

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRAL EN RESIDUOS PARA
LA EMPRESA METÁLICAS BONILLA**

Autores:

**Lina Alejandra Bonilla Murillo
Alejandra Morales Estrada**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA AMBIENTAL
DECIMO SEMESTRE
BOGOTÁ D.C
2020**

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRAL EN RESIDUOS PARA LA EMPRESA METÁLICAS BONILLA

Autores:

Lina Alejandra Bonilla Murillo
Alejandra Morales Estrada

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director:

Johann Enrique Gil Toquica

Línea de Investigación:
Gestión y productividad sustentable

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2020

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

(Dedicatoria)

A nuestras familias, que de alguna manera fueron el apoyo fundamental para realizar una de tantas metas, a los docentes por su dedicación y entrega de sus conocimientos que nos permitieron obtener estos resultados.

Agradecimientos

A nuestros padres, por ser pilar fundamental en nuestro desarrollo académico y por sus valores inculcados, a nuestro director de trabajo de grado Johann Enrique Gil Toquica por su orientación académica, su paciencia, dedicación y entrega y a la empresa Metálicas Bonilla, por brindarnos el espacio y la posibilidad de llevar a cabo este trabajo de grado sobre su establecimiento.

Tabla de contenido

Pág.

Resumen	12
Abstract	13
1. Introducción.....	14
2. Antecedentes.....	15
3. Planteamiento del problema	17
4. Justificación	17
5. Objetivos.....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
6. Marco de referencia.....	18
Marco geográfico y descripción del territorio	18
Marco institucional.....	21
Referentes teóricos y conceptuales	25
Marco teórico.....	25
Marco conceptual.....	26
Marco legal y normativo	27
7. Aspectos metodológicos.....	29
Diseño metodológico.....	29
Alcance	30
Técnicas e instrumentos	32
8. Aspectos éticos.....	34
9. Resultados y Análisis	34
Resultado primer objetivo específico: Diagnosticar la situación actual del manejo de los residuos generados por los procesos productivos realizados en la empresa.	34
Diagrama de procesos	35
Lista de chequeo	38
Situación actual.....	39
- Generación.....	39
- Residuos peligrosos (RESPEL) – Anexo 5	40
- Envases y embalajes.....	40
- Transporte interno y almacenamiento temporal	41
- Disposición Final	42
Clasificación de residuos	43
Resultado segundo objetivo específico: Evaluar alternativas de prevención y mejora para la generación y manejo de residuos desarrollados en los procesos productivos	44
Cumplimiento de normativa - Manejo integral de residuos	45
- Generación.....	45
- Segregación	46
- Recolección y transporte interno	48
- Almacenamiento	49
- Transporte y disposición final	50
Producción más limpia	50
-Análisis de la situación actual de la empresa	51
-Análisis de procesos.....	51
-Definición de opciones de mejora	53

-Alternativas de implementación	53
-Seguimiento y evaluación	56
Producción más limpia enfocada a cambio tecnológico	56
Evaluación de alternativa	60
Resultado tercer objetivo específico: Elaborar un modelo según la propuesta planteada para mejora de estándares que debe cumplir la Empresa Metálicas Bonilla.	61
10. Conclusiones	61
11. Recomendaciones.....	62
12. Referencias	62
13. Anexos	69
14. Cronograma	88

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Imagen representativa de Colombia y limitación de Bogotá D.C.	19
Figura 2. Imagen representativa de la localidad Los Mártires	19
Figura 3. Ubicación geográfica de la Empresa Metálicas Bonilla.....	20
Figura 4. Organigrama de la empresa Metálicas Bonilla	22
Figura 5. Descripción de los procesos (generales) en la fabricación de un producto	22
Figura 6. Diagrama del proceso de soldadura realizado en la empresa	35
Figura 7. Diagrama del proceso de fresado realizado en la empresa	36
Figura 8. Diagrama del proceso de dobladora de lámina realizada en la empresa	36
Figura 9. Diagrama del proceso de torneado realizado en la empresa.....	37
Figura 10. Diagrama del proceso administrativo, cafetería y limpieza realizados en la empresa	37
Figura 11. Imagen representativa del proceso de taladro y el residuo que genera la viruta metálica	39
Figura 12. Maquinaria MIG de proceso soldadura de la empresa.	40
Figura 13. Imagen representativa del centro de acopio y almacenamiento de los residuos metálicos en la empresa metalmeccánica	41
Figura 14. Imagen representativa del sitio donde se encuentran las canecas con residuos metálicos	42
Figura 15. Porcentaje (%) de residuos generados en la empresa.....	44
Figura 16. Kilogramos de residuos generados metálicos y convencionales	44
Figura 17. Código de colores según la resolución 2184 de 2019.	46
Figura 18. Carretilla, carreta, zorra de carga.....	48
Figura 19. Modelo recolección y transporte interno	49
Figura 20. Imagen en 3D del centro de acopio	49
Figura 21. Ciclo de producción más limpia	50
Figura 22. Identificación de puntos críticos	51
Figura 23. Flujograma de las alternativas de implementación: Diseño de corte.....	53
Figura 24. Flujograma de las alternativas de implementación: Separación de residuos.....	54
Figura 25. Flujograma de las alternativas de implementación: Aprovechamiento	55
Figura 26. Imagen representativa del lugar de trabajo de la empresa.....	70
Figura 27. Imagen representativa de herramientas utilizadas en los procesos productivos	70
Figura 28. Imagen representativa del proceso de soldadura	70

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Actores relacionados a la metalmecánica y al caso de estudio	23
Tabla 2. Marco legal	28
Tabla 3. Matriz metodológica.....	32
Tabla 4. Descripción de residuos aprovechables vendidos al chatarrero durante los últimos nueve meses	42
Tabla 5. Reporte de residuos (kg) generados en la empresa mensualmente	43
Tabla 6. Tipos de residuo para la separación en la fuente de la GTC 24.....	46
Tabla 7. Tabla de residuos metálicos aprovechables	47
Tabla 8. Segregación ideal en la empresa	47
Tabla 9. Análisis de proceso: Diseño	51
Tabla 10. Análisis de proceso: Tronzadora	52
Tabla 11. Análisis de proceso: Cizalla.....	52
Tabla 12. Análisis causa/efecto	53
Tabla 13. Beneficios y ventajas del reciclaje: residuos ferrosos y no ferrosos	56
Tabla 14. Comparación de maquinaria: Actual Vs. Propuesta.....	56
Tabla 15. Matriz Viabilidad	60

Lista de anexos

Pág.

Anexo 1. Carta de autorización para visita institucional.....	69
Anexo 2. Reseña fotográfica	70
Anexo 3. Lista de chequeo	71
Anexo 4. Modelo del PMIRS	73
Anexo 5. Residuos Peligrosos	89

Siglas

BORSI: Bolsa de Residuos y Subproductos Industrializables.

CAI: Centro de Atención Inmediata.

DIAN: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales.

EPP: Elementos de Protección Personal.

ENEC: Estrategia Nacional de Economía Circular.

GTC: Guía Técnica Colombiana.

OMI: Organización Marítima Internacional.

PACA: Plan de Acción Cuatrienal Ambiental.

PAL: Plan Ambiental Local.

PIB: Producto Interno Bruto.

PMIRS: Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos.

PML: Producción más Limpia

PTP: Programa de Transformación Productiva.

PYME: Pequeñas y Medianas Empresas.

RAEE: Residuos de Aparatos Eléctrico y Electrónicos.

RESPEL: Residuos Peligrosos.

SINA: Sistema Nacional Ambiental.

Soldadura **MIG:** Gas inerte metálico.

Soldadura **TIG:** *Tungsten inert gas* - Gas inerte de tungsteno.

Tecnología **CNC:** *Computer Numerical Control* - Control Numérico Computarizado.

UNEP: United Nations Environment Programme.

UPZ: Unidades de Planeación Zonal.

Resumen

Los residuos presentes en la Empresa Metálicas Bonilla, son una problemática ambiental debido a la falta de control y conocimiento para su adecuado manejo y disposición; por lo tanto el presente proyecto de grado busca proponer la implementación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos - PMIRS a fin de aplicar la normatividad y brindar una forma que facilite la disposición de los residuos generados por la empresa. El PMIRS se desarrolla en la Empresa Metálicas Bonilla legalmente constituida del sector metalúrgico ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. Para el desarrollo de este trabajo de grado se hizo uso de un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo). Cualitativo dado que involucra aspectos teóricos, un diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos, identificación de alternativas de prevención y mejora en los procesos productivos para posteriormente realizar y presentar un modelo de plan de manejo integral. Cuantitativo debido a que se realiza un estudio sistemático de las variables encontradas donde se les realiza una descripción estadística aplicando un análisis porcentual. Como resultado se evidenció que los mayores desechos que genera la empresa son: i) Partes sobrantes de metales las cuales son vendidas como chatarra a agentes externos como recicladores informales. ii) Viruta que se mezcla con basura convencional generada dentro de la empresa. iii) Teniendo en cuenta que la organización genera algunos RESPEL, los cuales serán manejados como anexo a manera de guía complementaria con el fin de tomar medidas mientras se estandariza un PGIRESPEL.

Palabras clave: Plan de manejo integral, metal, residuos, partes sobrantes.

Abstract

The residues present at the Bonilla Metal Company are an environmental problem due to the lack of control and knowledge for their proper handling and disposal; Therefore the present project of degree seeks to propose the implementation of a Plan of Integral Management of Solid Waste - PMIRS in order to apply the normativity and provide a form that facilitates the disposal of the waste generated by the company. The PMIRS is developed in the legally constituted Bonilla Metal Company of the metallurgical sector located in the city of Bogotá D.C. For the development of this degree work was made use of a mixed approach (qualitative and quantitative). Qualitative since it involves theoretical aspects, a diagnosis of the current situation of waste management, identification of prevention alternatives and improvement in the production processes in order to subsequently carry out and present a comprehensive management plan model. Quantitative because a systematic study of the variables found is carried out, where a statistical description is made using a percentage analysis. As a result, it was found that the largest waste generated by the company is: (i) Surplus parts of metals which are sold as scrap to external agents as informal waste pickers. (ii) Chip mixed with conventional waste generated within the company. (iii) Taking into account that the organization generates some RESPEL, which are managed as an annex in a complementary guideway to take measures while standardizing a PGIRESPEL

Key words: Comprehensive management plan, metal, waste, leftover parts.

1. Introducción

La manufactura de la industria metalmecánica involucra esencialmente la transformación de materias primas, especialmente del acero, a fin de elaborar productos mediante procesos propios (Subdirección de Gestión Ambiental Alcaldía de Bogotá, 2013). Esta actividad que pertenece al sector secundario industrial donde se fabrican artículos metálicos a partir tanto de la manipulación mecánica de los metales como del ensamble de piezas metálicas previamente elaboradas (Lozano & Restrepo, 2012).

La industria metalmecánica presenta un desarrollo evolutivo muy amplio a nivel mundial pues facilita la construcción de diversos bienes al ser una tecnología rentable y ligera, economizando costos y tiempo en el momento de la elaboración y la implementación de esta técnica (Zapata & Ortiz, 2015). En Colombia representa el 9.25% del valor agregado total de la industria manufacturera y ha representado un valor exponencial de aproximadamente 2.400 millones de toneladas en el 2016 (CedelTrabajo Centro Virtual de Negocios, 2019).

El sector metalmecánico en Bogotá D.C. desde el mes de diciembre de 2011 ingreso al Programa de Transformación Productiva - PTP debido a su gran importancia dentro del sector industrial porque representa "el 14% de la producción industrial nacional y el 13% del empleo dentro del PIB de la industria Nacional" (Cámara FedeMetal Andi, 2014, p.2).

Metálicas Bonilla es una empresas Pyme del gremio de la metalurgia, enfocada en procesos de diseño, corte, soldadura e instalación de productos metálicos para obra instalada para cualquier sector (construcción, arquitectura, diseño de interiores, infraestructura entre otros), que no cuenta con planes o programas para el manejo integral de residuos sólidos y residuos peligrosos, generan una gran cantidad de estos que son depositados como chatarra y el resto como basura convencional, sin tener ningún mecanismo de control para su disposición.

En este tipo de industrias la producción genera una gran cantidad de residuos y desperdicios los cuales van en relación directa con la cantidad de los productos y el impacto, este proceso productivo se da desde el ingreso de la materia prima hasta la fabricación de una pieza industrial; además, durante la transformación del material se generan residuos de corte en el mecanizado, viruta y las estopas sucias impregnadas de aceites lubricantes, solventes o diluyentes y desengrasantes al igual que grandes cantidades de material restante de las piezas fabricadas (Cano & Cano, 2008).

Por lo general, a este tipo de residuos en su mayoría en el medio industrial local se les da el tratamiento como basura convencional ya que los sobrantes generados por un material determinado se mezclen con otros; en algunos casos se separan y son vendidos a los recicladores informales que realizan su trabajo en el sector de la industria en la Localidad de Los Mártires, para el caso específico de la Empresa Metálicas Bonilla.

Igualmente se utilizan estopas que por su combinación con aceites lubricantes, solventes o diluyentes y desengrasantes se clasifican como residuo peligroso, pero su disposición final se mezcla con la basura convencional y por ello, en dicha empresa a nivel general a los residuos sobrantes no se les da una disposición final adecuada de acuerdo con la normatividad y que de acuerdo con el marco de la gestión ambiental nuevo Plan Nacional de Desarrollo bajo la Ley 1753 es obligación de las industrias promover "la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de los residuos sólidos" (Congreso de Colombia, 2015, p.3), esto porque la industria metalmecánica genera una alta cantidad de excedentes de diferentes materiales, lo cual sucede en la mayoría de las pequeñas y medianas empresas en Colombia que no han implementado la normatividad y por ende no cuentan con planes de manejo integral de residuos sólidos y peligrosos, generando así un gran impacto a la salud de los trabajadores, en el ambiente y en la productividad de las industrias.

Desde esta perspectiva, un plan de manejo integral de residuos es aquel instrumento de generación, separación, almacenamiento y disposición final de residuos implementado en una organización (Unipalma, 2016); se trata de un elemento esencial para la optimización y aprovechamiento de residuos que genera control en la industria, busca minimizar el impacto ambiental generado en este caso por este tipo de empresas (Pastor, 2013).

Esto en razón a que los residuos obtenidos de cada proceso en dicha industria pueden perfectamente ser utilizados como materias primas para otros procesos productivos y los residuos peligrosos, en este caso de aceites lubricantes, solventes o diluyentes y desengrasantes, pueden tener un tratamiento propio y específico para este tipo de desechos, pues no es correcto combinarlos con la basura convencional dado que el sistema de recolección de basuras del distrito no presta el servicio de recogerlos en forma separada para darles una adecuada disposición final, porque todo va para el relleno sanitario Doña Juana.

Con todo lo anteriormente expuesto, es el propósito del presente trabajo de grado presentar una propuesta para la implementación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos - PMIRS en la Empresa Metálicas Bonilla, teniendo en cuenta la normativa y legislación vigente acompañada de los procesos productivos de la organización para hacer que el negocio sea más eficiente bajo el modelo de la Responsabilidad Ambiental Empresarial, donde a la vez se pueda generar conciencia del tratamiento de los residuos y buscar la optimización de los recursos por medio de alternativas de producción más limpias, proyectando la empresa en una mejora continua.

2. Antecedentes

Para la realización del estado del arte se tomaron estudios relacionados con la industria metalmeccánica, la implementación de planes de manejo y gestión integral de residuos para este tipo de establecimientos. Esto se llevó a cabo con el fin de abarcar contenidos generales similares y que sirvan de fundamento para el diseño de la guía para la realización de este trabajo de grado.

En el trabajo de grado realizado por Buritaca (2012) titulado *Sostenibilidad ambiental para PYMES del subsector de la metalmeccánica en Bogotá* se evidencian más detalladamente los procesos productivos de la industria metalmeccánica en Bogotá, e identifica conceptos claves básicos enfocados a la sostenibilidad y gestión ambiental en empresas PYMES (pequeñas y medianas empresas) como lo es Metálicas Bonilla. Este artículo brinda un conocimiento más amplio de este tipo de industria como de un trato más específico para lograr una mayor sostenibilidad.

El trabajo de grado de Peña y Talero (2014) *Formulación del plan de manejo ambiental para la empresa Metalcolmesa S.A, Soacha - Cundinamarca* el cual muestra la formulación de un plan de manejo ambiental, identificando la problemática ambiental de la empresa, seguido con un diagnóstico de los impactos generados para un planteamiento de propuestas de mitigación. Con este trabajo se puede enfocar el proyecto en el ámbito ambiental implementando un plan de manejo integral en residuos para mejorar la minimización de residuos generados en la industria.

Nombrera y Carranza (2017) realizaron un estudio titulado *Tratamiento de residuos sólidos metálicos industriales en el área metalmeccánica para la eficiente gestión ambiental en el distrito de Chiclayo* el cual brinda una vista internacional sobre el tema realizado en Perú, busca adoptar las medidas necesarias para fomentar un Plan de Manejo o Gestión integral en residuos sólidos para la implementación de acciones concretas desde la generación hasta la disposición final permitiendo el control de la totalidad de los residuos sólidos metálicos industriales producidos. Brinda

conocimientos donde se evidencia la reutilización y el reciclaje de la mayoría de los residuos metálicos, aportando en procesos para el aprovechamiento de este tipo de elementos.

La tesis chilena de Gutiérrez (2017) titulada *Plan de Gestión Integral de Residuos Industriales Sólidos y Líquidos en Taller Metal Mecánico Universidad Técnica Federico Santa María Campus San Joaquín* presenta una guía en el diagnóstico inicial, considerando acciones y procedimientos relacionados con el manejo de los residuos, identificando así las falencias.

El proyecto de Salazar (2010) es un elemento guía en la elaboración de la presente propuesta de plan de manejo pues realiza una *Formulación del plan de manejo integral de residuos sólidos del centro comercial san pedro plaza de la ciudad de Neiva-Huila* donde plantea un diagnóstico de la gestión de residuos, para seguir con un análisis de los residuos generados donde los identifica, los cuantifica y finalmente los clasifica según aspectos normativos para poder estructurar un plan de gestión integral de residuos.

El anterior documento complementa el realizado por Valencia (2009) el cual se titula *Diseño e implementación del plan de manejo integral de residuos sólidos de la corporación club campestre - Medellín - Llanogrande* y brinda las pautas para llevar a cabo un apto cumplimiento en el diseño del Plan de Manejo Integral.

Además y para el debido cumplimiento de los objetivos de esta investigación se toma de guía el trabajo de grado presentado por Jaramillo (2007) titulado *Diagnóstico de la gestión de los residuos industriales y peligrosos de la industria metalúrgica en Acopi-Yumbo* en el que se puede evidenciar un enfoque hacia el cumplimiento del mismo propósito, pues realiza la caracterización de las industrias identificando los procesos productivos de la compañía y definiendo los residuos generados, para tener una lista de chequeo, el control de las actividades y poder definir en el diagnóstico las principales problemáticas como lo son el incorrecto uso de chatarras.

La actividad más significativa en el ciclo productivo de la gestión integral se da en la generación, ya que es el proceso productivo que más impacto y contaminación genera, y en este sentido Valero (2017) en su *Diseño de un plan de gestión integral de residuos sólidos para una industria metalmeccánica en la localidad de Puente Aranda (Bogotá - Colombia)* brinda facilidades en cuanto a la generación de los residuos producidos, implementa actividades prácticas y eficientes para disminuir el impacto en esta actividad.

Por medio del diagnóstico se genera una caracterización que evidencia en el trabajo de grado *Estudio de Caracterización de Residuos Reaprovechables Generados en la Industria Metalmeccánica Grupo Klaus S.A.C*, escrito por Benavente (2016) quien plantea como objetivo generar ganancias económicas por medio de la caracterización y segregación de residuos, permitiendo así un manejo sustentable de los residuos generados en esta industria.

El trabajo de grado titulado *Propuesta para el plan de manejo ambiental y ocupacional de residuos peligrosos en proceso de mecanizado de una empresa metalmeccánica* escrito Hernández (2014), propone la clasificación e identificación de residuos peligrosos, seguido del planteamiento de un adecuado manejo de estos evidenciado en un plan de manejo ambiental.

Como alternativas para implementar en los procesos productivos en la empresa, se encontró un artículo que muestra las oportunidades de reciclaje que se tienen en la industria metalmeccánica, por qué no se aprovechan y brinda conocimiento de producción más limpia; este artículo fue escrito por Fernández, Arias y Portilla (2010) titulado *Reciclaje de materiales no ferrosos, en busca de una producción más limpia* busca definir la eficiencia de procesos, aprovechamiento de material y

generación de ganancias económicas.

El *Diseño del plan de gestión de residuos sólidos para la empresa “Metalmecánica Industrias Fer Colplast S.A.S”* realizado por Cortes (2017), define igualmente los procesos básicos para la implementación de la producción más limpia en su ciclo de vida.

Todos estos estudios fueron seleccionados porque permiten profundizar en elementos como el diagnóstico, análisis, normativa, manejo, recolección, transporte, alternativas y beneficios apuntando a un objetivo general el cual se basa en la minimización, prevención y manejo de los residuos sólidos y peligrosos generados, que sirven de guía para dar solución a la monografía.

3. Planteamiento del problema

La Empresa Metálicas Bonilla hace parte de la industria metalmeccánica, dedicada a la transformación de materia prima cruda en elementos metálicos. Su proceso productivo genera una gran cantidad de residuos, sobrantes de material, viruta y estopas contaminadas (aceites lubricantes, solventes o diluyentes y desengrasantes), los cuales no tienen una disposición final adecuada y acorde con la normatividad vigente.

Estos residuos de material se generan al efectuar los cortes de los elementos metálicos, los cuales son acumulados y vendidos posteriormente como chatarra; adicionalmente, la viruta se genera en todos los procesos productivos de la empresa como material restante el cual termina su ciclo como basura convencional, pues se mezcla con el polvo y se combina con el resto de los residuos. Las estopas o trapos que se utilizan para la limpieza y lubricación de la maquinaria se impregnan con (aceites lubricantes, solventes o diluyentes y desengrasantes) y son depositadas en las canecas comunes de la empresa que igualmente son recolectadas junto con la basura convencional por el servicio público de aseo para ser depositado en el relleno sanitario.

Como problemática se evidencia el mal e inadecuado manejo y almacenamiento de los residuos generados por esta compañía, ya que no cuenta con el conocimiento en la normativa que rige para la disposición adecuada de residuos, ni de las implicaciones y afectaciones que tiene para la salud del personal directo e indirecto de la empresa.

De acuerdo con lo anteriormente descrito en el problema que se evidencia en esta empresa, surgen las siguientes preguntas: (i) ¿Qué estrategias son pertinentes para la disminución y manejo adecuado e integral de los residuos en la empresa Metálicas Bonilla? (ii) ¿Qué contenidos debería incluir esta propuesta?

4. Justificación

La inadecuada gestión de los residuos de las industrias metalmeccánicas genera problemáticas significativas deteriorando el entorno y su mala gestión puede ocasionar problemas ambientales y multas para la Empresa Metálicas Bonilla incluso hasta su cierre. Por ello es pertinente desarrollar un PMIRS dado que los procesos de reciclaje y reutilización de este tipo de materiales reducen en gran cantidad los impactos producidos y pueden llegar a brindar una serie de beneficios económicos a las empresas y a las entidades que manejan estos elementos.

El estudio aplicado en este trabajo de grado se enfoca en la Empresa Metálicas Bonilla, que tiene un gran potencial en el sector de la metalurgia porque aproximadamente lleva en el mercado distrital 56 años, específicamente en la transformación de metales para satisfacer las necesidades del cliente. A

pesar de esto, la empresa no cuenta con programas para garantizar el adecuado manejo de residuos sólidos generados en sus procesos productivos, inventario para la clasificación de estos, procedimientos de recolección, transporte, embalaje, etiquetado, almacenamiento, tratamiento y disposición final. Tampoco se evidencian trámites legales exigidos en la normativa por la Secretaría Distrital de Ambiente para tener un mejor control de las actividades ambientales de la empresa.

Dadas las dificultades mencionadas anteriormente, se ve la necesidad de plantear alternativas para el control de los desechos a través de un PMIRS como herramienta para el aprovechamiento de éstos y que a la vez permita evaluar las principales problemáticas de la empresa y así plantear posibles soluciones dentro del marco normativo y los aportes encontrados en la búsqueda de los antecedentes del presente trabajo de grado, buscando siempre la sostenibilidad no solo económica de la empresa sino también la preservación del medio ambiente a la vez que se brindan oportunidades de crecimiento, al aplicar los estándares del modelo de la Responsabilidad Ambiental Empresarial.

Adicionalmente, este trabajo se justifica no solo porque busca generar beneficios ambientales a la empresa y a la comunidad evitando posibles multas o cierres por el incumplimiento legal a normas que le apliquen al momento en que una Autoridad realice una visita, sino además, mejorar los procesos productivos internos optimizando la materia prima y así reduciendo costos.

5. Objetivos

Objetivo general

Proponer un plan de manejo integral de residuos sólidos orientado a la prevención, control y reducción de los impactos ambientales previstos durante las actividades realizadas en la Empresa Metálicas Bonilla.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del manejo de los residuos generados en los procesos productivos realizados en la empresa.
- Evaluar alternativas de prevención y mejora para la generación y manejo de residuos desarrollados en los procesos productivos.
- Elaborar un modelo según la propuesta planteada para mejora de estándares que debe cumplir la Empresa Metálicas Bonilla.

