los compradores. El plástico se puede almacenar a la intemperie sin sufrir daños o cambios de sus propiedades, lo que no ocurre con el papel y cartón que, al ganar humedad a la intemperie, pierde el valor de comercialización. Finalmente, se presenta el resultado del mapeo de los materiales que son destinados a coprocesamiento por no tener posibilidad de revalorización para reciclaje debido a sus características. Las ilustraciones 11 y 12 presentan los VSM actuales para reciclaje de todos los materiales y reciclaje exclusivo de plástico dentro de la planta de reciclaje “El Chorro”; mientras que la ilustración 13 presenta el VSM actual para coprocesamiento dentro del Relleno Sanitario de Pichacay.

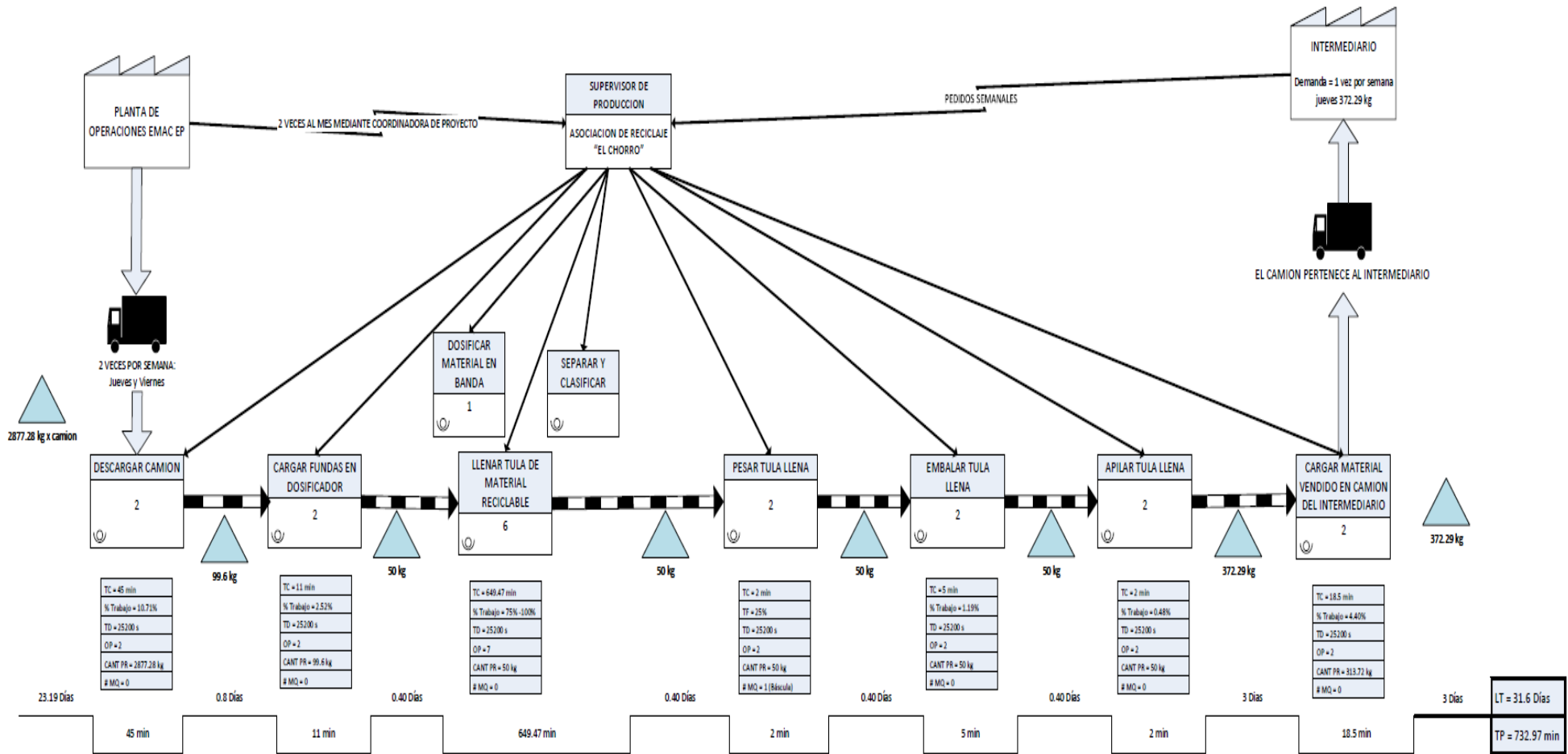


Ilustración 11. VSM (Actual) Reciclaje de todos los materiales Asociación El Chorro

Elaborador por: El autor

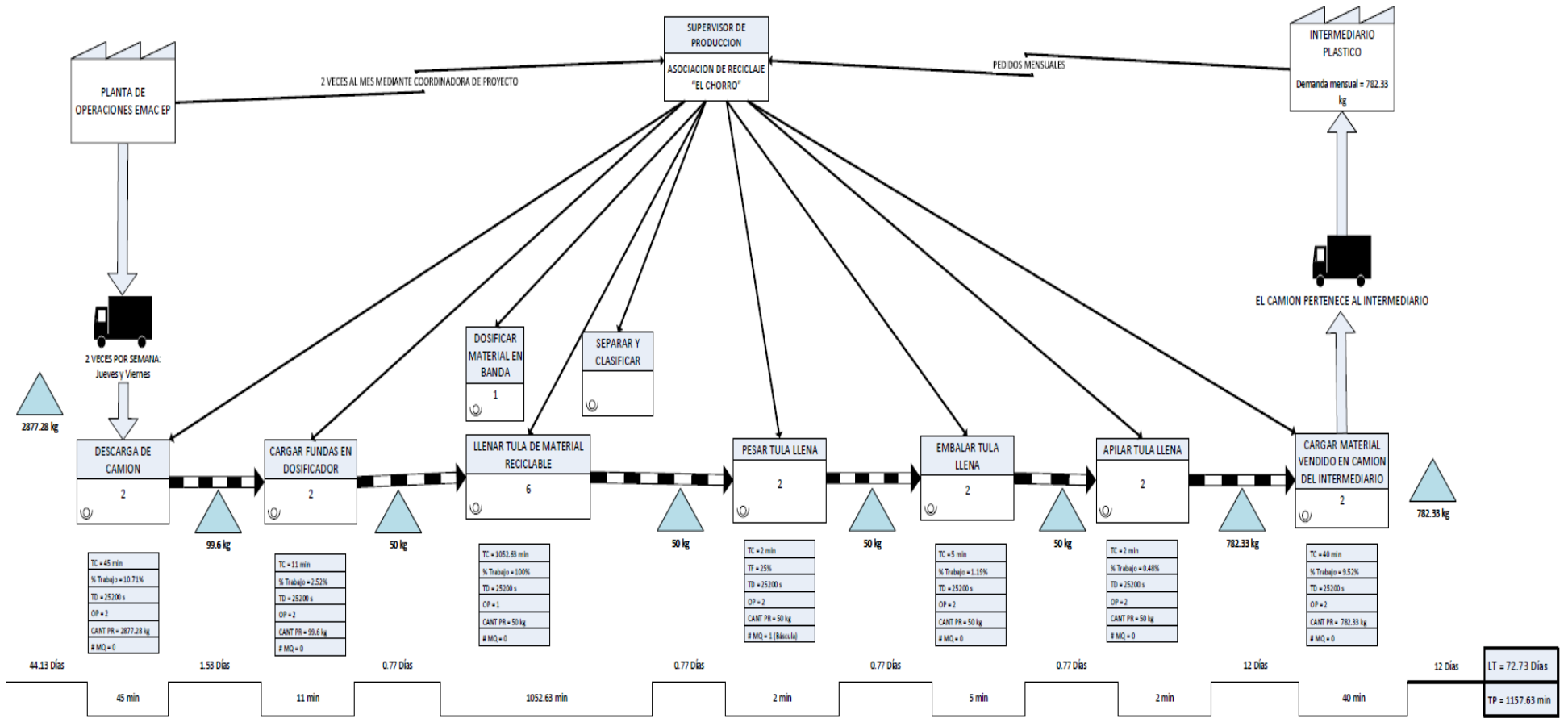


Ilustración 12. VSM (Actual) Reciclaje de plástico Asociación El Chorro

Elaborado por: El autor

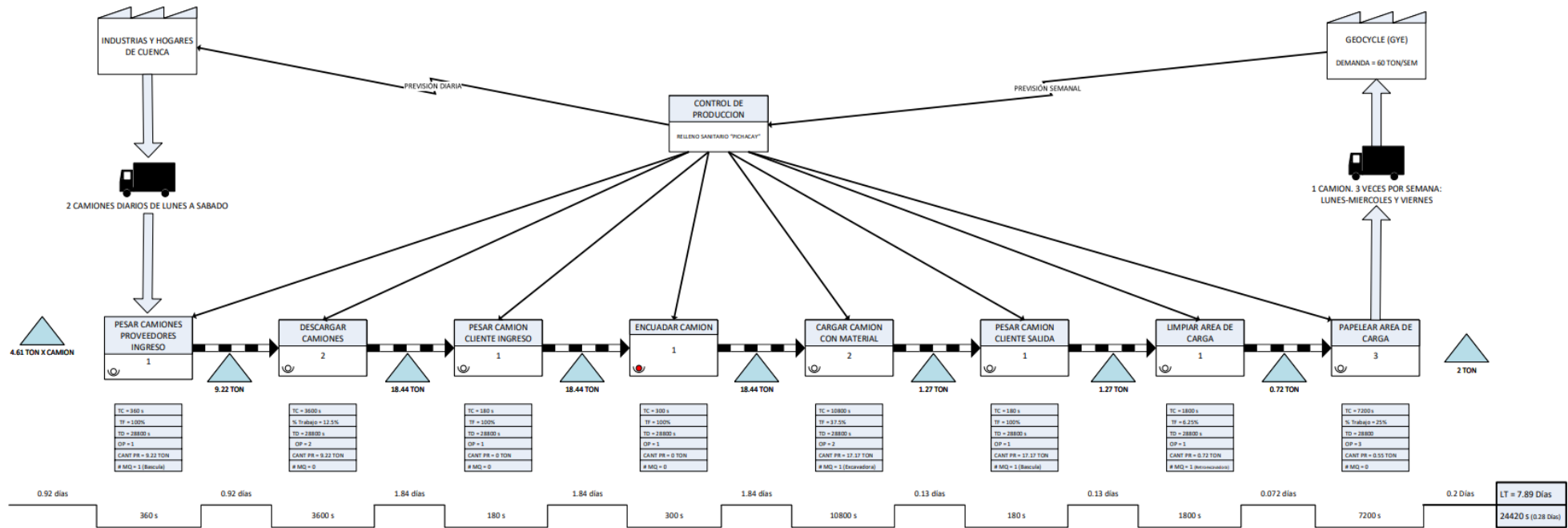


Ilustración 13. VSM (Actual) Coprocesamiento Relleno Sanitario Pichacay

Elaborado por: El autor



3.2. Identificación y análisis de desperdicios en los VSM

Para realizar la identificación y análisis de los desperdicios que se pueden observar en los VSM, se procedió a utilizar la técnica de observación, tanto de las actividades del curso normal de la planta, así como de la situación actual plasmada en los VSM. Aquello permitió identificar algunos desperdicios que se encuentran a simple vista. Así también, la recopilación de datos obtenidos, mediante las entrevistas realizadas a la presidenta de la asociación de reciclaje “El Chorro” como al técnico de coprocesamiento en el Relleno Sanitario de Pichacay, fueron de gran relevancia para el análisis de desperdicios, ya que dichas entrevistas se realizaron con preguntas abiertas, de manera que los entrevistados pudieron impartir su criterio, de una manera más amplia, sobre los procesos que manejan.

