

Propuesta para la organización de los procesos operativos y planteamiento de herramientas

Lean Manufacturing en la empresa Ekoplanet Ubicada en la ciudad de Bogotá

Durán Durán Michael Yesid

Universitaria Agustiniana

Facultad de ingenierías

Programa de Ingeniería Industrial

Bogotá D.C

2021

Propuesta para la organización de los procesos operativos y planteamiento de  
herramientas Lean Manufacturing en la empresa Ekoplanet Ubicada en la ciudad de  
Bogotá

Durán Durán Michael Yesid

Asesor

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Universitaria Agustiniana

Facultad de ingenierías

Programa de Ingeniería Industrial

Bogotá D.C

## **Resumen**

Para el desarrollo de esta propuesta se plantea la viabilidad de establecer novedosos o recientes modelos de Lean Manufacturing, operación y técnicas estadísticas que permitan modificar antiguos e inapropiados procedimientos utilizados por la empresa de reciclaje Ekoplanet. Mediante técnicas, herramientas y recursos tecnológicos se busca crear un sistema adecuado para la recolección de datos estadísticos con el fin de comprender en mayor medida el comportamiento de las distintas operaciones que se manejan para dicha compañía, de tal manera se debe considerar un estudio enfocado en estandarizar o determinar tiempos y movimientos con el objetivo de reducir costos y duración del ciclo operativo. En este caso específico se trabajó con la empresa Ekoplanet ubicada en la ciudad de Bogotá, en la localidad de Kennedy.

Por consiguiente, este trabajo tratará temas como: el mercado, recursos tecnológicos, proveedores, insumos, competitividad, normatividad legal y ambiental entre otros.

*Palabras clave:* Lean Manufacturing, proceso productivo, mejora continua, herramientas estadísticas, calidad.

## **Abstract**

For the development of this proposal, the feasibility of establishing new or recent operating models and statistical techniques that allow the modification of old and inappropriate procedures used by the recycling company Ekoplanet is proposed. Through techniques, tools, and technological resources, it is sought to create an adequate system for the collection of statistical data to better understand the behavior of the different operations that are handled for said company, in such a way a study focused on standardize or determine times and movements to reduce costs and duration of the operating cycle. In this specific case, we worked with the Ekoplanet company located in the city of Bogotá, in the town of Kennedy.

Therefore, this work will deal with topics such as: the market, technological resources, raw materials, competitiveness, legal and environmental regulations, among others.

*Keywords:* Lean Manufacturing, Productive process, continuous improvement, statistical tools, quality.

## Tabla de contenido

Introducción	12
1. Problema de investigación	15
1.1. Antecedentes del problema	15
1.2. Descripción del problema	15
1.3. Pregunta de Investigación	17
1.4. Árbol de problemas	17
2. Justificación	18
3. Objetivos	19
3.1. Objetivo general	19
3.2. Objetivos específicos	19
4. Marco de referencia	20
4.1. Marco teórico	25
4.1.1. La productividad	25
4.1.2. Lean Manufacturing	25
4.1.2.1. Herramientas de Lean Manufacturing.	26
4.1.2.1.1. Metodología de las 5 S.	26
4.1.2.1.1.1. Seiri	26
4.1.2.1.1.2. Seiton	26
4.1.2.1.1.3. Seiso	27
4.1.2.1.1.4. Seiketsu	27
4.1.2.1.1.5. Shitsuke	27
4.1.2.1.2. Kanban	27
4.1.2.1.3. Jidoka	28
4.1.2.1.4. SMED	28
4.1.2.1.5. Value Stream Mapping	28
4.1.2.1.6. Total Productive Management	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2.1.7. Kaizen	28
4.2. AMEF	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.1. Guía de Severidad (gravedad) de los efectos potenciales.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.2. Probabilidad de fallas	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.3. Capacidad de detección	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.4. Cuadro AMEF	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3. Flujograma de procesos	29
4.4. TPM (Mantenimiento productivo total)	29
4.4.1. Técnicas estadísticas	29
4.4.1.1. Cartas de control	29

4.4.1.2. Histogramas	30
4.4.1.3. Diagrama de Pareto	31
4.4.1.4. Diagrama de Dispersión	32
4.1.3. Reciclaje	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.5. Papel y cartón	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.4.2. Plásticos	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.5.1. Fabricación	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.5.2. Los termoplástico	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.5.3. Los termoestables	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.5.4. Bioplásticos:	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.5.5. Plásticos biodegradables	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.5.6. Plásticos técnicos	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.6.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5. Marco Conceptual	33
5. Marco Metodológico	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1. Tipo de investigación	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2. Variables del problema	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.1. Variables independientes	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.2. Variables dependientes	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.3. Hipótesis	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4. Instrumentos de recolección	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5. Proceso Metodológico	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6. Marco Legal	34
6.1. PGIRS	34
6.2. Tabla de Normas	35
7. Resultados de la investigación	36
7.1. Diagnóstico actual de la empresa	36
7.1.1. Presentación de la empresa	36
1.1.1. Georreferenciación	37
1.2. Organigrama	39
1.3. Flujoograma del proceso	41
1.4. Mapeo de la cadena de valor (VSM Actual)	43
1.5. Diagrama de recorrido	44
1.5.1. Layout propuesto	55
1.5.2. Oportunidad de mejora basada en los diagramas	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6. Descripción del proceso productivo	47
1.6.1. Proceso de separación de residuos	47
1.6.2. Proceso de compactación de residuos sólidos	49
1.6.2.1. Flujoograma del proceso de compactación	51

1.7. Tabla diagnóstico EKOPLANET SAS.	54
<b>8. Explicación detallada de las oportunidades de mejora</b>	<b>55</b>
8.1. Recolección de las fuentes	55
8.2. Retrasos por fallas en la maquinaria	52
8.3. Exceso de inventarios en planta	52
8.4. Problemas Calidad	56
8.5. Diagrama Porque-Porque	63
8.6. Asignación de las herramientas de Lean Manufacturing y Herramientas estadísticas	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
8.6.1. Metodología de las 5 S's	66
8.6.2. TPM	71
8.6.3. Kanban	71
8.6.4. Kaizen	71
8.6.5. Cartas de Control	72
8.7. Matriz de herramientas para cada proceso	85
8.8. Propuestas de mejora para los procesos	85
8.8.1. Implementación de metodologías en el área de clasificación	66
8.8.1.1. Seiri	66
8.8.1.2. Seiton	68
8.8.1.3. Seiso	69
8.8.1.4. Seiketsu	69
8.8.1.5. Shitsuke	70
8.8.1.6. Control verificación 5 S's	70
8.8.2. TPM (Mantenimiento productivo total)	77
8.8.2.1. Calculo de perdidas generadas por falta de mantenimiento	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
8.8.2.1.1. Disponibilidad	78
8.8.2.1.2. Rendimiento	79
8.8.2.1.3. Calidad	80
8.8.2.1.4. OEE (Eficacia general del equipo)	80
8.8.2.2. Programa de mantenimiento	81
8.8.2.3. Mejora esperada con TPM	81
8.8.3. Kanban	83
8.8.4. Guía para la implementación del Kanban	84
8.8.5. Cartas de control	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
8.8.6. Carta de control tipo P	73
8.8.7. Análisis de la carta de control tipo P	75
9. Cronograma de actividades	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10. Análisis económico	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

10.1. Presupuesto	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.2. Costo total por tipo de recurso.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.3. Costo de materiales	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.4. Costo de desplazamiento	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.5. Matriz DOFA	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
11. Referencias	86
<b>ANEXOS</b>	88

## Lista de Tablas

Tabla 1. Marco de referencia	22
Tabla 2. Normas de reciclaje Papel	36
Tabla 3. Normas de reciclaje Papel 2	37
Tabla 4. Normas de reciclaje Papel 3	38
Tabla 5. Marco Legal	47
Tabla 6. Cálculo Tatk Time. Durán M (2021)	55
Tabla 7. Tráfico entre áreas a diario. Autoría propia.	59
Tabla 8. Tráfico entre áreas mensual. Autoría propia.	59
Tabla 9. Número de viajes entre áreas a diario. Autoría propia.	59
Tabla 10. Número de viajes entre áreas mensual. Autoría propia.	60
Tabla 11. Distancia en metros entre áreas a diario. Autoría propia.	60
Tabla 12. Distancia en metros entre áreas mensuales. Autoría propia.	60
Tabla 13. Quejas proveedores	70
Tabla 14. Tabla de compradores	70
Tabla 15. Prioridades según uso	79
Tabla 16. Carta de control tipo P	83
Tabla 17. Porcentaje de errores por lote	85
Tabla 18. Cronograma del anteproyecto	86
Tabla 19. Costo total por tipo de recurso	87
Tabla 20. Costo de materiales	87
Tabla 21. Costo desplazamientos	88
Tabla 22. Matriz DOFA	88

## Lista de Figuras

Figura 1. Estación de residuos. Autoría propia.	17
Figura 2. Estación de residuos de conjunto residencial. Autoría propia.	18
Figura 3. Árbol de problemas. Autoría propia.	19
Figura 4. Fórmula de productividad. (Miranda & Toirac, 2010).	26
Figura 5. Carta de control. Autoría propia.	31
Figura 6. Histograma. Autoría propia.	31
Figura 7. Diagrama de Pareto. Autoría propia.	32
Figura 8. Diagrama de dispersión. Autoría propia.	33
Figura 9. Plano de localización	41
Figura 10. Entrada Principal	42
Figura 11. Entrada almacén secundario	42
Figura 12. Organigrama de Ekoplanet. Autoría propia.	50
Figura 13. Flujograma de procesos. Autoría propia.	52
Figura 14. Tabla de proceso y tiempo. Autoría propia.	53
Figura 15. Fórmula Takt. Duran M. (2021)	53
Figura 16. VSM actual de la empresa. Autoría propia.	54
Figura 17. Layout actual de la empresa Ekoplanet. Autoría propia.	55
Figura 18. Diagrama de recorrido	56
Figura 19. Camino de Recolección. Duran M. (2021)	58
Figura 20. Globos de reciclaje. Duran M. (2021)	59
Figura 21. Especificaciones de una prensa embaladora vertical. Burkhart J. (2015).	60
Figura 22. Compactadora vertical. Autoría propia.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 23. Compactadora horizontal con banda. Duran M. (2021)	62
Figura 24. Histograma. Autoría propia.	63

Figura 25. Obstrucción de otras áreas de almacenamiento.	65
Figura 26. Diagrama de Pareto Proveedores. Duran D. (2021).	66
Figura 27. Diagrama de Pareto Compradores. Autoría propia.	67
Figura 28. Diagrama Selección	73
Figura 29. Diagrama de clasificación. Tomado de metodología 5's	74
Figura 30. Hoja verificación 5 S's	76
Figura 31. Kanban de producción	77
Figura 32.Línea Central	79
Figura 33.Desviación estándar	80
Figura 34.Límite Superior	80
Figura 35.Límite Inferior	80

## **Lista de Anexos**

Anexo 1. Reclamaciones hechas por los clientes últimos 4 meses.	89
Anexo 2. Cursograma Analítico de Ekoplanet	90

## 1. Introducción

En el año 2016 el banco mundial en uno de sus informes reveló que se han registrado un total de 2010 millones de toneladas de residuos, la cual en los próximos 30 años podría aumentar hasta un 70% respecto a lo registrado anteriormente. Se está hablando de una cantidad que podría alcanzar los 3400 millones de toneladas. Los países considerados primermundistas a pesar de tener un porcentaje bajo de la población, aproximadamente un 16 % son los que generan más de  $\frac{1}{3}$  de los desechos a nivel mundial. Seguido por la región de Asia oriental y el pacífico la cual genera casi  $\frac{1}{4}$  de los residuos, también se espera que para el año 2050 la producción de residuos para regiones como Sudáfrica y Asia meridional presentan un crecimiento del triple de su producción de residuos.