6. Marco de referencia

Marco geográfico y descripción del territorio

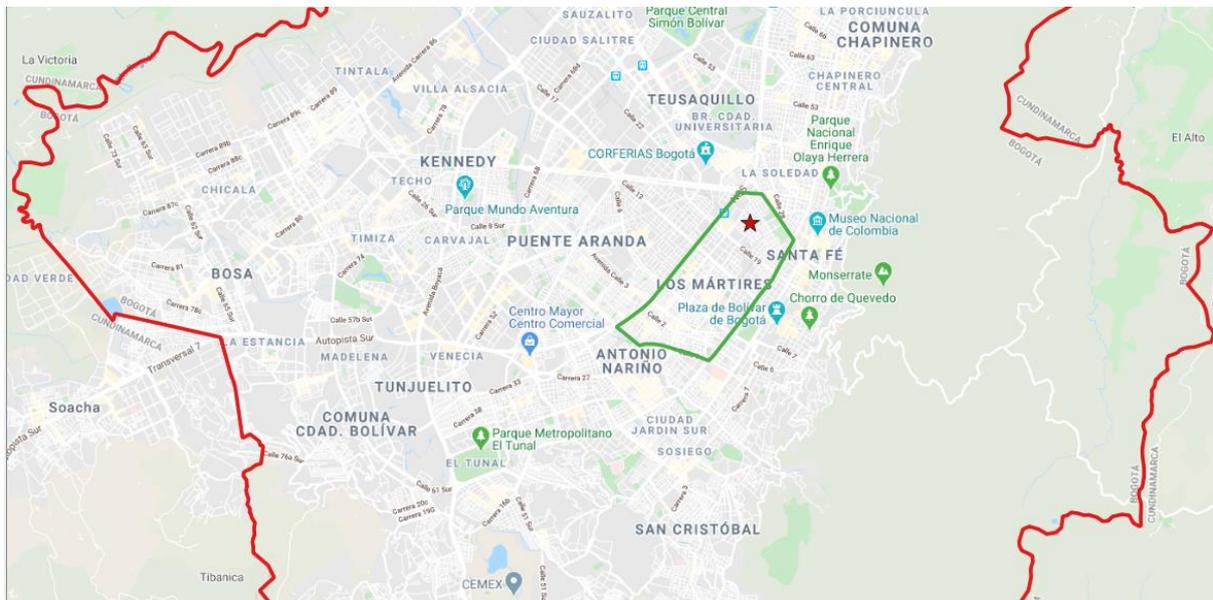
La Empresa Metálicas Bonilla que se ubica en el territorio Colombiano en el departamento de Cundinamarca y en la ciudad de Bogotá D.C. (ver la Figura 1) en la dirección Carrera 24 N° 22b - 83, Barrio Samper Mendoza, localidad 14 de Los Mártires (ver la Figura 2), en el área central de la ciudad Bogotá. Dicha localidad limita al norte con la localidad de Teusaquillo, al sur con la localidad de Antonio Nariño, al oriente con la localidad de Santa Fe y al occidente con la localidad de Puente Aranda.

Figura 1. Imagen representativa de Colombia y limitación de Bogotá D.C.



Fuente: Grupo Qgis Colombia (2020).

Figura 2. Imagen representativa de la localidad Los Mártires

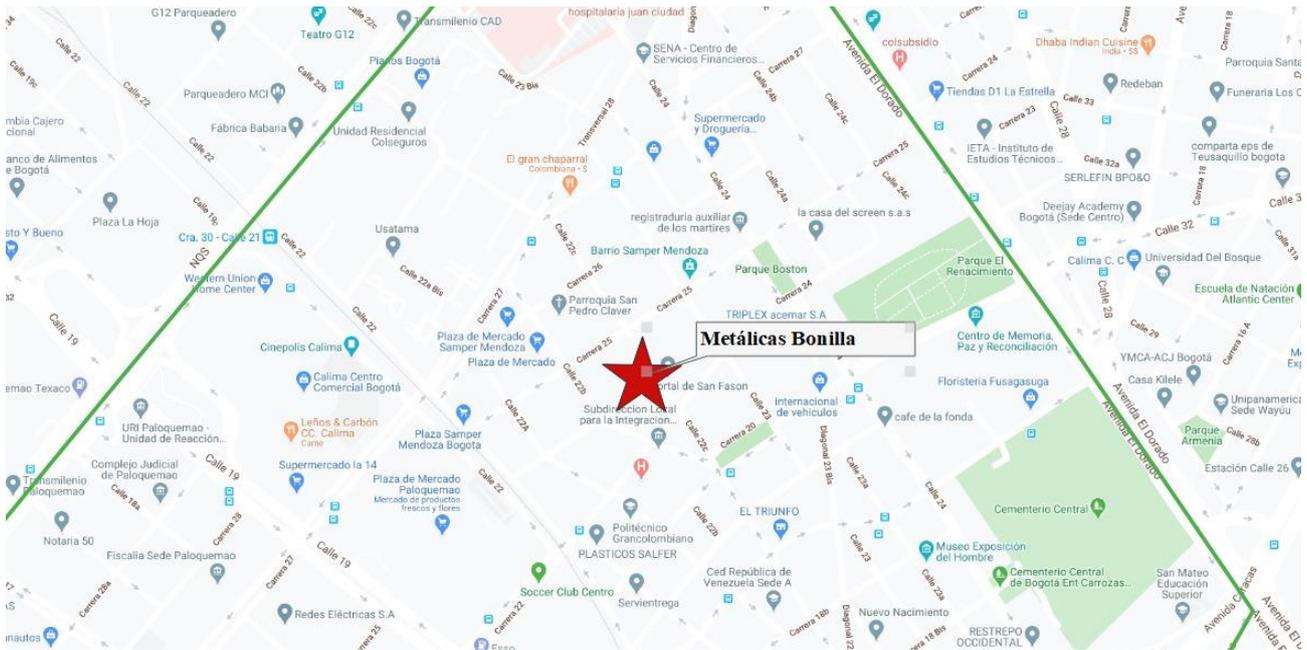


Fuente: Grupo Qgis Colombia (2020).

De acuerdo con la UPZ la Empresa Metálicas Bonilla se encuentra ubicada en un área residencial e industrial, donde según el volumen de activos distritales las empresas cuentan con una participación del 0.845% de la totalidad de la ciudad (ver la Figura 3). De acuerdo a la Cámara de Comercio de Bogotá (2019) “se entiende por Unidades de Planeación los territorios conformados por un conjunto

de barrios que mantienen una unidad morfológica o funcional y que se localizan en las zonas de suelo urbano y suelo de expansión” (p.1), se clasifican en 8 grupos; (i) Unidades de tipo 1: residencial de urbanización incompleta; (ii) Unidades tipo 2: residencial consolidado, (iii) Unidades tipo 3: residencial cualificado, (iv) Unidades tipo 4: sectores poco desarrollados con grandes predios ocupados, (v) Unidades tipo 5: con centralidad urbana, (vi) Unidades tipo 6: comerciales, (vii) Unidades tipo 7: predominantemente industrial, (viii) Unidades tipo 8: de predominio dotacional. La Empresa Metálicas Bonilla se ubicaría en las Unidades tipo 7.

Figura 3. Ubicación geográfica de la Empresa Metálicas Bonilla



Fuente: Grupo Qgis Colombia (2020).

De acuerdo a la Secretaría de Hacienda (2004), la localidad Los Mártires cuenta con dos: La *UPZ Santa Isabel* que es de tipo residencial consolidado, se ubica al sur de la localidad tiene un área de 200,80 ha, esto equivale a un 31% del total del suelo, por otro lado el 69% del suelo corresponde a la *UPZ La Sabana*, es de tipo comercial, esta se encuentra al norte de la localidad y tiene una extensión de 453,78 hectáreas.

Actualmente, por el desplazamiento de los habitantes de calle del antiguo Cartucho y que representan un 4.6%, se han incrementado las problemáticas sociales y económicas, como es el caso del mal hábito de aseo, prostitución, hacinamiento, viviendas e inquilinatos sin intervención legal de las autoridades, incremento de residencias con un déficit del 2.7% y estructuras arquitectónicas no aptas para todas las actividades comerciales o industriales. Esto pese a que la localidad de Los Mártires cuenta con cinco CAI, una estación de policía y una estación de bomberos (Secretaría Distrital de Planeación, 2009).

Según el diagnóstico local con participación social en el 2011 realizado por la Secretaría de Salud de Bogotá, se define una alta presencia de los residuos sólidos en los espacios públicos dentro de la localidad que se origina esencialmente en el sector comercial y por zonas de concentración debido a los habitantes de calle, especialmente en los sitios donde se recolecta material para reciclar (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2012).

Estas problemáticas llevaron a que la Alcaldía Mayor de Bogotá (2016) se esforzara por implementar el Plan Ambiental Local - PAL para la Localidad de Los Mártires el cual involucra tres componentes: (i) Diagnóstico ambiental local, (ii) priorización de acciones ambientales y (iii) respectiva formulación del plan (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016), como lo señala el Decreto Distrital 509 de 2009 sobre el Plan de Acción Cuatrienal Ambiental - PACA (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2009).

La Empresa Metálicas Bonilla se encuentra en el barrio Samper Mendoza el cual se clasifica como una de las zonas de pequeña industria pero también es residencial; actualmente cuenta con la presencia de talleres de mecánica fijos y ambulantes. Este tipo de industrias se encuentran ubicadas principalmente sobre las calles 22 y 24. Además, se encuentran bodegas y expendios de alimentos (pescado, mariscos, carnes rojas, entre otros). Al encontrarse cerca de la plaza de mercado Paloquemao es un área altamente expuesta a basuras, contaminación, presencia de recicladores, roedores y vectores.

Marco institucional

- *Razón social.* La Cámara de Comercio de Bogotá certifica el nombre de la empresa como Metálicas Bonilla, identificada con el NIT N° 19.337.672-6, fundada el 9 de junio de 1988, bajo el nombre del propietario Bonilla Pablo, con las siguientes actividades económicas: 4330 - Terminación y acabado de edificios y obras de ingeniería civil, 2511 - Fabricación de productos metálicos para uso estructural.

La empresa como *misión* declara lo siguiente: “La excelencia es nuestro lema, la empresa Metálicas Bonilla es una empresa con visión empresarial, que cuenta con un potencial explotable como el sector de la metalurgia para lo cual buscamos direccionar metas, estrategias, programas y acciones a mediana y largo plazo.” (Metálicas Bonilla, 2010, p.1)

Como *visión* la empresa espera que:

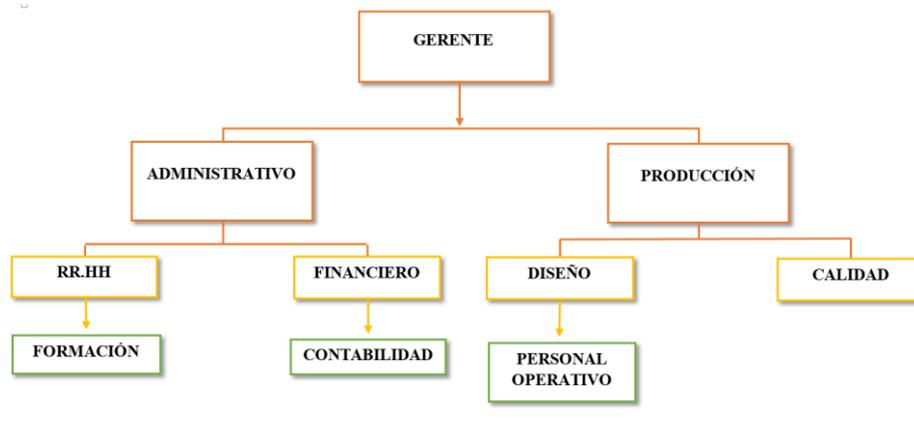
Para el año 2020 la empresa Metálicas Bonilla será un polo de desarrollo autosuficiente y sostenible, en el sector de la metalurgia, con alta gerencia participativa tanto a nivel regional, departamental, nacional e internacional, con calidad humana y bienestar social, logrando mejorar la calidad de vida para sus trabajadores bajo una administración con principios de equidad, eficiencia, transparencia y compromiso (Metálicas Bonilla, 2010, p.1).

Y en cuanto a la *responsabilidad social*:

Metálicas Bonilla se define a sí misma como un ciudadano corporativo. Como miembro que es de la sociedad, asume frente a ella los compromisos que tal calidad imponen. Esto le exige cumplir adecuada y oportunamente con sus responsabilidades sociales, con los miembros de la organización, sus familias, la sociedad y el Estado, procurando mejorar sus condiciones de bienestar (Metálicas Bonilla, 2010, p. 2).

En la siguiente Figura 4 se observa el organigrama de la empresa Metálicas Bonilla en donde se explica la estructura de una manera jerárquica. La división principal es la Gerencia y de ahí se dividen en dos departamentos: el Administrativo y el de Producción en donde cada uno tiene sus respectivas subdivisiones.

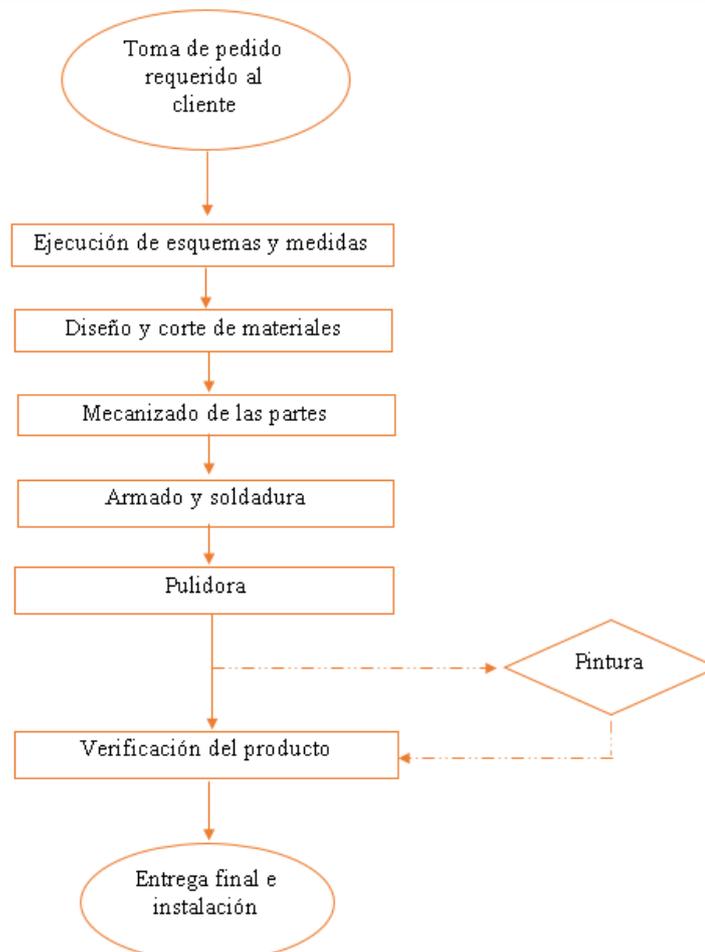
Figura 4. Organigrama de la empresa Metálicas Bonilla



Fuente: Elaboración propia (2020).

La Empresa Metálicas Bonilla está en capacidad de fabricar productos como cubiertas, cercas, puertas y portones metálicos, blindajes para cajeros, pasamanos, escaleras metálicas, ballestas, barandas, entrepisos y ventanería metálica entre otros. Los procesos productivos se llevan a cabo de la siguiente manera:

Figura 5. Descripción de los procesos (generales) en la fabricación de un producto



Fuente: Elaboración propia (2020).

Toma de pedido requerido al cliente: La empresa es contactada por el cliente, bien sea de manera electrónica, vía telefónica o a partir de una solicitud de alguien que visite el lugar. El pedido depende de la necesidad del cliente y del diseño específico que debe llevar el producto. Una vez generada la solicitud, se realiza una cotización al cliente teniendo en cuenta el costo de las materias primas y su fabricación; luego se determina el tiempo estimado para la elaboración del pedido, su instalación y forma de pago.

Ejecución de esquemas y medidas: Se realizan los esquemas descriptivos con las especificaciones acordadas y el tipo de material que se requiere para el producto. Posteriormente se presenta al cliente quien determina si está de acuerdo para continuar el proceso o si es necesario realizar modificaciones.

Diseño y corte de materiales: una vez aprobados los diseños se realiza el cálculo de material requerido para la elaboración del producto, se realizan los esquemas de detalles para el corte de materiales.

Mecanizado de las partes: En esta fase se realiza los procesos de torneado, fresado, taladrado, tronzadora, según lo que las especificaciones acordadas del producto requieran.

Armado y soldadura: después del mecanizado, algunas de las piezas son unidas para completar el diseño por medio de la soldadura, hay dos tipos soldadura MIG y soldadura TIG, permitiendo ajustar las piezas en la parte estructural.

Pulidora: Se encarga eliminar rebabas de un corte, retirar escoria de alguna operación de soldadura o cualquier tipo de procesos de mecanizado que sufre el producto (soltar remaches, redondear ángulos, pulir salientes, entre otros).

Pintura: Con el fin de darle un acabado final al producto se subcontrata la pintura con una empresa especializada en esta actividad.

Verificación del producto: En cada etapa de producción se van realizando chequeos a la fabricación y por último se procede hacer la revisión en la que se determina si el producto cumple con todos los estándares de calidad requeridos por el cliente, con el fin de tener la menor cantidad de reprocesos.

Entrega final e instalación: Por último, se hace la entrega del producto terminado y verificado con su respectiva instalación, esto varía dependiendo del producto requerido por el cliente.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra los actores relacionados a la Empresa Metálicas Bonilla y al caso de estudio:

Tabla 1. Actores relacionados a la metalmecánica y al caso de estudio

Nombre	Descripción
 <div style="display: inline-block; background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> <p>El ambiente es de todos</p> </div> <div style="display: inline-block; background-color: #007bff; color: white; padding: 5px; text-align: center; margin-left: 10px;"> <p>Minambiente</p> </div>	<p>El Ministerio de Ambiente según el Decreto 3570 es el encargado de regular y orientar el ordenamiento ambiental del territorio. Tiene como objetivo principal definir las políticas, el ordenamiento, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables, la conservación y protección del medio ambiente de la nación, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible. Con base a esto, la entidad tiene como función diseñar y regular las políticas públicas generales que buscan el saneamiento del</p>

ambiente para el uso, manejo, aprovechamiento, restauración y recuperación de los recursos naturales, con el propósito de impedir o mitigar el impacto de actividades contaminantes, como el sector productivo. Además, el Ministerio propone a las empresas determinados lineamientos básicos como el control y manejo de sus procesos productivos, para la prevención y mitigación de contaminantes que puedan surgir de dichas actividades (Presidencia de la República, 2011).



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

SECRETARÍA DE AMBIENTE

La Secretaría Distrital de Ambiente tiene como función principal formular la política ambiental y ejercer la autoridad ambiental en el Distrito Capital; como tener el control y la vigilancia de las normas de protección ambiental e imponer sanciones a quienes correspondan infringir dichas normativas, entre otras. La relación que tiene con el proyecto es porque busca una mejora en las actividades de producción de la empresa con las normativas rígidas. La información brindada de esta entidad, las recomendaciones realizadas se basan al cumplimiento de la legislación ambiental vigente (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

SALUD

Secretaría de Salud

La Secretaría de Salud es la entidad encargada de garantizar el derecho a la salud integral para el mejoramiento de la calidad de vida de la población en el Distrito Capital. Brinda información acerca de la salud de los habitantes, en un territorio específico. Estos estudios permiten relacionar el mal manejo de los residuos y el deterioro de la salud (Secretaría Distrital de Salud, 2018).



El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación es el representante de la Organización Internacional de Normalización (ISO) en Colombia. Esta entidad tiene como objetivo establecer las normas técnicas y la certificación de normas de calidad de una empresa. Además, estas guías permiten desarrollar alternativas de mejora dentro de la empresa, para un adecuado manejo y tratamientos de residuos (Icontec Internacional, 2020).



La Universidad El Bosque se caracteriza por su enfoque Biopsicosocial, de modo que permite comprender la Ingeniería Ambiental como una disciplina que responde a las necesidades sociales, biológicas y psicológicas de un entorno específico, con el fin de proponer soluciones integradas de acuerdo con las legislaciones ambientales y mantener la sostenibilidad que tiene el país. Este enfoque y la calidad del contenido aprendido a lo largo de la carrera fueron muy útil a la hora de realizar la tesis, pues permitieron entender el valor social que tiene la realización de estos proyectos (Universidad El Bosque, 2019).

Fuente: Elaboración propia (2020).

Referentes teóricos y conceptuales

Para el desarrollo de este trabajo de grado se tuvieron en cuenta ciertas teorías relacionadas con este caso estudio, tales como *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Economía Circular y Desarrollo Sostenible* las cuales constituyen el marco teórico. con respecto al marco conceptual se tuvieron en cuenta los siguientes conceptos, *industrias metalmecánicas, residuos sólidos, aprovechables, residuos peligrosos, gestión integral, manejo integral, plan de manejo integral de residuos sólidos, generación, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y valoración, transformación, disposición final, modelo, reutilización, recuperación, producción más limpia y política ambiental*, descritos cada uno en un orden cronológico.

Marco teórico

La *Gestión integral de residuos sólidos* es definida en el *Decreto 2981 de 2013* como el “conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables” (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2013). Con esta definición se busca promover la eficiencia del uso de materiales, teniendo en cuenta las alternativas de producción más limpia y el uso circular de los flujos de materiales, impulsando la transformación de los sistemas productivos, de esquemas lineales hacia los modelos circulares.

Esta gestión trae beneficios económicos a partir de la valorización de los recursos en repetidos ciclos, pues permite minimizar costos de producción cuando se aplican los principios de la *Estrategia Nacional de Economía Circular - ENEC* (Romano, 2019) la cual parte del modelo de *economía circular* y se trata de una práctica que genera ventajas enfocadas en la sostenibilidad.

La economía circular va de la mano con el *desarrollo sostenible*, definido como “la satisfacción de necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Brundtland, 1987, p.). Dicho concepto plantea el vínculo del desarrollo económico, social y sus efectos en el medio natural (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019a).

Marco conceptual

Para proponer un plan de manejo integral de residuos a la empresa Metálicas Bonilla, se indagaron aspectos relevantes que definen la producción de las *industrias metalmecánicas*. La *industria metalmecánica* se define como “un conjunto de actividades manufactureras que utilizan entre sus insumos principales productos de la siderurgia y/o sus derivados, a los cuales se les aplica algún proceso de transformación, ensamble o reparación” (Villamil, Cardozo & Castellani, 2018, p.).

En cada proceso se genera una serie de *residuos sólidos* definidos según el Decreto 2981 (de 2013) como cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en *aprovechables* como cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo y no aprovechable.

En los conceptos principales se encuentran los Residuos Peligrosos - RESPEL definidos en el Decreto 1076 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) como un desecho que, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas, puede causar riesgos, daños o efectos no deseados, directos e indirectos, a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considerará residuo peligroso los empaques, envases y embalajes que estuvieron en contacto con ellos.

Para darle un buen uso a estos residuos es necesario el seguimiento de herramientas como la *gestión integral* y el *manejo integral*. Según el *Decreto 1076 de 2015*, la *gestión integral* es la herramienta articulada de acciones políticas, normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de evaluación, seguimiento y monitoreo desde la generación hasta la disposición final de residuos. De acuerdo con dicho decreto, el *manejo integral* se refiere al conjunto de acciones realizadas sobre los residuos, como la adopción de medidas para la prevención; reducción y separación en la fuente; acopio; almacenamiento; transporte; aprovechamiento y disposición final; e importación y exportación de residuos o desechos peligrosos. Estos procesos, sean realizados de forma individual o conjunta, buscan proteger la salud humana y el medio ambiente.

Para la implementación de estas herramientas se propone un *Plan de Manejo Integral de Residuos - PMIRS*, como un documento que contiene el conjunto de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades que garanticen el manejo de los residuos en la industria (Valencia, 2009). La implementación del plan se puede dar con los siguientes elementos: (i) *Generación*: Acción de producir residuos sólidos (Unipalma, 2016); (ii) *Almacenamiento*: Es la acción del usuario de guardar temporalmente los residuos sólidos en depósitos, recipientes o cajas de almacenamiento como lo señala el Decreto 2981 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2013); (iii) *Recolección*: Es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por la persona prestadora del servicio (Nomblera & Carranza, 2017); (iv) *Transporte interno*: traslado de residuos desde el lugar de generación hasta el centro de acopio como lo indica la GTC 24 (Icontec, 2009); (v) *Aprovechamiento y valorización*: Es el proceso; mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos según el Decreto 2981 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y

Territorio, 2013) y la GTC 24 (Icontec, 2009); (vi) *Transformación*: implica la alteración física, química o biológica de los residuos. En caso de que el residuo no pueda ser aprovechado, se utilizan sistemas de tratamiento para disminuir su peligrosidad (Valero, 2017); (vii) *Disposición final*: Proceso de aislar y confinar los residuos sólidos, de forma definitiva en lugares especializados para evitar la contaminación y los riesgos en la salud humana como lo indica el Decreto 1076 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Como la alternativa más viable para abarcar todos los procesos que se lleva a un *modelo* expuesto como un *plan de manejo integral*, es buscar minimizar la contaminación y además generar beneficios económicos en la optimización de procesos productivos en la empresa. Para este *tratamiento* se toman los lineamientos definidos en el Decreto 1076 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015), como un conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos. Esto permite incrementar sus posibilidades de *reutilización*, definida en este Decreto como

La prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015, p.586).

Estas acciones son necesarias para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana. Otra técnica es la *recuperación* entendida como “la acción que permite retirar de los residuos aquellos materiales que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015, p.586).

Una buena alternativa a plantear se encuentra en el concepto de *producción más limpia*, a partir de la cual se pretende disminuir la contaminación y brindar beneficios económicos en la optimización de procesos. Con ello se busca la eficiencia en el uso de materias primas, planteando estrategias de mejora en los diferentes puntos críticos identificados como los sitios con generación de mayor impacto ambiental (Alba & Vargas, 2008).

Estas acciones se realizan con el fin de dar cumplimiento a una normativa para tener una *política ambiental* la cual habla de los principios, criterios y orientaciones generales, formuladas de forma estratégica, para la protección del medio ambiente, el mejoramiento de las condiciones ambientales, regulando y controlando el uso de los recursos naturales y la calidad del ambiente.

Marco legal y normativo

Después de la reunión de Estocolmo en 1972, Colombia expidió el Decreto Ley 2811 por el cual dicta el Código de Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente, este tiene como objetivo, la preservación y restauración del ambiente y la conservación de los recursos naturales, la prevención y control de los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables sobre los demás recursos, regular la conducta humana, individual o colectiva y las relaciones que surgen del aprovechamiento y conservación de tales recursos y de ambiente (Presidencia de la República, 1974).

El gobierno colombiano otorgó por medio de la Ley 23 la prevención y control de la contaminación del medio ambiente, en base al mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional. Gracias a esta Ley, ha permitido que el desarrollo normativo frente al tema ambiental sea más fuerte

cada día (Congreso de Colombia, 1973).

La gestión de residuos sólidos en Colombia ha tenido un proceso permanente en respuesta a las falencias e inadecuadas condiciones de manejo de los residuos. Las bases legislativas de Colombia en torno al tema de residuos se encuentran en la Ley 9 de medidas sanitarias (Congreso de Colombia, 1979), la Ley 99 Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente en donde se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA (Congreso de Colombia, 1993) y la Ley 142 por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios (Congreso de Colombia, 1994). Estas normas se han ido modificando según las necesidades que se han ido presentando con el fin de una mejora continua en el desarrollo del país.