Adicionalmente, se realizó un diagnóstico del proceso actual. Esto se efectuó a través de un conjunto de preguntas referentes a 6 aspectos fundamentales del proceso: el producto, el propósito de la actividad, la mano de obra, el lugar, el momento y el proceso productivo (Anexo 3); proporcionando una tabla resumen en la que se indica la incidencia de cada uno de los 7 desperdicios o mudas de Lean Manufacturing, es decir, transporte, inventarios, movimientos, defectos, esperas, sobre procesamiento y sobreproducción, que existen dentro de las actividades del proceso de reciclaje y coprocesamiento.

Para determinar la incidencia de los diferentes desperdicios se utilizó una escala de valores y colores de acuerdo a la cantidad de actividades en las que se identifique un mismo desperdicio. Se valoró, de 0 a 25% de actividades, incidencia baja; de 25 a 50% incidencia media-baja; de 50 a 75% incidencia media-alta; de 75 a 100% incidencia alta. La escala de colores determinada es la siguiente: incidencia baja (verde), incidencia media-baja (amarillo), incidencia media-alta (naranja), incidencia alta (rojo). De esta manera, se podrá priorizar la implementación de mejoras para que sea posible mitigar la mayoría de los desperdicios encontrados en los diferentes procesos (Vilca & Viracocha, 2019). Las tablas 3 y 4 indican la identificación de desperdicios para reciclaje, de igual manera, la tabla 5 indica la identificación de desperdicios para coprocesamiento.



Tabla 3. Identificación de desperdicios reciclaje de todos los materiales

IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS RECICLAJE DE TODOS LOS MATERIALES			
DESPERDICIO	ACTIVIDAD	CAUSAS	INCIDENCIA
TRANSPORTE	Descargar camión, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, apilar tula llena	No existe orden y limpieza, medios de transporte en planta inadecuados	MEDIA BAJA
INVENTARIOS	Descargar camión, cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, pesar tula llena, embalar tula llena, apilar tula llena	No existe planificación, no existe orden y limpieza, ineficiencia de proveedores	ALTA
MOVIMIENTOS	Descargar camión, cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, pesar tula llena, embalar tula llena, apilar tula llena, cargar material vendido en camión del intermediario	No existe orden y limpieza, existencia de movimientos bruscos o innecesarios	ALTA
DEFECTOS	Separar y clasificar	El material llega sucio o en mal estado	BAJA
ESPERAS	Descargar camión, cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, pesar tula llena, embalar tula llena, apilar tula llena	No existe planificación, no existe orden ni limpieza, retraso en los procesos precedentes, operarios sin trabajar	ALTA
SOBREPROCESAMIENTO	Descargar camión, cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, pesar tula llena, embalar tula llena, apilar tula llena, cargar material vendido en camión del intermediario	No existe orden y limpieza, no existe procedimiento para realizar actividades, no existe disciplina del personal	ALTA
SOBREPRODUCCIÓN	Cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda	No existe planificación, no existe orden y limpieza	BAJA

Elaborado por: El autor



Tabla 4. Identificación de desperdicios reciclaje plástico

IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS RECICLAJE DE PLÁSTICO			
DESPERDICIO	ACTIVIDAD	CAUSAS	INCIDENCIA
TRANSPORTE	Descargar camión, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, apilar tula llena	No existe orden y limpieza, medios de transporte en planta inadecuados	MEDIA BAJA
INVENTARIOS	Descargar camión, cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, pesar tula llena, embalar tula llena, apilar tula llena	No existe planificación, no existe orden y limpieza, ineficiencia de proveedores, el material no llega en la cantidad necesaria	ALTA
MOVIMIENTOS	Descargar camión, cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, pesar tula llena, embalar tula llena, apilar tula llena, cargar material vendido en camión del intermediario	No existe orden y limpieza, existencia de movimientos bruscos o innecesarios	ALTA
DEFECTOS	Separar y clasificar	El material llega sucio o en mal estado	BAJA
ESPERAS	Descargar camión, cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, pesar tula llena, embalar tula llena, apilar tula llena	No existe planificación, no existe orden y limpieza, retraso en los procesos precedentes, operarios sin trabajar, el material no llega en la cantidad necesaria	ALTA
SOBREPROCESAMIENTO	Descargar camión, cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable, pesar tula llena, embalar tula llena, apilar tula llena, cargar material vendido en camión del intermediario	No existe orden y limpieza, no existe procedimiento para realizar actividades, no existe disciplina del personal	ALTA
SOBREPRODUCCIÓN	Cargar fundas en dosificador, dosificar material en banda, separar y clasificar, llenar tula de material reciclable	No existe planificación, no existe orden y limpieza, acumulación de producto frente a una o más operaciones	MEDIA BAJA

Elaborado por: El autor



Tabla 5. Identificación de desperdicios Coprocesamiento

IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS COPROCESAMIENTO			
DESPERDICIO	ACTIVIDAD	CAUSAS	INCIDENCIA
TRANSPORTE	Cargar camión con material, limpiar área de carga, papelear área de carga	Distancia entre estaciones de trabajo inadecuada	MEDIA BAJA
INVENTARIOS	Descargar camiones, cargar camión con material, limpiar área de carga	Espacio de almacenamiento insuficiente	MEDIA BAJA
MOVIMIENTOS	Descargar camiones, papelear área de carga	Existencia de movimientos bruscos o innecesarios	BAJA
DEFECTOS	Cargar camión con material, limpiar área de carga, papelear área de carga	El material está mojado	MEDIA BAJA
ESPERAS	Cargar camión con material, limpiar área de carga, papelear área de carga	Falta de planificación, retrasos en procesos precedentes	MEDIA BAJA
SOBREPROCESAMIENTO	Cargar camión con material, limpiar área de carga, papelear área de carga	Existen operaciones que se pueden agrupar o eliminar, no existe procedimiento para realizar las actividades	MEDIA BAJA
SOBREPRODUCCIÓN	Cargar camión con material	Falta de planificación	BAJA

Elaborado por: El autor



3.3. Construcción de los VSM con identificación de desperdicios

Una vez identificados los desperdicios y la incidencia de estos en las diferentes actividades de los procesos estudiados, se procedió a plasmar en el VSM la identificación de los desperdicios más frecuentes en las diferentes actividades de los procesos, utilizando el estallido Kaizen para identificar dichos desperdicios para, posteriormente, realizar la propuesta de reducción de desperdicios; siendo los de mayor incidencia prioritarios para su implementación. Las ilustraciones 14 y 15 presentan los VSM con identificación de desperdicios pertenecientes al reciclaje de todos los materiales y reciclaje de plástico dentro de la planta de la asociación “El Chorro”. Del mismo modo, la ilustración 16 presenta el VSM con identificación de desperdicios perteneciente al coprocesamiento dentro del Relleno Sanitario de Pichacay.

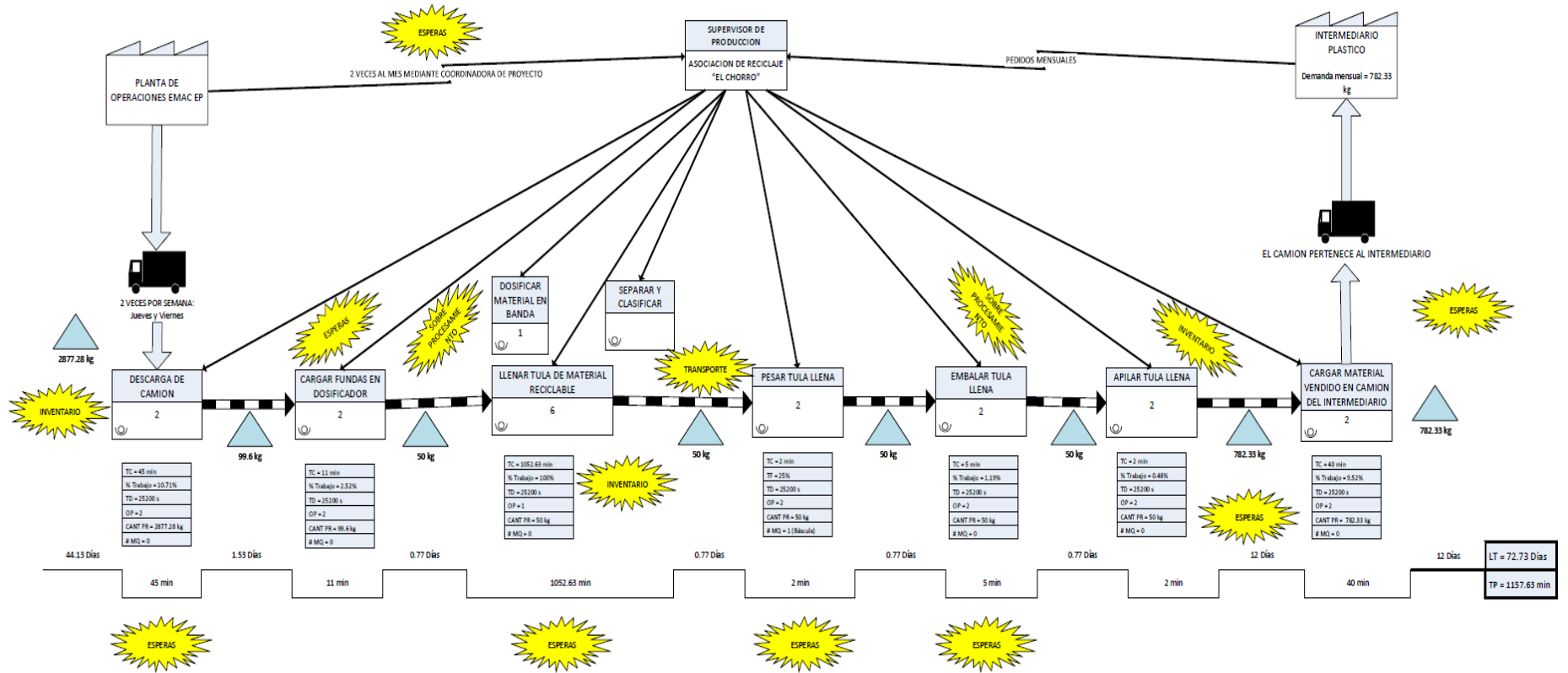


Ilustración 15. Identificación de desperdicios VSM Reciclaje de plástico Asociación El Chorro