En la actualidad la ciudad de Bogotá es una de las ciudades que más produce residuos en el país, con aproximadamente 6.300 toneladas al día, entre residuos de cauchos, cartón, maderas, textiles, cueros, plásticos, papel, materia orgánica entre otros. Dado que estos datos son del año 2020 y que la tasa de crecimiento que se ha mantenido por algunas décadas es del 1.8%, sumando la no despreciable cantidad de personas extranjeras que llegan a la ciudad, la cantidad de toneladas/día aumentará considerablemente.

Un proyecto que tenga en cuenta estas necesidades y satisfaga la demanda constante de servicios que ayuden a controlar la cantidad de desperdicios en relación con el crecimiento poblacional esperado, depende de renovar ideas de negocio tradicional, modernizar y controlarla por efectos de productividad.

Mediante este estudio no solo se procura expresar las pautas para dar cumplimiento con lo establecido por las entidades reguladoras; más bien se dispondrá soluciones determinantes para no infringir los reglamentos y satisfacer las necesidades de espacio, productividad, calidad y logística.

Para el caso de Ekoplanet la metodología de Lean Manufacturing y las técnicas estadísticas de recolección de datos se propondrá la implementación a la empresa con el fin de mejorar los procesos productivos, reduciendo tiempos y aumentando su capacidad de responder ante la gran demanda de su servicio.

La actividad comercial de la empresa “Ekoplanet” consiste plenamente en la recolección y reciclado de residuos sólidos. Por lo tanto, requiere de un proceso productivo, recursos, materias primas, herramientas y entre otros factores fundamentales para ejecutar o brindar sus servicios al público. Su función repercute directamente en el entorno social, cultural y económico del sector, es este uno de los motivos que impulsa el estudio para generar un cambio y fomentar la creación de una organización dinámica y en constante crecimiento.

Simultáneamente ataca temas como la calidad en el servicio, satisfacción del consumidor, tiempos, costos, innovación, atención y mejoramiento continuo. Que otorgan valor agregado a la actividad realizada por Ekoplanet y genera un alto nivel de competitividad respecto a los establecimientos dedicados a la misma actividad económica ubicados en el sector.

Por lo tanto, estos conceptos se ven ligados a herramientas y métodos de calidad, producción y distribución en planta. Que permitan tomar decisiones acertadas para cumplir con lo anterior expuesto.

Igualmente, el trabajo proporciona y demuestra la necesidad de implementar sistemas que agrupen todas las características expuestas que darán ventajas a la empresa, con el fin de atraer y fidelizar clientes, tomando en cuenta la demanda actual del mercado y la competencia directa ubicada en la zona. Satisfacer plenamente las expectativas del consumidor permitirá la construcción de una organización innovadora con capacidad de crecimiento.

## **1. Problema de investigación**

### **1.1. Antecedentes del problema**

En los últimos años debido al crecimiento exponencial que ha tenido la población de la ciudad de Bogotá, entre el incremento natural y el movimiento de personas en cuestión de migración y turismo, el nivel de producción de basuras puede llegar a niveles muy altos, aumentando así el valor social de las empresas de tratamiento de residuos, las cuales podrán ayudar a mitigar el problema.

La empresa Ekoplanet durante los últimos años ha intentado mantener sus procesos productivos lo más eficientes posibles para poder responder a la demanda de residuos que llegan a sus instalaciones. Sin embargo, el crecimiento exponencial anteriormente mencionado ha obligado a la empresa a rediseñar sus procesos para lograr responder a dicha nueva demanda.

### **1.2. Descripción del problema**

La empresa Ekoplanet se dedica a la compra y comercialización de materias reciclables, prestación de servicios ambientales, y distribución de productos de aseo y otros. Al visitar la empresa y hablar con los trabajadores, se reconocieron los diferentes aspectos que pudiesen generar inconvenientes tales como el retraso en las rutas de recolección de los residuos, puesto que uno de los principales proveedores de residuos son los conjuntos residenciales, los retrasos pueden darse debido a la demora de los camiones a la hora de la descarga de material debido a la mala distribución que se tiene en la planta sumándole la acumulación de residuos por ser procesados, lo cual dificulta la entrada masiva de vehículos, permitiendo así uno o dos camiones, de los 6 que se planearon originalmente. También se habló de los retrasos ocasionados por las fallas de las únicas 2 compactadoras con las que cuenta la empresa, en este caso una destinada exclusivamente para la compactación de materiales plásticos (botellas de bebidas) y la otra para el procesamiento de residuos aprovechables como lo sería el papel, papel



### 1.3. Pregunta de Investigación

¿Mediante Lean Manufacturing y herramientas estadísticas es posible mejorar los procesos productivos de la empresa Ekoplanet, para reducir tiempos y aumentar la respuesta a la demanda actual?

### 1.4. Árbol de problemas

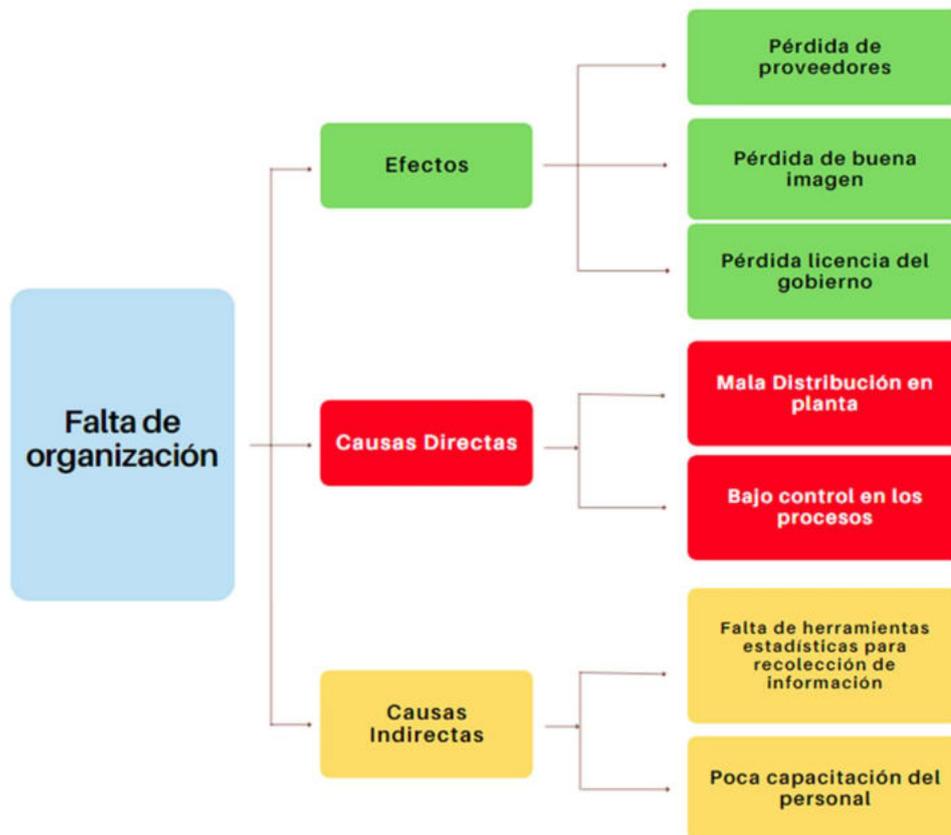


Figura 3. Árbol de problemas. Autoría propia.

## **2. Justificación**

Debido al gran crecimiento que se ha venido dando en la ciudad de Bogotá D.C la cantidad de residuos sólidos en toneladas que se producen diariamente está valiendo un problema de salud pública para la ciudadanía. La empresa Ekoplanet al ser una compañía destinada al tratamiento de dichos residuos, ve su operación afectada por la cantidad de procesos que no han sido correctamente optimizados, junto con la falta de herramientas que puedan proveer una visión global del proceso productivo para lograr así una capacidad de toma de decisiones lo bastante acertada para poder posicionarse como líder en dicho sector.

Así mismo con estudios realizados en los años 2001 y 2002 se evidenció que las UER (Unidades Económicas de Reciclaje) llegaron a \$66.126.6 millones, mientras que el promedio anual por ventas por establecimiento alcanzó la cifra de 76.98 millones. Lo cual demuestra la viabilidad que puede traer dicha aplicación en términos monetarios.

Adecuar las instalaciones implica revisar temas como la línea de producción y operaciones logísticas. Debido a esto se debe generar un plan que permita recibir y satisfacer la cantidad de producto que llegue.

Para que la planta cumpla con los objetivos de satisfacción del cliente y pueda satisfacer durante su horario los procesos esperados. Es totalmente necesario disminuir los tiempos registrados hasta el momento.