Con lo anterior, se da a lugar a la creación del marco legal y normativo, el cual juega un papel importante en el desarrollo del proyecto, pues es la base técnica y teórica que se tiene en cuenta para todos los temas a tratar. A continuación, se presenta por medio de una tabla, la legislación que es aplicable a este caso estudio:

Tabla 2. Marco legal

Título de la norma	Descripción	Relación con el proyecto
Decreto 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.	Decreta el cómo la empresa debe ser el contar con un centro de acopio y el cómo se deben presentar los residuos sólidos ante los servicios públicos.
Resolución 2184 de 2019 (rige en el 2021)	Por el cual se modifica la resolución 668 del 2016 sobre el uso racional de las bolsas plásticas y otras disposiciones	Artículo 4. Adóptese el nuevo código de colores de la separación de residuos sólidos en la fuente.
Guía Técnica Colombiana GTC 24	Guía para la separación en la fuente.	Permite implementar medidas para la disminución de residuos con actividades como la separación en la fuente y alternativas como el reciclaje, reutilización y en última medida la disposición final del material.
Guía Técnica Colombiana GTC 86	Guía para la implementación de la gestión integral de Residuos	Plantea directrices para la realización del plan de gestión integral en residuos enfocado en todos programas de gestión de residuos.
Guía Técnica Colombiana GTC 53-5	Guía para el aprovechamiento de los residuos metálicos.	Plantea procesos de manejo de los residuos metálicos y medidas de aprovechamiento en el acondicionamiento, recolección, reciclaje y reutilización

Guía Técnica Colombiana GTC 53-8	Guía para la minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes	Plantea la reducción del impacto ambiental en cuanto a envases y embalajes de cualquier materia, teniendo como principal enfoque la minimización de estos.
Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible	Guía de actividades de producción más limpia	Brinda un enfoque hacia la sostenibilidad relacionado con el desarrollo de actividades de producción más limpia.

Fuente: Elaboración propia (2020).

7. Aspectos metodológicos

Diseño metodológico

La metodología planteada para este trabajo de grado tiene un enfoque mixto con parámetros cualitativos y cuantitativos de manera teórica y sistemática; involucra un análisis cualitativo y uno cuantitativo) dado que involucra aspectos teóricos, un diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos seguido de la identificación de alternativas de prevención y mejora en los procesos productivos, para posteriormente realizar y presentar un modelo de plan de manejo integral; es de tipo cuantitativo porque se realiza un análisis sistemático de las variables encontradas a las cuales se les realiza una descripción estadística.

Estos dos enfoques se emplean para la recolección de datos y posible solución a la problemática planteada en el caso estudio por medio de los objetivos a ejecutar. La utilización de dos estos enfoques permiten, por una parte, analizar el estado actual de la empresa y las características específicas del problema. Por otra, los datos recolectados y el enfoque cuantitativo permitieron mostrar el porcentaje de cumplimiento de las normativas. A partir de esta información se pudieron plantear diversas alternativas para cumplir con el propósito de este caso estudio.

El enfoque cualitativo se caracteriza por brindar un análisis descriptivo del tema que se vaya a evaluar con ayuda de la recolección y el análisis de los datos. Sin embargo, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) la secuencia del estudio puede variar, es decir, la acción indagatoria es dinámica entre los hechos y su interpretación permitiendo que el proceso sea circular. En primer lugar, se realiza una revisión inicial de la literatura, que se va complementando a medida que se realiza cada etapa de la investigación. En la investigación cualitativa a veces es necesario regresar a etapas previas (Bernal, 2010).

Cabe aclarar que en el proceso cualitativo, la muestra, la recolección y el análisis son fases que se realizan prácticamente de manera simultánea (Bernal, 2010). La observación realiza los procesos sin irrumpir, alterar, ni imponer un punto de vista externo, solo se perciben los actores del sistema social (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). Aquellos datos se manejan en diagramas, mapas o cuadros humanos para generar descripciones más detalladas.

Estos cuadros humanos y datos que surgen de la investigación permiten establecer una teoría. Cabe resaltar que las investigaciones cualitativas son de proceso inductivo, lo cual consiste en explorar, describir y luego generar perspectivas teóricas (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). Eso va con

la ayuda de las entrevistas que se realizaron en la empresa y la observación directa, de este modo se analiza el estado actual y adecuado manejo de los residuos sólidos que genera la empresa

El enfoque cuantitativo se caracteriza porque utiliza la recolección de datos normalmente numéricos para evidenciar, caracterizar y analizar patrones de comportamiento. Para este tipo de investigación se debe tener un orden riguroso aunque se puede devolver a evaluar alguna de las anteriores fases (Bernal, 2010). Para el investigador el estudio delimitado debe exponer un problema y sus preguntas de investigación derivan de este. De acuerdo con lo anterior, con ayuda de la revisión bibliográfica posteriormente se plantea un marco teórico y se derivan varias hipótesis, éstas se someten al diseño de investigación. Como resultados, deben confirmar aquellas hipótesis planteadas, por el contrario si se contradice, se descartan y se busca nuevas hipótesis (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Para que sea válida y creíble, los resultados de los datos recolectados deben ser utilizados por medio de procedimientos estandarizados, en donde, tengan un respaldo científico, para que sea objetiva el investigador no debe intervenir con dichos resultados (Bernal, 2010). Además, el enfoque tiene un razonamiento deductivo, esto quiere decir que se comienza con la teoría y de ahí, derivan las hipótesis o las preguntas problemas que surgen en la investigación.

Alcance

El caso estudio tiene dos tipos de alcances: el descriptivo y el correlacional. Si hablamos del alcance descriptivo el objetivo del investigador es explicar situaciones, contextos o sucesos detalladamente cómo son o cómo se manifiestan (Bernal, 2010). El investigador debe analizar lo que va a medir, ya sean conceptos o variables, esto permite demostrar con precisión las dimensiones del problema o situación. La descripción puede ser más o menos profunda, aunque en cualquier caso se basa en la medición de uno o más atributos del fenómeno de interés (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Los estudios correlacionales son aquellos que tienen:

Como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular [...] para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p.93).

A fin de poder describir el desarrollo de cada uno de los objetivos planteados en este trabajo de grado, a continuación se explica la metodología y el enfoque que se utiliza para cumplir con los mismos.

Objetivo específico 1: Diagnosticar la situación actual del manejo de los residuos generados por los procesos realizados en la empresa

Para el primer objetivo específico se recolectaron datos por observación directa, que hace referencia a un **enfoque cualitativo - inductivo**. Se elaboró un diagnóstico y se llevaron a cabo una serie de actividades como entrevistas a los trabajadores y al gerente de la empresa. Esto permitió realizar un diagrama de entradas, procesos y salidas, facilitando el conocimiento detallado de los procedimientos que se ejecutan en la empresa. Se tomó como instrumentos una serie de registros fotográficos y una bitácora de anotaciones para analizar detenidamente cada componente de la empresa. Con base en la entrevista con el gerente y a lo visto en la visita técnica se elaboró una matriz diagnóstica, la cual consiste en evaluar el estado actual de la empresa bajo los criterios que establece la normativa vigente.

Como instrumento se utiliza Microsoft Word y Excel, para la organización de los datos recolectados.

Se evidencia un **enfoque cuantitativo - deductivo**, debido a que es calificado por un “porcentaje de cumplimiento (%)” según la matriz de diagnóstico y los criterios estudiados a evaluar. Dados los permisos pertinentes y la situación actual del país, no se pudo realizar un cuarteo que estaba agendado. Por ende, se obtuvo una estimación de datos con ayuda de una entrevista vía telefónica que se realizó al gerente y al personal administrativo para precisar ciertos detalles.

Teniendo en cuenta lo anterior, la primera fase de este caso estudio tiene un **alcance descriptivo** debido a que busca caracterizar el tipo de actividades que se desarrollan en la industria metalmecánica escogida para la investigación y encontrar los puntos críticos y falencias en las actividades más relevantes que desarrollan.

Objetivo específico 2: Evaluar alternativas de prevención y mejora para la generación y manejo de residuos desarrollados en los procesos productivos.

El segundo objetivo específico tiene un **enfoque cualitativo - inductivo - correlacional**, en donde se evalúan algunas alternativas de prevención y mejora con base en los hallazgos de las visitas institucionales a la Empresa Metálicas Bonilla. Este proceso se efectuó con la ayuda de análisis documental y un análisis en relación con el marco normativo descrito anteriormente. Con base en ello se plantean tres alternativas: la primera, que busca cumplir cada una de las normativas vigentes y donde se hace necesario organizar por medio de las fases, los procesos del manejo integral. Con ello, se pretende determinar la normativa que se debería cumplir para llevar a cabo una buena gestión de los residuos.

En segundo lugar se plantea la normativa que se debe cumplir incluyendo todas aquellas actividades basadas del ciclo de producción más limpio buscando la eficiencia de materiales y recursos en los procesos de la empresa.

Por último, en tercer lugar se presentan alternativas de producción más limpia, basadas en los aspectos a implementar teniendo en cuenta la tecnología CNC con la adquisición de nuevas maquinarias para la mejora de los procesos y la disminución del impacto ambiental, buscando generar ganancias económicas que puedan mejorar la calidad productiva de empresa. En este punto se incluye un apartado específico sobre los aspectos que la gerencia de la empresa debe tener en cuenta para realizar las importaciones de la maquinaria que le facilitará la puesta en marcha del plan de mejora.

Objetivo específico 3: Elaborar un modelo según la propuesta planteada para mejora de estándares que debe cumplir la empresa Metálicas Bonilla.

El tercer objetivo específico tiene un enfoque **cualitativo y cuantitativo**, en donde se genera un modelo para la propuesta de implementación de un plan de manejo integral en residuos, teniendo en cuenta la información suministrada en los objetivos anteriores.

Dicho modelo tiene como **alcance descriptivo** ya que fue diseñado por las investigadoras luego de realizar la lectura de los siguientes documentos base, de los cuales se tuvo en cuenta una serie de criterios absolutos relacionados con los aspectos que se debían incluir en el PMIRS:

Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos metálicos (Icontec, 1999);

Gestión ambiental residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente (Icontec, 2009);

Manual de Gestión Integral de Residuos (Instituto Nacional de Salud, 2010);

Guía para la Gestión y Manejo Integral de Residuos Industria Metalmecánica (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010);

Oportunidades de producción más limpia en el sector de la metalmecánica: Guía para empresarios (Subdirección de Gestión Ambiental Alcaldía de Bogotá, 2013);
Plan de Gestión Integral de Residuos - PGIRS (Unipalma, 2016);
Solid waste management for sustainable development (Jiae, 2017).

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) el seleccionar literatura para sustentar un informe, un plan, un protocolo o un procedimiento escrito documentado entre otros, "es una forma que las comunidades académicas han desarrollado para construir estándares homogéneos en la redacción de reportes y dar crédito a las fuentes originales consultadas, así como comunicarle al lector dónde puede localizarlas" (p.348), en este caso el reporte sería el PMIRS.

Técnicas e instrumentos

Siguiendo los lineamientos para la solución de los objetivos planteados, la recolección de datos se dio por fuentes primarias en la determinación del estado actual de la empresa y por fuentes secundarias en los elementos documentados e investigaciones.

Las técnicas implementadas para la ejecución del proyecto se dieron en un orden sucesivo, donde contamos con información inicial de bibliografías y consultas obtenidas de bases de datos institucionales siendo una guía para la ejecución del proyecto. La siguiente técnica se desarrolló en medio del entorno laboral en visita institucional autorizada (ver el Anexo 1) con base en una reseña fotográfica de los aspectos claves para el análisis (ver el Anexo 2), donde se realizó una observación directa para materializar el caso estudio. Se realizó un análisis documental y de datos recolectados y para complementar la entrevista basada en unas conversaciones con el gerente de la empresa quien brindó información esencial para el caso estudio y abordó su perspectiva frente a la ejecución y los alcances de este proyecto.

Como instrumentos de apoyo, contamos con registros fotográficos, donde se evidencia la maquinaria, las entradas y salidas de cada proceso, el producto final, matrices diseñadas para la organización de la información suministrada (ver la Tabla 3).

Tabla 3. Matriz metodológica

Objetivo General	Objetivo específico	Actividad	Enfoque	Alcance	Método	Técnica	Instrumento	Resultado
Proponer un plan de manejo integral de residuos sólidos orientado a la prevención, control y reducción de los impactos ambientales previstos durante las actividades realizadas en la empresa Metálicas Bonilla.	Diagnosticar la situación actual del manejo de los residuos generados por los procesos realizados en la empresa	Observar cada uno de los procesos que se realizan en la empresa	Mixto Cualitativo / cuantitativo	Descriptivo	Inductivo / deductivo	Observación directa del caso estudio	Bitácora de campo	Identificar y describir en cada una de las actividades realizadas en los procesos productivos de la empresa, realizando una comparación según la normativa aplicada la cual nos permite determinar las falencias y los procesos más
		Determinar los procesos que predominan en las actividades realizadas por la empresa.				Observación directa, análisis de datos recolectados y entrevista.	Microsoft Word y Excel, formato.	

	Evaluar los procesos de acuerdo con la normativa vigente.				Análisis documental recolectada en el marco normativo	Matriz diagnóstica, normativa vigente, documentos	representativos en la generación de residuos.
	Analizar información e interpretación				Análisis documental, entrevista	Matrices de procesos, matriz diagnóstica y matriz normativa	
	Revisión bibliográfica				Análisis documental	Matriz diagnóstica y documentos	
	Correlacionar información con base a las necesidades encontradas				Análisis de registro	Matriz de proceso	
Evaluar alternativas de prevención y mejora para la generación y manejo de residuos desarrollados en los procesos productivos.	Proponer alternativas de acuerdo a los datos recolectados	Enfoque cualitativo	Correlacionar	Inductivo	Análisis de marco normativo y propuestas de PML	Ciclo PML	Diseñar alternativas para el cumplimiento de la normativa y minimización de residuos sólidos generados con el fin dar mejora en cuanto a los procesos productivos de la empresa
	Diseñar portafolio de alternativas según lo evaluado				Análisis documental y marco normativo	Matriz diagnóstica, marco normativo y documentos	
	Diseñar modelos en 3D de acuerdo a la normativa				Análisis del marco normativo y definición del modelo	Programa Tinkercad	
	Diseñar un matriz comparativa según las alternativas producción más limpia				Análisis de variables de alternativas	Microsoft Word	
	Elaborar un modelo según la propuesta planteada para mejora de estándares que				Evaluar alternativas (viable) de producción más limpia	Cualitativo/cuantitativo	Descriptivo

debe cumplir la empresa Metálicas Bonilla.	Desarrollo del modelo PMIRS	Revisión de normativa y alternativas	Microsoft Word y Excel	propuesta de un PMIRS planteada para la mejora de calidad y producción de la empresa Metálicas Bonilla.
	Determinar programas de estrategias para la implementación del PMIRS	Revisión bibliográficas	Microsoft Excel	

Fuente: Elaboración propia (2020).

8. Aspectos éticos

Se tiene en cuenta lo definido en la Resolución 008430 la cual estableció las normas académicas, técnicas y administrativas para el desarrollo de la investigación y para efectos de este trabajo de grado, se trata de una investigación sin riesgo, y según el artículo 11 sobre la clasificación de las investigaciones, el presente estudio se enmarca así:

Investigación sin riesgo: son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta (Ministerio de Salud, 1993, p.3).

Para el presente estudio se contó con la autorización por parte de la Empresa Metálicas Bonilla en la aplicación de los instrumentos, reseña fotográfica dentro de sus instalaciones así como las autorizaciones necesarias para llevar a cabo esta investigación; como se observa en el Anexo 1.

9. Resultados y Análisis

Resultado primer objetivo específico: Diagnosticar la situación actual del manejo de los residuos generados por los procesos productivos realizados en la empresa.

El diagnóstico es necesario para conocer la situación actual en la que se encuentra la empresa y poder actuar con eficacia, es decir, es la base fundamental para diseñar y plantear soluciones a una situación-problema. De igual modo, es el cimiento de las estrategias a plantear y con el cual se busca la solución que mejor pueda resolver las necesidades y que requiere esta empresa.

Para dar cumplimiento al primer objetivo y presentar un diagnóstico completo sobre la situación actual del manejo de residuos en la empresa, se ejecutaron cuatro actividades diferentes con el fin de generar un orden al momento realizar el diagnóstico. Primero, se realiza un diagrama de procesos, explicando cada una de las actividades realizadas en la empresa teniendo en cuenta los materiales e insumos que necesita y los residuos que se generan. Segundo, por medio de una lista de chequeo, se

evalúan criterios desde la generación hasta la disposición final de residuos con respecto a la normativa que se le aplica a la empresa. Tercero, se realiza una recopilación de la situación actual de la empresa en cuanto al incumplimiento de la normativa que se evalúa en el proceso anterior, describiendo qué se realiza en cada apartado. Cuarto, se realiza una caracterización según los reportes de los residuos generados desde el mes de junio 2019 hasta marzo 2020, donde se analizan los tipos de residuos y sus respectivas cantidades.

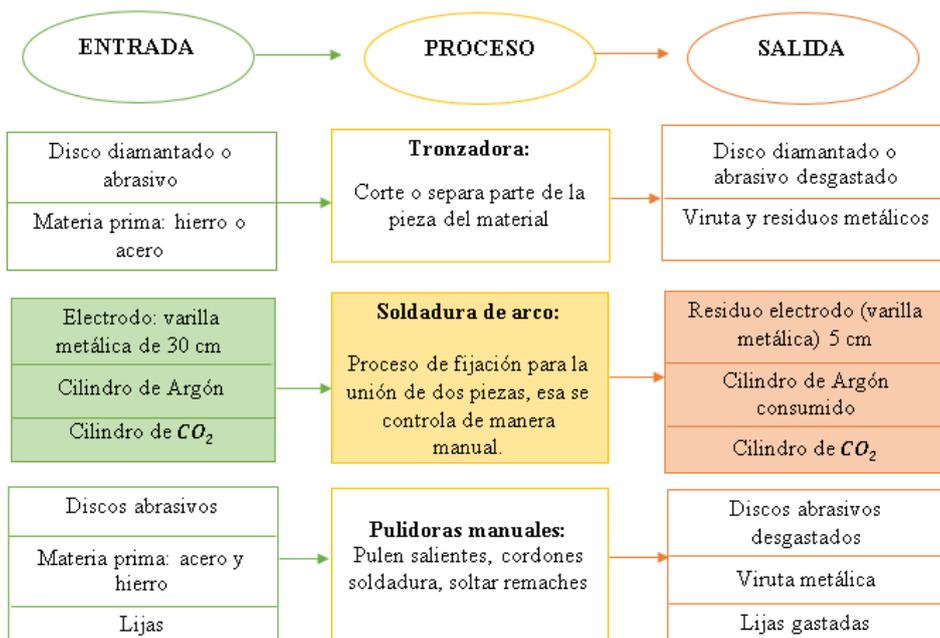
Diagrama de procesos

Durante la visita técnica se determinó el estado actual de la Empresa Metálicas Bonilla, se ejecutó por medio de visitas técnicas, fotografías y una bitácora de campo en donde se revisó cada una de las actividades realizadas para poder obtener los siguientes resultados. Se presenta diagramas de *entradas*, *procesos* y *salidas* explicando cada uno de los procesos productivos que se llevan a cabo en la industria para la ejecución de sus productos y su funcionamiento.

En cada una de estas actividades, se especifica la *entrada* como la materia prima e insumos que requiere cada uno de los diferentes procesos productivos, como lo son: láminas de acero o hierro, varillas, discos abrasivos y diamantados, piedra esmeril, lijas, thinner, estopas y trapos, también insumos de papelería y alimentos, plásticos, entre otros, evidenciado cada actividad realizada en la empresa.

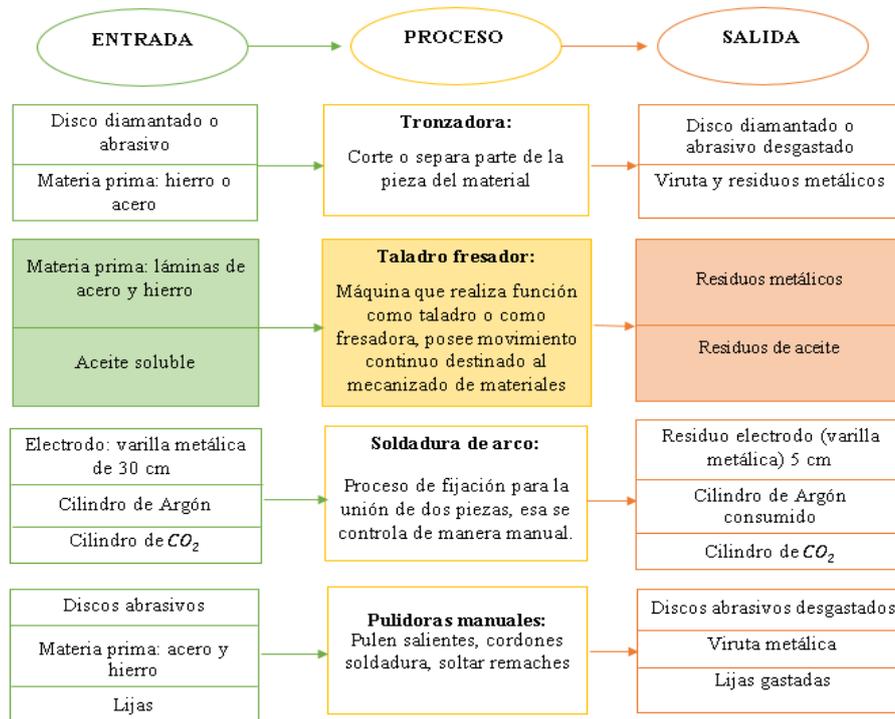
Posteriormente, en *procesos* se describe la actividad realizada, y por último en *salida* se reflejan los residuos generados de cada una de las actividades, independientemente del producto que se vaya a generar. Cabe resaltar que se hizo con el fin de determinar los residuos que esta empresa de metalmeccánica genera y cómo se maneja la ejecución de cada proceso. Ver estos procesos en el diagrama de flujo de las Figuras 6 a la 10.

Figura 6. Diagrama del proceso de soldadura realizado en la empresa



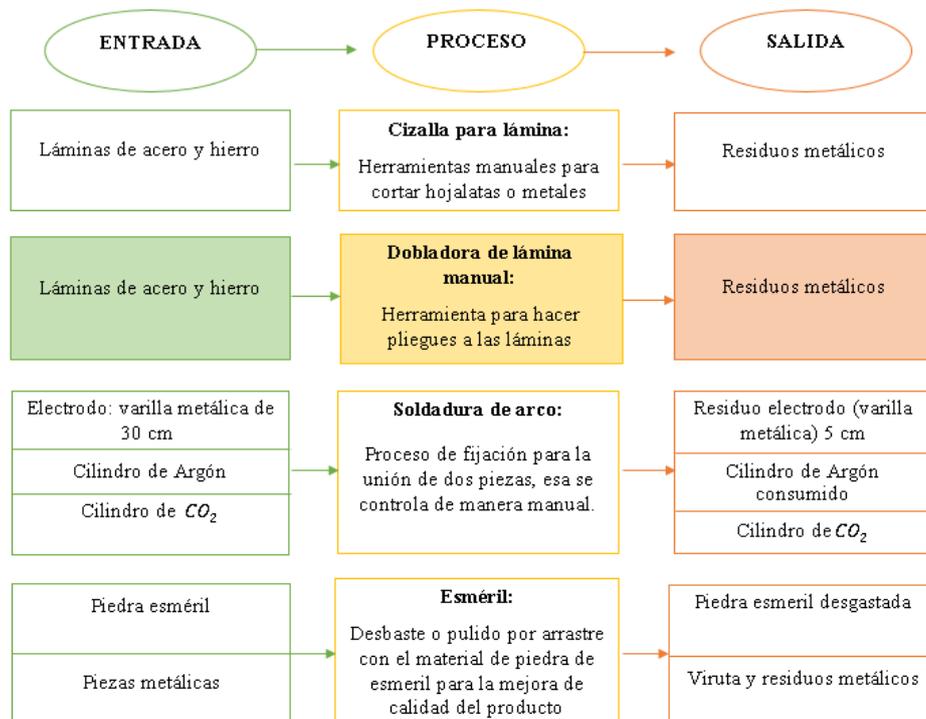
Fuente: Elaboración propia (2020).

Figura 7. Diagrama del proceso de fresado realizado en la empresa



Fuente: Elaboración propia (2020).

Figura 8. Diagrama del proceso de dobladora de lámina realizada en la empresa



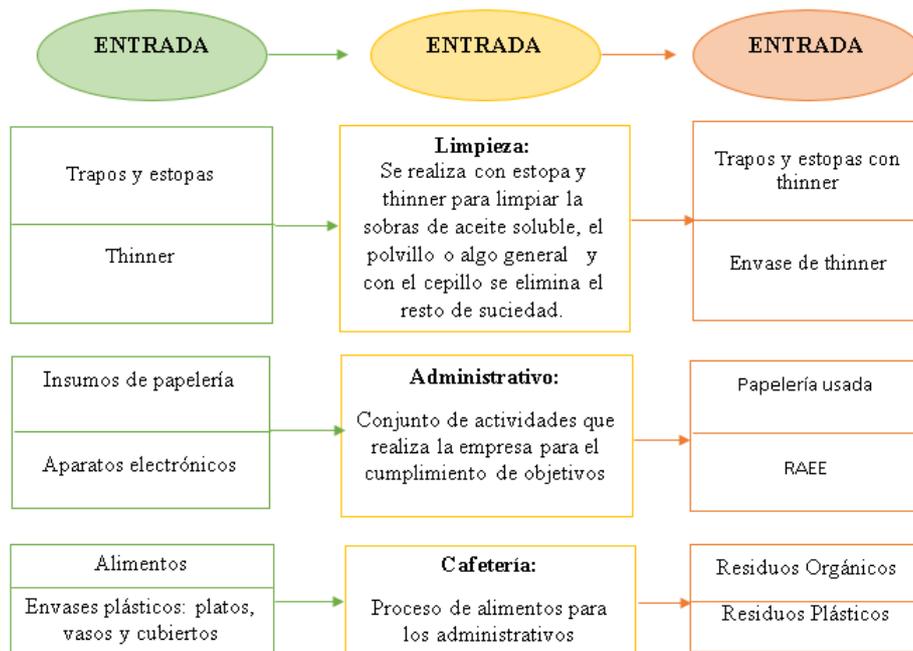
Fuente: Elaboración propia (2020).

Figura 9. Diagrama del proceso de torneado realizado en la empresa



Fuente: Elaboración propia (2020).

Figura 10. Diagrama del proceso administrativo, cafetería y limpieza realizados en la empresa



Fuente: Elaboración propia (2020).