Elaborado por: El autor

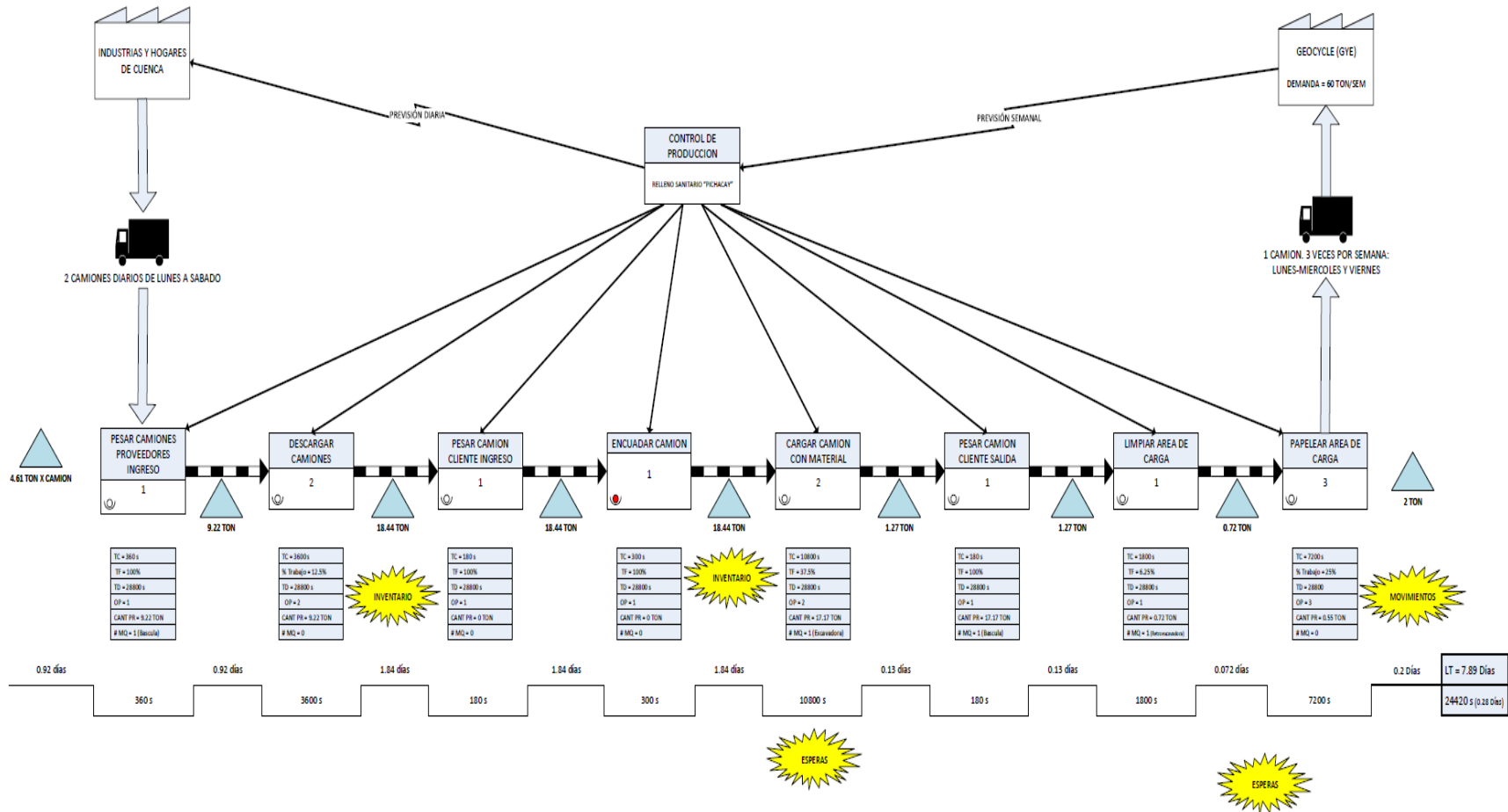


Ilustración 16. Identificación de desperdicios VSM Coprocesamiento Relleno Sanitario Pichacay

Elaborado por: El autor



3.4. Propuesta de reducción de desperdicios

Una vez identificados y plasmados los diferentes desperdicios en los VSM de reciclaje y coprocesamiento, se procedió a realizar una propuesta de reducción de desperdicios tanto para reciclaje como para coprocesamiento, para que, de esa manera, sea posible mitigar o eliminar permanentemente los desperdicios que se han encontrado en las actividades de dichos procesos. Para realizar dicha propuesta se tomó en cuenta el principio de Lean Manufacturing, el cual busca generar procesos esbeltos, es decir, procesos donde no se genere ningún desperdicio mediante la aplicación de ciertas herramientas, mismas que han permitido generar el mayor rendimiento tanto productivo como económico en las organizaciones.

Cabe recalcar que, debido a que el reciclaje de todos los materiales y reciclaje de plástico son llevados a cabo en la misma planta, se utilizan los mismos equipos, intervienen las mismas personas y la incidencia de los desperdicios en sus actividades es muy similar. Por este motivo, se determinó realizar una sola propuesta de reducción de desperdicios que contemple el reciclaje de todos los materiales y el reciclaje solamente de plástico. Por otra parte, se realizó una propuesta individual de reducción de desperdicios para coprocesamiento, ya que no presenta similitudes con el reciclaje en ningún aspecto.

3.4.1. Propuesta de reducción de desperdicios para reciclaje

Dada la identificación de desperdicios dentro del proceso de reciclaje en la planta “El Chorro”, es necesario centrar esta propuesta en los problemas que generan los desperdicios que son de mayor incidencia dentro de las actividades de dicho proceso. De esta manera, al proponer un plan o una herramienta de reducción de desperdicios, se estará atacando directamente a los problemas que generan uno o varios desperdicios. En el proceso de reciclaje se identificaron varios problemas comunes en las diferentes actividades, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Inexistencia de orden y limpieza dentro de la planta, lo cual produce transporte, inventarios, movimientos, esperas, sobre procesamiento y sobreproducción.
- Inexistencia de planeación y control, lo que produce inventarios, esperas, movimientos, sobreproducción.
- Existencia de movimientos bruscos o innecesarios, lo cual produce movimientos.
- Ineficiencia de proveedores; lo cual produce inventarios.



- Retrasos en procesos precedentes, lo cual produce esperas.
- Inexistencia de procedimientos para realizar actividades, lo que produce sobre procesamiento.
- Inexistencia de disciplina en el personal, lo cual produce sobre procesamiento.

Todas las causas anteriormente descritas generan algún tipo de desperdicio. Sin embargo, es necesario centrar esta propuesta de reducción en las 2 causas principales que generan desperdicios, debido a que estas causas abarcan los 7 desperdicios. De esta manera, si se logra mitigar o eliminar, de manera permanente, dichas causas, la generación de desperdicios se reducirá notablemente. Estas causas son la inexistencia de orden y limpieza y la inexistencia de planeación y control. En consecuencia, a continuación, se describirán herramientas que pueden ser utilizadas para reducir o eliminar las causas que generan la mayor cantidad de desperdicios.

- Orden y limpieza

Para reducir los desperdicios que se generan a causa de la falta de orden y limpieza en la planta “El Chorro”, es necesario implementar una sola herramienta de Lean Manufacturing conocida como metodología 5S o las 5S. Esta herramienta creada en Japón por la empresa Toyota, permite mejorar la organización de los espacios de trabajo dentro de las empresas, para que se consiga un mejor ambiente laboral, al mismo tiempo que se reduce desperdicios como movimientos, transportes, esperas, tiempos de búsqueda, sobre procesamiento y sobreproducción (Sivipaucar, 2020). Esta herramienta representa 5 palabras japonesas, las cuales definen la metodología a seguir, de manera que sea posible y exitosa la implementación de esta herramienta:

- Seiri (clasificar): es necesario separar y clasificar todo lo que está dentro de las instalaciones de la planta, es decir, separar lo necesario de lo innecesario, de manera que lo innecesario sea eliminado o retirado. Para realizar esta clasificación y separación se utilizan etiquetas rojas. Para etiquetar de manera correcta es necesario identificar los materiales, productos y maquinaria que se utiliza con frecuencia – por lo menos una vez al mes –, y los que no se utiliza – por lo menos una vez al mes –.
- Seiton (ordenar): a continuación de que se han separado y clasificado los objetos, es necesario ordenarlos y establecer un lugar en el que siempre se deberán colocar al final de la jornada. Para esto es posible utilizar plantillas señaladoras o contenedores.



- Seiso (limpiar): se procede a identificar y eliminar los focos de suciedad, generando metas de limpieza que eviten su reaparición. Para ello es necesario realizar una limpieza profunda de todas las instalaciones.
- Seiketsu (estandarizar): una vez realizadas las 3S anteriores, es necesario convertirlas en hábitos, de manera que el personal viva y practique una metodología 5S de manera cotidiana en sus actividades. Para esto resulta imperativo delegar responsabilidades al personal que se encuentra dentro de la planta, así como también es importante la implementación de auditorías internas y 5S visuales por parte del responsable de la planta.
- Shitsuke (disciplina): para terminar con la metodología 5S, es necesario que las personas que se encuentran dentro de la planta generen conciencia sobre el orden y limpieza, es decir, que se comprometan a una constante práctica y vivencia de las 4S anteriores.