El plan debe contar con un análisis detallado respecto a los temas ya mencionados y referir herramientas, métodos y técnicas de recolección de datos, producción y calidad. Que otorguen o permitan optimizar y mejorar los procesos. Por consiguiente, este trabajo me permitirá a mí como estudiante aplicar los conocimientos adquiridos durante mi año de estudio en un ambiente real, aprendiendo a identificar las múltiples variables que pueden presentarse en estas situaciones.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Diseño de una Propuesta para la organización de los procesos operativos y planteamiento de herramientas Lean Manufacturing en la empresa Ekoplanet Ubicada en la ciudad de Bogotá

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico situacional de la ejecución del proceso operacional.
- Estructurar la secuencia de operaciones para este tipo de procesos basado en la investigación teórica relacionada.
- Elegir y proponer las técnicas Lean Manufacturing que se puedan aplicar a la ejecución de los procesos de la organización.
- Exponer los resultados de esta investigación a la alta dirección para su revisión y sugerencias.

#### 4. Marco de referencia

Tabla 1. Marco de referencia

Título	Enlace	Año
Propuesta para la aplicación de Lean Manufacturing y de técnicas estadísticas enfocadas a la calidad en la empresa Complasticol.	<a href="http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/867/RuizPena-DiegoFernando-1-2019.pdf?sequence=5&amp;isAllowed=y">http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/867/RuizPena-DiegoFernando-1-2019.pdf?sequence=5&amp;isAllowed=y</a>	2018
estudio de factibilidad para la creación de una empresa recolectora y comercializadora de plástico, Pet y archivo en la localidad de chapinero	<a href="https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22700/1/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20LA%20CREACI%C3%93N%20DE%20UNA%20EMPRESA%20RECOLECTORA%20Y%20COMERCIALIZADOR%20DE%20PL%C3%81STIC.pdf">https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22700/1/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20LA%20CREACI%C3%93N%20DE%20UNA%20EMPRESA%20RECOLECTORA%20Y%20COMERCIALIZADOR%20DE%20PL%C3%81STIC.pdf</a>	2018
Modelo de una empresa procesadora de plásticos posconsumo como mecanismo que otorgue beneficio económico y laboral al reciclador.	<a href="https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0058003.pdf">https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0058003.pdf</a>	1999

plan de mejora en los procesos de reciclaje y distribución de planta de la fundación laudes infantis	<a href="https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22725/1/Hierman%20Robert%20Vargas%20Plazas%20537100%20%28FUNDACIO%CC%81N%20LAUDES%20INFANTIS%29.pdf">https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22725/1/Hierman%20Robert%20Vargas%20Plazas%20537100%20%28FUNDACIO%CC%81N%20LAUDES%20INFANTIS%29.pdf</a>	2018
“diseño de un método de reciclaje para emsercota esp, como estrategia para reducir contaminación, sin desmejorar sus ingresos”	<a href="https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10881/TRABAJO%20FINAL.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y">https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10881/TRABAJO%20FINAL.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y</a>	2007
control de las basuras y reciclaje, como forma de mejoramiento socio-económico y cultural	<a href="https://core.ac.uk/download/pdf/250160041.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/250160041.pdf</a>	2016
PLAN DE NEGOCIO RECICLAJE Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	<a href="http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/102451/Plan-de-negocio-reciclaje-y-gestion.pdf?sequence=3">http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/102451/Plan-de-negocio-reciclaje-y-gestion.pdf?sequence=3</a>	2010
plan de negocio reciclaje y gestión de residuos sólidos domiciliarios	<a href="https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10606/PROYECTO%20FINAL%20DE%20GRADO%206%20de%20junio%20de%202013%20diana.pdf?sequence=1">https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10606/PROYECTO%20FINAL%20DE%20GRADO%206%20de%20junio%20de%202013%20diana.pdf?sequence=1</a>	2013

<p>“Estudio de mercado para la implementación de un proyecto de reciclaje de plástico en el Distrito Metropolitano de Quito”</p>	<p><a href="https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5228/1/T-ESPE-033187.pdf">https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5228/1/T-ESPE-033187.pdf</a></p>	<p>2011</p>
<p>implementación de herramientas lean Manufacturing para el aumento de la eficiencia en la producción de esa corporación.</p>	<p><a href="https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/10489/1/2016_implementacion_herramienta_lean.pdf">https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/10489/1/2016_implementacion_herramienta_lean.pdf</a></p>	<p>2016</p>
<p>“Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área de Control de Calidad de la empresa Maderas Arauco.”</p>	<p><a href="http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/bpmm971i/doc/bpmm971i.pdf">http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/bpmm971i/doc/bpmm971i.pdf</a></p>	<p>2017</p>
<p>Implementación de la Metodología Lean Manufacturing a una Cadena de Producción Agroalimentaria</p>	<p><a href="http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70759/fichero/TFM_Javier_Ruiz_Cobos.pdf">http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70759/fichero/TFM_Javier_Ruiz_Cobos.pdf</a></p>	<p>2016</p>
<p>Planteamiento de un modelo lean Manufacturing para el mejoramiento de calidad y procesos, en</p>	<p><a href="http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/507/DiazMendez-DannaViviana-2018.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/507/DiazMendez-DannaViviana-2018.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a></p>	<p>2018</p>

<p>la empresa abs cromosol Ltda.</p>		
<p>Propuesta de Mejora de Procesos utilizando herramientas de Lean Manufacturing en la confección de Calentadores de Brazo para elevar la productividad en una Pyme textil en Arequipa</p>	<p><a href="http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15992/4/ESCALANTE_MONTESINOS_ALV_PRO.pdf">http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15992/4/ESCALANTE_MONTESINOS_ALV_PRO.pdf</a></p>	<p>2019</p>
<p>“Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica”</p>	<p><a href="https://core.ac.uk/download/pdf/323349173.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/323349173.pdf</a></p>	<p>2018</p>

Herramientas Titulo	5s	SMED	KANBAN	TPM	JIT	POKA YOKE	VSM	JIDOKA	ANDON	TRABAJO ESTANDAR	KAIZEN	HEIJUNKA	MANUFACTURA CELULAR	QFD	SISTEMA PULL	TRABAJO FLEXIBLE	SHONJINKA	CUADRO MANDO INTEGRAL
Propuesta para la aplicación de Lean Manufacturing y de técnicas estadísticas enfocadas a la calidad en la empresa Complasticol.	X	X	X		X		X	X	X		X	X						
implementación de herramientas lean Manufacturing para el aumento de la eficiencia en la producción de esa corporación.	X	X			X								X					
“Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área de Control de Calidad de la empresa Maderas Arauco.”	X		X			X				X	X							
Implementación de la Metodología Lean Manufacturing a una Cadena de Producción Agroalimentaria	X	X	X	X				X				X						
Planteamiento de un modelo lean Manufacturing para el mejoramiento de calidad y procesos, en la empresa abs cromosol Ltda.	X	X									X							
Propuesta de Mejora de Procesos utilizando herramientas de Lean Manufacturing en la confección de Calentadores de Brazo para elevar la productividad en una Pyme textil en Arequipa					X		X	X			X							
“Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica”		X			X					X	X							

## **4.1. Marco teórico**

### **4.1.1. La productividad**

Es un indicador que es utilizado para medir en uno o varios procesos productivos, la capacidad que este posea, por lo tanto, al aumentar la productividad se logran mejores resultados. Desarrollar una mejora en los procesos productivos puede brindar una reducción en los costes de producción, lo que hará que los precios disminuyan y aumente la demanda, o se puede mantener el precio actual, permitiendo mayores ganancias para la compañía.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

Figura 4. Fórmula de productividad. (Miranda & Toirac, 2010).

Al analizar la fórmula se entiende que solo hay dos maneras de mejorar la productividad, aumentar la producción manteniendo la misma cantidad de insumos, o disminuyendo los recursos necesarios para el desarrollo de una actividad, lo que implicaría una mejora en el sistema de producción.

### **4.1.2. Lean Manufacturing**

El Lean Manufacturing es una filosofía que integra sectores sociales y tecnológicos para el mejoramiento de procesos, buscando obtener mayores beneficios, utilizando menos recursos, con lo cual se busca disminuir los recursos o actividades que no agregar valor a la empresa o al cliente. (Tejeda, 2011, pág. 282)

#### **4.1.2.1. Herramientas de Lean Manufacturing.**

##### *4.1.2.1.1. Metodología de las 5 S.*

La calidad puede definirse como la capacidad que tiene una organización de satisfacer las necesidades de un cliente, respecto a un producto o servicio; por lo que unas buenas organizaciones de las áreas de trabajo pueden agilizar y optimizar la comunicación que se espera que se tenga con el cliente para permitir un enfoque más preciso en los intereses el mercado, obviando malos tiempos de respuesta, altos costos de personal, favoreciendo la eficiencia y optimizando costes.

La metodología debe su nombre a las 5 palabras japonesas que la conforman.

##### *4.1.2.1.1.1. Seiri*

Este principio consiste en identificar y clasificar elementos u objetos que no sean necesarios para la elaboración de una labor, ya sea porque no aportan un valor al producto, porque ocupan espacio, o una mala manipulación por parte de los operarios. Todo esto puede generar tiempos muertos, falta de espacio, y baja eficiencia en el desarrollo de la actividad. Clasificación, saber lo que es necesario, y sacar lo innecesario del puesto de trabajo.

##### *4.1.2.1.1.2. Seiton*

Este principio se basa en el orden, crear una clasificación de los elementos u objetos necesarios para el desarrollo de una actividad, determinando su nivel de importancia y asignando lugares donde se puede facilitar su acceso y a su vez creando un método para asegurar que se tengan los elementos necesarios. Orden, mantener las cosas organizadas de tal manera que puedan ser encontradas fácilmente.

#### *4.1.2.1.1.3. Seiso*

Este principio trata sobre la limpieza del puesto de trabajo, revisar que los elementos se encuentren en buen estado, y en su lugar para realizar las actividades. Junto con esto también nos habla de mantener los equipos en muy buenas condiciones así se podría identificar posibles fallas y así poder tratarlas. Limpieza, mantener el puesto de trabajo limpio, además de inspeccionar las herramientas de trabajo para evitar problemas futuros como averías, fallas, escapes, etc.

#### *4.1.2.1.1.4. Seiketsu*

Estandarización, elaboración de estándares de limpieza y mantenimiento.

#### *4.1.2.1.1.5. Shitsuke*

Este principio nos habla de la creación de hábitos en los operarios, lo cual a largo plazo nos ayuda a crear estrategias para optimizar el orden en los puestos de trabajo, creando así una apropiación del operario hacia su puesto de trabajo formando una cultura de autodisciplina. Disciplina: Significa seguir procedimientos estandarizados.