Lista de chequeo

Se realiza una lista de chequeo donde se tuvo en cuenta la normativa vigente en Colombia asociada a los residuos. Con base a ello, se pudo plantear un cuadro diagnóstico donde se evalúan los aspectos más representativos asociados a los procesos productivos que se realizan en la empresa. Esto con el fin de prevenir daños colaterales y evitar sanciones por la falta de cumplimiento o conocimiento de la norma, pues como industria tiene la responsabilidad de proteger, garantizar y cumplir todas las leyes ambientales para poder llevar a cabo los objetivos de sostenibilidad vigentes el país. Los parámetros a evaluar se rigen por la siguiente normativa:

A su vez, el *Decreto 2981 de 2013, Capítulo II, Artículo 20 dicta* los sistemas de almacenamiento colectivo de residuos, especifica los criterios que deben cumplir los usuarios en cuanto al sitio de almacenamiento. Se relaciona con la *Resolución 2184 de 2019* que adopta el nuevo código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente: *La Norma Técnica Colombiana GTC 24 de 2009, Guía para separación en la fuente*. Acá se evalúan criterios de separación, infraestructura, transporte interno y almacenamiento temporal. Se relaciona con la *GTC 53-5 - Guía para el aprovechamiento de residuos metálicos*, provee las características orientadas al adecuado manejo de los residuos metálicos, determinando las etapas de la separación de la fuente, recolección, reciclaje y reutilización de estos, el aprovechamiento al máximo para que sean reciclados. También se relaciona con la *GTC 53-8 - Guía para la minimización de impactos ambientales de residuos de envases y embalajes* evaluando el trato que presentan este tipo de residuos. Finalmente, con el manejo de residuos peligrosos que pese el alcance del PMIRS es para residuos convencionales, se darán lineamientos para el manejo de estos como complemento siendo una información necesaria para la empresa.

Se realiza una lista de chequeo con el fin de evaluar cuantitativamente la situación de la empresa siguiendo cada una de las normativas que a esta le aplica, se divide en los siguientes criterios:

“**Normativa**” legislación específica a estudiar.

“**Temática a tratar**” Actividad enfocada a la empresa

“**Criterio a evaluar**” de acuerdo con la normativa, se evalúa detalladamente qué criterios se deben evaluar en la empresa.

“**Cumple o No cumple**” evaluación el criterio que decreta la normativa en la empresa, si cumple (color verde) tiene un valor del 2.325% o si no cumple (color rojo), tiene un valor del 0%

“**Estado actual**” descripción de la condición en la que se encuentra la empresa según lo observado en las visitas técnicas.

Ver los hallazgos en la lista de chequeo en el Anexo 3.

Se evalúan un total de 4 normativas, divididas en 25 diferentes criterios equivalentes al 100%. El criterio se dará por cumplida si satisface todo lo descrito en el mismo. Esto se realiza con el fin de determinar el “*porcentaje de cumplimiento*” identificado como el porcentaje de criterios cumplidos sobre el total de criterios a evaluar.

$$\frac{\text{Criterios cumplidos} \times 100\%}{\text{Total criterios establecidos}} = \% \text{ de cumplimiento}$$

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Criterios totales - 25 criterios

Criterios cumplidos - 8 criterios

$$\frac{8 \times 100\%}{25} = 32\%$$

Según los cálculos realizados, la empresa cuenta con un porcentaje de cumplimiento de normativa del 32%, esto puede llegar a implicar sanciones o problemas hacia la empresa, pues la normativa básica que le rige no está en completo funcionamiento, concluyendo que la empresa no se encuentra en condiciones aptas para el tratamiento de sus residuos generados.

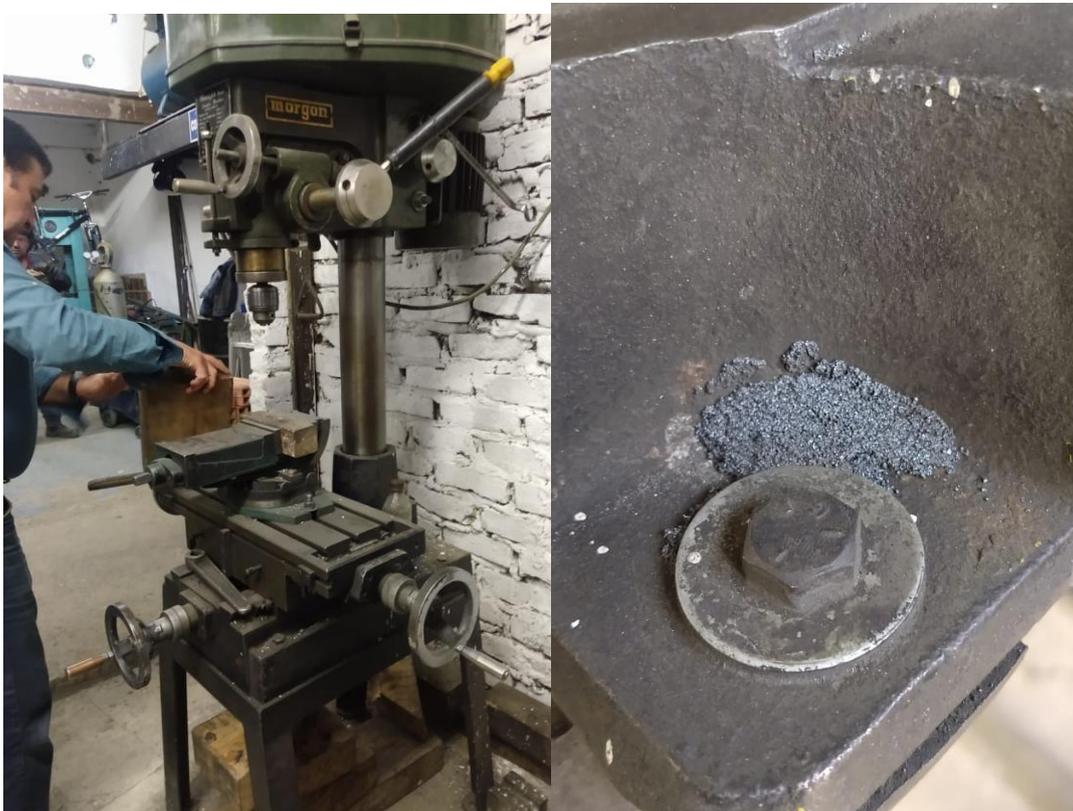
Situación actual

Se realiza una descripción de la situación actual de la empresa según la normativa que se evaluó en el criterio anterior, explicando cómo es la ejecución de cada actividad relacionada con la generación de residuos en la empresa.

- Generación

Los residuos derivados de los diferentes procesos productivos realizados en la empresa no cuentan con un control, no se tiene presente la cantidad que generan ni la clasificación que se le puede dar a cada uno de estos diferentes residuos. Como se puede evidenciar en la figura 11, en el proceso de taladro se genera viruta, la cual se mezcla con el polvo y es depositada como basura convencional.

Figura 11. Imagen representativa del proceso de taladro y el residuo que genera la viruta metálica



Fuente: Elaboración propia (2019).

- Residuos peligrosos (RESPEL) – Anexo 5

Cada generador debe ser responsable de los residuos peligrosos que produce esto dicta la *Ley 1252 de 2008*, sin embargo, se evidencia que el personal no tiene el conocimiento en cuanto a residuos peligrosos y los que genera, por ende los residuos generados de esta índole son desechados en la basura convencional.

La empresa genera residuos peligrosos como lo son las estopas con thinner, desengrasante o aceite soluble, los recipientes que contienen estos químicos y los cilindros de gases comprimidos utilizados en procesos de soldadura, estos elementos deben tener en cuenta las normas de seguridad para facilitar la gestión de estos residuos.

De acuerdo con *el Decreto 1076, Artículo 2.2.1.2.4 (Decreto 4741 de 2005, Artículo 7)*, toda industria debe tener en cuenta la identificación de las características de peligrosidad en cada uno de los residuos. Sin embargo, la empresa no cuenta con la formación ni un plan de contingencia para las medidas preventivas de riesgo y control de acuerdo con la normatividad vigente. (Ver anexo 5)

- Envases y embalajes

Al evaluar cómo manejan los residuos de envases y embalajes, se realiza un enfoque en procesos de soldadura (soldadura MIG). Esta actividad se emplea para soldar diversos materiales, aceros al carbono, metales inoxidables, aluminios, entre otros. Para llevar a cabo este proceso, se necesita el uso de dos tipos de gases diferentes: está el Argón el cual es utilizado para los materiales en acero y el Dióxido de carbono (CO₂) para soldar los materiales de hierro. El uso de estos gases requiere la presencia de cilindros de compresión. Cuando este gas es gastado, los cilindros son regresados al proveedor para que sean recargados nuevamente y poder tener un buen aprovechamiento del envase. Sin embargo, los envases de las sustancias químicas que se utilizan para la limpieza de estas maquinarias, simplemente se tiran a la basura convencional. Esto evidencia que no cumplen con los criterios que dicta la *GTC 53-8*.

Figura 12. Maquinaria MIG de proceso soldadura de la empresa.



Fuente: Elaboración propia (2019).

- Transporte interno y almacenamiento temporal

El transporte interno consiste en desplazar los residuos desde su fuente de generación hasta su centro de acopio o lugar de almacenamiento temporal. Según lo evaluado, la empresa deja los residuos en unas canecas en el pasillo. La frecuencia de recolección interna que tiene la metalmecánica es el mínimo tiempo posible, es decir, al finalizar cada proceso que genere residuos en la empresa. Estos se depositan de manera inmediata en las canecas.

Dentro de la empresa no cuentan con un centro de acopio donde se deberían almacenar los residuos, como se mencionó, ellos cuentan con canecas donde se depositan todo tipo de material, sin embargo su ubicación varía dependiendo del espacio que se encuentre disponible en el momento que se ejecuten los procesos. En las siguientes imágenes se evidencia el sitio de almacenamiento actualmente:

Figura 13. Imagen representativa del centro de acopio y almacenamiento de los residuos metálicos en la empresa metalmecánica



Fuente: Elaboración propia (2019).

Como se demuestra en las Figuras 13, las canecas se encuentran en diferentes presentaciones, la imagen de la izquierda la caneca está sobre un barril que se encuentra lleno de otro tipo de materiales. La imagen de la derecha la caneca se encuentra obstaculizada con unas escaleras, canecas de pintura, tejas de zinc, varillas, entre otros. Sin embargo, estas se encuentran ubicadas en un pasillo que la empresa utiliza para que estos no desechos no obstaculicen sus procesos. Los residuos metálicos son depositados en estos envases, cuyo estado puede generar daños al medio ambiente dada su oxidación.

Figura 14. Imagen representativa del sitio donde se encuentran las canecas con residuos metálicos



Fuente: Elaboración propia (2019).

- Disposición Final

La empresa mensualmente vende las canecas llenas de residuos metálicos a los recicladores informales de la zona. Esto varía dependiendo del flujo de trabajo que se tenga en el mes. En la siguiente tabla (Tabla 4) se realiza una recopilación de datos de los kg de residuos metálicos vendidos a lo largo de 9 meses.

Tabla 4. Descripción de residuos aprovechables vendidos al chatarrero durante los últimos nueve meses

Mes del año 2019 y 2020	Kilogramo de residuo metálico vendido
Junio	10 kg
Julio	10 kg
Agosto	100 kg
Septiembre	-
Octubre	-
Noviembre	50 kg
Diciembre	40 kg
Enero	-
Febrero	-

Fuente: Elaboración propia (2020).

Clasificación de residuos

Recopilando los datos de los criterios para realizar el diagnóstico, se logró identificar que en la empresa solamente realiza la separación por residuos aprovechables, identificados como los residuos vendidos a un reciclador informal (residuos metálicos) y por residuos convencionales, como los de papelería, baños y cafetería. Sin embargo, los residuos peligrosos también están presentes y se desechan en la basura convencional.

Se realizó una recolecta de información por medio de datos suministrados por el gerente de la empresa, desde el mes de junio del año 2019 hasta el mes de febrero del año 2020, de los kilogramos de residuos metálicos generados, un aproximado de los kilogramos de los residuos convencionales, y una suposición de los kilogramos de los residuos peligrosos generados, aunque no tengan presentes que son residuos peligrosos, tienen el presente la cantidad de estas sustancias que compran y cómo las usan, por último el personal trabajando.

Se realiza una tabla (Tabla 5) con el fin mostrar un reporte de los residuos generados.

Tabla 5. Reporte de residuos (kg) generados en la empresa mensualmente

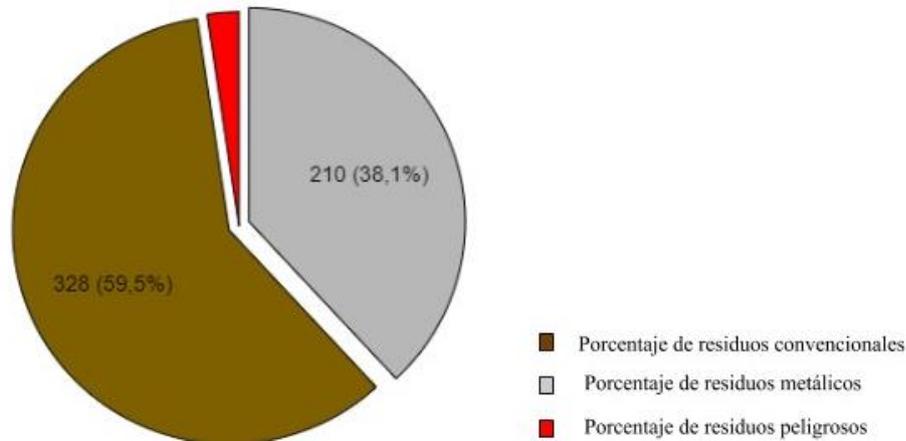
Meses del año	Kilogramos de Residuos Metálicos Generados		Kilogramos de Residuos Convencionales Generados		Kilogramos de Residuos Peligrosos Generados		Personal Trabajando
		kg		kg		kg	
Junio	10	kg	24	kg	0,5	kg	4
Julio	10	kg	24	kg	0,5	kg	4
Agosto	100	kg	40	kg	5	kg	8
Septiembre	-	kg	40	kg	-	kg	8
Octubre	-	kg	40	kg	-	kg	8
Noviembre	50	kg	40	kg	4	kg	8
Diciembre	40	kg	40	kg	3	kg	8
Enero	-	kg	40	kg	-	kg	8
Febrero	-	kg	40	kg	-	kg	8
Total	210	kg	328	kg	13	kg	N/A

Fuente: Elaboración propia (2020).

Se puede evidenciar que la cantidad de residuos generados varía dependiendo del flujo de trabajo que la empresa obtenga en el momento; los meses que no presenta residuos metálicos o peligrosos se deben a que la empresa se encuentra en diferentes procesos como lo es la instalación y transporte de superficies metálicas en el sitio donde el contrato lo requiera. La empresa así sea micro generadora RESPEL necesita tener un manejo de este tipo de residuos, por ende se justifica la inclusión de un documento guía (Anexo 5) para el apoyo del manejo de estos.

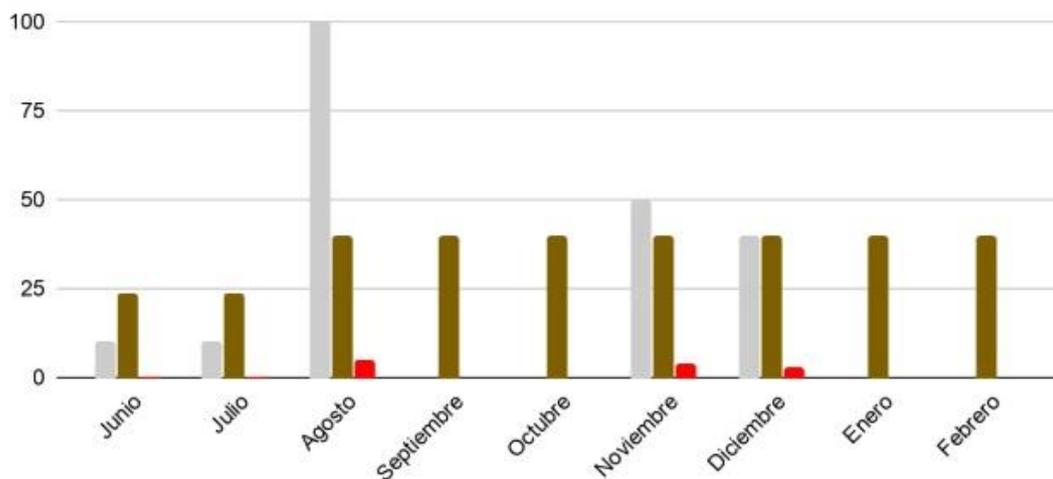
En la Figura 15 se muestran los valores de los kilogramos de generación de residuos por meses del año, donde se resalta la constancia de residuos convencionales. Esto se debe al número de trabajadores y a la variación de residuos metálicos y peligrosos por flujo de trabajo.

Figura 15. Porcentaje (%) de residuos generados en la empresa



Fuente: Elaboración propia (2020)

Figura 16. Kilogramos de residuos generados metálicos y convencionales



Fuente: Elaboración propia (2020).

Resultado segundo objetivo específico: Evaluar alternativas de prevención y mejora para la generación y manejo de residuos desarrollados en los procesos productivos

Con base al *Decreto 2981 de 2013*, en cuanto a la evaluación de alternativas, se presenta un ciclo de producción en el manejo integral como la adopción de medidas necesarias resumidas en la generación, segregación, recolección y transporte, almacenamiento y disposición final de los residuos sólidos y peligrosos generados en la empresa. Se desarrolla este objetivo en tres partes, en primer lugar se plantea el cumplimiento total de la normativa que rige a la empresa, mostrando un planteamiento de cómo debería hacer cada proceso, pues se evalúan todas las falencias que esta presenta y se muestran modelos para el planteamiento de una implementación de esto. En segundo se plantean actividades basadas en el ciclo de producción más limpia buscando la eficiencia de materiales y recursos en los procesos de la empresa. En tercer lugar se presentan alternativas de producción más limpia basadas en nuevas maquinarias para la mejora de procesos, así disminuir el impacto ambiental y generar una serie de ganancias económicas que pueden ayudar a mejorar la calidad y la eficiencia de la empresa.

Esto con el fin de identificar las alternativas más óptimas llevando a cabo una matriz de viabilidad que nos permita encontrar las ventajas y desventajas de cada alternativa planteada.

Cumplimiento de normativa - Manejo integral de residuos

El *Manual de Gestión Integral de Residuos* del Instituto Nacional de Salud (2010), propone pasos para desarrollar un adecuado manejo integral, esto se da por medio de la generación, segregación, recolección, transporte, almacenamiento y disposición final. La *imagen x* plantea este sistema para llevar un cumplimiento más sencillo de la normativa. La generación va de color rojo debido a que es el proceso que más contaminación presenta, la segregación de color verde porque es el proceso amigable con el ambiente pues es la fase más importante para facilitar el aprovechamiento de los residuos y la disminución de estos, amarilla la recolección y transporte interno con ese color es más fácil la identificación de rutas y señalización en los sitios propuestos, almacenamiento de color azul, debido a que genera salubridad en el sitio de trabajo por un mejor control en los residuos, y finalmente morado en disposición final por el trato con las empresas de aseo y el proceso externo que se realiza. Frente a estas actividades, se encuentran las características principales de cada una de ellas.

Figura 16. Procesos del manejo integral de residuos



Fuente: Elaboración propia (2020).

- Generación

La generación de residuos se puede definir como la acción de producir desechos derivado de las diferentes actividades industriales, es importante tener un control de esto pues provoca impactos negativos en el ámbito ambiental, económicamente, sanitario y social.

En busca de un cumplimiento de la normativa, la industria metalmecánica, presenta una amplia generación de residuos en todos sus procesos productivos, la *GTC 24* como alternativa muestra elementos de reducción en la fuente, donde se opta sólo por utilizar la cantidad necesaria para fabricar un artículo específico, de esta manera bajan los costos de producción y se aprovecha materia prima. Para los residuos metálicos, la *Guía Técnica Colombiana GTC 53-5 en su apartado 6.1 Reducción en la Fuente*, vincula los siguientes aspectos: (i) Disminución en el espesor de la lámina; (ii) reciclaje del material de empaque del rollo; (iii) aprovechamiento óptimo del área de corte; y (iv) disminución de material por cambio en los procesos de soldadura.

- Segregación

El *manual de gestión integral de residuos* define la segregación como la base fundamental de la adecuada gestión de residuos, consiste en la clasificación y disposición de los residuos en canecas y contenedores adecuados, de acuerdo con la legislación vigente. Para los residuos convencionales en la empresa, existe una adecuada separación en la fuente en el sector industrial, la cual se debería implementar cuando finaliza cada proceso productivo. En la *Tabla 6 sobre el tipo de Residuo para la Separación en la Fuente* en la *GTC 24* se evidencia detalladamente la separación en la fuente en cuanto a residuos aprovechables, no aprovechables y orgánicos.

Tabla 6. Tipos de residuo para la separación en la fuente de la GTC 24

Tipo de residuo	Clasificación	Ejemplos
Residuos no peligrosos	Aprovechable	<ul style="list-style-type: none"> - Cartón y papel (hojas, plegadiza, periódico, carpetas). - Vidrio (Botellas, recipientes)^A. - Plásticos (bolsas, garrafas, envases, tapas)^A - Residuos metálicos (chatarra, tapas, envases)^A - Textiles (ropa, limpiones, trapos) - Madera (aserrín, palos, cajas, guacales, estibas) - Cuero (Ropa, accesorios) - Empaques compuestos (cajas de leche, cajas jugo, cajas de licores, vasos y contenedores desechables)^A
	No aprovechable	<ul style="list-style-type: none"> - Papel tissue (papel higiénico, paños húmedos, pañales, toallas de mano, toallas sanitarias, protectores diarios) - Papeles encerados, plastificados, metalizados - Cerámicas - Vidrio Plano - Huesos - Material de barrido - Colillas de cigarrillo - Materiales de empaque y embalaje sucios
	Orgánicos Biodegradables	<ul style="list-style-type: none"> Residuos de comida Cortes y podas de materiales vegetales hojarasca

Fuente: Icontec (2009).

La *GTC 24 de 2009* para la implementación del código de colores quedará obsoleta a partir del año 2021 debido a que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, junto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, establecieron un código de colores unificado por medio de la *Resolución 2184 de 2019*. Canecas blancas para los residuos aprovechables, separando según el tipo de contenido y del material, verdes para depositar residuos orgánicos aprovechables como los restos de comida y negras para los residuos no aprovechables.

Figura 17. Código de colores según la resolución 2184 de 2019.



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019b).

En cuanto a la separación de residuos metálicos existe la Guía Técnica Colombiana GTC 53-5, Guía para el aprovechamiento de residuos metálicos, en la Tabla 7 sobre residuos metálicos aprovechables dictada en la GTC 53-5, se presenta una separación de los residuos metálicos ferrosos y no ferrosos y el tipo de reciclaje que se debe implementar.

Tabla 7. Tabla de residuos metálicos aprovechables

Tipo de residuo	Ejemplos	Tipo de reciclaje
Ferroso	Hojalata	Primario
	Lámina cromada	Primario
	Bienes de línea blanca	Secundario
	Laminado en frío	Secundario
	Laminado en caliente	Secundario
	Hierro gris y acero al manganeso	Primario
	Briquetas	Primario
Arrabio	Primario	
No ferrosos	Aluminio, cobre, bronce, latón, antimonio, plomo, estaño, níquel.	Primario

Fuente: Icontec (1999).

A continuación, en la Tabla 8 se evidencia cómo sería la correcta implementación de segregación según el tipo de residuos, sus características y el tipo de envase y etiquetado que debería utilizar.

Tabla 8. Segregación ideal en la empresa

Tipo de Residuos	Características		Tipo de Envase y Etiqueta Etiqueta
Aprovechables	Se emplea para expresar la obtención de algún tipo de beneficio o de provecho. A todos los residuos metálicos y de papelería generados en la empresa se les puede emplear diferentes procesos como reciclaje y reutilización pues son materias primas.	Ferrosos Presencia de hierro	 <p>Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019b)</p>
		No Ferrosos Minima presencia de hierro	
No aprovechables	Dicho en el <i>Decreto 2184 de 2019</i> como todo material o sustancia que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación a un proceso productivo.		 <p>Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019b)</p>

Orgánicos Aprovechables	Son residuos biodegradables de origen vegetal o animal, susceptibles de degradarse biológicamente	 <p>Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019b)</p>
-------------------------	---	---

Fuente: Elaboración propia (2020).

- Recolección y transporte interno

En el proceso de recolección y transporte interno, la *GTC 24 de 2009* consiste en el traslado de residuos desde el lugar de generación hasta el centro de acopio o sitio de almacenamiento, esta guía muestra viñetas claves principales para el transporte.

1. Se debe garantizar la recolecta de la totalidad de los residuos generados.
2. La frecuencia de recolección interna debe considerar que el tiempo de permanencia sea el mínimo.
3. Todos los procesos de recolección se deben realizar de forma segura, se debe garantizar que la separación de residuos no se pierda.
4. Se recomienda que desde el proceso de recolección al sitio de almacenamiento el recorrido sea el mínimo.
5. Se deben realizar actividades de limpieza en los elementos utilizados para la recolección y transporte.
6. La ruta de transporte interno debe estar completamente señalizada y delimitada.

Este proceso se realiza por medio un elemento conocido como carretilla, carreta o zorra de carga (ver la Figura 18).

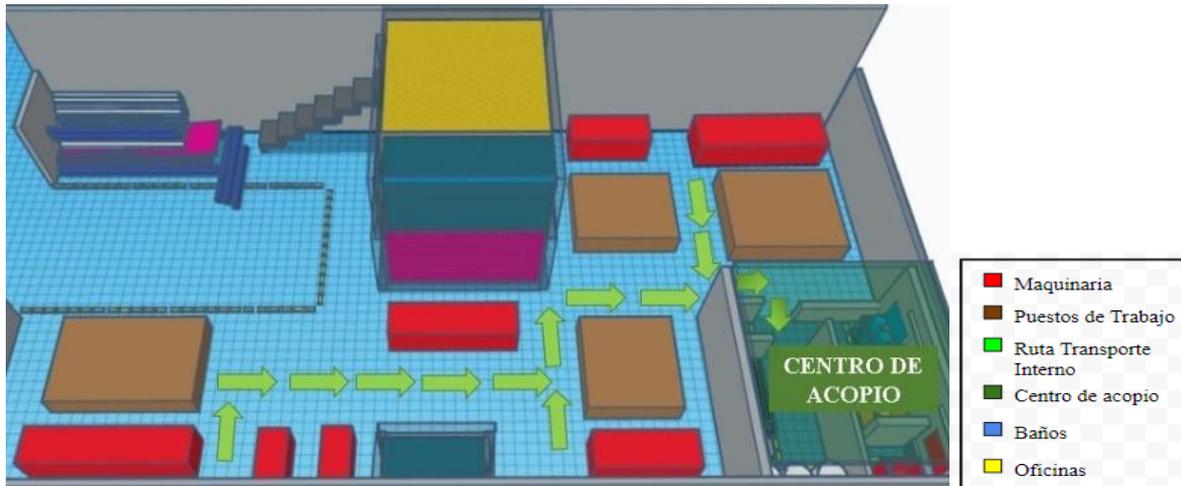
Figura 18. Carretilla, carreta, zorra de carga



Fuente: Comercializadora D&M Tools S.A.S. (2020).

Para tener la recolección y transporte interno, se plantea un modelo en 3D especificando cómo debería ser la ruta dentro de la empresa.