Para una mejor implementación de las 5S dentro de la planta “El Chorro”, se realizó un cuadro de evaluación 5S, el cual, en base a los criterios anteriormente señalados, permite evaluar una serie de preguntas, de manera que se pueda medir si se está aplicando la metodología 5S. Este cuadro contiene preguntas sencillas de evaluación, con un criterio de 1 a 5, siendo 1 incumplimiento total y 5 cumplimiento total (Anexo 4). De igual manera, se realizó una tarjeta roja específica para la planta “El Chorro” para que sea posible iniciar la implementación de la primera “S” de las cinco antes mencionadas (Anexo 5).

- Planeación y control de actividades

Es necesario gestionar una correcta planificación y control de actividades dentro de la planta “El Chorro”, de manera que sea posible mejorar la productividad, reducir los cuellos de botella existentes, mejorar los tiempos de entrega de producto a los clientes, reducir inventarios innecesarios y, por consiguiente, incrementar el rédito económico que recibe la planta por objeto de las actividades que realiza. Para conseguir una mejor planeación y control de las actividades es necesario capacitar, de manera básica, al equipo de trabajo respecto a la utilización de la herramienta Excel dentro de la planta “El Chorro”, de manera que los trabajadores puedan utilizar dichas herramientas y recursos. A continuación, se detallan las mismas, puesto que estas son



necesarias para mitigar los desperdicios que existen dentro de la planta por falta de planificación y control de actividades y recursos.

El diagrama de Gantt es una herramienta utilizada para la planificación de tareas durante un periodo de tiempo determinado. Con esta herramienta es posible realizar un seguimiento a las actividades, observar su progreso y su respectiva secuencia, adicionalmente, permite una identificación sencilla de la actividad cuello de botella en el proceso. Es una herramienta de utilidad, ya que con ella se puede generar una comunicación con todo el equipo de trabajo, con la ventaja de que puede actualizarse constantemente a medida que se producen cambios (OBS Business School, 2021).

Esta herramienta, desarrollada por Laurance Gantt, se representa con un gráfico de barras horizontales que están ordenadas por actividades a realizarse en lapsos de tiempo definidos. Este diagrama dispone de un eje vertical donde se colocan las tareas o actividades a realizar y en el eje horizontal se colocan los tiempos de duración de estas tareas que, dependiendo del tipo de actividad, se colocará el periodo de tiempo, es decir, días, semanas, meses, años, luego se colocarán los bloques rectangulares que representan el avance de la actividad y con cuánto tiempo se dispone para terminar la misma antes de pasar a la siguiente tarea o actividad (OBS Business School, 2021).

Aunque resulta posible elaborar un diagrama de Gantt a mano, en la actualidad, gracias a la tecnología, se puede realizar este diagrama utilizando programas como Excel u otros programas automatizados para gestión de proyectos. A continuación, se detallan los pasos a seguir para elaborar un diagrama de Gantt de manera correcta.

- Enlistar todas las actividades que forman parte del proceso, de manera que se pueda tener una visión clara del inicio y del fin de las actividades a realizar, así como también los tiempos precisos de inicio y fin de sus actividades.
- Diseñar un diagrama esquemático que represente lo más importante, ya que las personas implicadas en el desarrollo de dichas actividades consultarán el diagrama con frecuencia.
- Gracias al diagrama de Gantt, la persona encargada de supervisar el cumplimiento de las actividades podrá mantener una monitorización del progreso de las actividades de



una manera más sencilla y, de esta manera, podrá gestionar de mejor forma sus recursos en caso de presentarse un cambio no planeado o deseado.

- Es una herramienta que presenta sencillez, facilidad de utilización y bajo costo de implementación, por lo cual es altamente recomendable para entornos como el de la planta “El Chorro”.

Seguidamente, se procedió a realizar un diagrama de Gantt de la planta “El Chorro” (Anexo 6). Este diagrama simula las tareas a realizarse, el tiempo de inicio y el tiempo de fin de cada una de estas tareas. Cabe recalcar que, este diagrama no es el definitivo debido a la facilidad con la que puede realizarse cualquier modificación al proceso o actividad. Sin embargo, sirve como guía para que las personas que trabajan dentro de esta planta puedan planificar, controlar y organizar sus actividades de trabajo diario. Adicionalmente, se realizaron tres plantillas, de manera que dentro de la planta “El Chorro” sea posible tener una mejor planeación y control de actividades y recursos. Estas plantillas se utilizarán de la siguiente manera:

La primera plantilla comprende la evolución de los precios de materiales reciclables en el tiempo. En esta plantilla el personal de la planta podrá anotar el precio del mercado al que se encuentra un material en un determinado mes, de esta manera será posible determinar si es conveniente utilizar recursos en un material o si es más conveniente dejar pasar ese material y centrar esfuerzos y recursos en otro u otros materiales que al momento tengan un precio de mercado más elevado (Anexo 7). La segunda y tercera plantilla comprenden un resumen de cantidades recolectadas, entregadas y la ganancia obtenida de dichas cantidades concedidas a los intermediarios, quienes son los clientes de la planta “El Chorro”. La segunda plantilla hace referencia a datos mensuales, en esta se toman datos de cada semana en un determinado mes (Anexo 8). De igual manera, la tercera plantilla comprende los mismos datos de forma anual, es decir, reúne los datos de cada uno de los meses. Los datos de cada mes deben ser el total mensual de la segunda plantilla (Anexo 9).

La aplicación de la metodología 5S dentro de la planta “El Chorro” ayudará a generar conciencia y disciplina en el personal que trabaja en dicha planta. Al generar disciplina, la práctica de las 5S se volverá un hábito diario de trabajo y no una obligación que se debe cumplir cada cierto tiempo. Así también, estandarizar esta metodología ayudará a proveedores, trabajadores y clientes a trabajar de manera más eficiente y ordenada. De igual manera, una correcta planeación y control



de actividades y recursos permitirá a las personas que trabajan en la planta gestionar de mejor manera sus actividades diarias, balancear su carga de trabajo y centrar sus esfuerzos de acuerdo al precio del mercado de los materiales reciclables, así como también generar reportes del estado actual de producción y venta, para así seguir realizando mejoras a sus procesos. De esta forma, los desperdicios se reducen notablemente dado que la mayoría de estos se presentaban por falta de orden, limpieza, planeación y control de actividades.

3.4.2. Propuesta de reducción de desperdicios para coprocesamiento

Después de identificar las partes del proceso donde se generan desperdicios y de analizar la tabla resumen, se puede afirmar que, de acuerdo a la baja incidencia de los desperdicios, se evidencia que el coprocesamiento no requiere de una intervención inmediata en su proceso para reducir desperdicios. No obstante, se hace necesaria una futura mejora del área de almacenamiento de material, ya que esta fue creada provisionalmente en mayo de 2019.

Adicionalmente, es necesaria la implementación de un nuevo método para supervisar la carga de material en el camión que va hacia la ciudad de Guayaquil, ya que tener a un operario en la parte superior del balde del camión, supervisando y dirigiendo al operador de la excavadora, representa un riesgo elevado a la vida de este operador. Este riesgo se puede eliminar colocando una cámara de video en la parte superior de la zona de carga, esta cámara será monitoreada en tiempo real por la misma persona que lo hace de manera física actualmente. De igual manera, se puede realizar la adquisición de un dron para realizar esta actividad, ya que al ser éste móvil puede utilizar más actividades, dada la gran extensión del Relleno Sanitario.

Por otra parte, es necesario pensar en abordar una posible mejora en el aspecto económico, ya que la empresa encargada del acopio y la entrega de material coprocesable no recibe ningún tipo de rédito económico por la ejecución de este proceso, mientras que la empresa que recibe este material genera combustible para sus hornos, los cuales producen cemento que, posteriormente, es vendido. En tal razón, la empresa que realiza el acopio y entrega de material debe centrar su esfuerzo en proponer un tipo de cambio para conseguir alguna ventaja al entregar material coprocesable.



3.5. Análisis comparativo entre reciclaje y coprocesamiento

Una vez que se realizó la propuesta de reducción de desperdicios, se elaboró el análisis comparativo entre reciclaje y coprocesamiento, el cual tiene como finalidad identificar, por una parte, si se logra agregar un mayor valor al material y, por otro lado, si se reduce en mayor cantidad el desperdicio al momento de tratar todos los residuos en conjunto o tratar un sólo residuo. También es un objetivo a alcanzar el identificar qué forma de revalorización de residuos sólidos logra agregar un mayor tiempo de actividades que generen valor al producto. Además, se pretende evidenciar si se reduce, en mayor cantidad, el desperdicio al momento de reciclar o coprocesar. Finalmente, se analizará, en términos económicos, qué actividad de revalorización es más rentable y viable de realizar.

Para realizar este análisis, se presentan a continuación las tablas 6-9 que detallan el análisis comparativo realizado en cuanto a desperdicios, tiempos y costos.