#### *4.1.2.1.2. Kanban*

Originalmente la palabra Kanban de procedencia japonesa significaba tarjeta, pero su concepto ha evolucionado hasta convertirse en señal. Puede definirse como un sistema de control que se basa principalmente en el uso de tarjetas o en casos más específicos se usan señales electrónicas, en sistemas de producción tipo pull.

#### 4.1.2.1.3. *Jidoka*

Es una metodología japonesa que significa “automatización de los defectos”. Lo que plantea esta metodología es lograr crear métodos de autocontrol en los procesos productivos los cuales puedan generar alertas frente a una situación anormal para una posterior revisión, mantenimiento o paradas de los procesos, ya sean manuales o automáticas, para lograr reducir la pérdida de tiempos o materiales.

#### 4.1.2.1.4. *SMED*

(Single minute Exchange of die), Alistamientos rápidos: Cuando se usaran las máquinas varias veces para varios procesos, será necesario realizar alistamientos; se entiende por alistamientos a las acciones que se efectúan desde que sale un producto, hasta que llega el siguiente. Aplicando una correcta organización de estos alistamientos, se reducirán tiempos muertos.

#### 4.1.2.1.5. *Value Stream Mapping*

El Value Stream Mapping, es un modelo gráfico que representa el flujo de materiales e información, desde la fuente (proveedor) hasta el cliente, con esta técnica se pueden evidenciar procesos que no agreguen valor a el proceso productivo para posteriormente tomar decisiones sobre las mismas.

#### 4.1.2.1.6. *Kaizen*

El término Kaizen es una palabra de origen japonesa, la cual se divide en dos partes, Kai (cambio) y Zen (Mejorar), lo cual se puede traducir a “cambio para mejorar” o “hacerlo mejor”, se entiende como una cultura de mejora, donde la organización sea involucrada para que esta pueda evolucionar y estar siempre en constante cambio para mejor.

El concepto nos habla de la mejora a través del estudio y eliminación de desperdicios, y de operaciones o acciones que no agreguen valor al producto final.

## **4.2. Flujograma de procesos**

Un flujograma de procesos es una representación gráfica que puede mostrar las interacciones de diferentes acciones que se realizan con un mismo objetivo. se presenta de manera secuencial con la ayuda de descripciones y diferentes figuras las cuales indican diferentes tipos de interacciones entre ellas.

## **4.3. TPM (Mantenimiento productivo total)**

Es una herramienta que busca reducir o eliminar los tiempos no productivos por fallas en la maquinaria basándose en los mantenimientos preventivos. El mantenimiento productivo total busca aumentar la eficiencia de las máquinas atacando a las posibles fallas dadas por paros y problemas de calidad creando actividades de mantenimiento periódicas.

### **4.3.1. Técnicas estadísticas**

#### **4.3.1.1. *Cartas de control***

Es una herramienta principalmente usada en el área de calidad, en la cual se puede observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. con esto se pueden identificar las variaciones por causas ya sean comunes o especiales

Las cartas de control constan de varios elementos como lo son la línea central, la cual pretende representar el promedio de los valores de calidad, las líneas de control inferior y superior (LCI) y (LCS) respectivamente, las cuales nos indican los límites de la variación de valores de calidad, de tal manera que, si los datos se encuentran dentro de este límite, encontramos un proceso bajo control.

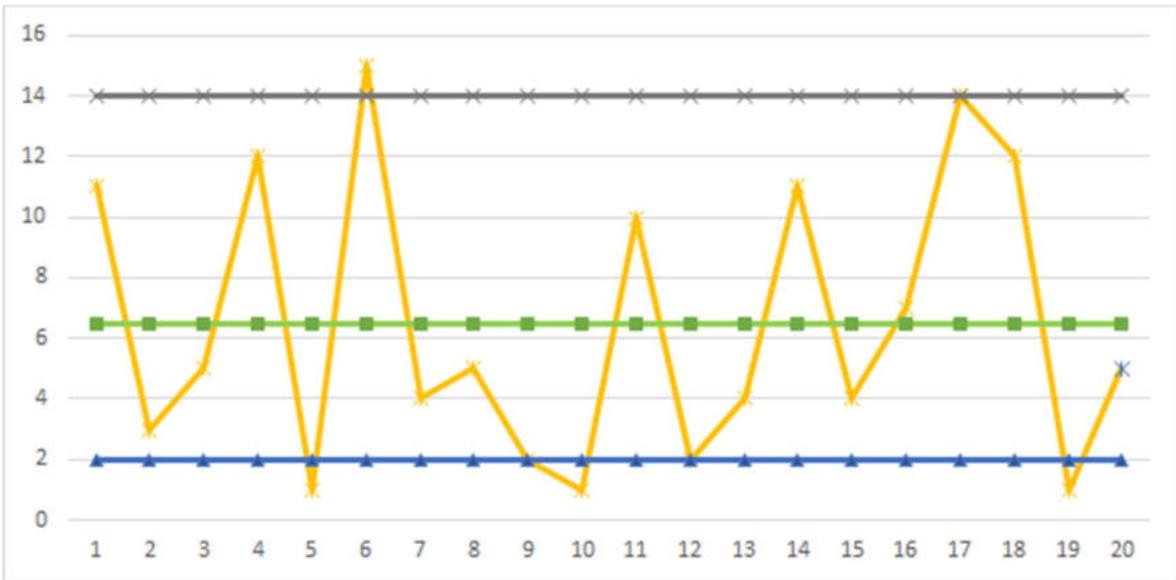


Figura 5. Carta de control. Autoría propia.

#### 4.3.1.2. Histogramas

Los histogramas son gráficos que muestran la frecuencia de un evento cuando se realizan varias mediciones, nos permite observar alrededor de qué valor se agrupan los datos. Generalmente se representa mediante barras las cuales visualmente nos dan un vistazo de la forma en la que los datos se sitúan.

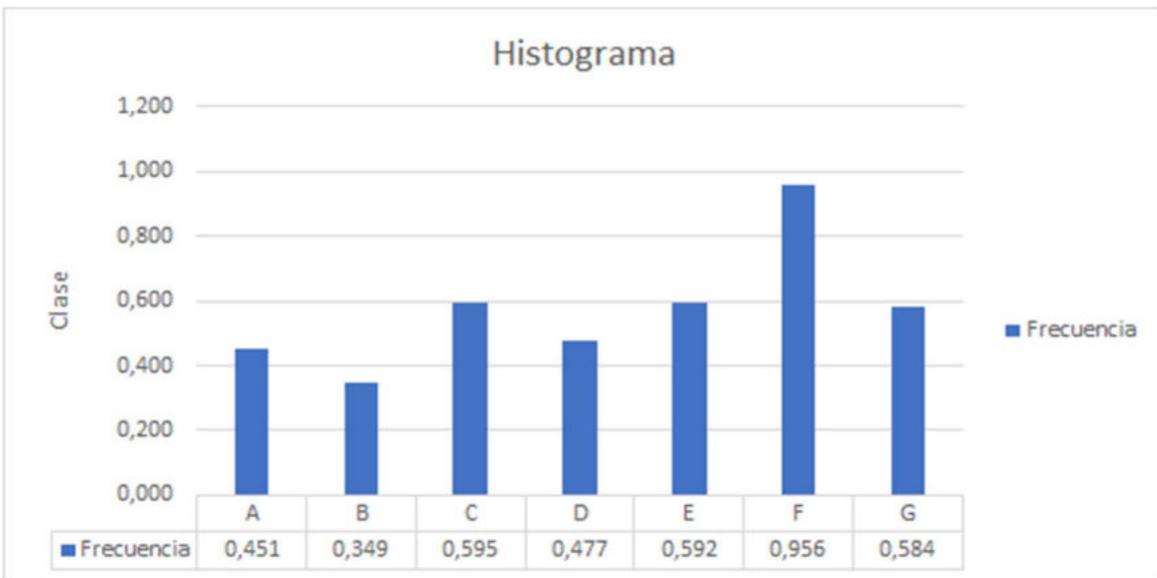


Figura 6. Histograma. Autoría propia.

### 4.3.1.3. Diagrama de Pareto

Es un gráfico de barras, que ordena los datos de forma descendente de izquierda a derecha, lo cual nos permite tener una visualización más amplia de los datos que pueden tener más impacto en nuestra muestra. La línea de porcentaje acumulado nos ayuda a tener una visión visual de la participación de cada aspecto frente a los demás, para poder analizar su importancia y poder tomar decisiones con respecto a ello.

En la siguiente imagen se puede ver un ejemplo de un diagrama de Pareto.

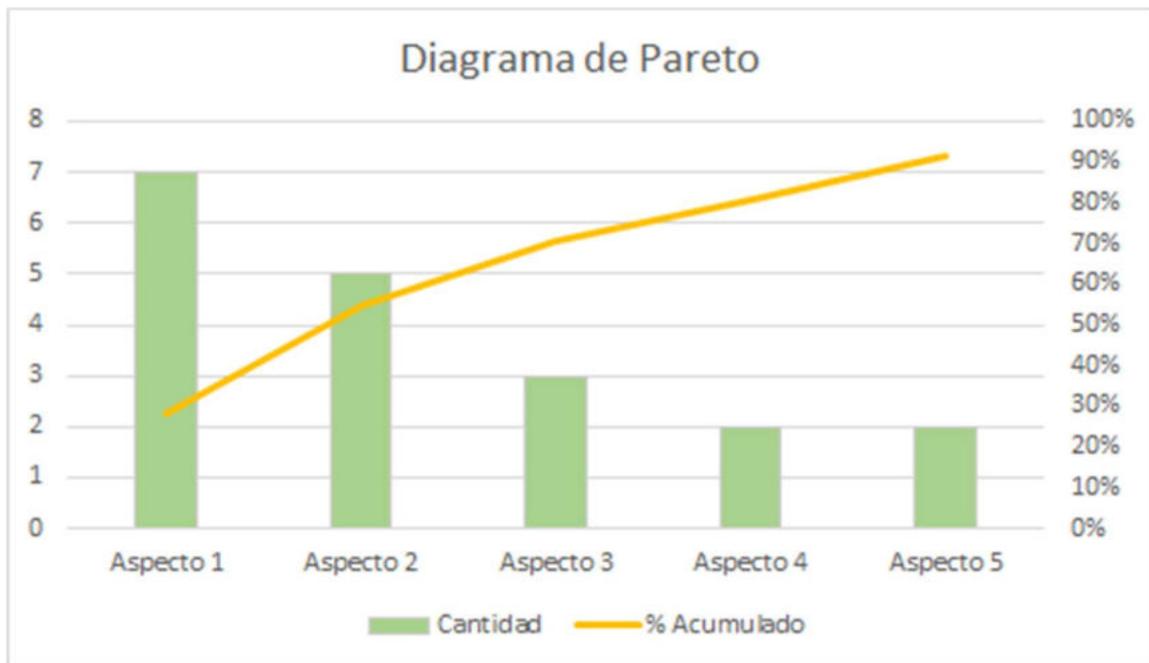


Figura 7. Diagrama de Pareto. Autoría propia.