Figura 19. Modelo recolección y transporte interno



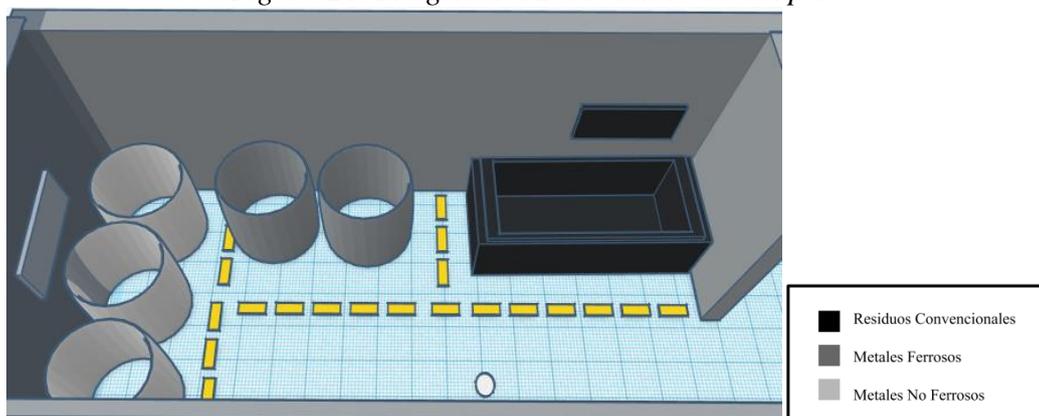
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa Autodesk Tinkercad (2020).

- Almacenamiento

El almacenamiento es el sitio en el que serán depositados los residuos en forma ordenada y correctamente identificados, este lugar debe contar con recipientes que proporcionen seguridad, higiene y aislamiento de los residuos, instalaciones señalizadas (áreas de acopio y sistemas de evacuación y transporte interno), para la *GTC 24 de 2009, numeral 6.2.1*, este sitio deberá tener los acabados que permitan su fácil limpieza e impedir la formación de ambientes propicios para el desarrollo de microorganismos en general, sistemas que permitan la ventilación como rejillas o ventanas; y de prevención y control de incendios, como extintores y suministro cercano de agua y drenaje, deben ser construidas de manera que se evite el acceso y proliferación de insectos, roedores y otras clases de vectores e impida el ingreso de animales domésticos, contar con un programa de extinción de vectores, disponer de báscula para el control de la generación, contar con un sistema de control de olores, contar con características estructurales, de resistencia físico química para los residuos que se almacenen ahí, deberán tener una adecuada accesibilidad para los usuario y la ubicación del sitio no debe causar molestias e impactos a la comunidad.

Para tener un centro de acopio o almacenamiento cumpliendo los requisitos que rige a norma, se realizó un modelo en 3D mostrado en la *Figura 20*, planteando como sería la correcta segregación según cada tipo de residuo.

Figura 20. Imagen en 3D del centro de acopio



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa Autodesk Tinkercad (2020).

- Transporte y disposición final

La *GTC 24*, establece en su *apartado 7* la entrega de residuos al prestador del servicio de recolección, para cumplir con un monitoreo se debe realizar un registro que lleve el horario y la frecuencia en donde se hace la recolección de los residuos, teniendo en cuenta el tipo de recolección que tiene la empresa, en este caso rige la recolección en el andén o en centros de acopio. Sin embargo todos los procesos de transporte son gestionados directamente con la empresa encargada del servicio de aseo según la zona en la que se encuentra la empresa, para que dicha empresa haga una correcta recolección sin generar que se revuelvan los residuos previamente segregados y así brindando una adecuada disposición final de estos.

Producción más limpia

La *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020) plantea la definición de Producción más Limpia - PML descrita por la UNEP - United Nations Environment Programme como una aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia y para reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente.

Con base a la implementación de alternativas de producción más limpia, la *Guía para la Gestión y Manejo Integral de Residuos Industria Metalmeccánica* presentada por la Secretaría Distrital de Ambiente (2010), muestra las ventajas que presenta dichas estrategias en una empresa, mencionadas a continuación:

- Estrategias encaminadas al desarrollo sostenible
- Mejora la competitividad
- Continuidad de la actividad productiva
- Mejora la eficiencia en los procesos productivos, en los productos y en los servicios
- Ayuda con el cumplimiento de la normativa ambiental
- Mejoramiento continuo de la gestión ambiental
- Disminuye las inversiones en sistemas de control al final del proceso

Se plantea el un diagrama del ciclo de vida de la producción más limpia adaptándola a las necesidades y los criterios de la empresa mostrado en la siguiente manera (Figura 21).

Figura 21. Ciclo de producción más limpia

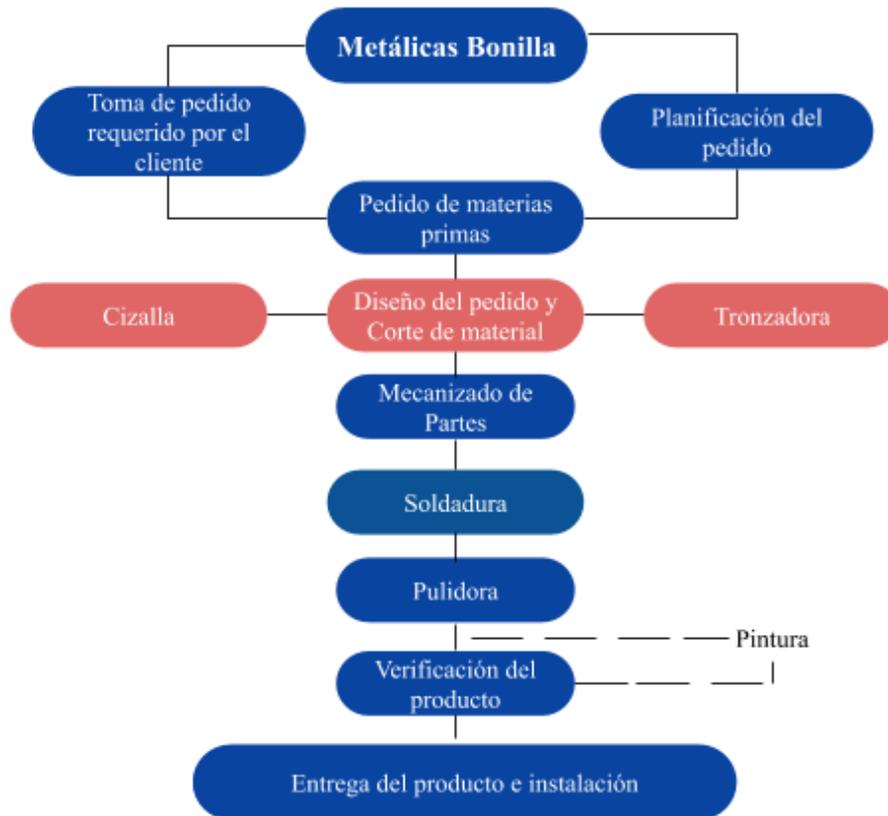


Fuente: Elaboración propia (2020).

-Análisis de la situación actual de la empresa

Este proceso se realiza una recopilación de información de la situación inicial de la empresa, donde se identifican los puntos críticos definidos como los procesos que más residuos generan. Se esquematiza en un diagrama y marcan con color rojizo.

Figura 22. Identificación de puntos críticos



Fuente: Elaboración propia (2020).

-Análisis de procesos

Se realiza un diagrama de análisis de la entrada de materias primas, procesos y salidas de residuos, de las maquinarias identificadas como mayores generadoras de residuos, como los son la cizalla y la tronzadora, identificados en el proceso productivo de diseño de pedido y corte de material.

Tabla 9. Análisis de proceso: Diseño

Entrada	Proceso	Salida
	Diseño del pedido y Corte de Material	
-Materias primas (hierro o acero)	Diseño de la pieza para ejecución de corte	-Materia prima con especificaciones de corte

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla 10. Análisis de proceso: Tronzadora

Entrada	Proceso	Salida
	Tronzadora	
-Disco diamantado o abrasivo -Materias primas (hierro o acero)	Diseño para ejecutar el corte o separación de la pieza en forma mecánica, por medio de la tronzadora	-Disco diamantado o abrasivo desgastado -Viruta Metálica -Residuos sobrantes de corte
 <p>Fuente: Elaboración propia (2019)</p>		

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla 11. Análisis de proceso: Cizalla

Entrada	Proceso	Salida
	Cizalla	
Láminas de Acero y Hierro	Diseño para ejecutar el corte o separación de la pieza en forma manual, por medio de la cizalla	Residuos sobrantes de corte de láminas
 <p>Fuente: Maquinarias Djesus Perú (2020).</p>		

Fuente: Elaboración propia (2020).

-Definición de opciones de mejora

Por medio de un análisis causa/efecto, se realiza un diagrama presentando el punto crítico identificado, la causa y las alternativas de solucionar.

Tabla 12. Análisis causa/efecto

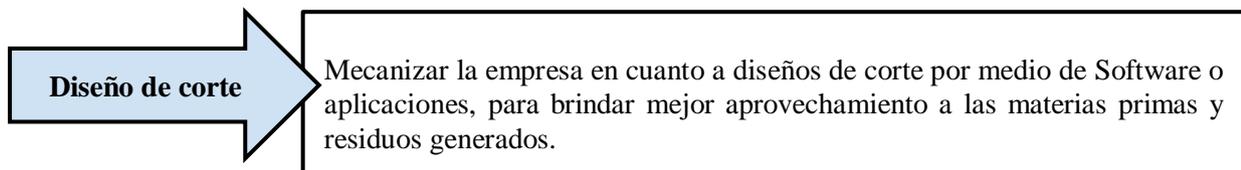
Punto Crítico	Causa	Alternativa de Solución
Diseño ineficiente para proceso de corte	1. Pérdida de material por falta de aprovechamiento de espacio por diseño para corte	1. Implementación de software especializado en corte para ahorrar espacio en el diseño.
Generación excesiva de residuos en el uso de la Tronzadora	2. Pérdida de materia prima por falta de precisión en cortes manuales en caso de la cizalla	2. Mecanismo de separación de residuos según su material y espesor para aprovechamiento.
Generación excesiva de residuos en el uso de la Cizalla		3. Ahorro por procesos de reutilización y reciclaje.

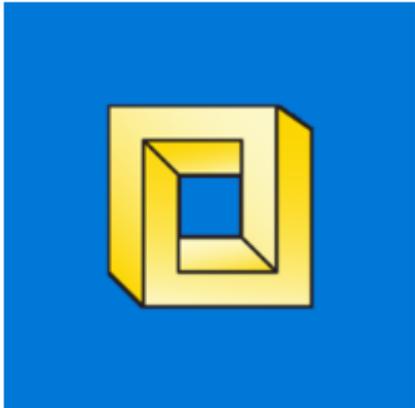
Fuente: Elaboración propia (2020).

-Alternativas de implementación

Se plantean diferentes actividades y medidas para el aprovechamiento y valoración de los residuos, que ayuden a la disminución y el trato adecuado de estos, por medio de diferentes entes especializados (ver las Figuras de la 23 a la 25).

Figura 23. Flujograma de las alternativas de implementación: Diseño de corte

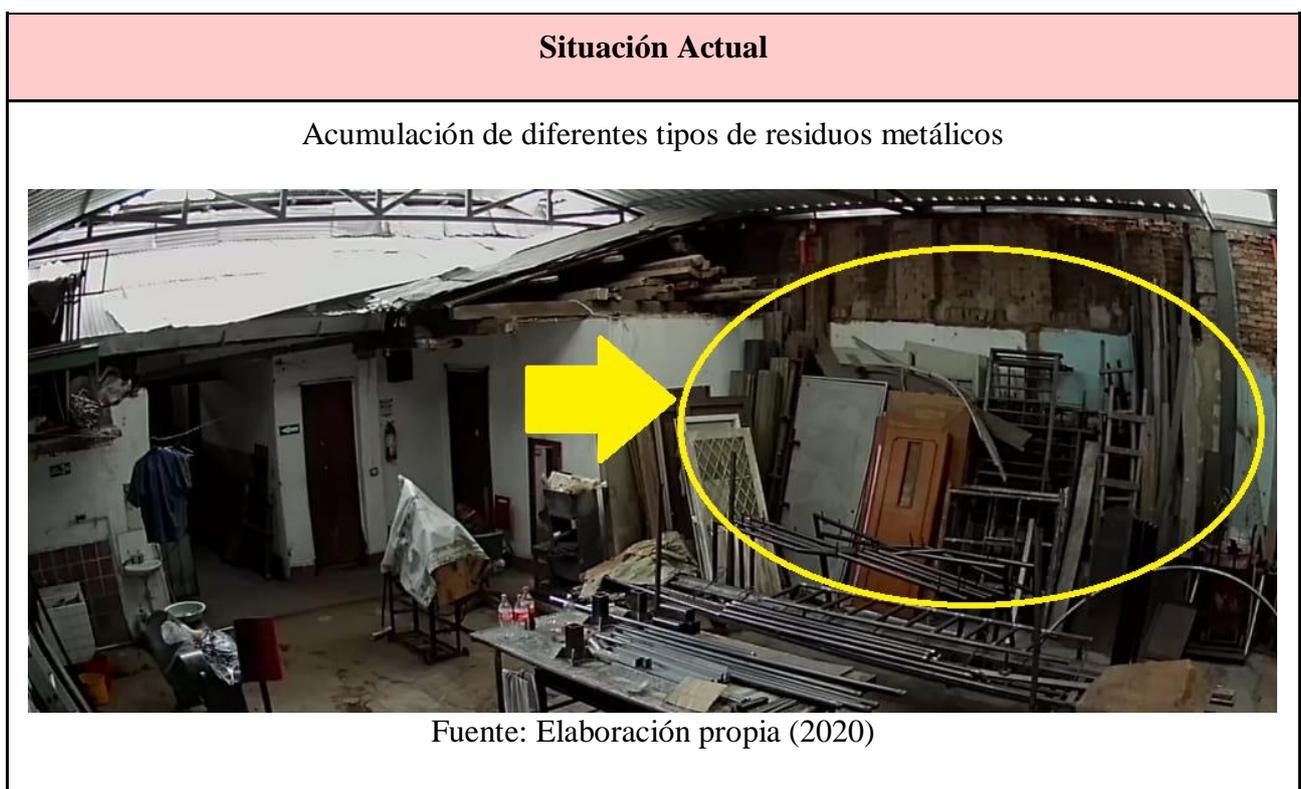
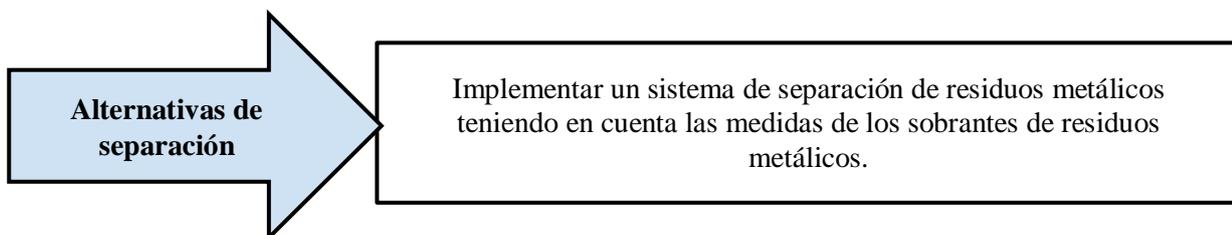


<i>OptCuT FREE</i>	
	<p>OptCut Free es una aplicación gratuita para la optimización automática del corte lineal y/o rectangular de diferentes materiales.</p> <p>Tiene como principal objetivo minimizar los residuos, reutilizar las existencias y así permitir un ahorro sustancial en el material y, por tanto, generar mayores ganancias (Microsoft Store, 2020)</p>

BORSI	
	<p>La Bolsa de Residuos y Subproductos Industrializables es una plataforma virtual que busca fomentar la valorización de residuos y subproductos mediante transacciones de compraventa o intercambio, con el fin de promover su recuperación, reciclaje y reintroducción a las cadenas productivas (Plataforma Borsi, 2020).</p>

Fuente: Elaboración propia utilizando el software Microsoft Store (2020) y Plataforma Borsi (2020).

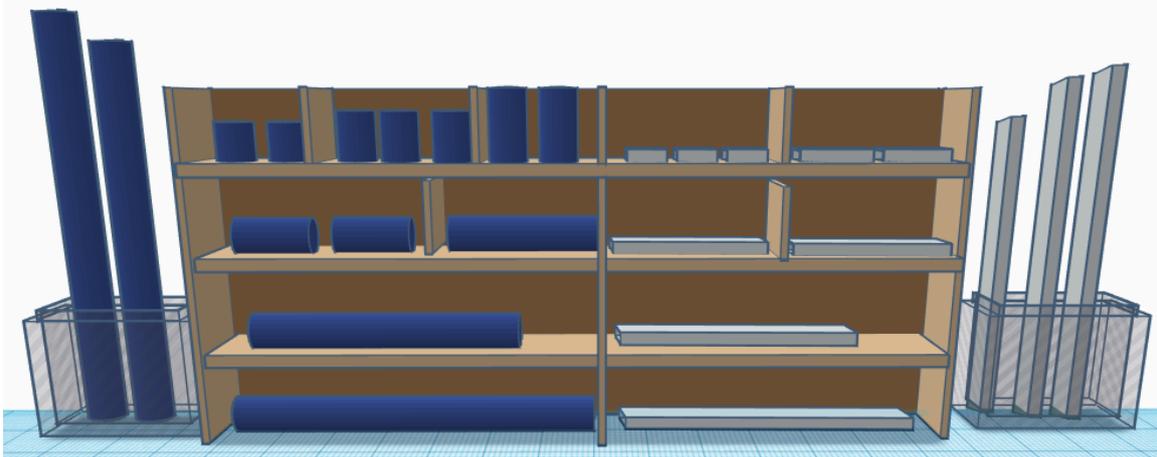
Figura 24. Flujograma de las alternativas de implementación: Separación de residuos



Sistema de separación de residuos metálicos

Estantería o almacenamiento de residuos metálicos según su tamaño, material y forma, teniendo un control de la cantidad, para un aprovechamiento posterior.

Dichos residuos deben ser acomodados por tamaño para una posible reutilización posterior teniendo en cuenta una adecuada disposición para evitar que los empleados en cargados de los mismos reportan algún tipo de incidente laboral por lesiones en piel.



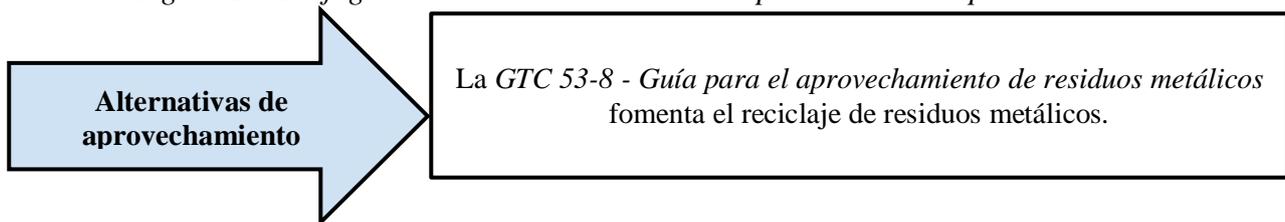
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa Autodesk Tinkercad (2020).

Acumulación de viruta metálica para su aprovechamiento

Las empresas que comercializan productos de limpieza para el hogar y las empresas ponen a disposición de los clientes viruta para el mantenimiento de los pisos en madera. La viruta sobrante y bien seleccionada en la empresa Metálicas Bonilla, podría generar una fuente de ingreso adicional al venderlo.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Figura 25. Flujograma de las alternativas de implementación: Aprovechamiento



Reducción en la Fuente	<ul style="list-style-type: none"> -Utilización de materias primas necesarias para que los residuos sean los mínimos -Disminución en el espesor de la lámina -Aprovechamiento del área de corte -Disminución de material por cambio en los procesos de soldadura.
Reutilización	<ul style="list-style-type: none"> -Reutilización de materiales sin limpieza excesiva -Aumento de materia prima -Minimización de materiales en almacenaje
Reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere diferenciación entre los residuos ferrosos y no ferrosos, tienen procesos distintos de aprovechamiento.

Fuente: Elaboración propia (2020).

-Seguimiento y evaluación

Los planes de seguimiento consisten en validar las diferentes actividades que se van desarrollando para el cumplimiento de medidas propuestas en el plan. Para garantizar el seguimiento y control se plantean unos programas de manejo de residuos en las empresas, programas de capacitaciones, reciclaje y reúso y programas de minimización. En la evaluación se miden los beneficios que estos procesos tengan en la empresa. La *GTC 53-5 - Guía de aprovechamiento de residuos metálicos* (Icontec, 1999), en su apartado 6.3.2 *Beneficios del reciclaje de residuos metálicos* presenta la Tabla 13 sobre los beneficios y ventajas del reciclaje de residuos metálicos, mostrada a continuación.

Tabla 13. Beneficios y ventajas del reciclaje: residuos ferrosos y no ferrosos

Residuos ferrosos	Residuos no ferrosos
<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro energético. Solo se necesita un tercio de la energía que la utilizada para producir mineral de hierro a partir de materiales vírgenes¹⁾. - Disminución del volumen de residuos en los sitios de disposición final - Beneficios sociales por la generación de empleo. - Ahorro de materiales vírgenes de un 90 % y reducción del agua en un 40 %. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro energético del 95 % en el proceso de fabricación¹⁾. - Disminución del volumen de residuos en los sitios de disposición final - Beneficios sociales por la generación de empleo. - Entre los costos de reciclaje de aluminio y producción virgen, el ahorro es del 40 %.
¹⁾ Véase la Tabla 5.	

Fuente: Icontec (1999).

Producción más limpia enfocada a cambio tecnológico

Diferentes alternativas de producción más limpia se pueden dar en la inversión de estrategias de cambio de mejoramiento del proceso, como lo son la maquinaria más eficiente para disminuir la generación de residuos, el consumo de energía y de materias primas, optimizando el material para posteriormente generar ganancias económicas. La maquinaria CNC, es una tecnología moderna que incrementa la precisión brindando eficiencia y ahorro de costos y tiempo en la producción. Se realiza una tabla comparando este tipo de maquinaria con la maquinaria utilizada actualmente en la empresa, presentando las características de cada una.

Tabla 14. Comparación de maquinaria: Actual Vs. Propuesta

Maquinaria actual	Maquinaria CNC
Cizalla	Cizalla C3006
	
Fuente: Maquinarias Djesus Perú (2020).	Fuente: Anhui Zhongyi Machine Tool Manufacturing Co. (2020).

<p>La Cizalla manual son máquinas empleadas para cortar metales de lamina</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte para láminas de acero • La eficiencia de productividad es de un promedio a 8 días, dependiendo del trabajo • Requiere de operario para el manejo de la máquina <p>Costo \$4.000.000</p>	<p>La cizalla CNC es una herramienta de corte vertical:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cortes de forma limpia y cualquier material • Menor gastos de energía y cuchillas • La eficiencia de productividad, variando del trabajo, es de 2.5 días • No requiere de operador <p>Costo \$26.952.384</p>
Torno	Torno CNC CK36
 <p style="text-align: center;">Fuente: Elaboración propia (2019)</p>	 <p style="text-align: center;">Fuente: WMT CNC Industrial Co., Ltd. (2020).</p>
<p>Los tornos mecanizan las piezas y tienen como rotación en el mismo eje:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requiere de operario para poder manejarla • La eficiencia de productividad es de una semana aproximadamente, varía dependiendo del pedido • Residuos de viruta metálica <p>Costo: \$7.000.000</p>	<p>Fuente: WMT CNC Industrial Co., Ltd. (2020). Los tornos CNC conforman un equipo ideal para los trabajos de mecanizados y serie que requiera de alta precisión. Las características son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No requiere de operario para manejarla, es automática • Es de fácil mantenimiento y reduce costos al inventario • La eficiencia de productividad es de dos días o menos tiempo para ejecutar el pedido • Las medidas en que traba son precisas <p>Costo: \$79.232.084</p>

Taladro fresador

Fuente: Elaboración propia (2019)

Es una herramienta en la cual consiste en fresar alguna pieza de trabajo, sin embargo:

- Se requiere de un operario ya que es una maquina manual para su procedimiento la eficiencia de productividad puede tardar hasta 30 a 40 minutos dependiendo de lo que se requiera

Costo \$7.000.000

Taladro fresador ZSD-CNC-2400 - 3 ejes

Fuente: Qihe Zhenfei Machinery Co., Ltd. (2020).

Los taladros fresadores CNC son similares a las convencionales a diferencia que:

- No llevan manivelas para accionar estas partes, es decir no se necesita de operador, simplemente llevan un monitor (software) donde se encuentran estos componentes, solo se requiere de un trabajador para montar o desmontar las piezas.
- La eficiencia de productividad es ágil, aproximadamente de 5 a 8 minutos dependiendo de lo que se requiera de esta máquina.

Costo: \$77.686.285

Dobladora de Lamina

Fuente: Maquinarias Djesus Perú (2020).

Dobladora Wd67k Servo electrohidráulico de alta precisión de control CNC máquina de doblado

Fuente: Anhui HuaXia Machine Manufacturing Co., Ltd. (2020).

<p>En la empresa dobladora de lámina es manual y requiere lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesita ser manipulada por un operario • La eficiencia de productividad es de 1.000 dobleces al día <p>Costo: \$15.000.000</p>	<p>Las características son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Software de análisis para la fiabilidad y la precisión de toda la máquina • Bomba de engranajes, bajo ruido y fiable • La eficiencia de productividad es de 50.000 dobleces en un día <p>Costo: \$130,354,416</p>
---	--

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como se evidencia, las maquinarias a implementar son automáticas con un software cuyo objetivo es la mejora en la eficiencia de productividad; estas máquinas fueron creadas con el fin de evitar los errores en los procesos y con ello obtener ganancias.

Lo anterior en razón a que este tipo de tecnologías presentan tres grandes ventajas:

- Aumento de la precisión: Los cortes en todas las piezas ya sean del tipo dimensional, superficial, geométrica y de integridad superficial, se obtienen aumentando la fiabilidad de las mismas (Maquinaria CNC Stanser S.A. de C.V., 2020).
- Reducción de los tamaños en lotes: Este tipo de tecnología permite realizar cada vez cortes más pequeños e incluso unitarios, haciendo que el producto sea más competitivo y detallado el contar con los medios productivos más apropiados y flexibles (Maquinaria CNC Stanser S.A. de C.V., 2020).
- Aumento de complejidad: Con el uso de este tipo de tecnologías la industria metalmecánica puede aumentar en mayor medida sus posibilidades de mecanizado, especialmente cuando se trabaja con máquinas de 5 ejes, lo cual permite la fabricación de piezas más complejas (Maquinaria CNC Stanser S.A. de C.V., 2020).
- Tamaño de la pieza: la tecnología CNC facilita realizar cortes más precisos, exactos y detallados según el molde original para ser reproducidos en piezas más grandes y/o más pequeñas conservando los elementos básicos y específicos (Maquinaria CNC Stanser S.A. de C.V., 2020).