Tabla 6. Comparación de desperdicios reciclaje vs. coprocesamiento

COMPARACIÓN DE DESPERDICIOS RECICLAJE VS. COPROCESAMIENTO				
DESPERDICIO		TRATAMIENTO DE RESIDUOS		
		RECICLAJE TODOS LOS MATERIALES	RECICLAJE PLÁSTICO	COPROCESAMIENTO
1	TRANSPORTE	MEDIA BAJA	MEDIA BAJA	MEDIA BAJA
2	INVENTARIOS	ALTA	ALTA	MEDIA BAJA
3	MOVIMIENTOS	ALTA	ALTA	BAJA
4	DEFECTOS	BAJA	BAJA	MEDIA BAJA
5	ESPERAS	ALTA	ALTA	MEDIA BAJA
6	SOBREPROCESAMIENTO	ALTA	ALTA	MEDIA BAJA
7	SOBREPRODUCCIÓN	BAJA	MEDIA BAJA	BAJA

Elaborado por: El autor



Tabla 7. Comparación de tiempos de valor y tiempos de no valor agregado de reciclaje vs. coprocesamiento

COMPARACIÓN TIEMPOS DE VALOR Y TIEMPO DE NO VALOR AGREGADO RECICLAJE VS. COPROCESAMIENTO			
TIEMPO	TRATAMIENTO DE RESIDUOS		
	RECICLAJE TODOS LOS MATERIALES	RECICLAJE PLÁSTICO	COPROCESAMIENTO
TIEMPO DE VALOR (min)	732, 97	1157,63	407
TIEMPO DE NO VALOR AGRAGADO (días)	31,6	72,74	7,89

Elaborado por: El autor

Tabla 8. Costos de coprocesamiento

COSTOS COPROCESAMIENTO		
RUBRO	CANTIDAD	OBSERVACIONES
TRANSPORTE A GEOCYCLE	\$7.540,00	Empresa paga la cantidad mensual de transporte de material a Geocycle en Guayaquil
MANO DE OBRA	\$4.200,00	Costo de 7 operarios
EXCAVADORA	\$8.832,00	La excavadora y retroexcavadora son subcontratadas. En el costo se incluyen los operarios de las máquinas y reposición por mantenimiento o averías
RETROEXCAVADORA	\$4.800,00	

Elaborado por: El autor



Tabla 9. Costos de reciclaje de todos los materiales vs reciclaje de plástico

COSTOS RECICLAJE TODOS LOS MATERIALES VS. RECICLAJE PLÁSTICO			
RUBRO	TIPO DE RECICLAJE		OBSERVACIONES
	TODOS LOS MATERIALES	PLÁSTICO	
ENERGÍA ELÉCTRICA	\$44,40	\$44,40	Costo fijo asume asociación
AGUA	\$33,33	\$33,33	Paga Junta Parroquial
MANO DE OBRA	\$ -	\$ -	No tienen sueldo fijo, se dividen la cantidad vendida entre las personas de la asociación y los días trabajados
VENTAS	\$540,95	\$540,90	La venta de \$540,95 incluye la venta de plástico

Elaborado por: El autor

3.6. Propuesta de modelo de revalorización de residuos

Al momento de analizar los desperdicios y los costos en los que se incurren dentro del reciclaje y coprocesamiento se concluye que es posible proponer un modelo de revalorización de residuos sólidos dentro de la planta de reciclaje “El Chorro” y el Relleno Sanitario de Pichacay, puesto que así se recupera plástico, papel y cartón. El plástico es lo que mayor rédito económico genera, mientras que, debido al cuidado y protección ambiental, el papel y el cartón son materiales que deben ser recuperados y reciclados. De esta manera, los operadores de la planta podrán centrar sus actividades en estos 3 materiales, mientras que el resto de residuos se destinarán a coprocesamiento, pudiendo así cumplir con la demanda requerida por la empresa receptora de material o podrán realizar un convenio con otras empresas que realicen coprocesamiento para empezar a proveerles de material coprocesable. Adicionalmente, dentro de esta propuesta de modelo de revalorización de residuos, se colocaron las herramientas y acciones a realizar, de manera que puedan mitigarse o erradicarse los desperdicios en los procesos estudiados, para que se obtenga el mayor valor de los residuos, ya sea este económico o ambiental.

Cabe recalcar que, al momento de realizar esta propuesta de modelo, se procedió a tomar en cuenta una escala de colores basada en el tema medioambiental; donde el verde representa la opción más amigable con el medioambiente, así como también representa la opción donde el



residuo es capaz de generar su mayor valor; el color amarillo representa la opción con potencial revalorización de residuos; el color naranja representa la opción con potencial recuperación energética; mientras que el rojo representa la peor opción con el medioambiente ya que no existe ningún tipo de revalorización. A continuación, la Ilustración 17 presenta la propuesta de modelo de revalorización de residuos sólidos en base al reciclaje y coprocesamiento.

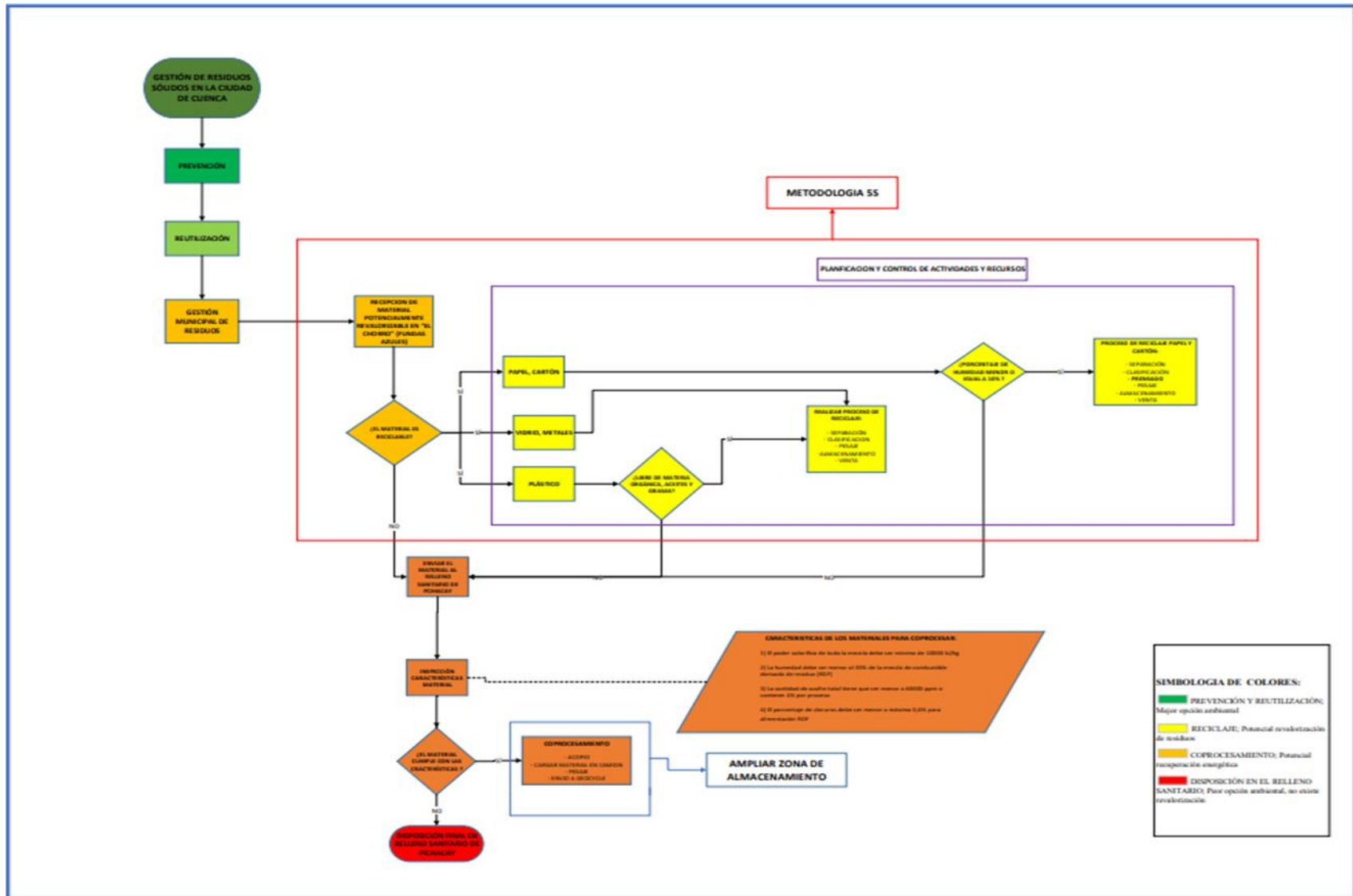


Ilustración 17. Propuesta de modelo de revalorización de residuos sólidos

Elaborado por: El autor.



4. Discusión

Después de haber realizado las diferentes comparativas entre el reciclaje de todos los materiales, reciclaje de plástico y el coprocesamiento – como se puede observar en las tablas 6 y 7 –, se determina que la opción de coprocesar los residuos genera menos desperdicio que el reciclaje en términos de actividades y tiempos de valor no agregado; lo que deriva en un menor consumo de recursos. Esto se explica debido a que el proceso de coprocesamiento cuenta con una planificación de actividades y recursos, así como también con un correcto orden y limpieza de las instalaciones. Se comprueba entonces como lo indican Loayza y Quispe (2020), que a través de un análisis de situación actual mediante la aplicación de la herramienta VSM y la metodología 5S, que es posible mejorar la productividad de una empresa generando una cultura de orden y limpieza.

Con respecto a la formación y capacitación del personal, se evidencia que los técnicos encargados del área de coprocesamiento, dentro del Relleno Sanitario, cuentan con una preparación académica avanzada – estudios universitarios –, lo que les permite administrar de mejor manera dicha forma de revalorización de residuos sólidos. Esta situación no es similar dentro de la planta “El Chorro”, ya que el personal no posee una preparación académica básica, lo que es evidente al mirar que la mayoría de desperdicios se generan por no tener orden y limpieza y una planificación de actividades y recursos adecuada. De esta manera, si el personal de la planta “El Chorro” dispusiera de personal capacitado y concientizado de las ventajas que brinda el orden y limpieza en los procesos, los desperdicios se minimizarían y sería más sencillo aplicar cualquier tipo de mejora, así como también facilitaría la relación entre intermediarios y la planta, mejorando el rendimiento económico que se obtiene a través de la venta de materiales.

En contra partida, el proceso de coprocesamiento en la ciudad de Cuenca se encuentra dentro de una empresa sin fines de lucro, por lo tanto, no recibe ningún monto por concepto del material que envía a la empresa gestora en la ciudad de Guayaquil. Esto significa que la empresa proveedora de material coprocesable incurre en gastos de personal, alquiler de maquinaria y subsidio de una parte del transporte, con un monto anual de \$90.480,00. Esta realidad no refleja lo que Vargas (2014) indica en lo referente a la posibilidad de generar dinero a través de la recuperación energética, es decir, a través de coprocesamiento. En su estudio, este autor indica que los costos en los que incurre esta actividad y la cantidad de material coprocesable que se debe



vender mensualmente deben alcanzar el punto de equilibrio para obtener una rentabilidad económica, a la par de contribuir con el medio ambiente y la gestión de residuos sólidos.