#### 4.3.1.4. Diagrama de Dispersión

Es una herramienta que nos permite evaluar la relación entre varios conjuntos de datos, los cuales tienen que venir en pares, como por ejemplo (X.Y). Con esta herramienta podemos entender que tanto se afectan entre sí dos conjuntos de datos o que tan independientes son el uno del otro.

Según el comportamiento de los datos en el diagrama se pueden encontrar tres tipos de correlación:

**Correlación positiva:** Se da cuando hay una afectación simétrica en los dos grupos de variables, por ejemplo si uno de estos grupos aumenta, el otro lo hará también, y si este disminuye el otro también disminuirá. Es una relación proporcional entre los dos grupos.

**Correlación Negativa:** Se presenta cuando hay cambio inversamente proporcional entre los grupos de datos, por ejemplo si el grupo de datos 1 aumenta, el grupo de datos 2 disminuye.

**Correlación Nula:** Es cuando no existe un comportamiento visible entre los grupos de datos.

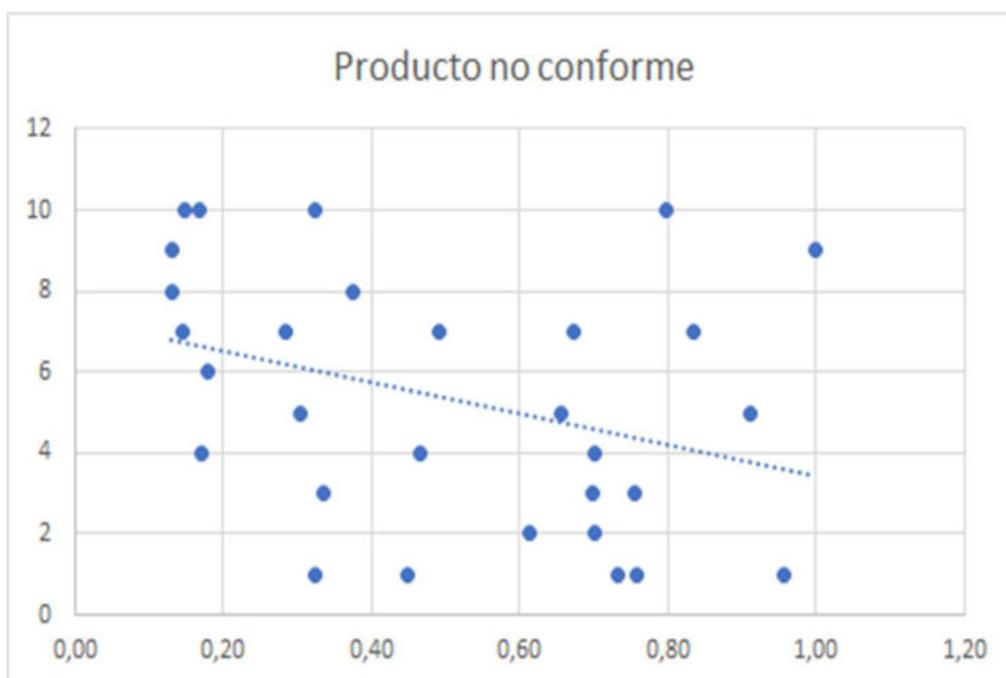


Figura 8. Diagrama de dispersión. Autoría propia.

#### **4.4. Marco Conceptual**

Trabajo estandarizado: Es una herramienta donde las acciones repetitivas necesarias para la realización de un trabajo se documentan, las cuales son discutidas, desarrolladas y mantenidas por los miembros que la requieran.

Seiri: Clasificación, saber lo que es necesario, y sacar lo innecesario del puesto de trabajo.

Seiton: Orden, mantener las cosas organizadas de tal manera que puedan ser encontradas fácilmente.

Seiso: Limpieza, mantener el puesto de trabajo limpio, además de inspeccionar las herramientas de trabajo para evitar problemas futuros como averías, fallas, escapes, etc.

Seiketsu: Estandarización, elaboración de estándares de limpieza y mantenimiento.

Shitsuke: Disciplina: Significa seguir procedimientos estandarizados.

Justo a tiempo (JIT): Hacer que los materiales y productos se entreguen en el momento justo que se usarán, reduciendo así tiempos de espera y disminuyendo los inventarios promedios de productos en procesos y productos terminados.

##### Marco Contextual

- Productividad
- Lean Manufacturing
- Las 5 S's

## 5. Marco Legal

### 5.1. PGIRS

El plan de gestión integral de residuos sólidos instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, fundamentado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos sólidos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición permanente de resultados. (Decreto 1077 de 2015 expedido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio).

*(<https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/gestion-institucional/gestion-de-residuos-solidos/planes-de-gestion-integral-de-residuos-solidos>)*

## 6.2. Tabla de Normas

Tabla 5. Marco Legal

NORMA	ENTIDAD	OBJETO
RESPEL (Plan para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos) de 2007	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Establece los lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos o desechos peligrosos, además define las responsabilidades y los encargados de la ejecución de este.
Ley 9 del 1979	Congreso de Colombia	Medidas Sanitarias para la protección del medio ambiente
GTC- 24 de 2010	Icontec	Su objetivo es brindar pautas para la correcta separación de los residuos no peligrosos, generados en el sector doméstico, industrial, comercial, institucional y de servicios.
Ley 2750 de 1994 Documento CONPES	Ministerio del Medio Ambiente	Planteamiento de propuestas y lineamientos, para el manejo adecuado de los residuos sólidos en Colombia
Ley 1252 de 2008	Congreso de Colombia	Regular la importación y exportación de residuos peligrosos, además de promover la minimización de estos a través del uso de tecnologías más limpias
Resolución 754 de 2014	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos
Resolución 2309 de 1986	Ministerio de Salud	Definición de residuos especiales, criterios para su identificación, planes de vigilancia y seguridad de estos.
Decreto 4741 de 2005	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Prevención y manejo de residuos sólidos o desechos peligrosos con el fin de proteger la salud y el medio ambiente
Decreto 2981 de 2013	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	reglamenta la prestación del servicio público de aseo, tanto para las entidades prestadoras como los usuarios, en todo el territorio nacional
Decreto 417 de 2020	Ministerio de salud	Se declara estado de emergencia Económica, social y ecológica en todo el territorio nacional colombiano
Circular externa 18 de 2020	Ministerio de salud y Ministerio de trabajo	Se imparten instrucciones a Empleadores, Empleados y Administradoras de Riesgos Laborales, con relación a la contención del COVID 19 y la prevención de enfermedades asociadas al primer pico epidemiológico de enfermedades respiratorias.

## 6. Resultados de la investigación

### 6.1. Diagnóstico actual de la empresa

#### 6.1.1. Presentación de la empresa

La corporación Ekoplanet es una organización no gubernamental creada en 1.999 con la convicción de aportar para que cada día el animal humano tome conciencia de su responsabilidad sobre sí mismo y su misión en el planeta que habita.

Desde ésta se han gestado proyectos, siempre bajo una visión holística y sistémica, entre sociales, turismo, comunidades indígenas, tecnologías de la información y las comunicaciones; investigación en distintos campos especialmente en procesos para el desarrollo, implementación y consolidación de una economía circular sustentable y sostenible, haciendo que salvar la especie humana de su propia extinción sea un negocio económica, espiritual, mental y socialmente rentable.



Figura 1. Estación de residuos. Autoría propia.



Figura 2. Estación de residuos de conjunto residencial. Autoría propia.