La Empresa Metálicas Bonilla, para tener acceso a este tipo de maquinaria tendría que tener una inversión total de \$314.225.133, equivalente a cuatro máquinas que cubren la mayoría de los procesos productivos que se realizan en la empresa y así tener una mejor calidad y eficacia al realizar los productos. Dicha maquinaria se importa contactando directamente la compra con cada uno de los cuatro proveedores: (i) Anhui Zhongyi Machine Tool Manufacturing Co., (ii) WMT CNC Industrial Co., Ltd., (iii) Qihe Zhenfei Machinery Co., Ltd., (iv) Anhui HuaXia Machine Manufacturing Co., Ltd.

Además, la empresa se encarga de todo el proceso de importación y para ello se debe valer de una consultoría con la empresa Asia Grupo Colombia la cual se especializa en apoyar y asesorar en trámites de importación y nacionalización ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales - DIAN a la industria latinoamericana para hacer negocios con China y el resto de Asia contactando fabricantes directos a través de su oficina en Shanghái. Por ello la empresa tiene contacto permanente con dicha consultora como un espacio asertivo en la optimización de la cadena de abastecimiento de

la maquinaria, las respectivas garantías del fabricante, contrato de mantenimiento y disponibilidad de los repuestos en caso de ser necesario.

Adicionalmente, la importación de dichas cuatro maquinarias en esencia debe cumplir con los siguientes requerimientos técnicos: Modelo, definición de uso, motor, funciones, voltaje, poder (w), eficiencia (%), clase de protección (por ejemplo ip65), sistema de control, software, aspectos del peso, certificación (por ejemplo directriz de maquinaria ce o astm) y empaque de exportación (The ChinaImportal, 2020).

La Empresa Metálicas Bonilla debe realizar la consulta del Arancel Aduanas de la DIAN a fin de conocer las subpartidas del producto a importar; la constitución garantías; la Declaración Especial de Importación a fin de amparar la operación de importación de la maquinaria al Territorio Aduanero Nacional desde zona una franca permanente o permanente especial (Puerto de Buenaventura y en Barranquilla por Fundaport); y puede valerse de la Guía Configuración Navegador WEB (software de apoyo para el industrial) (Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, 2020a).

Igualmente la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (2020b) la importación de maquinaria debe cumplir con una serie de requerimientos referentes al índice de tablas paramétrica de importación de productos: (i) Codificación de las Direcciones Seccionales que en este caso Bogotá; (i) Importación Carga que incluye las unidades y disposición de la carga, estado y tamaño de los contenedores, tipo de documento de viaje, tipo de negociación que se dio en el contrato de importación en cuanto al transporte (FCL/FCL, FCL/LCL, LCL/FCL, LCL/LCL, según clasificación de la DIAN); Información Cambiaria (declaración de las condiciones de pago); registros, autorizaciones y certificaciones; y finalmente el aspecto sobre la salida de mercancías del puerto.

Evaluación de alternativa

Para finalizar nuestro portafolio de alternativas se realiza una matriz evaluando criterios de cada una de nuestras alternativas a implementar para determinar cuál es la más viable y optima que puede implementar la empresa, esta matriz consta de 7 criterios la cuales serán evaluados permitiendo así identificar la mejor alternativa propuesta.

Tabla 15. Matriz Viabilidad

Criterios	Alternativas		
	Cumplimiento de la normativa	Producción más Limpia	Producción más limpia enfocada en tecnología
Costos de implementación	Bajo	Bajo	Alto
Tiempo de implementación	Bajo	Bajo	Alto
Efecto de corto plazo	Positivo	Positivo	Medio
Beneficio para la empresa	Alto	Alto	Alto
Impacto ambiental	Bajo	Bajo	Bajo
Efecto a largo plazo	Positivo	Positivo	Positivo

Fuente: Elaboración propia (2020).

Resultado tercer objetivo específico: Elaborar un modelo según la propuesta planteada para mejora de estándares que debe cumplir la Empresa Metálicas Bonilla.

La solución de este objetivo se basa en la generación de un modelo de un Plan de Manejo Integral en Residuos Sólidos - PMIRS para la empresa Metálicas Bonilla, teniendo en cuenta todo lo realizado en la solución de los objetivos anteriores y en la aplicación de la mejor alternativa de prevención y mejora para un desarrollo más eficiente de la empresa. Esta alternativa se ve reflejada en la solución de segundo objetivo, donde se define como mejor alternativa el cumplimiento total de la normativa y la aplicación de estrategias de producción más limpia, no se tendrá en cuenta la maquinaria evaluada puesto que es una alternativa muy costosa en cuanto a inversión para los procesos productivos que la empresa realiza. El modelo del PMIRS se encuentra ubicado en el (Anexo 4).

10. Conclusiones

Por medio del diagnóstico, se pudo conocer una estimación aproximada de los tipos de residuos que la empresa genera y el proceso que se le da a cada uno de ellos, situación que permitió evidenciar la presencia de residuos peligrosos equivalente a un 2.4% de los residuos totales generados por la empresa, estos fueron identificados como las estopas empapadas con aceites lubricantes, solventes (thinner) y desengrasantes junto con la inadecuada disposición de los mismos, pudiendo representar un peligro de incidente o accidente laboral para los operarios y agentes externos encargados de la recolección de estos residuos. También se evidenció que los residuos metálicos equivalentes a un 38,1% son elementos completamente aprovechables que por no tener y no contar con una buena segregación y conocimiento en cuanto al manejo de los mismos sólo son vendidos como basura convencional, pudiendo concluir que la empresa está perdiendo una amplia fuente de aprovechamiento de los residuos generados al no contar con programas de manejo y eficiencia de residuos.

Se evidencia la gran cantidad de normativa que le rige a la empresa y el incumplimiento de la mayoría de estas, concluyendo que la empresa se puede ver afectada en alguna visita de la autoridad ambiental pudiendo generar sanciones o incluso el cierre del establecimiento. Por ello el planteamiento de alternativas de producción más limpia se traduce en los altos niveles de eficiencia que puede obtener la empresa en la realización de los procesos productivos; así mismo se pueden obtener ganancias adicionales, la minimización y el aprovechamiento de los residuos producidos en cada una de las actividades. Sin embargo resulta claro que las alternativas de tecnología CNC planteadas tienen un costo muy alto y la empresa no cuenta con fondos suficientes para cubrir esta inversión, por ende esta no se considera como una alternativa viable.

El desarrollo del presente trabajo de grado también permitió concluir que la propuesta de implementación del PMIRS está encaminada a generar resultados fundamentales para la optimización de procesos dentro de la Empresa siempre con la premisa de generar directrices que faciliten el control de los residuos generados, minimización de costos operativos y aprovechamiento de los mismos. Lo anterior teniendo en cuenta que el PMIRS puntualiza una serie de variables o factores que se pueden medir a través de la Lista de Chequeo (ver el Anexo 3) que puede ser aplicada en programas de seguimiento a fin de cumplir con todos los aspectos contemplados en dicho plan para que la empresa funcione en su totalidad y acorde con lo exigido por las autoridades competentes en materia de disposición de residuos sólidos. Además, que la Empresa Metálicas Bonilla con la implementación de dicho plan de mejora contribuye a minimizar el impacto de los residuos sólidos recogidos por el servicio público de aseo, y con ello se convierte en un ejemplo a seguir para otras empresas del sector metalmeccánico de la ciudad.

11. Recomendaciones

Se recomienda realizar una caracterización para tener un valor real de los residuos que genera la empresa, para así ejecutar las debidas gestiones ante la autoridad ambiental competente encaminadas a demostrar que sus residuos no presentan ninguna característica de peligrosidad, a excepción del adecuado manejo de las estopas empapadas con aceites, lubricantes, solventes (thinner) y desengrasantes. Esto con el fin de obtener un mejor control de los residuos generados.

Disponer de un espacio al aire libre para el almacenamiento de los cilindros de gases es recomendable para así poder cumplir las especificaciones de la normativa junto con los respectivos gabinetes de contra incendios y de primeros auxilios exigidos por la normativa vigente sobre seguridad industrial.

Evaluar la inversión en el mecanizado de la empresa, teniendo en cuenta el costo y consumo energético de las maquinarias presentes para ampliar e incrementar los programas de producción más limpia, incluyendo tecnologías CNC.

Implementación del PMIRS propuesto en el presente trabajo de grado para mejorar el control y minimizar los residuos generados; esto porque el plan brinda alternativas para la optimización de las actividades de la empresa con el fin de generar un beneficio económico e implementar mecanismos de aprovechamiento de los residuos.

Se recomienda a la Empresa Metálicas Bonilla contratar los servicios de un Ingeniero Ambiental a fin de que implemente y realice seguimiento del plan descrito en el Anexo 4, centrándose principalmente en el cumplimiento de la normativa porque este cambio necesario puede generar beneficios tanto en la empresa como en el ámbito laboral (operarios) y por ende en se reflejará en el aumento de la productividad y posicionamiento en el mercado comercial.

12. Referencias

- Alba, B., & Vargas, O. (2008). Formulación de estrategias de producción más limpia para el sector de fundición de metales no ferrosos en el Distrito Capital. Bogotá D.C., Colombia. *Trabajo de grado Administrador*. Bogotá. Universidad de La Salle.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2009, 17 de noviembre). Decreto Distrital 509: Por el cual se adopta el Plan de Acción Cuatrienal Ambiental - PACA del Distrito Capital 2009 – 2012 y se dictan otras disposiciones. *Registro Distrital*. Bogotá: Alcalde Mayor, 4321: 1-8.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2012). *Los Mártires: Diagnostico local con participación social, 2010-2011*. Bogotá: Secretaría Salud.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016). *Plan Ambiental Local - PAL: Localidad de Los Mártires*. Bogotá: Secretaría Distrital de Gobierno.
- Anhui HuaXia Machine Manufacturing Co., Ltd. (2020). Certificado eléctrico CNC prensa plegadora máquina dobladora de WD67K. *Blog Alibaba*, 1-3. Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/certificated-electric-cnc-pressbrake-bending-machine-wd67k-62417119500.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.29fb365511oIfA&s=p>.
- Anhui Zhongyi Machine Tool Manufacturing Co. (2020). CNC máquina de corte de chapa de metal

adopta la máquina de corte hidráulica. *Blog Alibaba*, 1-2. Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/2019-cnc-sheet-metal-shearing-machine-adopts-hydraulic-shearing-machine-62062325514.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.25ff7d096tIECv&s=p>.

Autodesk Tinkercad. (2020). De solo una idea a todo un diseño en cuestión de minutos. *Software de diseño en línea*. Recuperado de <https://www.tinkercad.com/>.

Benavente, E. (2016). Estudio de Caracterización de Residuos Reaprovechables Generados en la Industria Metalmeccánica Grupo Klaus S.A.C, *Trabajo de grado Profesional en Ingeniería Ambiental*. El Salvador: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. 3 ed. Bogotá: Pearson. ISBN 978-958-699-128-5.

Brundtland, G. (1987). Informe Brundtland. *Asamblea General de las Naciones Unidas*, 1-416. Recuperado de http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf.

Buritaca, A. (2012). Sostenibilidad ambiental para PYMES del subsector de la metalmeccánica en Bogotá. *Trabajo de grado Administrador de Empresas*. Bogotá: Universidad EAN.

Cámara de Comercio de Bogotá. (2019). Unidades de planificación zonal/definición texto explicativo. *Blog CCB*, 1-2. Recuperado de <http://recursos.ccb.org.co/ccb/pot/PC/files/3definicion.html>.

Cámara FedeMetal Andi. (2014). 8 avances de la industria metalmeccánica en Colombia. *Blog Colombia.co*, 1-4. Recuperado de <https://www.colombia.co/pais-colombia/hechos/8-avances-de-la-industria-metalmeccanica-en-colombia/>.

Cano, A., & Cano, J. (2008). Mejoramiento en el manejo de los residuos sólidos en una industria metal mecánica. *Producción Limpia*, 3(1), 111-116. Recuperado de <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/539/1/Mejoramiento%20en%20el%20manejo%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20una%20industria%20metal%20mec%C3%A1nica.pdf>.

CedelTrabajo Centro Virtual de Negocios. (2019). La industria metalmeccánica en Colombia frente a los TLC. *Blog en Internet*, 1-17. Recuperado de <https://cedetrabajo.org/blog/informe-6-la-industria-metalmeccanica-en-colombia-frente-a-los-tlc/>.

Chaparro, L. (2012). La responsabilidad social ambiental (RSA): El nuevo reto de las pymes en Bogotá. *Trabajo de grado Economista*. Bogotá: Universidad del Valle.

Comercializadora D&M Tools S.A.S. (2020). Carretilla carreta zorra de carga dos ruedas 350 kg. *Mercado Libre*, 1-3. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-452959713-carretilla-carreta-zorra-de-carga-dos-ruedas-350kg-_JM?matt_tool=45425669&matt_word=&gclid=CjwKCAjwkPX0BRBKEiwA7THxiDCNuR2l5MdjA824YTfN4cTPaKGMdAmp1a3jeJTCYK3VaN1TKvucdxoC8wwQAvD_BwE.

Comité Nacional para Formulación de la Política de Gestión de los RAEE. (2013). Marco Legal para

la Gestión de RAEE en Colombia. *Ministerio de Medio Ambiente*, 1-6. Recuperado de <http://quimicos.minambiente.gov.co/index.php/residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos/politica-y-normativa-raee/marco-legal-para-la-gestion-de-raee>.

Congreso de Colombia. (1973, 19 de diciembre). Ley 23: Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial*, 34001, 1-3. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/ley_23_de_1973.pdf.

Congreso de Colombia. (1979, 24 de enero). Ley 9: Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. *Diario Oficial*, 35308, 1-100. Recuperado de http://www.seguroscolpatria.com/arpc/docs/pdf/ley_0009_1979.pdf.

Congreso de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Ley 99: Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente en donde se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA. *Diario Oficial*, 41146, 1-287. Recuperado de http://www.axacolpatria.co/arpc/docs/pdf/ley_0099_1993.pdf.

Congreso de Colombia, (1994, 11 de julio). Ley 142: Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios. *Diario Oficial*, 41433, 1-351. Recuperado de http://www.seguroscolpatria.com/arpc/docs/pdf/ley_0142_1994.pdf.

Congreso de Colombia. (2008, 16 de julio). Ley 1220: Por la cual se aumentan penas para los delitos contra la Salud Pública, de que trata el Título XII, Capítulo I del Código Penal. *Diario Oficial*, 47208, 1-3. Recuperado de <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Ley-1220-de-2008.pdf>.

Congreso de Colombia. (2015, 9 de junio). Ley 1753: Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”. *Diario Oficial*, 49.538, 1-23. Recuperado de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1753_2015.html.

Cortes, L. (2017), Diseño del plan de gestión de residuos sólidos para la empresa “Metalmecánica Industrias Fer Colplast S.A.S”. *Trabajo de grado Administrador Ambiental*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. (2020a). Importación. *Portal DIAN Aduanas*, 1-35. Recuperado de <https://www.dian.gov.co/aduanas/Paginas/Importacion.aspx>.

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. (2020b). Índice de tablas paramétricas de importación de productos. *Portal DIAN Aduanas*, 1-35. Recuperado de <https://muisca.dian.gov.co/WebParametrizacion/DefConsultaParametricas.faces>.

Hernández, A. (2014). Propuesta para el plan de manejo ambiental y ocupacional de residuos peligrosos en proceso de mecanizado de una empresa metalmecánica escrito. *Trabajo de grado Especialista en Gerencia Ambiental*. Bogotá: Universidad Libre.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6 ed. México: McGraw Hill. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

- Icontec. (1999, 27 de octubre). *GTC 53-5: Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos metálicos*. Bogotá: Icontec. ISBN: N.D.
- Icontec. (2005). NTC 1692: *Transporte de mercancías peligrosas definiciones, clasificación, marcado, etiquetado y rotulado*. Bogotá: Icontec. Bogotá: ICS 13.300.00.
- Icontec. (2009, 20 de mayo). *GTC 24: Gestión ambiental residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente*. Bogotá: Icontec. ICS 13.030.050.
- Icontec Internacional. (2020). ISO Icontec Colombia. *Blog Quiénes Somos*, 1-4. Recuperado de <https://www.icontec.org/quienes-somos/>.
- Instituto Nacional de Salud. (2010). *Manual de Gestión Integral de Residuos*. Bogotá: Subdirección Red Nacional de Laboratorios.
- Fernández, S., Arias, L., & Portilla, L. (2010). Reciclaje de materiales no ferrosos, en busca de una producción más limpia. *Scientia et Technica*, 17(46), 241-246. Recuperado de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/237>.
- Grupo Qgis Colombia. (2020). Sistema de información geográfica libre y de código abierto. *Blog QGIS*, 1-5. Recuperado de <https://www.qgis.org/es/site/>.
- Gutiérrez, M. (2017). Plan de Gestión Integral de Residuos Industriales Sólidos y Líquidos en Taller Metal Mecánico Universidad Técnica Federico Santa María Campus San Joaquín. *Trabajo de grado Ingeniero Civil, Mecánico mención Producción*. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Jaramillo, S. (2007). Diagnóstico de la gestión de los residuos industriales y peligrosos de la industria metalúrgica en Acopi-Yumbo. *Trabajo de grado Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Jiae, A. (2017). Solid waste management for sustainable development. *Blog WordPress*, 1-3. Recuperado de <https://swm4sd.wordpress.com/conclusion/>.
- Lozano, G., & Restrepo, J. (2012). Estimación de la eficiencia del sector metalmeccánico en Colombia: Análisis de la frontera estocástica. *Cuadernos de Economía (Colombia)*, 31(58), 257-286. ISSN electrónico 2248-4337.
- Maquinaria CNC Stanser S.A. de C.V. (2020). Cómo la tecnología CNC revolucionó la industria metalmeccánica. *Blog Industria Metalmeccánica*, 1-7. Recuperado de <https://www.stanser.com/tecnologia-cnc-la-industria-metalmeccanica/>.
- Maquinarias Djesus Perú. (2020). Fabricación cizalla guillotina cortadora manual para planchas 1020 mm. *Blog Guillotine Shears*, 1-4. Recuperado de https://co.pinterest.com/pin/433330795375433308/?nic_v1=1aN8DSike%2FQUfH28I8nzjRPcNq9gqHetAXLgdCA16Scur8QQ38Kk7olZRcr2KaAeeG.
- Metálicas Bonilla. (2010). Misión, visión y políticas de calidad. *Blog MB*, 1-6. Recuperado de <http://www.metalicasbonilla.com/empresa.html>.

- Microsoft Store. (2020). Microsoft Shop. *Blog Software*, 1-10. Recuperado de <https://www.microsoft.com/es-co/p/optcut-free/9n7hvvw0zc4t?activetab=pivot:overviewtab>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015, 26 de mayo). Decreto 1076: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Diario Oficial*, 49523, 1-920. Recuperado de <https://studylib.es/doc/4610602/decreto-1076-de-2015--mayo-26--diario-oficial-no.-49.523-...>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019a). *Estrategia Nacional de Economía Circular: Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Bogotá: Gobierno de Colombia. ISBN: 978-958-5551-16-9.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019b, 23 de diciembre). Resolución 2148: Por la cual se modifica la Resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. *Diario Oficial*, 51179, 1-12. Recuperado de https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_2184_2019.htm.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. *Blog Producción y Consumo Sostenible*, 1-2. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/154-plantillaasuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-7>.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005a). *Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos*. Bogotá: El Ministerio. ISBN 958-97785-2-6.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005b, 30 de diciembre). Decreto 4741: Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. *Diario Oficial*, 46137, 1-29. Recuperado de http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Colombia/CO_Decreto_4741_de_2005.pdf.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). *Guías Ambientales de Almacenamiento y Transporte Por Carretera de Sustancias Químicas Peligrosas y Residuos Peligrosos*. Bogotá: El Ministerio.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. (2007). *Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos Bases Conceptuales*. Bogotá: El Ministerio.
- Ministerio de Salud. (1993, 4 de octubre). Resolución 008430: Por la cual se establecen las normas académicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. *Diario Oficial*, 44973, 1-20.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2013, 20 de diciembre). Decreto 2981: Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. *Diario Oficial*, 49010, 1-3. Recuperado de [https://www.redjurista.com/Documents/decreto_2981_de_2013_ministerio_de_vivienda_ciudad_y_territorio.aspx#/.](https://www.redjurista.com/Documents/decreto_2981_de_2013_ministerio_de_vivienda_ciudad_y_territorio.aspx#/)
- Nombrera, J., & Carranza, D. (2017). Tratamiento de residuos sólidos metálicos industriales en el

área metalmecánica para la eficiente gestión ambiental en el distrito de Chiclayo. *Trabajo de grado Doctor en Ciencias Ambientales*. Perú: Universidad Nacional Pedro Luis Gallo.

- Pastor, J. (2013). Optimización de la localización y recogida de residuos sólidos urbanos (RSU). *Trabajo de grado Máster en Tecnologías de la Información Geográfica*. España: Universidad Complutense de Madrid.
- Peña, D., & Talero, S. (2014). Formulación del plan de manejo ambiental para la empresa Metalcolmesa S.A, Soacha - Cundinamarca. *Trabajo de grado Especialista en Administración y Gestión Ambiental*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Plataforma Borsi. (2020). Bolsa de Residuos y Subproductos Industrializables. *Blog Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales de Colombia*, 1-2. Recuperado de <http://www.borsi.org/#>.
- Presidencia de la República. (1974, 18 de diciembre). Decreto Ley 2811: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. *Diario Oficial*, 34243, 1-9. Recuperado de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2811_1974.html.
- Presidencia de la República. (2003, 4 de junio). Decreto 1505: Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial*, 45210, 1-3. Recuperado de <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?id=1910114>.
- Presidencia de la República. (2011, 27 de septiembre). Decreto 3570: Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Diario Oficial*. Bogotá: La Presidencia, 48205, 1-24.
- Qihe Zhenfei Machinery Co., Ltd. (2020). ZSD-CNC-2400 3 ejes CNC de perforación y fresadora máquina de aluminio de la ventana de PVC puerta. *Blog Alibaba*, 1-3. Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/zsd-cnc-2400-3-axis-cnc-drilling-milling-machine-for-aluminum-pvc-window-door-62436549833.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.325664ee5C9cNe>.
- Romano, C. (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular - ENEC: Nueva cultura y nuevos modelos de negocio, transformación productiva y cierre de ciclos de materiales. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*, 1-23. Recuperado de <https://www.epccajica.gov.co/wp-content/uploads/2019/08/4.-Minambiente.pdf>.
- Salazar, M. (2010). Formulación del plan de manejo integral de residuos sólidos del centro comercial san pedro plaza de la ciudad de Neiva-Huila. *Trabajo de grado Ecológica*. Neiva: Pontificia Universidad Javeriana.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2010). *Guía para la Gestión y Manejo Integral de Residuos Industria Metalmecánica*. Bogotá: Alcaldía Mayor. ISBN 978-958-9387-80-1.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2018). Funciones. *Blog Alcaldía Mayor de Bogotá*, 1-2. Recuperado de <http://ambientebogota.gov.co/web/sda/funciones>.

- Secretaría Distrital de Planeación. (2009). *Conociendo la localidad de Los Mártires: Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos*. Bogotá: Alcaldía Mayor.
- Secretaría Distrital de Salud. (2018). Manual de funciones. *Blog Salud Capital*, 1-678. Recuperado de http://www.saludcapital.gov.co/DTH/Documents/Manual_Especifico_2019.pdf.
- Secretaría de Hacienda. (2004). *Recorriendo Los Mártires: Diagnóstico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá, D.C.* Bogotá: Alcaldía Mayor. ISSN: 1794 - 3663.
- Subdirección de Gestión Ambiental Alcaldía de Bogotá. (2013). *Oportunidades de producción más limpia en el sector de la metalmecánica: Guía para empresarios*. Bogotá: Alcaldía Mayor. ISBN 958-8009-61-8.
- The ChinaImportal. (2020). Importar Maquinaria desde China: La guía completa. *Blog Starter Package*, 1-16. Recuperado de <http://www.asiaimportal.es/blog/importar-maquinaria-desde-china-la-guia-completa/>.
- Unipalma. (2016). Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIRS). *Código: SGA-PC02*, 1-.66. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4149/12/PLAN%20DE%20GESTION%20INTEGRAL%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20UNIPALMA%20DE%20LOS%20LLANOS.pdf>.
- Universidad El Bosque. (2019). Facultad de Ingeniería. *Blog Programa Ingeniería Ambiental*, 1-2. Recuperado de <https://www.unbosque.edu.co/ingenieria/carrera/ingenieria-ambiental>.
- Valencia, V. (2009). Diseño e implementación del plan de manejo integral de residuos sólidos de la corporación Club Campestre - Medellín - Llanogrande. *Trabajo de grado Ingeniero Ambiental*. Medellín: Corporación Universitaria Lasallista.
- Valero, A. (2017). Diseño de un plan de gestión integral de residuos sólidos para una industria metalmecánica en la localidad de Puente Aranda (Bogotá - Colombia). *Trabajo de grado Tecnólogo en Saneamiento Ambiental*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Villamil, A., Cardozo, M., & Castellani, D. (2018). *La industria metalmecánica en Chaco. Indicios para su desarrollo*. Argentina: Escuela de Gobierno del Chaco.
- WMT CNC Industrial Co., Ltd. (2020). CK36 inclinación cama CNC máquina de torno para corte de metal. *Blog Alibaba*, 1-3. Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/ck36-slant-bed-cnc-lathe-machine-for-metal-cutting-62201489590.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.19475e6frEquXQ>.
- Zapata, H., & Ortiz, M. (2015). Mercado internacional del sector metalmecánica 2001-2013: Una mirada a su competitividad. En *Memorias del 4to Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y Contables - Sociedad y Desarrollo*. Bogotá: Universidad Libre.

13. Anexos

Anexo 1. Carta de autorización para visita institucional

METALICAS BONILLA

NIT. 19337672 - 6

HIERRO Y ACERO
ORNAMENTACION

Por medio de la presente la empresa METALICAS BONILLA con Nit 19.337.672-6 otorga la presente carta de consentimiento para el uso de datos y registros fotográficos en el proyecto de grado: "PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PARA LA EMPRESA METALICAS BONILLA".

Este tipo de datos únicamente serán utilizados para los fines de elaboración del proyecto que se encuentran evaluando, no pudiendo así, usarlos para fines publicitarios, de divulgación en medios de comunicación u otro fin comercial para el cliente que ha contratado la realización de dicha campaña.