En cuanto al reciclaje, en la planta “El Chorro”, las personas que trabajan dentro de la planta no reciben una remuneración fija mensual, por lo que sus ingresos dependen de cuanto material recolecten, cuanto material vendan y en qué precio lo hagan, ya que, de esa cantidad, se destina un porcentaje al pago de servicios básicos de las instalaciones, para lo demás ser dividido de acuerdo a la cantidad de personas y horas trabajadas por cada uno durante el mes. Sin embargo, los gastos son significativamente menores a los de coprocesamiento y cómo puede observarse en la tabla 9, referente a los costos de reciclaje, resulta evidente que la venta de plástico es lo que genera mayor rentabilidad para la planta “El Chorro”, ya que, sólo de esta venta, se obtuvieron ganancias por \$456.90 en el mes de diciembre de 2020; mientras que las ventas del resto de materiales generaron ganancias por \$84.05 durante el mismo mes. De esta manera, se determina que el reciclaje de plástico es la opción económicamente más viable para la asociación, sin embargo, si lo que se desea es extender la vida del relleno sanitario de Pichacay la opción más viable sigue siendo el coprocesamiento.

La literatura reporta pocos estudios que utilicen la herramienta Value Stream Mapping (VSM) de Lean Manufacturing para resolver una problemática ambiental en cuanto al manejo de residuos urbanos. Esta herramienta tiene el potencial de determinar la forma de revalorización de residuos sólidos que resulta más conveniente, así como proponer modelos híbridos que pueda combinar dos o más formas de revalorización de residuos urbanos. No obstante, existen estudios que, mediante mapas de procesos e indicadores cualitativos y cuantitativos analizan la situación actual de la gestión de residuos sólidos – en La Paz (Bolivia) – y proponen un flujo de residuos sólidos urbanos con alternativas de inclusión a recolectores informales para mejorar dicha gestión de residuos sólidos, aumentar el porcentaje de reciclaje y generar una rentabilidad económica de dicha actividad (Ferronato, et al., 2018).

Otro estudio, el de Oldenhage (2016) propone un plan de mejora basado en un análisis de impacto ambiental mediante la matriz de Leopold, diagrama de Ishikawa y análisis de efecto y fallos (AMEF). Dicho plan de mejora implica identificar los problemas, priorizarlos y, posteriormente, realizar capacitaciones tanto al personal que realiza las labores de recoger los residuos sólidos, así como también a la ciudadanía. Con estas capacitaciones es posible obtener



una mejor separación de residuos en la fuente y aumentar la eficiencia del servicio de recogida de residuos sólidos en el distrito. Estos estudios afirman que es posible mejorar el sistema de gestión de residuos sólidos urbanos utilizando diferentes herramientas, según sea la necesidad que se quiere resolver, por lo tanto, es posible decir que todas las fases y actividades realizadas, para llegar a la propuesta del modelo de revalorización de residuos, fueron utilizadas de forma inédita para abordar y tratar de solucionar el problema que tiene la ciudad de Cuenca con el manejo y la disposición de residuos sólidos que llegan al Relleno Sanitario de Pichacay.

Para finalizar, la propuesta de modelo abarca toda la gestión de residuos sólidos, empezando por la prevención, lo que significa prácticamente no generar residuos, hasta llegar a la disposición final en el Relleno Sanitario que, por mucho, es la opción menos viable ambientalmente. Sin embargo, esta propuesta de modelo comprende una fusión entre reciclaje y coprocesamiento, de manera que, entre la gestión de residuos sólidos y mediante las herramientas utilizadas, sea posible determinar el mejor escenario para los materiales con potencial de reciclaje y coprocesamiento. Al realizar una analogía de la importancia de los proveedores en un sistema de producción, en el caso estudiado, la “proveedora” de materia prima es la ciudadanía, por lo que, la calidad de los materiales que lleguen a la planta “El Chorro” dependerá directamente de la cultura y educación ambiental del proveedor.

La implementación de este modelo contempla la realización de mejoras en el proceso de reciclaje, ya que en este se encontraron la mayor cantidad de desperdicios. La implementación de una metodología 5S y una planificación de actividades y recursos reducirá, significativamente, los desperdicios generados, al mismo tiempo que aumentará valor en el proceso. El aumento de valor y disminución de desperdicios generarán mayor eficiencia y rendimiento económico para la planta. El modelo muestra la posibilidad de mejorar la gestión de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Cuenca, ya que se puede generar una secuencia para que el material idóneo llegue a la planta “El Chorro” para, posteriormente, enviar todo residuo, con potencial de coprocesamiento, al área destinada para este fin dentro del Relleno Sanitario. De modo que, con el material que llega de “El Chorro” se pueda completar la cantidad y cumplir con la demanda del cliente en la ciudad de Guayaquil, y así prolongar la vida útil del Relleno Sanitario de Pichacay. De esta forma, termina el estudio y se plantean las siguientes conclusiones.



5. Conclusiones

Una vez identificados los principales desperdicios y analizadas las necesidades de mejora que se obtuvieron, al realizar el VSM del estado actual del proceso de reciclaje y coprocesamiento, se concluye que:

- El modelo de revalorización de residuos sólidos permite generar una gestión más eficiente de los residuos dentro de la ciudad de Cuenca, debido a que indica la ruta más viable a seguir, formando así un modelo que combina el reciclaje y coprocesamiento sin perder el valor económico, social y ambiental que se puede generar dentro de las formas de revalorización de residuos antes mencionadas. La opción más viable siempre será la prevención, es decir, no generar residuos, mientras que la opción menos viable siempre será la disposición final en el Relleno Sanitario. La implementación de este modelo permitirá generar nuevas brechas de estudios e investigaciones con el fin de que la vida útil del Relleno Sanitario de Pichancay se extienda para, al mismo tiempo, mejorar la eficiencia y rédito económico de las plantas y centros de acopio de las distintas formas de revalorización de residuos sólidos existentes.
- El material que llega a la planta de reciclaje “El Chorro” se encuentra contaminado por restos de basura orgánica y diferentes sustancias, las cuales contribuyen para que el material pierda el potencial de reciclaje. Debido a esta contaminación de materiales, la cantidad de material aprovechable no satisface la demanda de los clientes de la planta. Dentro del proceso de reciclaje se observan varias falencias debido a la falta de disciplina, planificación, orden y limpieza que presenta el personal que trabaja en la planta, ya que incumplen horarios de trabajo, no realizan actividades asignadas, no ordenan su lugar de trabajo, generando así retrasos y desperdicios dentro del proceso. Mediante la implementación de la metodología 5S, la planificación y el control de actividades y recursos se podrá generar una cultura organizacional dentro de la planta “El Chorro”. Por otra parte, el coprocesamiento está manejado de una forma adecuada por los técnicos del Relleno Sanitario de Pichacay, quienes, a pesar de contar con una improvisada y provisional zona de almacenamiento para el material coprocesable, han



podido generar una estandarización dentro de su proceso y adaptarlo a las demás actividades diarias que se realizan en el Relleno Sanitario de Pichacay.

- El mapeo de la situación actual refleja que el coprocesamiento, dentro de las formas de revalorización de residuos sólidos estudiadas, es la que genera menor cantidad de desperdicios, así como tampoco requiere de una intervención de mejora o de reducción de desperdicios inmediata. Sin embargo, al incinerar el material se incurre en un alto costo ambiental debido a la generación de emisiones hacia el aire y la atmósfera. Por otro lado, al realizar el mapeo de flujo de valor del proceso de reciclaje, se puede evidenciar que no genera ningún costo ambiental. No obstante, se puede observar que la planta “El Chorro” no se encuentra trabajando a su máxima capacidad, lo que ha llevado a generar grandes desperdicios. El mapeo de flujo de valor permitió identificar las mayores falencias del proceso de reciclaje para trabajar y proponer un plan de reducción de desperdicios, de manera que el trabajo dentro de la planta se maximice.
- Dentro de las formas de revalorización de residuos sólidos estudiadas, el reciclaje es la forma de revalorización de residuos menos costosa de implementar, a pesar de que se obtiene un rédito económico mayor por la venta de plástico. Esta forma de revalorización genera desperdicios de manera excesiva a lo largo de todo su proceso, por otra parte, el coprocesamiento es la alternativa más costosa debido a que la mano de obra, el alquiler de la maquinaria y el subsidio del transporte del material representan un rubro elevado para la empresa. Si bien es cierto, el coprocesamiento es una mejor alternativa, en cuanto a generación de desperdicios, sin embargo, es fundamental tomar en cuenta que representa un costo ambiental debido a la generación de posibles emisiones al aire que podrían liberarse en procesos de incineración no controlados. Por tal motivo, resulta posible utilizar las dos formas de revalorización de residuos de manera conjunta. Debido a la preocupación medioambiental y económica, se debería reciclar únicamente plástico, vidrio y cartón dentro de la planta “El Chorro”, para posteriormente enviar todo el material restante, con potencial de coprocesamiento, al Relleno Sanitario de Pichacay para que, a su vez, pueda ser enviado a las plantas de



coprocesamiento fuera de la ciudad de Cuenca. No obstante, si la única finalidad es prolongar la vida útil del relleno sanitario de Pichacay, el coprocesamiento seguirá siendo la opción más viable.

6. Recomendaciones

Luego de haber mencionado las conclusiones, se pueden plantear las siguientes recomendaciones:

- Realizar una campaña de concientización a la ciudadanía, para que se generen los residuos sólidos de forma adecuada, de modo que la empresa proveedora entregue mayor cantidad de material aprovechable a la planta de reciclaje “El Chorro”.
- Controlar constantemente las actividades dentro de la planta “El Chorro”, a fin de poder implementar las propuestas de reducción de desperdicios sugeridas y mejorar el rendimiento de la planta y los operarios de la misma. Es de vital importancia asegurar el cumplimiento permanente de la metodología 5S para ver reflejadas dichas mejoras.
- Se recomienda que la empresa proveedora de material reciclable cambie su razón social, en un futuro, para estudiar la posibilidad de generar ingresos por la venta del material para coprocesado.



BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, C. (diciembre de 2013). *Reciclaje y su aporte en la educación ambiental*. Quetzaltenango: Universidad Rafael Landívar. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/05/09/Alvarez-Carina.pdf>
- Álvarez-Gayou, J. L., y, C. y., Maldonado, G., Trejo, C., Olgín, A., & Pérez, M. (2018). La investigación cualitativa. *Revista y boletín científico*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n3/e2.html>. DOI: <https://doi.org/10.29057/xikua.v2i3.1224>
- Asamany, E. (2017). *Waste-derived fuels for co-processing in rotary cement kilns*. Dalhousie University.
- Banco Mundial. (Septiembre de 2018). *Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70% para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Bourguignon, D. (2016). *Valorisation énergétique des déchets: opportunités et défis*.
- Carvalho, A., & Pessoa de Gil-Perez, D. (2011). *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. Brasil.
- Chocho, J. (2017). *Caracterización y aprovechamiento de los residuos sólidos del centro comercial Milenium Plaza en la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad del Azuay. Recuperado el Agosto de 2020, de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7540/1/13422.pdf>
- Cisneros, J. (9 de Diciembre de 2019). *Qué es la logística inversa*. Obtenido de <https://www.datadec.es/blog/que-es-la-logistica-inversa>
- CNN Español. (27 de Julio de 2016). *La industria del reciclaje en Ecuador: innovación y oportunidad*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://cnnespanol.cnn.com/2016/07/27/la-industria-del-reciclaje-en-ecuador-entre-la-innovacion-y-la-oportunidad/>
- Concejo Nacional de Competencias. (Julio de 2019). Recuperado el Agosto de 2020, de <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2019/07/Manejo-desechos-solidos.pdf>
- Coprocesamiento.org. (2018). *¿Qué es el coprocesamiento? Una tecnología que utiliza la energía y los minerales de los residuos*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://coprocesamiento.org/coprocesamiento-es-una-buena-opcion/>



- Crespo, E. (2015). *Sistema con Logística de Retorno: aplicación al caso de contenedores retornables*. Recuperado el Julio de 2020, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4152/fichero/PFC%252FCap%C3%ADtulo+2.pdf>
- Dekker, R., Fleischmann, M., & Wassenhove, L. (2013). *Reverse Logistics: Quantitative models for closed-loop supply chains*. Berlín: Springer Science & Business Media.
- EasyEcoTips. (2019). *Biocombustible vs. Combustible fósil*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://easyecotips.com/biocombustible-vs-combustible-fosil/>
- Ekos. (18 de Marzo de 2016). *Ecuador y el reciclaje inclusivo*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador-y-el-reciclaje-inclusivo>
- El Economista. (12 de Junio de 2019). *Holcim promueve el coprocesamiento en el tratamiento de desechos*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.economista.net/economia/Holcim-promueve-el-coprocesamiento-en-el-tratamiento-de-desechos-20190612-0007.html>
- El Universo. (31 de Julio de 2016). *Reciclaje, una actividad que da sustento a 20 mil familias en Ecuador*. *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/vida-estilo/2016/07/31/nota/5716860/reciclaje-actividad-que-da-sustento-20-mil-familias>
- EMAC EP. (2016). Recuperado el Junio de 2020, de http://emac.gob.ec/sites/default/files/RENDICION%20DE%20CUENTAS%20EMAC%20EP%202016_0.pdf
- EMAC EP. (2020). Recuperado el Junio de 2020, de <https://www.emac.gob.ec/>
- Hasanbeigi, A., Lu, H., Williams, C., & Price, L. (1 de Julio de 2012). *International Best Practices for Pre-Processing and Co-Processing Municipal Solid Waste and Sewage Sludge in the Cement Industry*. Obtenido de <https://www.osti.gov/biblio/1213537>
- Hernández, S., & González, R. (2017). Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. *Revista de tecnología*, 15(1), 57-76. Recuperado el 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6041529.pdf>
- INEC. (Diciembre de 2017). *Módulo de información ambiental en hogares*. Recuperado el 2020, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Presentacion%20Residuos%20Solidos%202016%20F.pdf
- INEC. (2015). *Estadística de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales*. Recuperado el Agosto de 2020, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/Documento%20Tecnico%20GIRS%202015.pdf



- Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo. (Abril de 2016). *Reciclaje inclusivo y recicladores de base en el Ecuador*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://reciclajeinclusivo.org/wp-content/uploads/2016/04/Reciclaje-Inclusivo-y-Recicladores-de-base-en-EC.pdf>
- INTI. (2016). *El valor de los residuos. Distintos modos de reducir, reutilizar, reciclar y revalorizar residuos industriales*. Recuperado el Octubre de 2020, de <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/17>
- Ferronato, N., Gorritty, M., Guisbert, E., Torretta, V., Bezzi, M., & Regazzi, M. (2018). The municipal solid waste management of La Paz (Bolivia): Challenges and opportunities for a sustainable development. *Waste Management & Research*, 36(3), 288-299.
- Jambou, M. (2015). *Valorisation des déchets inertes du BTP, suivant le principe d'écologie industrielle et territoriale*. Université de Sherbrooke.
- Lean Solutions. (Marzo de 2019). *VSM, Value Stream Mapping*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/vsm-value-stream-mapping/>
- Línea Verde. (2018). *El Reciclaje*. Recuperado el Julio de 2020, de <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/consejos-ambientales/reciclaje/reciclaje.pdf>
- Loayza, B., & Quispe, M. (2020). *Aplicación de las metodologías 5S y VSM para mejorar la productividad de la empresa de muebles Cabrera CORP, S.J.L, 2020*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Lodoño, L., Campo, C., López, D., Lambraño, D., Soler, D., & Jiménez, S. (2019). Value Streaming Mapping, herramienta para identificar desperdicios en un proceso. *ResearchGate*.
- Los Andes. (22 de Julio de 2019). El panorama de reciclaje en el Ecuador. *Los Andes*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://diariolosandes.com.ec/el-panorama-de-reciclaje-en-el-ecuador/>
- MAE. (2016). *Prestadores de servicio (gestores) para el manejo de materiales aprovechables*. Ministerio del Ambiente. Recuperado el 2020, de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Matriz-actualizada-gestores.pdf>
- Martínez, A. (26 de Febrero de 2019). El reciclaje en Ecuador. *El Mercurio*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://ww2.elmercurio.com.ec/2019/02/26/el-reciclaje-en-ecuador/>
- Mekler, M. (21 de Junio de 2019). *¿Qué es el coprocesamiento y cómo funciona?*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://revistaconstruir.com/que-es-el-coprocesamiento-y-como-funciona/>
- Ministerio de Desarrollo Social. (2013). *Metodología de formulación y evaluación socioeconómica de proyectos de valorización de residuos municipales*. Recuperado el 2020, de



https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/8/52958/11_2MedioAmbiente_Valorizacion_de_residuos.pdf

Ministerio del Ambiente. (4 de Mayo de 2015). *Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria*. Obtenido de

https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_acuerdo-ministerial-061.pdf

Ministerio del Ambiente y Agua. (2015). *Cuenca será la primera ciudad del país en generar electricidad a partir de sus residuos*. Recuperado el AGosto de 2020, de

<https://www.ambiente.gob.ec/cuenca-sera-la-primera-ciudad-del-pais-en-generar-electricidad-a-partir-de-sus-residuos/>

Mora, W. (20 de Marzo de 2019). *Holcim celebra 70 años de presencia en El Salvador*.

Recuperado el Julio de 2020, de <https://revistaconstruir.com/holcim-celebra-70-anos-presencia-salvador/>

Moreno, D., Grimaldo, G., & Salamanca, M. (2018). El Mapa de la Cadena de Valor como herramienta de diagnóstico de sistemas productivos. Caso: línea de producción láctea. *Revista Espacios*, 39(03).

OBS Business School. (25 de Abril de 2021). *¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve?*.

Obtenido de <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>

Observatorio de la economía circular de la industria cementera. (5 de Octubre de 2017).

Combustibles derivados de residuos. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.recuperaresiduosencementeras.org/residuos-como-combustible/>

Oldenhage, F. (2016). *Propuesta de un programa de gestión para mejorar el manejo de los residuos sólidos en el distrito de San Juan de Miraflores con respecto al ambiente, el servicio de recojo y el comportamiento de la población*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Oltra, R. (2015). *La logística inversa: concepto y definición*. Valencia: Universitat Politècnica de València. Recuperado el Julio de 2020, de

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/46172/Art_Docente_LI_Cast.pdf

ONU. (Marzo de 2019). *CEPAL*. Recuperado el Agosto de 2020, de Medio Ambiente:

https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/gestion_de_residuos_-_jordi_pon.pdf

Rahani, A., & al-Ashraf, M. (2012). Production flow analysis through value stream mapping: a lean manufacturing process case study. *Procedia Engineering*, 41, 1727-1734. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>



- Residuos profesional. (13 de Febrero de 2020). *La contaminación por los combustibles fósiles causa 4,5 millones de muertes al año en todo el mundo*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.residuosprofesional.com/contaminacion-combustibles-fosiles-muertes/>
- Rogers, D., Lambert, D., & Croxton, K. (2002). The returns management process. *The International Journal of Logistics Management*, 13(2), 1-18.
- Rojas, A., & Gisbert, V. (2017). *Lean manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Rubio, S., & Jiménez-Parra, B. (2016). La logística inversa en las ciudades del futuro. *Economía industrial*, 400, 69-76.
- Sáez, A., & Urdaneta, G. (2015). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista Omnia*, 20(3), 121-135.
- Salvador, D. (14 de Junio de 2019). *El coprocesamiento, una nueva forma de gestionar los residuos*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://www.cronista.com/apertura-negocio/empresas/El-coprocesamiento-una-nueva-forma-de-gestionar-los-residuos-20190614-0008.html>
- Sivipaucar, G. (2020). *Metodología 5's en el área de almacenes para mejorar las condiciones laborales en una empresa comercial entre los años 2011-2019: Una revisión sistemática de la literatura científica*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- Transeop. (2016). *Logística inversa: ¿qué es? Descubre sus ventajas*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://www.transeop.com/blog/Logistica-Inversa/311/>
- Vargas, F. (2014). *Alternativa de valorización y aprovechamiento energético y material por coprocesamiento de residuos sólidos municipales en una planta productora de cemento en la provincia de Guanentá-Santander como contribución a la solución del problema regional*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Vilca, C., & Viracocha, F. (2019). *Optimización del proceso productivo de la empresa Incubandina S.A. mediante la aplicación de tiempos y movimientos*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Vistazo. (15 de Mayo de 2020). *Ecuador avanza en el camino de la cultura del reciclaje*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://www.vistazo.com/seccion/vida-moderna/ambiente/ecuador-avanza-en-el-camino-de-la-cultura-del-reciclaje>



ANEXOS

Anexo 1: Entrevista reciclaje

ENTREVISTA RECICLAJE	
1	¿Qué días recibe el material?
2	¿Cuánta cantidad de material recibe en cada entrega?
3	¿Cuántas personas trabajan en la planta?
4	¿Cuántas horas trabaja cada una de las personas?
5	¿Qué días trabajan las personas?
6	¿Cuál es el horario de trabajo de la planta?
7	¿Cuáles son las actividades que realiza cada una de las personas?
8	¿Cuál es el material que mas se vende?
9	¿Cuánto le pagan por el material vendido?
10	¿Existe una cantidad mínima de venta?
11	¿Cuánto tiempo se demora en llenar una tula de plástico?
12	¿Puede negociar el precio de venta con sus clientes?
13	¿Cuántos clientes tiene?
14	¿Cuánto es el sueldo de cada trabajador de la planta?
15	¿La asociación asume todos los costos de operación?