### 1.1.1. Georreferenciación

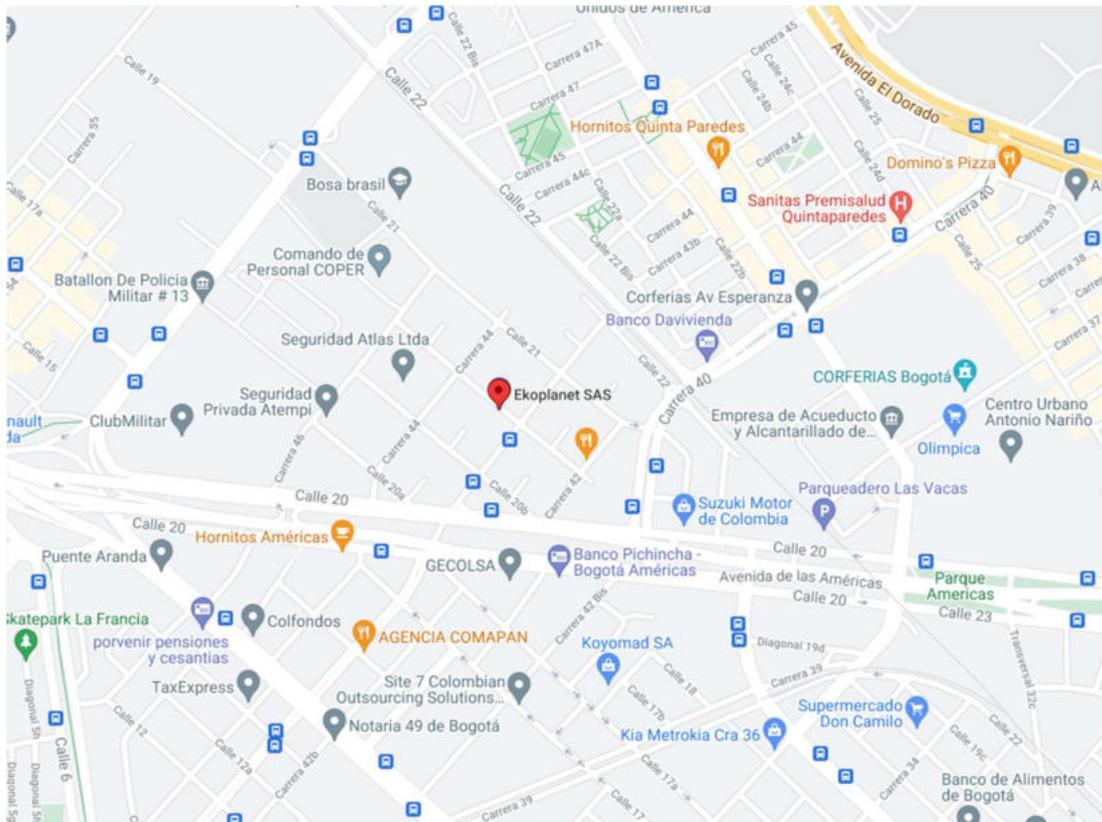


Figura 9. Plano de localización



Figura 10. Entrada Principal



Figura 11. Entrada almacén secundario

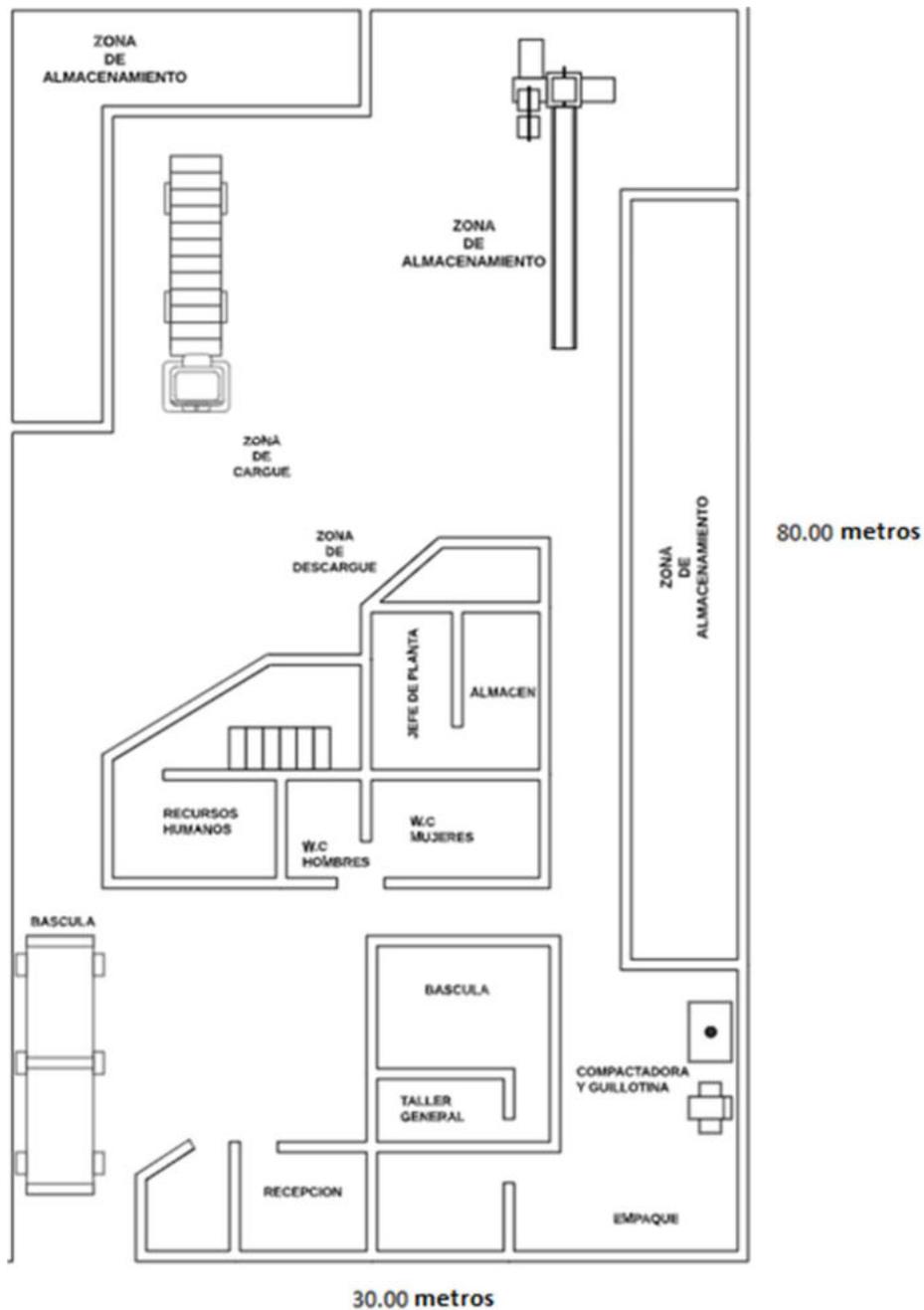


Figura 17. Layout actual de la empresa Ekoplanet. Autoría propia.

## 1.2. Organigrama

Esta herramienta nos brinda información de las diferentes áreas que componen la empresa, de esta manera podemos conocer las jerarquías, y qué áreas son dependientes de otras.

Para la elaboración de este se reunió información de cada integrante de la empresa junto con sus respectivos cargos.

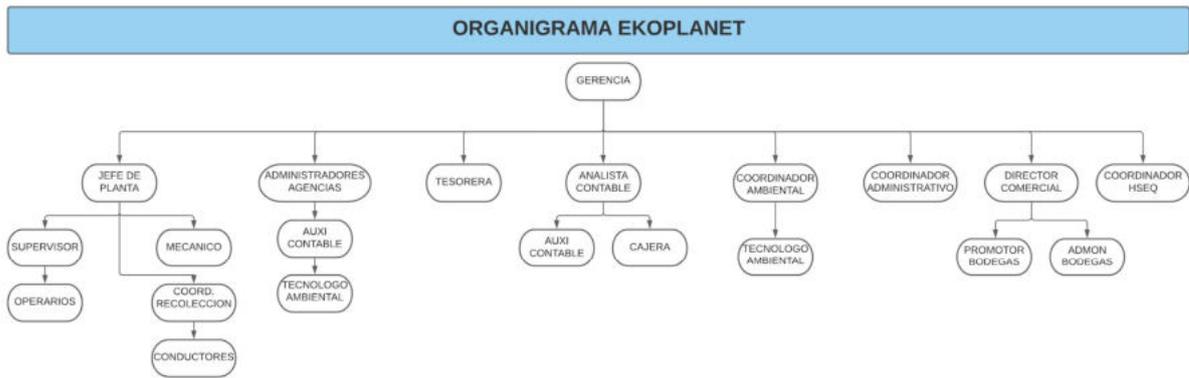
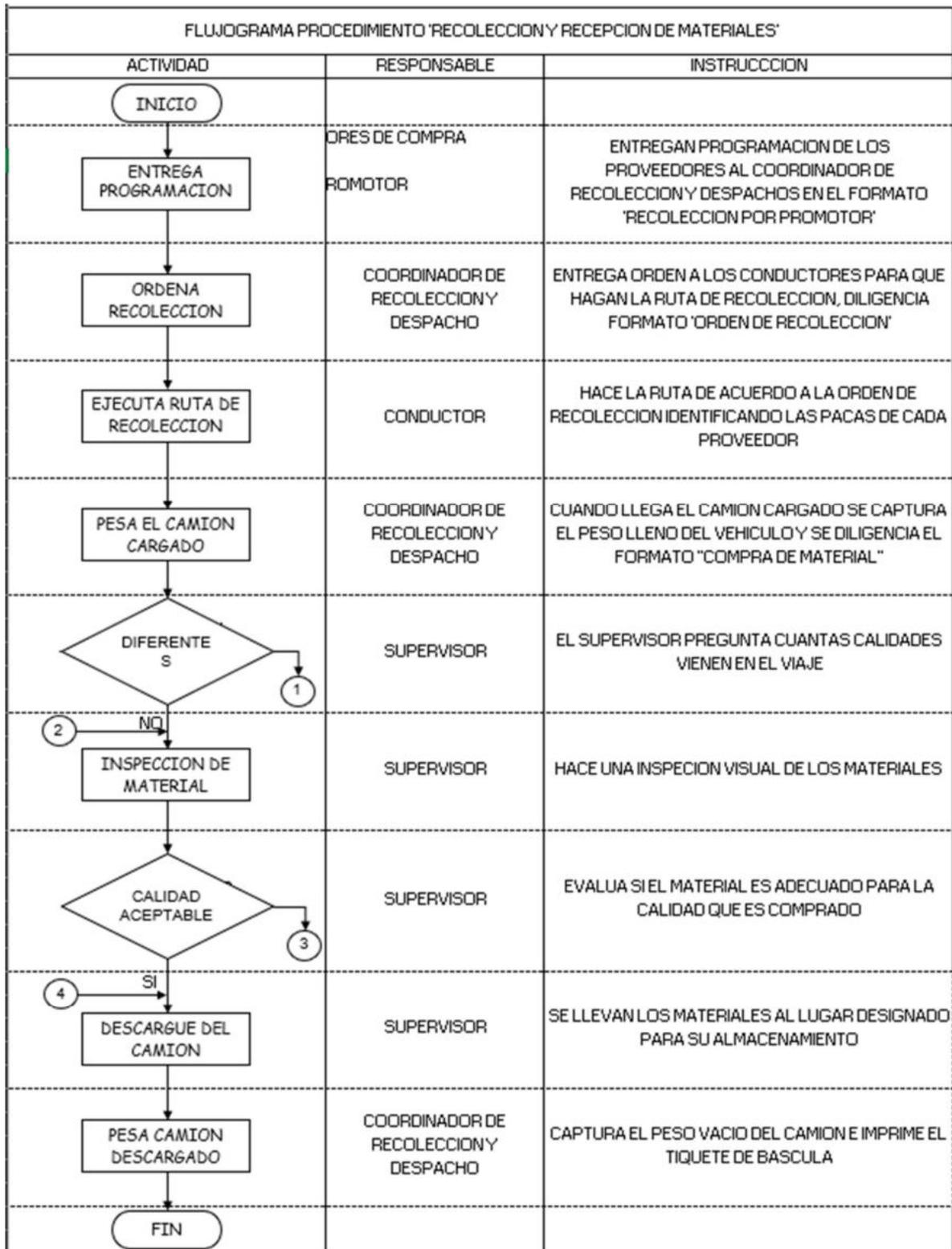


Figura 12. Organigrama de Ekoplanet. Autoría propia.