Agradezco la atención prestada,

Atentamente,



PABLO A. BONILLA S.
Gerente General

Anexo 2. Reseña fotográfica

Figura 26. Imagen representativa del lugar de trabajo de la empresa

Fuente: Elaboración propia (2020)

Figura 27. Imagen representativa de herramientas utilizadas en los procesos productivos

Fuente: Elaboración propia (2019)

Figura 28. Imagen representativa del proceso de soldadura

Fuente: Elaboración propia (2019)

Anexo 3. Lista de chequeo

Normativa	Temática a tratar	Criterio a evaluar	Cumple	No cumple	Estado actual
Decreto 2981 de 2013	Almacenamiento Temporal Residuos solidos	Realizar la separación de residuos en la fuente		x	La empresa no cuenta con un centro de acopio para los residuos sólidos, estos se depositan en canecas convencionales metálicas no aptas y no presentan adecuada separación en la fuente
		Los acabados deberán permitir su fácil limpieza e impedir la formación de ambientes propicios para el desarrollo de microorganismos		x	
		Tendrán sistemas que permitan la ventilación, tales como rejillas o ventanas, y de prevención y control de incendios, como extintores y suministro cercano de agua y drenaje		x	
		Serán construidas de manera que se evite el acceso y proliferación de insectos, roedores y otras clases de vectores, y que impida el ingreso de animales domésticos.		x	
		Deberán tener una adecuada ubicación y accesibilidad para los usuarios		x	
		Deberán contar con recipientes o cajas de almacenamiento de residuos sólidos para realizar su adecuado almacenamiento y presentación, teniendo en cuenta la generación de residuos y las frecuencias y horarios de prestación del servicio de recolección y transporte		x	
		Deberán disponer de espacio suficiente para realizar el almacenamiento de los materiales, evitando su deterioro.		x	
GTC 24	Separación	Separación de residuos en aprovechables	x		La empresa cuenta con la separación de los residuos aprovechables considerados como los residuos metálicos
		Separación de residuos no aprovechables		x	Por falta de conocimiento en cuanto a la presencia de residuos tóxicos, la empresa no separa adecuadamente los residuos convencionales con los residuos peligrosos No hay recipientes adecuados para la disposición, generalmente se depositan en el mismo sitio.
		Separación de residuos peligrosos		x	
		Recipientes que proporcionen seguridad, higiene y aislamiento de los residuos		x	

	Transporte Interno	Frecuencia de recolección interna (tiempo mínimo posible)	x		La empresa reúne las canecas mensualmente, sin embargo esto varía por la movilidad del trabajo que se desarrolle.
		Actividades de lavado, limpieza y recolección de recipientes usados		x	La empresa no cuenta con la limpieza adecuada ni con la recolección de recipientes usados
	Almacenamiento temporal	Instalaciones señalizadas (áreas de acopio y sistemas de evacuación y transporte interno)	x		La empresa cuenta con señalización de evacuación, procesos productivos, herramientas y elementos de protección
		Contar con equipos adecuados para extinción de incendios y con fecha válida de vencimiento	x		
	Disposición Final	Tener espacio suficiente por tipo de residuo		x	No cuenta con un sitio especializado para su disposición final
		Entrega de los residuos al prestador del servicio de recolección	x		Los residuos convencionales son entregados a la empresa encargada del servicio público de aseo
		Horario y frecuencia de recolección	x		El prestador de servicio público de aseo recolecta la basura determinado días y la empresa tiene conocimiento de sus horarios y frecuencias.
GTC 53-5	Aprovechamiento de residuos metálicos	Reducción en la fuente		x	La empresa no tiene presente este concepto
		Reutilización de residuos metálicos		x	Usualmente la empresa vende los residuos metálicos por chatarra.
		Reciclaje de residuos metálicos		x	
		Acondicionamiento de residuos metálicos		x	
Acondicionamiento para venta	La chatarra no puede ir mezclada con otro tipo de materiales que no sean metálicos	x		La empresa realiza a correcta segregación de residuos metálicos	
GTC 53-8	Aprovechamiento de envases	Reutilización de envases y embalajes (gas)	x		Los tanques de gas que se utilizan para el proceso de "soldadura" la empresa los cambia con el proveedor de este producto para que sean reutilizado los envases
		Reutilización de envases y embalajes (aceite)		x	Los envases del aceite soluble, el desengrasante y el thinner son depositados a la basura convencional.

Anexo 4. Modelo del PMIRS

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PARA LA EMPRESA METÁLICAS BONILLA CON IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

INTRODUCCIÓN

Un Plan de Manejo Integral de Residuos, es un documento adaptando las medidas necesarias planteadas en la definición de manejo integral como actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final, todo enfocado a los residuos generados en la empresa a estudiar, en este caso Metálicas Bonilla.

Metálicas Bonilla es una empresa metalmeccánica, enfocada en procesos de diseño, corte, soldadura e instalación de productos metálicos, que no cuenta con planes o programas para el manejo integral de residuos sólidos y residuos peligrosos, generan una gran cantidad de estos que son depositados como chatarra y el resto como basura convencional, sin tener ningún mecanismo de control para su disposición.

La implementación de un Plan de Manejo Integral de Residuos en esta empresa busca crear conciencia ambiental en cada uno de sus procesos productivos teniendo en cuenta alternativas de producción más limpia, para así minimizar y controlar la generación de residuos, el manejo y aprovechamiento de estos.

JUSTIFICACIÓN

El PMIRS de la empresa Metálicas Bonilla es una guía para la implementación de buenas prácticas en la gestión integral, buscando el cumplimiento de los requisitos legales y normativos, minimizando impactos en la generación de residuos, disminución de costos por falta de implementación de actividades de mejora planteadas en actividades relacionadas con la producción más limpia.

Para la implementación del plan, el personal presente en la empresa Metálicas Bonilla comprende y se compromete a seguir las acciones necesarias para desarrollar una mejora en las actividades productivas de la empresa y en el adecuado manejo de los residuos producidos.

OBJETIVOS

General

Cumplir con la normatividad y exigencias de las autoridades competentes al aplicar y realizar seguimiento de un plan de manejo integral de residuos propuesto para la empresa Metálicas Bonilla, desde su generación hasta su disposición final, de acuerdo con la normatividad legal vigente.

Específicos

Desarrollo de las etapas para la gestión integral para la minimización y correcta disposición de los residuos generados.

Implementar alternativas de producción más limpia, para la disminución de residuos y la mejora continua de procesos productivos.

Desarrollar estrategias de seguimiento y mejora continua.

DEFINICIONES

Almacenamiento: Es el depósito temporal de residuos o desechos peligrosos en un espacio físico definido y por un tiempo determinado con carácter previo a su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final

Aprovechamiento: El proceso mediante el cual, a través un manejo integral de los sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales o económicos

Disposición Final Residuos Peligrosos: Es el proceso de aislar y confinar los residuos o peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente

Industrias metalmeccánicas: Se basa en la transformación de materias primas como el acero y en la elaboración de productos mediante procesos propios

Residuos Sólidos: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables. 2981

Residuos Sólidos Aprovechables: Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo.

Gestión integral: Conjunto articulado e interrelacionado de acciones de política, normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de evaluación, seguimiento y monitoreo desde la prevención de la generación hasta la disposición final de los residuos o desechos peligrosos, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Manejo integral : Es la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final, importación y exportación de residuos o desechos peligrosos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para proteger la salud humana y el ambiente contra los efectos nocivos temporales y/o permanentes que puedan derivarse de tales residuos o desechos.

Producción más limpia: Aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia y para reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente

Recuperación: es la acción que permite retirar los residuos aquellos materiales que someterse a un nuevo proceso aprovechamiento, para convertirlo en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos

Reutilización: es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos recuperados y que mediante tratamientos devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin para ello requieran procesos adicionales de transformación.

Transporte Interno: Consiste en trasladar los residuos desde el lugar de su generación hasta el almacenamiento temporal o centro de acopio.

Tratamiento: es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos o desechos peligrosos teniendo en cuenta el riesgo y el grado de peligrosidad de los mismos para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización ó para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente

Valorización: es el proceso de recuperar el de valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos o desechos peligrosos, por medio de la recuperación, reciclado o la regeneración

MARCO NORMATIVO

A Continuación, se presenta el marco normativo referente a los residuos sólidos o PMIRS

- **Decreto 2981 de 2013.** Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.
- **Resolución 2184 de 2019.** Por el cual se modifica la resolución 668 del 2016 sobre el uso racional de las bolsas plásticas y otras disposiciones

Por consiguiente, se muestran las normativas y guías que se relaciona los residuos sólidos:

- **Guía Técnica Colombiana GTC 24.** Guía para la separación en la fuente
- **Guía Técnica Colombiana GTC 86.** Guía para la implementación de la gestión integral de Residuos
- **Guía Técnica Colombiana GTC 53-5.** Guía para el aprovechamiento de los residuos metálicos.
- **Guía Técnica Colombiana GTC 53-8.** Guía para la minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes

Desarrollo de etapas del Manejo Integral: El desarrollo de esta etapa se ve enfocada en lograr la minimización de los residuos comenzando por la generación, la adecuada segregación, el transporte interno y almacenamiento y la disposición final, para llevar un mejor cumplimiento de la normativa que especifica cada uno de estos elementos.

CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA



La generación de residuos se puede definir como la acción de producir desechos derivado de las diferentes actividades industriales, es importante tener un control de esto pues provoca impactos negativos en el ámbito ambiental, económicamente, sanitario y social.

En busca de un cumplimiento de la normativa, la industria metalmecánica, presenta una amplia generación de residuos en todos sus procesos productivos, la *GTC 24* como alternativa muestra elementos de reducción en la fuente, donde se opta sólo por utilizar la cantidad necesaria para fabricar un artículo específico, de esta manera bajan los costos de producción y se aprovecha materia prima. Para los residuos metálicos, la *Guía Técnica Colombiana GTC 53-5 en su apartado 6.1 Reducción en la Fuente*, vincula los siguientes aspectos: (i) Disminución en el espesor de la lámina; (ii) reciclaje del material de empaque del rollo; (iii) aprovechamiento óptimo del área de corte; y (iv) disminución de material por cambio en los procesos de soldadura.



El *manual de gestión integral de residuos* define la segregación como la base fundamental de la adecuada gestión de residuos, consiste en la clasificación y disposición de los residuos en canecas y contenedores adecuados, de acuerdo con la legislación vigente. Para los residuos convencionales en la empresa, existe una adecuada separación en la fuente en el sector industrial, la cual se debería implementar cuando finaliza cada proceso productivo. En la *Tabla 1 sobre el tipo de Residuo para la Separación en la Fuente* en la *GTC 24* se evidencia detalladamente la separación en la fuente en cuanto a residuos aprovechables, no aprovechables y orgánicos.

Tabla 1. Tipos de residuo para la separación en la fuente de la GTC 24

Tipo de residuo	Clasificación	Ejemplos
Residuos no peligrosos	Aprovechable	<ul style="list-style-type: none"> - Cartón y papel (hojas, plegadiza, periódico, carpetas). - Vidrio (Botellas, recipientes)[^]. - Plásticos (bolsas, garrafas, envases, tapas)[^] - Residuos metálicos (chatarra, tapas, envases)[^] - Textiles (ropa, limpiones, trapos) - Madera (aserrín, palos, cajas, guacales, estibas) - Cuero (Ropa, accesorios) - Empaques compuestos (cajas de leche, cajas jugo, cajas de licores, vasos y contenedores desechables)[^]
	No aprovechable	<ul style="list-style-type: none"> - Papel tissue (papel higiénico, paños húmedos, pañales, toallas de mano, toallas sanitarias, protectores diarios) - Papeles encerados, plastificados, metalizados - Cerámicas - Vidrio Plano - Huesos - Material de barrido - Colillas de cigarrillo - Materiales de empaque y embalaje sucios
	Orgánicos Biodegradables	<ul style="list-style-type: none"> Residuos de comida Cortes y podas de materiales vegetales hojarasca

Fuente: Icontec (2009).

La *GTC 24 de 2009* para la implementación del código de colores quedará obsoleta a partir del año 2021 debido a que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, junto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, establecieron un código de colores unificado por medio de la *Resolución 2184 de 2019*. Canecas blancas para los residuos aprovechables, separando según el tipo de contenido y del material, verdes para depositar residuos orgánicos aprovechables como los restos de comida y negras para los residuos no aprovechables.

Figura 1. Código de colores según la resolución 2184 de 2019.



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019b).

En cuanto a la separación de residuos metálicos existe la Guía Técnica Colombiana GTC 53-5, Guía para el aprovechamiento de residuos metálicos, en la Tabla 2 sobre residuos metálicos aprovechables dictada en la GTC 53-5, se presenta una separación de los residuos metálicos ferrosos y no ferrosos y el tipo de reciclaje que se debe implementar.

Tabla 2. Tabla de residuos metálicos aprovechables

Tipo de residuo	Ejemplos	Tipo de reciclaje
Ferroso	Hojalata	Primario
	Lámina cromada	Primario
	Bienes de línea blanca	Secundario
	Laminado en frío	Secundario
	Laminado en caliente	Secundario
	Hierro gris y acero al manganeso	Primario
	Briquetas	Primario
	Arrabio	Primario
No ferrosos	Aluminio, cobre, bronce, latón, antimonio, plomo, estaño, níquel.	Primario

Fuente: Icontec (1999).

En el proceso de recolección y transporte interno, la *GTC 24 de 2009* consiste en el traslado de residuos desde el lugar de generación hasta el centro de acopio o sitio de almacenamiento, esta guía muestra viñetas claves principales para el transporte.

1. Se debe garantizar la recolección de la totalidad de los residuos generados.
2. La frecuencia de recolección interna debe considerar que el tiempo de permanencia sea el mínimo.
3. Todos los procesos de recolección se deben realizar de forma segura, se debe garantizar que la separación de residuos no se pierda.
4. Se recomienda que desde el proceso de recolección al sitio de almacenamiento el recorrido sea el mínimo.
5. Se deben realizar actividades de limpieza en los elementos utilizados para la recolección y transporte.
6. La ruta de transporte interno debe estar completamente señalizada y delimitada.

Este proceso se realiza por medio un elemento conocido como carretilla, carreta o zorra de carga (ver la Figura 2).

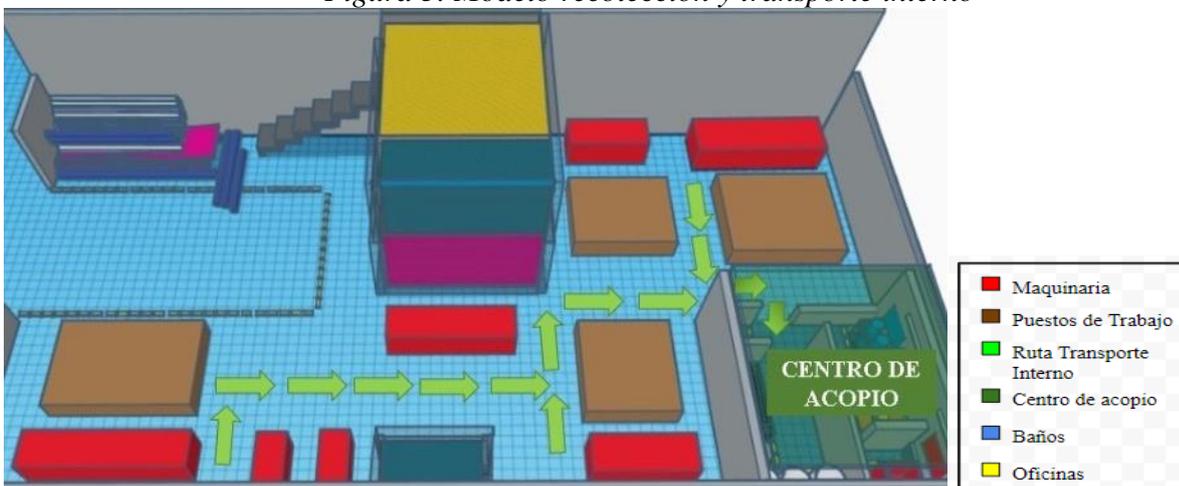
Figura 2. Carretilla, carreta, zorra de carga



Fuente: Comercializadora D&M Tools S.A.S. (2020).

Para tener la recolección y transporte interno, se plantea un modelo en 3D especificando cómo debería ser la ruta dentro de la empresa.

Figura 3. Modelo recolección y transporte interno



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa Autodesk Tinkercad (2020).

04

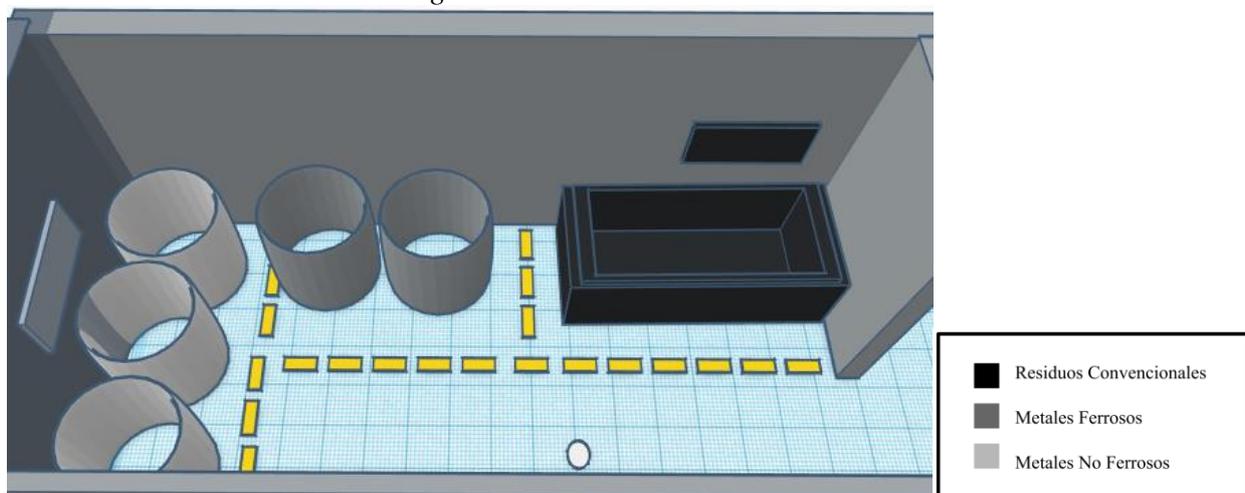
ALMACENAMIENTO

- Centro de acopio
- Almacenamiento de residuos

El almacenamiento es el sitio en el que serán depositados los residuos en forma ordenada y correctamente identificados, este lugar debe contar con recipientes que proporcionen seguridad, higiene y aislamiento de los residuos, instalaciones señalizadas (áreas de acopio y sistemas de evacuación y transporte interno), para la *GTC 24 de 2009, numeral 6.2.1*, este sitio deberá tener los acabados que permitan su fácil limpieza e impedir la formación de ambientes propicios para el desarrollo de microorganismos en general, sistemas que permitan la ventilación como rejillas o ventanas; y de prevención y control de incendios, como extintores y suministro cercano de agua y drenaje, deben ser construidas de manera que se evite el acceso y proliferación de insectos, roedores y otras clases de vectores e impida el ingreso de animales domésticos, contar con un programa de extinción de vectores, disponer de báscula para el control de la generación, contar con un sistema de control de olores, contar con características estructurales, de resistencia físico química para los residuos que se almacenen ahí, deberán tener una adecuada accesibilidad para los usuario y la ubicación del sitio no debe causar molestias e impactos a la comunidad.

Para tener un centro de acopio o almacenamiento cumpliendo los requisitos que rige a norma, se realizó un modelo en 3D mostrado en la *Figura 4*, planteando como sería la correcta segregación según cada tipo de residuo.

Figura 4. Modelo Almacenamiento



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa Autodesk Tinkercad (2020).

05

DISPOSICIÓN FINAL

- Empresa de Aseo
- Relleno Sanitario

La *GTC 24*, establece en su *apartado 7* la entrega de residuos al prestador del servicio de recolección, para cumplir con un monitoreo se debe realizar un registro que lleve el horario y la frecuencia en donde se hace la recolección de los residuos, teniendo en cuenta el tipo de recolección que tiene la empresa, en este caso rige la recolección en el andén o en centros de acopio. Sin embargo todos los procesos de transporte son gestionados directamente con la empresa encargada del servicio de aseo según la zona en la que se encuentra la empresa, para que dicha empresa haga una correcta recolección

sin generar que se revuelvan los residuos previamente segregados y así brindando una adecuada disposición final de estos.

ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA:

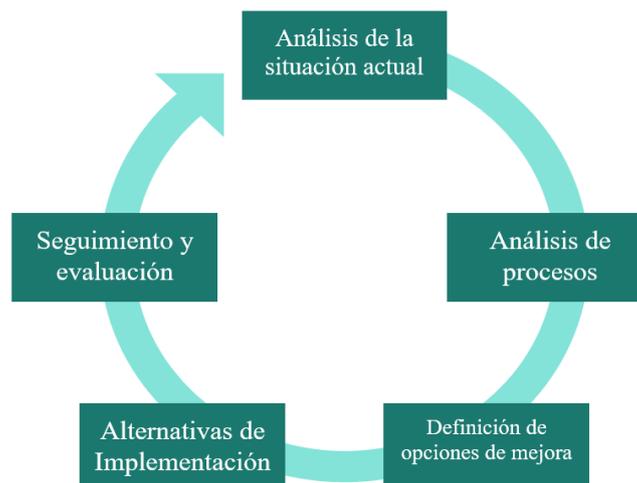
La *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020) plantea la definición de Producción más Limpia - PML descrita por la UNEP - United Nations Environment Programme como una aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia y para reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente.

Con base a la implementación de alternativas de producción más limpia, la *Guía para la Gestión y Manejo Integral de Residuos Industria Metalmeccánica* presentada por la Secretaría Distrital de Ambiente (2010), muestra las ventajas que presenta dichas estrategias en una empresa, mencionadas a continuación:

- Estrategias encaminadas al desarrollo sostenible
- Mejora la competitividad
- Continuidad de la actividad productiva
- Mejora la eficiencia en los procesos productivos, en los productos y en los servicios
- Ayuda con el cumplimiento de la normativa ambiental
- Mejoramiento continuo de la gestión ambiental
- Disminuye las inversiones en sistemas de control al final del proceso

Se plantea el un diagrama del ciclo de vida de la producción más limpia adaptándola a las necesidades y los criterios de la empresa mostrado en la siguiente manera (Figura 5).

Figura 5. Ciclo de producción más limpia



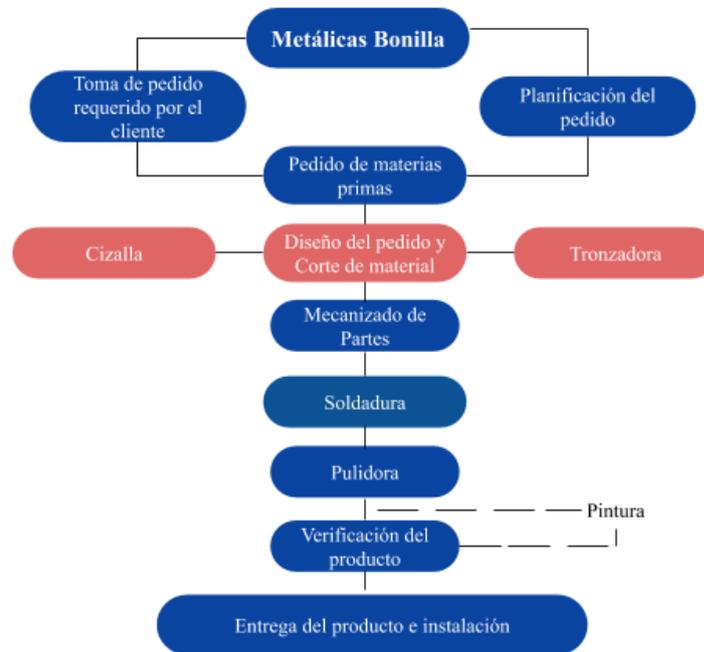
Fuente: Elaboración propia (2020).

Análisis de la situación actual de la empresa

Este proceso se realiza una recopilación de información de la situación inicial de la empresa, donde

se identifican los puntos críticos definidos como los procesos que más residuos generan. Se esquematiza en un diagrama y marcan con color rojizo.

Figura 6. Identificación de puntos críticos



Fuente: Elaboración propia (2020).

Análisis de procesos

Se realiza un diagrama de análisis de la entrada de materias primas, procesos y salidas de residuos, de las maquinarias identificadas como mayores generadoras de residuos, como los son la cizalla y la tronzadora, identificados en el proceso productivo de diseño de pedido y corte de material.

Tabla 3. Análisis de proceso: Diseño

Entrada	Proceso	Salida
	Diseño del pedido y Corte de Material	
- Materias primas (hierro o acero)	Diseño de la pieza para ejecución de corte	- Materia prima con especificaciones de corte

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla 4. Análisis de proceso: Tronzadora

Entrada	Proceso	Salida
	Tronzadora	
<ul style="list-style-type: none"> - Disco diamantado o abrasivo - Materias primas (hierro o acero) 	<p>Diseño para ejecutar el corte o separación de la pieza en forma mecánica, por medio de la tronzadora</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Disco diamantado o abrasivo desgastado - Viruta Metálica - Residuos sobrantes de corte
 <p>Fuente: Elaboración propia (2019)</p>		

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla 5. Análisis de proceso- Cizalla

Entrada	Proceso	Salida
	Cizalla	
<ul style="list-style-type: none"> - Láminas de Acero y Hierro 	<p>Diseño para ejecutar el corte o separación de la pieza en forma manual, por medio de la cizalla</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos sobrantes de corte de láminas
 <p>Fuente: Maquinarias Djesus Perú (2020).</p>		

Fuente: Elaboración propia (2020).

Definición de opciones de mejora

Por medio de un análisis causa/efecto, se realiza un diagrama presentando el punto crítico identificado, la causa y las alternativas de solucionar.

Tabla 6. Análisis causa/efecto

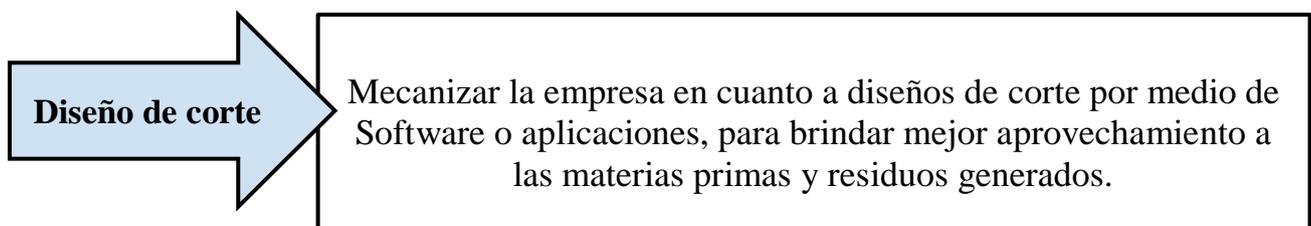
Punto Crítico	Causa	Alternativa de Solución
Diseño ineficiente para proceso de corte	3. Pérdida de material por falta de aprovechamiento de espacio por diseño para corte	4. Implementación de software especializado en corte para ahorrar espacio en el diseño.
Generación excesiva de residuos en el uso de la Tronzadora	4. Pérdida de materia prima por falta de precisión en cortes manuales en caso de la cizalla	5. Mecanismo de separación de residuos según su material y espesor para aprovechamiento.
Generación excesiva de residuos en el uso de la Cizalla		6. Ahorro por procesos de reutilización y reciclaje.