Anexo 2: Entrevista coprocesamiento

ENTREVISTA COPROCESAMIENTO	
1	¿Qué días recibe el material?
2	¿Cuánta cantidad de material recibe en cada entrega?
3	¿Cuántas personas trabajan en la planta?
4	¿Cuántas horas trabaja cada una de las personas?
5	¿Qué días trabajan las personas?
6	¿Cuál es el horario de trabajo de la planta?
7	¿Cuáles son las actividades que realiza cada una de las personas?
8	¿Existe una cantidad mínima de entrega?
9	¿Cuánto tiempo se demora en conseguir la cantidad requerida?
10	¿Puede negociar la cantidad que envía?
11	¿Cuántos clientes tiene?
12	¿Cuánto es el sueldo de cada trabajador de la planta?
13	¿La empresa asume todos los costos de operación?



Anexo 3: Diagnostico de operación

DIAGNOSTICO DE OPERACIÓN	
EL PRODUCTO	¿Qué cosa se esta haciendo?
	¿Qué otra cosa debe o puede hacerse?
	¿Podría combinarse con otra cosa?
EL PROPOSITO DE LA ACTIVIDAD	¿Por qué se hace?
	¿Es necesario hacerlo?
LA MANO DE OBRA	¿Quién lo hace?
	¿Quién debe estar haciéndolo?
EL LUGAR	¿Dónde se hace?
	¿Dónde debe o puede hacerse?
EL MOMENTO	¿Cuándo se hace?
	¿Cuándo debe o puede hacerse?
	¿La secuencia es correcta?
EL PROCESO PRODUCTIVO	¿Cómo se hace?
	¿Por qué se hace así?
	¿Cómo debe hacerse?
	¿Existe otra forma de hacerse?



Anexo 4: Evaluación 5S

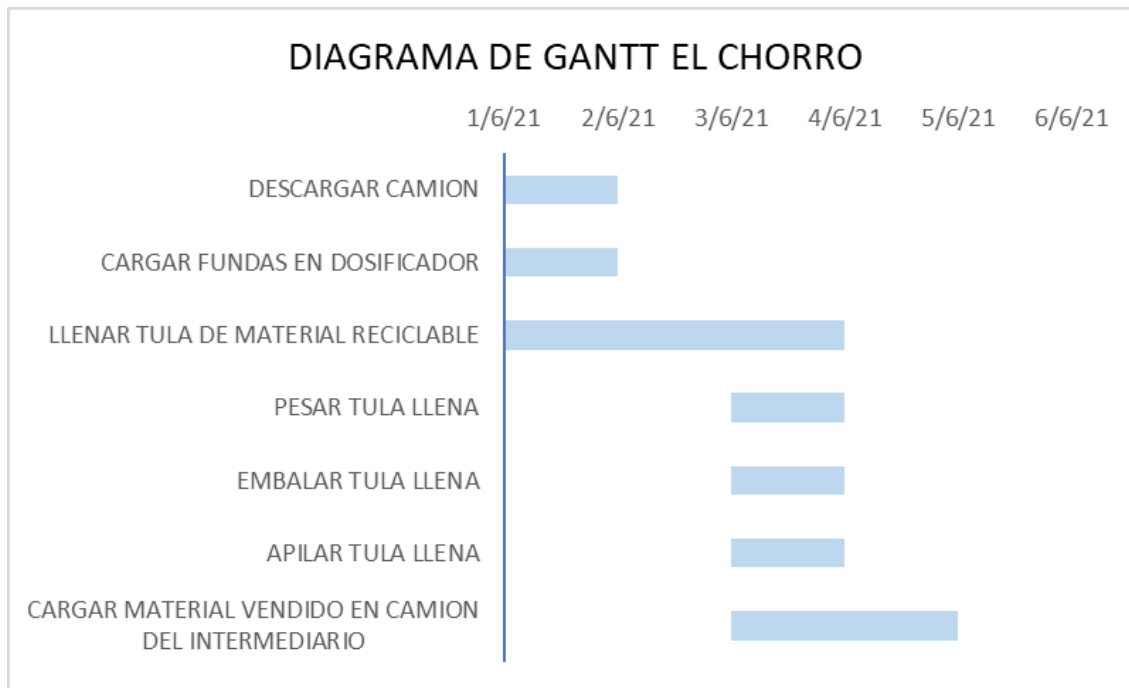
EVALUACION 5S	
CENTRO TRABAJO	
LIDER	
INTEGRANTES	
SEIRI (CLASIFICAR)	VALOR
Los materiales e insumos utilizados corresponden al proceso que se está realizando	
Las herramientas u objetos pertenecen al área de trabajo o al proceso	
No existe exceso de materiales o materia prima	
No se tienen productos obsoletos	
TOTAL PROMEDIO	
SEITON (ORDENAR)	VALOR
Las herramientas están almacenadas en cajas o paneles adecuados, donde cada herramienta tiene su lugar	
Los equipos de protección personal se guardan en lugares específicos de uso personalizado	
Los materiales se encuentran correctamente identificados	
Los contenedores de residuos están claramente identificados y accesibles en los lugares de trabajo	
Los elementos de máquinas, cables están organizados	
Los productos terminados están bien organizados y almacenados	
TOTAL PROMEDIO	
SEISO (LIMPIAR)	VALOR
Estantería con identificación	
El área se encuentra correctamente señalizada	
Las señales de seguridad están visibles y correctamente distribuidas	
Las paredes están limpias y en buen estado	
Las ventanas y tragaluces están limpios sin impedir la entrada de luz natural	
Los suelos y pasillos están limpios, secos, sin desperdicios ni material innecesario	
Los equipos y maquinarias se encuentran limpios y libres de filtraciones de aceites, grasas y material innecesario	
Se evita rebasar los contenedores y basureros	
Las zonas alrededor de los basureros y contenedores están limpias	
Existen los medios de limpieza a disposición del personal del área	
Están bien delimitadas las áreas de productos destinados a clientes	
TOTAL PROMEDIO	
SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	VALOR
Hay instrucciones claras de orden y limpieza	
Están los equipos y herramientas calibrados, mantenidos, identificados, etc.	
Los elementos de manipulación y transporte están normalizados	
Las carteleras de información se encuentran limpias, ordenadas y actualizadas	
Los extintores están en su lugar de ubicación visibles y accesibles	
Las herramientas, maquinarias y equipos se encuentran en buenas condiciones de trabajo y cuentan con los dispositivos de seguridad adecuados	
TOTAL PROMEDIO	
SHITSUKE (DISCIPLINA)	VALOR
Se cumplen los planes de mantenimiento preventivo y correctivo	
Hay sanciones para los que incumplen sistemáticamente	
Hay un plan de mejora	
El personal se involucra en mantener limpio su puesto de trabajo	
Las observaciones levantadas en la auditoría anterior han sido solucionadas	
TOTAL PROMEDIO	
RESUMEN	META
SEIRI (CLASIFICAR)	5
SEITON (ORDENAR)	5
SEISO (LIMPIAR)	5
SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	5
SHITSUKE (DISCIPLINA)	5
RESULTADO	REAL
SEIRI (CLASIFICAR)	
SEITON (ORDENAR)	
SEISO (LIMPIAR)	
SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	
SHITSUKE (DISCIPLINA)	



Anexo 5: Tarjeta roja

TARJETA ROJA					
					Nro.
Fecha:					
Área:					
Nombre del Elemento:					
Disposición:	Transferir		Eliminar		Donación
CATEGORIAS					
Equipos de Oficina		Documentación Legal			
Papelería y Materiales		Mobiliario y Equipo			
Desperdicios/Basura		Otros			
MOTIVOS					
No se Necesita		Dañado			
Uso desconocido		Contaminante			
Sin dueño		Otro			
Observaciones:					

Anexo 6: Diagrama de Gantt de El Chorro





Anexo 7: Evolución de precios de los materiales reciclables

EVOLUCION DE PRECIOS MATERIALES RECICLABLES												
MATERIAL	PRECIO											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PET												
DUPLEX												
CARTON												
TETRAPACK												
CHATARRA												
PAPEL												
ALUMINIO												
VIDRIO												

Anexo 8: Recolección, entrega y ganancia mensual El Chorro

RECOLECCION ENTREGA Y GANANCIA MENSUAL "EL CHORRO"									
MES:									
SEMANA	CANTIDAD	MATERIAL							
		PET	DUPLEX	CARTON	TETRAPACK	CHATARRA	PAPEL	ALUMINIO	VIDRIO
1	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	GANANCIA								
2	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	GANANCIA								
3	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	GANANCIA								
4	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	GANANCIA								
TOTAL MENSUAL	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	GANANCIA								



Anexo 9: Recolección, entrega y ganancia anual El Chorro

RECOLECCION ENTREGA Y GANANCIA ANUAL "EL CHORRO"									
MES	CANTIDAD	MATERIAL							
		PET	DUPLEX	CARTON	TETRAPACK	CHATARRA	PAPEL	ALUMINIO	VIDRIO
ENERO	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
FEBRERO	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
MARZO	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
ABRIL	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
MAYO	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
JUNIO	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
JULIO	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
AGOSTO	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
SEPTIEMBRE	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
OCTUBRE	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
NOVIEMBRE	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
DICIEMBRE	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								
TOTAL ANUAL	RECOLECTADA								
	ENTREGADA								
	PRECIO VENTA								