### 1.3. Flujograma del proceso



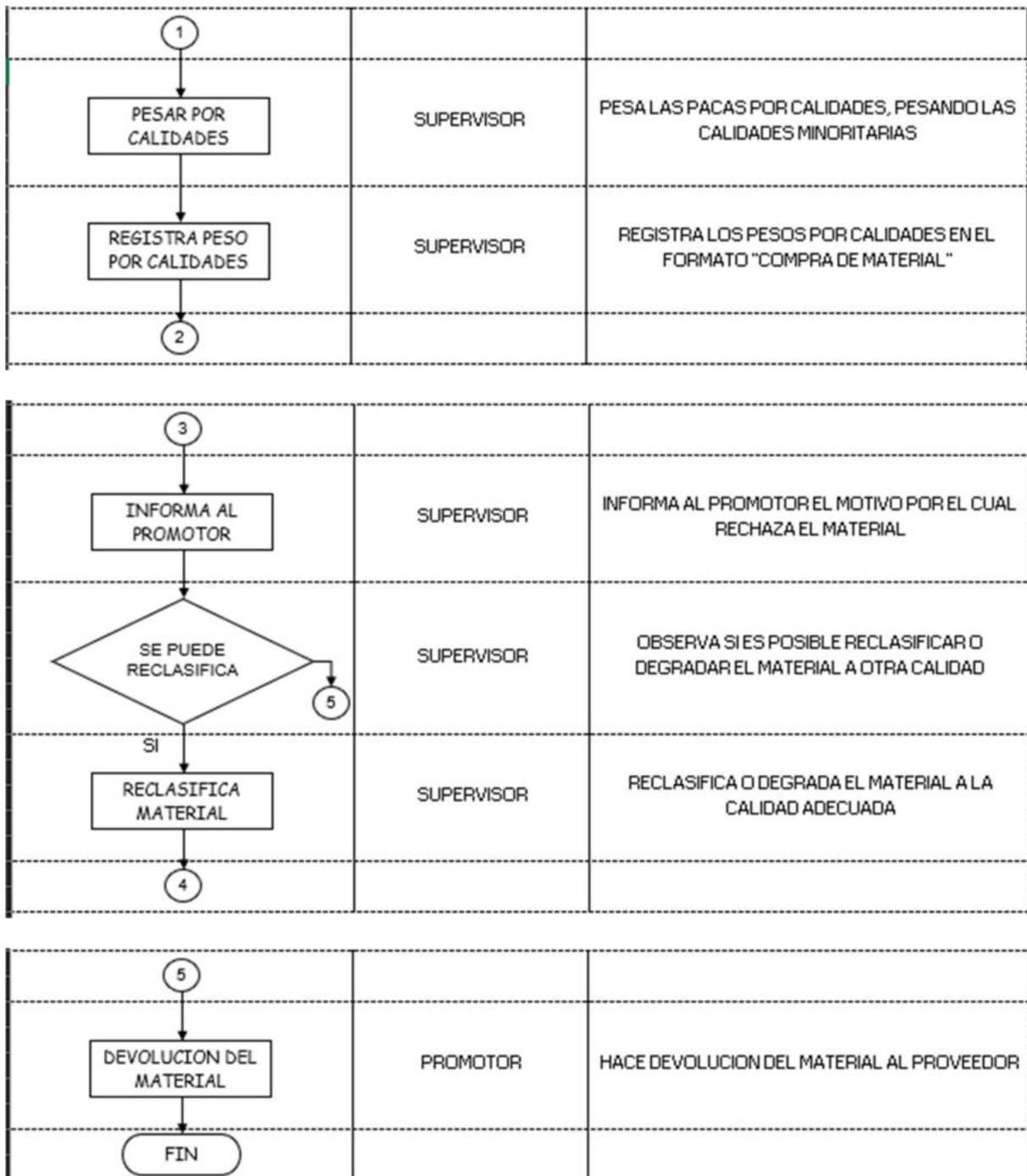


Figura 13. Flujoograma de procesos. Autoría propia.

En la figura 13, se describe paso a paso el proceso de recolección y recepción de los materiales en el cual están vinculados los operarios (coordinador de recolección y despacho), así como el supervisor y se explican las interacciones entre áreas.

#### 1.4. Mapeo de la cadena de valor (VSM Actual)

El Value Stream Mapping es una herramienta que ayuda a poder visualizar la totalidad de un proceso productivo, de esta manera se puede asignar un valor a cada proceso, y conocer cuáles no dan un valor agregado, las cuales pueden ser prescindibles y ayudar a hacer más eficiente la cadena de producción.

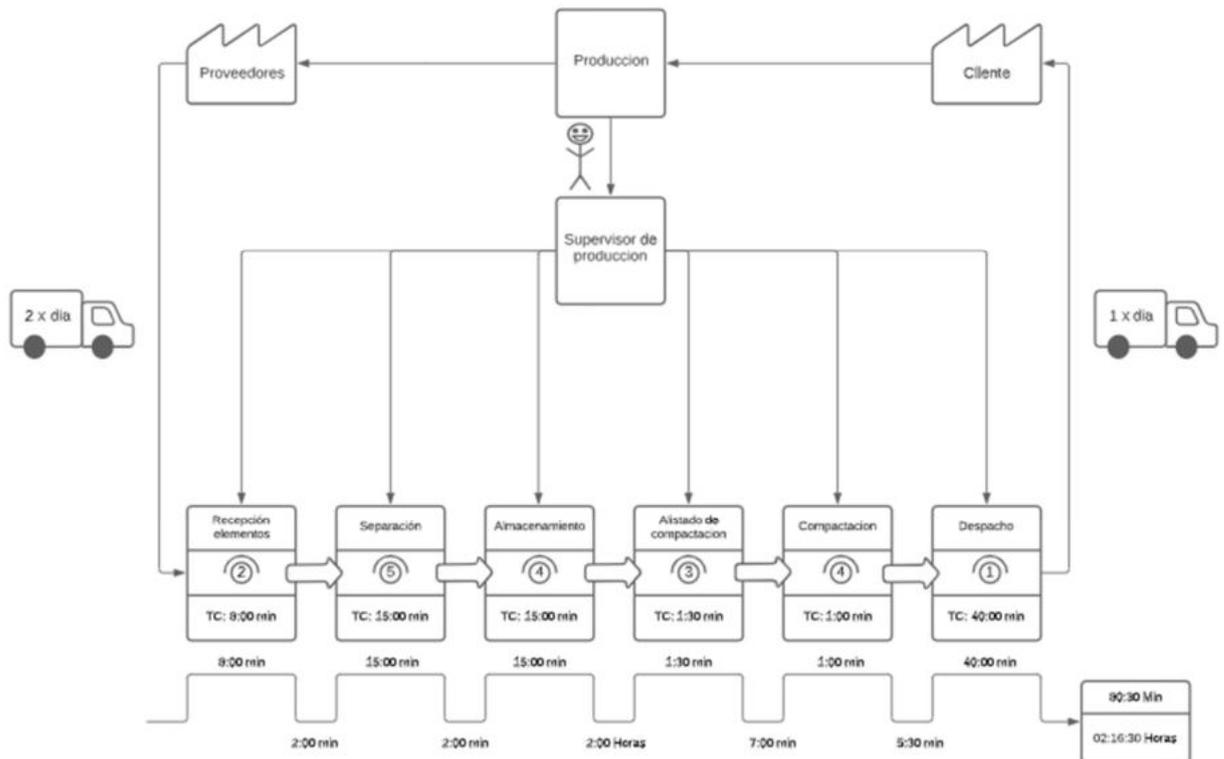


Figura 16. VSM actual de la empresa. Autoría propia.

En la figura 16, podemos apreciar el VSM actual para la empresa Ekoplanet, el cual nos indica que actualmente se cuenta con un tiempo total de valor agregado (VA) de 80 minutos con 30 segundos, y con un tiempo total de valor no agregado (N.V.A) de 2 horas, 16 minutos con 30 segundos de los cuales la mayoría del tiempo es debido a almacenaje en espera.



En la figura 18, en el diagrama de recorrido podemos apreciar que, debido a la forma estructural, y de organización de la planta, se tienen que hacer movimientos que pueden afectar otros procesos, como el proceso de despachar un camión con producto ya terminado el cual se puede ver afectado por el de otro vehículo en espera de la recepción del material para ser procesado.

En las siguientes tablas se podrá apreciar un tráfico promedio entre las áreas de la empresa, conociendo la interacción que existe entre ellas.

Área	Tráfico entre Áreas					
	1	2	3	4	5	6
1 Báscula	----	3000	----	----	----	----
2 Zona de descargue	----	----	3000	----	----	----
3 Zona de almacenamiento	----	----	----	2300	----	----
4 Compactación	----	----	----	----	2000	----
5 Zona de almacenamiento	----	----	----	----	----	1700
6 Zona de carga	----	----	----	----	----	----

Unidad de medida representada en Kilos

Tabla 7. Tráfico entre áreas a diario. Autoría propia.

Área	Tráfico entre Áreas					
	1	2	3	4	5	6
1 Báscula	----	72000	----	----	----	----
2 Zona de descargue	----	----	72000	----	----	----
3 Zona de almacenamiento	----	----	----	55200	----	----
4 Compactación	----	----	----	----	48000	----
5 Zona de almacenamiento	----	----	----	----	----	40800
6 Zona de carga	----	----	----	----	----	----

Unidad de medida representada en Kilos

Tabla 8. Tráfico entre áreas mensual. Autoría propia.

Área	N° de viajes entre Áreas Diario					
	1	2	3	4	5	6
1 Báscula	----	8	----	----	----	----
2 Zona de descargue	----	----	8	----	----	----
3 Zona de almacenamiento	----	----	----	6	----	----
4 Compactación	----	----	----	----	6	----
5 Zona de almacenamiento	----	----	----	----	----	5
6 Zona de carga	----	----	----	----	----	----

Tabla 9. Número de viajes entre áreas a diario. Autoría propia.

Área	N° de viajes entre Áreas Mensual					
	1	2	3	4	5	6
1 Báscula	----	192	----	----	----	----
2 Zona de descargue	----	----	192	----	----	----
3 Zona de almacenamiento	----	----	----	144	----	----
4 Compactación	----	----	----	----	144	----
5 Zona de almacenamiento	----	----	----	----	----	120
6 Zona de carga	----	----	----	----	----	----

Tabla 10. Número de viajes entre áreas mensual. Autoría propia.