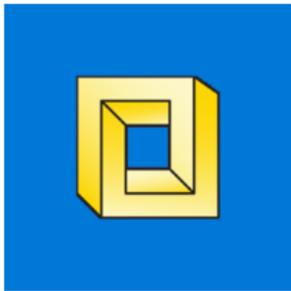
Fuente: Elaboración propia (2020).

Alternativas de implementación

Se plantean diferentes actividades y medidas para el aprovechamiento y valoración de los residuos, que ayuden a la disminución y el trato adecuado de estos, por medio de diferentes entes especializados (ver las Figuras de la 7 a la 9).

Figura 7. Flujograma de las alternativas de implementación: Diseño de corte

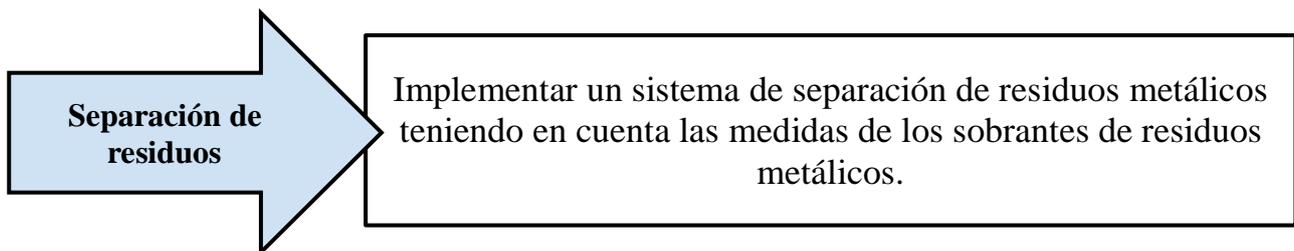


<i>OptCuT FREE</i>	
	<p>OptCut Free es una aplicación gratuita para la optimización automática del corte lineal y/o rectangular de diferentes materiales.</p> <p>Tiene como principal objetivo minimizar los residuos, reutilizar las existencias y así permitir un ahorro sustancial en el material y, por tanto, generar mayores ganancias (Microsoft Store, 2020)</p>

BORSI	
	<p>La Bolsa de Residuos y Subproductos Industrializables es una plataforma virtual que busca fomentar la valorización de residuos y subproductos mediante transacciones de compraventa o intercambio, con el fin de promover su recuperación, reciclaje y reintroducción a las cadenas productivas (Plataforma Borsi, 2020).</p>

Fuente: Elaboración propia utilizando el software Microsoft Store (2020) y Plataforma Borsi (2020).

Figura 8. Flujograma de las alternativas de implementación: Separación de residuos



Sistema de separación de residuos metálicos

Estantería o almacenamiento de residuos metálicos según su tamaño, material y forma, teniendo un control de la cantidad, para un aprovechamiento posterior.

Dichos residuos deben ser acomodados por tamaño para una posible reutilización posterior teniendo en cuenta una adecuada disposición para evitar que los empleados en cargados de los mismos reportan algún tipo de incidente laboral por lesiones en piel.



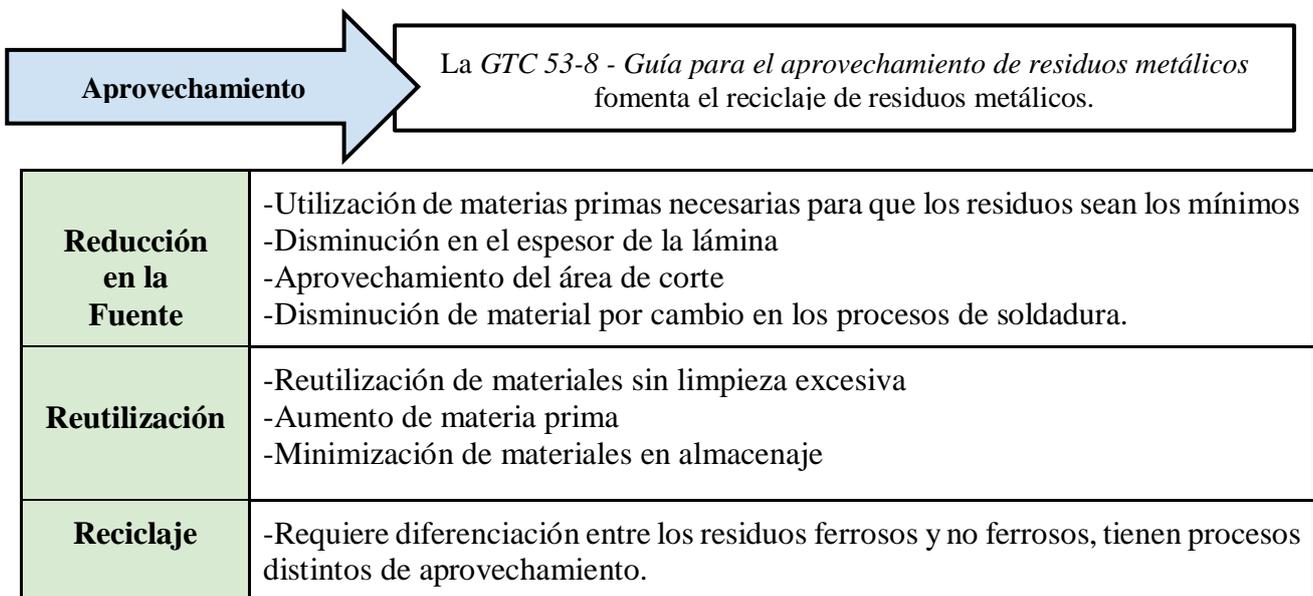
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa Autodesk Tinkercad (2020).

Acumulación de viruta metálica para su aprovechamiento

Las empresas que comercializan productos de limpieza para el hogar y las empresas ponen a disposición de los clientes viruta para el mantenimiento de los pisos en madera. La viruta sobrante y bien seleccionada en la empresa Metálicas Bonilla, podría generar una fuente de ingreso adicional al venderlo.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Figura 9. Flujograma de las alternativas de implementación: Aprovechamiento



Fuente: Elaboración propia (2020).

Seguimiento y evaluación

Los planes de seguimiento consisten en validar las diferentes actividades que se van desarrollando para el cumplimiento de medidas propuestas en el plan. Para garantizar el seguimiento y control se plantean unos programas de manejo de residuos en las empresas, programas de capacitaciones, reciclaje y reúso y programas de minimización. En la evaluación se miden los beneficios que estos procesos tengan en la empresa. La *GTC 53-5 - Guía de aprovechamiento de residuos metálicos* (Icontec, 1999), en su apartado 6.3.2 *Beneficios del reciclaje de residuos metálicos* presenta la Tabla 9 sobre los beneficios y ventajas del reciclaje de residuos metálicos, mostrada a continuación.

Tabla 7. Beneficios y ventajas del reciclaje: residuos ferrosos y no ferrosos

Residuos ferrosos	Residuos no ferrosos
<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro energético. Solo se necesita un tercio de la energía que la utilizada para producir mineral de hierro a partir de materiales vírgenes¹⁾. - Disminución del volumen de residuos en los sitios de disposición final - Beneficios sociales por la generación de empleo. - Ahorro de materiales vírgenes de un 90 % y reducción del agua en un 40 %. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro energético del 95 % en el proceso de fabricación¹⁾. - Disminución del volumen de residuos en los sitios de disposición final - Beneficios sociales por la generación de empleo. - Entre los costos de reciclaje de aluminio y producción virgen, el ahorro es del 40 %.
¹⁾ Véase la Tabla 5.	

Fuente: Icontec (1999).

Programas

Con el fin de llevar un adecuado cumplimiento del PMIRS, se plantean una serie de programas para el seguimiento tanto de los procesos productivos en la organización como del personal que ejecuta las actividades, brindando un seguimiento continuo para el cumplimiento de los objetivos.

Programa	Objetivo	Estrategias y Metodología	Actividades
Capacitación a funcionarios	Obtener un cubrimiento total del personal en la empresa con el completo conocimiento de las actividades a realizar	Charlas y conferencias explicativas	Socialización total del PMIRS a todos los entes de la empresa
		Talleres de sensibilización	Entendimiento y comprensión total del de PMIRS
			Mantener al personal completamente concientizado de la adecuada implementación del PMIRS

Seguimiento y Monitoreo	Generar un control de las actividades realizadas para la implementación del PMIRS	Seguimiento y control a los procesos productivos en la empresa	Implementación de formatos contemplando las actividades relacionadas
		Seguimiento y control al personal que lleva a cabo el PMIRS por medio de guías evaluativas	Cuestionarios al personal para asegurar la correcta implementación del PMIRS
		Seguimiento y control a los residuos generados por medio de caracterización de estos	Mantenimiento de un conteo de los residuos producidos
Generación	Disminuir la cantidad de residuos generados	Mantener un seguimiento de acuerdo al uso de las materias primas	Tener un control del uso de las materias primas para la disminución de generación en la fuente
Segregación	Separar adecuadamente los residuos generados en la empresa	Disponer de envases y embalajes adecuados para los tipos de residuos generados	Adecuada disposición de los residuos según normativa para un posible aprovechamiento
Recolección y transporte interno	Implementar rutas de recolección para transportar adecuadamente los residuos generados	Generar una recolección adecuada y ordenada de los residuos generados para el traslado al centro de acopio	Rutas señalizadas de transporte interno dentro de la empresa
Almacenamiento	Disponer de un centro de acopio que cumpla con todas las especificaciones según la normativa y los residuos generados	Generar orden y cumplir la normativa aplicada a este criterio	Crear un centro de acopio siguiendo toda la normativa aplicada
Disposición final	Generar una adecuada disposición de los residuos para evitar el riesgo a agentes externos	Generar una correcta entrega de los residuos a los agentes encargados de su disposición final	Comunicación con las empresas encargadas de la recolección de residuos peligrosos para su correcta disposición
Aprovechamiento	Implementar medidas que permitan el aprovechamiento de los residuos generados	Generar eficiencia en procesos y mejor uso de materias primas	Implementación de software especializado en diseño de corte
		Generar materias primas para otros procesos productivos y de paso generar ganancias	Venta de residuos metálicos a empresas especializadas en su transformación
		Utilización de materias primas sobrantes que pueden ser modificadas o requeridas en otro tipo de proceso	Reutilización de residuos generados por medio de mecanismos de separación según material y tamaño

Cumplimiento de normativa	Cumplir con toda la normativa vigente que le rige a la empresa	Fomentar los programas de seguimiento, tener un control en los residuos generados	Garantizar el cumplimiento del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos
---------------------------	--	---	--

Indicadores asociados

Indicadores asociados	Formula	Frecuencia de medición	Meta
Aprovechamiento de residuos metálicos	$\frac{\text{kg de residuos metálicos generados}}{\text{kg de residuos metálicos aprovechados}} \times 100\%$	Mensual	Incremento del 70% de residuos metálicos aprovechables
Separación de residuos peligrosos	$\frac{\text{kg de RESPEL generados}}{\text{kg de RESPEL clasificados}} \times 100\%$	Mensual	Segregación del 100% de los residuos peligrosos
Cumplimiento de normativa	$\frac{\text{Criterios cumplidos}}{\text{Criterios totales}} \times 100\%$	Mensual	Cumplimiento total de la normativa 100%

Anexo 5. Residuos Peligrosos

Normativa Residuos Peligrosos:

- **Ley 1252 de 2008.** Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones
- **Decreto 4741 de 2005 (Decreto 1076, título 6).** Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
- **Decreto 1076 de 2015.** Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible
- **Decreto 1079 de 2015.** Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte
- **Norma Técnica Colombiana NTC 1692 de 2013.** Transporte de mercancías peligrosas, definiciones, clasificación, marcado, etiquetado y rotulado
- **Norma Técnica Colombiana NTC 4702-4.** Embalajes y envases para transporte mercancías peligrosas clase 4. sólidos inflamables, sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea, sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables
- **Norma Técnica Colombiana NTC 3967.** Transporte de mercancías peligrosas clase 4. Sólidos inflamables; sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea, sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables. Transporte terrestre por carretera
- **Norma Técnica Colombiana NTC 3972.** Transporte de mercancías peligrosas clase 9. Sustancias peligrosas varias. Transporte terrestre por carretera
- **Norma Técnica Colombiana NTC 2880.** Transporte de mercancías peligrosas clase 2. condiciones de transporte terrestre
- **Norma Técnica Colombiana NTC 4702-2.** Embalajes y envases para transporte mercancías peligrosas clase 2. gases
- **Política Nacional de Gestión de aparatos eléctricos y electrónicos.** Normas para el manejo de residuos de aparatos eléctricos

Etapas de mejora en el manejo de los residuos peligrosos:

1. Generación:

En cuanto a la generación de residuos tóxicos, peligrosos y convencionales, la empresa deberá un mejor control de lo que genera, dicho en el *Decreto 1076 de 2015 en el ARTÍCULO 2.2.6.1.6.2 (Decreto 4741 de 2005, art 27)*. De la Inscripción en el Registro de Generadores.

2. Segregación

En cuanto a los residuos peligrosos el *Decreto 1076, Artículo 2.2.1.2.3 (Decreto 4741 de 2005, Artículo 6)*, presenta el procedimiento mediante el cual se puede identificar si un residuo o desecho es peligroso. Se nombran tres numerales para la identificación. El primero es sobre las características que le otorgaría la calidad al residuo; la segunda sobre la lista o desechos contenidos en los anexos I, II y III del Decreto, y el tercero trata sobre su caracterización fisicoquímica.

El *Decreto 1079 de 2015 en la Subsección 1, Artículo 2.2.1.7.8.1.1. - Manejo de Carga*, habla del

etiquetado, clasificación y rotulado de los envases peligrosos, y especifica el uso de la *NTC 1692 de 2013 en su Anexo I* para poder llevar a cabo lo establecido en esta norma.

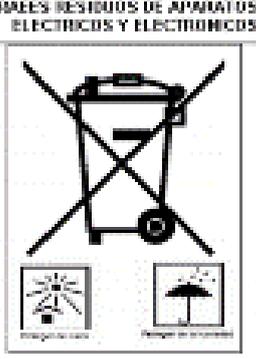
Según la identificación de residuos peligrosos especificada en el *Decreto 1076, Artículo 2.2.1.2.3, en los Anexos I y II*, podemos concluir que rigen características de residuos de sustancias peligrosas varias, líquidos inflamables y sólidos inflamables. Por ende identificamos en la *NTC 1692, numeral 5.2.2.2 - Modelos de etiquetas*, donde se maneja un etiquetado específico según las características de peligrosidad.

Los tipos de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos tienen un proceso de gestión en el *Instructivo para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*, donde se maneja su clasificación y si caracterización respectiva.

Se realiza una tabla con la identificación y caracterización de los residuos peligrosos presentes en la empresa.

Tabla 1. Identificación de residuos peligrosos

Identificación y caracterización de residuos peligrosos				
Codificación anexos		Clasificación	Caracterización	Identificación en la empresa
Anexo I	Anexo II			
Y8	A3020	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados	Clase 9. Sustancias peligrosas varios 	Aceites para máquinas y turbinas Refrigerantes y lubricantes sintéticos.
	A4130	Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluidas en el Anexo I, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del Anexo III	Fuente: Icontec (2005).	Envases de aceites lubricantes y desengrasantes
	A3140	Desechos de disolventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B	Clase 4 División 4.1. Sólidos Inflamables 	Envases y estopas untadas con Thinner
			Fuente: Icontec (2005).	

	A4130	Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluidas en el Anexo I, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del Anexo III	<p>Clase 2 División 2.2 Gases no inflamables, no tóxicos</p>  <p>Fuente: Icontec (2005).</p>	Cilindros de Argón y CO ₂
INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS - RAEE.	Herramientas eléctricas y electrónicas	 <p>Fuente: Comité Nacional para Formulación de la Política de Gestión de los RAEE (2013)</p>	Maquinaria dañada	

Fuente: Elaboración propia (2020).

Para el envase de sólidos inflamables, el *Decreto 1079 de 2015* especifica el uso de la *NTC 4702-4 - Embalaje y Envase para Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 4, Sólidos inflamables*. En el *Numeral 3.3.5 - Tipos de Envase/Embalaje*, donde muestra siete tipos diferentes de envases, entre ellos: bidón, tonel (barril) de madera, cuñete, caja, saco, embalaje compuesto y recipiente a presión, no se especifica el color del envase.

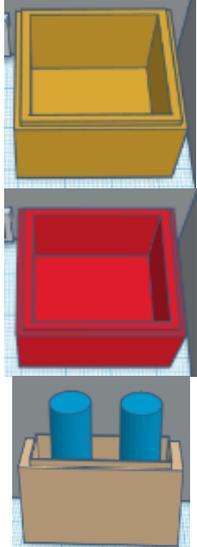
El tipo de material lo describe en el *numeral 3.1.6*, se encuentran: acero, aluminio, madera natural, madera contrachapada, madera reconstituida, cartón prensado, material plástico, textiles, papel multicapa o multihoja, metal y vidrio o porcelana.

Las mismas especificaciones rigen para el envase de sustancias peligrosas varias, sin embargo esta se encuentra especificada en la *NTC 4702-9 - Embalaje y Envase para Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 9, Sustancias peligrosas varias* y en la *NTC 4702 -2 Embalaje y Envase para Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 2, Gases*.

El *Instructivo para el Manejo de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*, para el tipo de envase y etiqueta plantea contenedores de cajas de rejas o de madera sobre estibas, también se podrán usar cajas de cartón sobre estiba.

A continuación, en la Tabla 2 se evidencia cómo sería la correcta implementación de segregación según el tipo de residuos, sus características y el tipo de envase y etiquetado que debería utilizar.

Tabla 2. Segregación ideal en la empresa

Tipo de Residuos	Características	Tipo de Envase y Etiqueta Etiqueta	
Peligrosos	<p>Es aquel residuo o desecho que por sus características peligrosidad que pueden causar riesgo en la salud humana y el ambiente.</p> <p>Tenemos la presencia de residuos peligrosos en las estopas manchadas con thinner y grasa, trapos con aceite, envases con residuos de aceites solubles, lubricantes o thinner.</p>	 <p>Fuente: Icontec (2005)</p>	 <p>Elaboración propia (2020)</p>
RAEE	Son aquellos aparatos que se encuentran dañados y en desuso.	 <p>Fuente: Comité Nacional para Formulación de la Política de Gestión de los RAEE (2013)</p>	

Fuente: Elaboración propia (2020).

3. Transporte interno y almacenamiento

Para los residuos peligrosos el *Decreto 1076, Título 6*, especifica que este tipo de desecho en el sitio de almacenamiento no pueden superar los 12 meses. Durante el tiempo que el generador tiene almacenados estos residuos, debe contar con las medidas de prevención específicas para que no afecten a la salud humana y al ambiente.

Las *Guías Ambientales de Almacenamiento y Transporte Por Carretera de Sustancias Químicas Peligrosas y Residuos Peligrosos* presentado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006) en el apartado 2.2 - *Condiciones del Sitio de Almacenamiento* especifica las condiciones que debe tener el sitio de almacenamiento en cuanto a los residuos peligrosos se relacionan con la infraestructura de la empresa para poder llevarlas a cabo de la siguiente manera;

- Diseño: Debe permitir la separación de sustancias incompatibles
 - Muros cortafuego: Deben ser independientes de la estructura
 - Puertas: Tamaño mínimo posible
 - Salidas de emergencia
 - Piso: impermeable para evitar filtraciones de los residuos
 - Drenaje
 - Confinamiento: las sustancias almacenadas deben estar confinadas mediante paredes o bordillos perimetrales.
 - Techos: No se debe permitir el ingreso de aguas lluvias, materiales no combustibles
 - Ventilación: ventilación natural
 - Señalización: Se debe especificar con colores, instrucciones de seguridad.
 - Detectores de humo e incendios
 - Sistema rociadores

El documento de *Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos Bases Conceptuales*, escrito por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial (2007) define a los residuos peligrosos incompatibles como aquellos que sufren alteraciones o reacciones al entrar en contacto entre sí. Para definir este criterio se utiliza la matriz de incompatibilidad propuesta por la Organización Marítima Internacional - OMI, se basa en la clase de riesgo que poseen estos residuos.

Para el análisis de incompatibilidad se evalúan las 3 clases de residuos peligrosos presentes en la empresa, se relacionan con su clase de riesgo, para así poder definir el color al que corresponden e identificar el rango de compatibilidad que tienen, en este caso. Las clases evaluadas se encuentran ubicadas en las casillas amarillas identificadas como *Precaución. Revisar incompatibilidades individuales*, tal y como se evidencia en la Figura 20.

En cuanto a la incompatibilidad de la Clase 2 gases no inflamables no tóxicos, los pictogramas de seguridad para sustancias como argón y dióxido de carbono establecen las especificaciones para el adecuado almacenamiento. El documento presenta las siguientes especificaciones especiales;

- Los envases deben ser almacenados en un lugar especialmente construido y bien ventilado, preferiblemente al aire libre.
- Los envases almacenados deben ser controlados periódicamente en cuanto a su estado general y fugas.
- Tener en cuenta todas las leyes y requisitos locales sobre el almacenamiento de envases. Proteger los envases almacenados al aire libre contra la corrosión y las condiciones atmosféricas extremas.
- Los envases deben ser almacenados en posición vertical y asegurados para prevenir las caídas. Las válvulas de los contenedores deben estar bien cerradas y donde sea necesario, las salidas de las válvulas deben ser protegidas con tapones.
- Los protectores de las válvulas o tapones deben estar en su sitio. Mantener los envases herméticamente cerrados en un lugar fresco y bien ventilado.
- Los envases deben ser almacenados en lugares libres de riesgo de incendio y lejos de fuentes del calor e ignición.

Nota: De acuerdo a la estructura que tiene la empresa Metálicas Bonilla, no cuenta con espacio al aire libre para el almacenamiento de gases, se recomienda en el centro de acopio la buena ventilación y la

estancia mínima de tiempo para cilindros.

Figura 1. Matriz de incompatibilidad

Clase de Riesgo ONU	1.	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6	7	8	9
1. Explosivo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.1. Gas Inflamable	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.2. Gas Comprimido no inflamable, no venenoso	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.3. Gas venenoso por la inhalación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3. Líquidos Inflamables y Líquidos combustibles	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.1 Sólido inflamable	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.2 Sustancia espontáneamente combustible	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.3 Sustancia peligrosa cuando está mojada	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5.1 Oxidante	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5.2 Peróxido Orgánico	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6 Sustancias Tóxicas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7 Sustancias Radiactivas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8 Sustancias Corrosivas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
9 Sustancias Peligrosas Varias	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Convenciones

- Pueden almacenarse juntos
- Precaución. Revisar incompatibilidades individuales
- Pueden requerirse almacenes separados. Son incompatibles.

Fuente: Editada por autores de la Organización Marítima Internacional citada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial (2007).

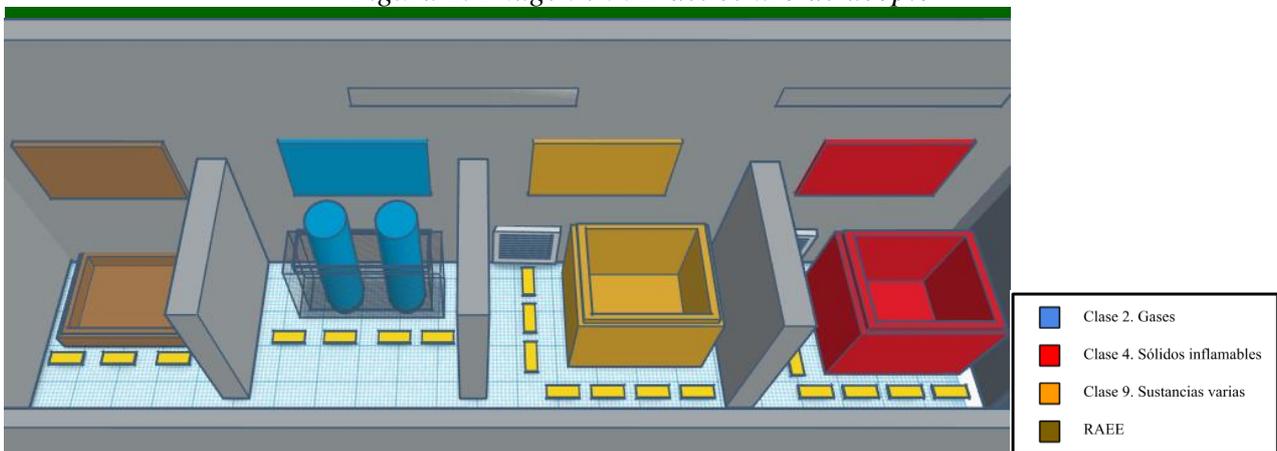
En cuanto a las estopas con thinner y envases de estos correspondientes a la clase 4.1 - Sólidos inflamables, especifica en el almacenamiento tener los contenedores bien cerrados en lugar bien ventilado, alejado de materiales incompatibles y calor, a temperatura ambiente (entre 15 y 25°C).

Por otro lado, los residuos de aceites lubricantes especifican en el pictograma de seguridad, el almacenamiento con recomendaciones como evitar fuentes de calor, radiación, electricidad estática y el contacto con alimentos.

El *Instructivo para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*, plantea que el almacenamiento de estos elementos se debe tener en cuenta el tiempo máximo de 14 meses y el uso de contenedores o estibas para depositar estos residuos.

Para tener un centro de acopio o almacenamiento cumpliendo los requisitos que rige a norma, se realizó un modelo en 3D mostrado en la *Figura 2*, planteando como sería la correcta segregación según cada tipo de residuo.

Figura 2. Imagen en 3D del centro de acopio



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa Autodesk Tinkercad (2020).

4. *Disposición Final*

En cuanto a los residuos peligrosos el *Decreto 1079 de 2015* habla de las condiciones generales para el transporte, especifica el uso de Normas Técnicas Colombianas para cada clase de residuo. Se habla con la empresa encargada de transporte de mercancías peligrosas y la empresa debe cumplir con las especificaciones establecidas en La *NTC 3967 - Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 4, Sólidos Inflamables*, en el numeral 4 - *Requisitos Generales Para el Transporte* al igual que la *NTC 3972 - Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 9, Sustancias Peligrosas Varias*, en el numeral 4 - *Requisitos Generales Para el Transporte* y *NTC 2880 - Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 2, Gases*, en el numeral 4 - *Requisitos Generales Para el Transporte*, para brindar una apta disposición final.