Área	Distancia en Metros entre Áreas Diario					
	1	2	3	4	5	6
1 Báscula	----	13	----	----	----	----
2 Zona de descargue	----	----	8	----	----	----
3 Zona de almacenamiento	----	----	----	7	----	----
4 Compactación	----	----	----	----	12	----
5 Zona de almacenamiento	----	----	----	----	----	8
6 Zona de carga	----	----	----	----	----	----

Tabla 11. Distancia en metros entre áreas a diario. Autoría propia.

Área	Distancia en Metros entre Áreas					
	1	2	3	4	5	6
1 Báscula	----	312	----	----	----	----
2 Zona de descargue	----	----	192	----	----	----
3 Zona de almacenamiento	----	----	----	168	----	----
4 Compactación	----	----	----	----	288	----
5 Zona de almacenamiento	----	----	----	----	----	192
6 Zona de carga	----	----	----	----	----	----

Tabla 12. Distancia en metros entre áreas mensuales. Autoría propia.

## 1.6. Descripción del proceso productivo

### 1.6.1. Proceso de separación de residuos

El proceso de separación de los residuos consta de 2 fases, la primera se da al momento de recoger la basura en las instalaciones de los proveedores, donde personas capacitadas hacen la primera separación de los residuos ya sea en el lugar dispuesto por el conjunto o la empresa, se busca principalmente eliminar elementos que no sean reciclables, junto con elementos orgánicos y posibles agentes contaminantes. Una vez se realiza dicha separación se procede a guardar los elementos reciclables en unos contenedores llamados “Globos”. Una vez los globos llegan a Ekoplanet, otros operarios se dedican a separar los elementos reciclables separándolos por tipo de material, ya sea papel, cartón, metal, etc.



Figura 19. Camino de Recolección. Duran M. (2021)



Figura 20. Globos de reciclaje. Duran M. (2021)

### 1.6.2. Proceso de compactación de residuos sólidos

El proceso de compactación de residuos sólidos es utilizado principalmente para disminuir el volumen de los residuos hasta  $\frac{1}{4}$  parte de su tamaño original para una facilidad de manejo, transporte y almacenamiento.

Una compactadora vertical está conformada por un pistón el cual se encarga de la presión para la compactación, la cámara de compactación en donde se encuentran los residuos, el panel de control para poder controlar la máquina, todo esto se puede apreciar en la siguiente imagen.

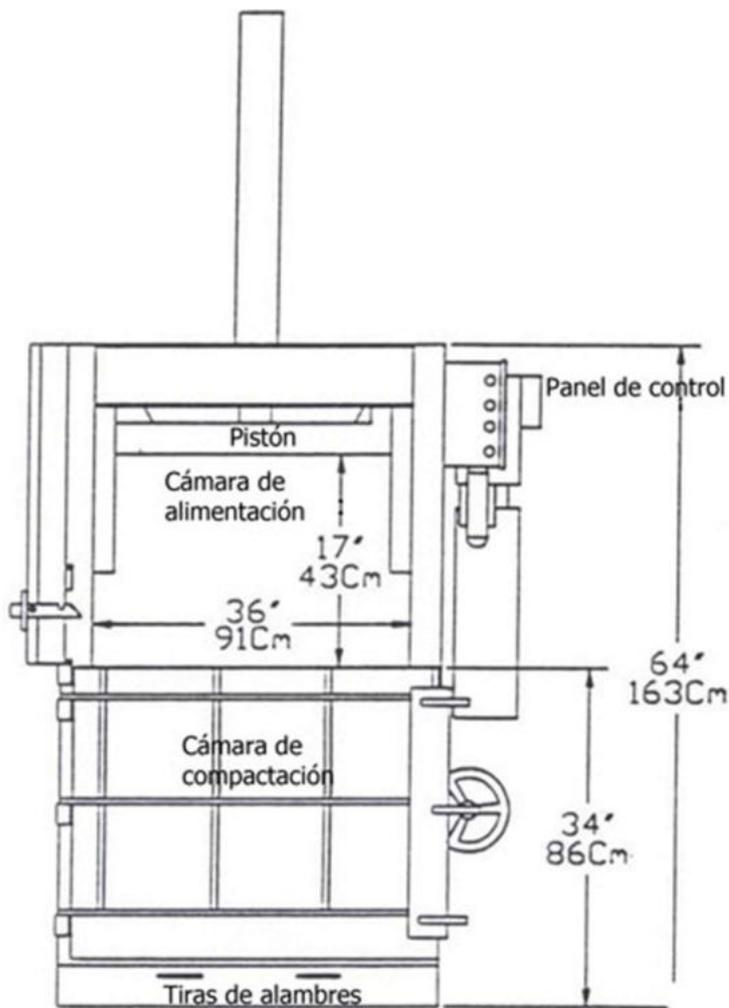


Figura 21. Especificaciones de una prensa embaladora vertical. Burkhart J. (2015).



Figura 22. Compactadora horizontal con banda. Duran M. (2021)

1.6.2.1. *Flujograma del proceso de compactación*

<b>Diagrama N°</b>	1	<b>Fecha</b>	Marzo
<b>Elaborado por</b>	Michael Duran	<b>Instrumentos utilizados</b>	Cronometro
<b>Proceso</b>	Compactacion	<b>Operario</b>	
<b>Inicia en</b>	Almacen	<b>Termina en</b>	Producto terminado

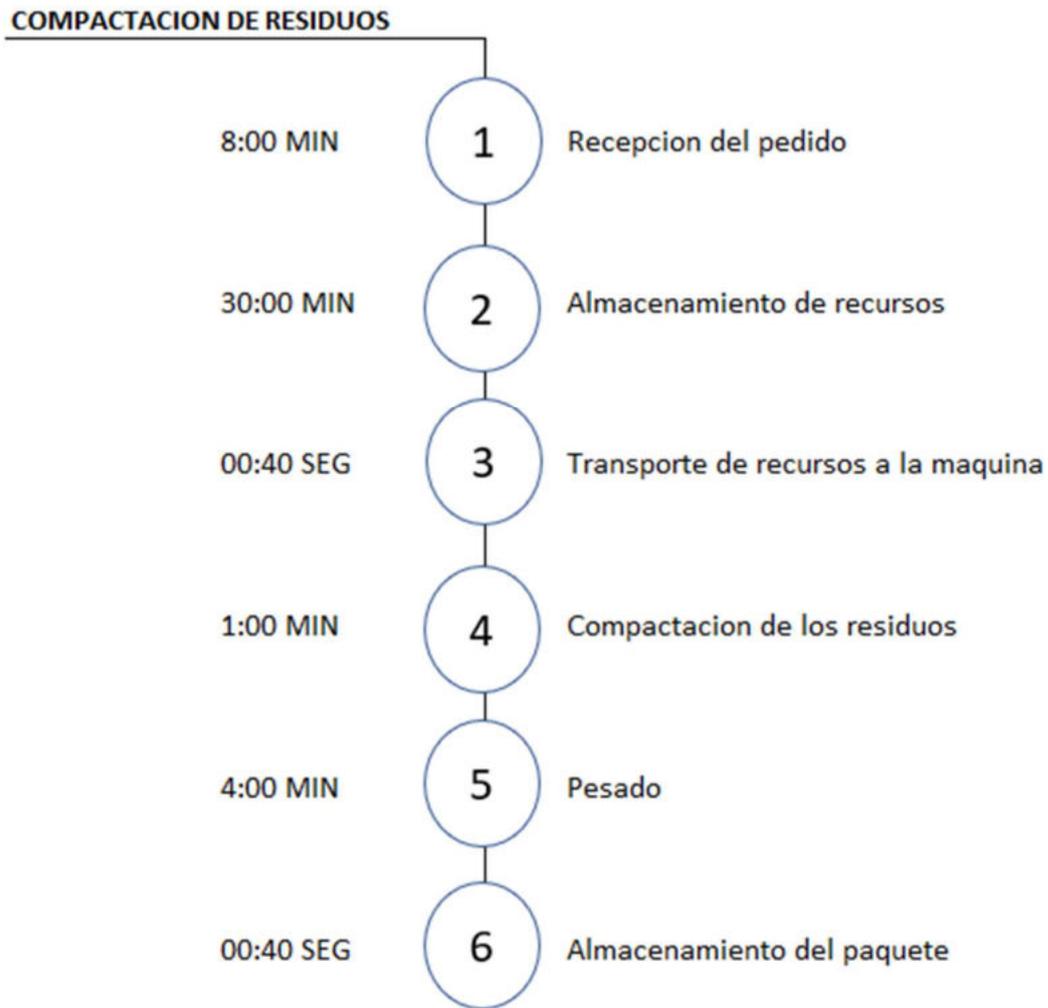


Figura 23. Histograma. Autoría propia.

## **2. Oportunidades de mejora**

### **1. Recolección de las fuentes**

Existen tiempos de reprocesos que se generan a la hora de realizar la separación de los elementos a reciclar, los cuales se generan desde la fuente, los operarios especializados en realizar la clasificación de los materiales que pueden ser aprovechables de los que no en dichos lugares (dígase chut de basuras de un conjunto residencial) no están completamente capacitados para realizar dicha labor de la manera más eficaz, por lo cual, a la hora del ingreso de los globos de reciclaje, se tienen que disponer de otros operarios en la planta de producción para poder terminar de clasificar los elementos, lo cual genera el reproceso, demora en la producción, inventario extra de material no reciclable, y desaprovechamiento del espacio.

### **2. Retrasos por fallas en la maquinaria**

Como se mencionó anteriormente la planta cuenta con dos compactadoras para el manejo de los residuos, una destinada para el procesamiento de los materiales plásticos, y la otra para los residuos de papel, cartón Pet, etc. Dicho esto, y teniendo en cuenta la gran cantidad de residuos que se reciben diariamente, las máquinas pueden estar siendo utilizadas lo que dura el turno laboral, lo cual aumenta la probabilidad de que estas puedan presentar algún tipo de fallo o paro. Ocasionando retrasos en la cadena de producción y generando inconformidades en las áreas posteriores a esta.

### **3. Exceso de inventarios en planta**

Se observa que, debido al proceso de clasificación ineficiente generado en las fuentes, en el momento de hacer la segunda clasificación del material, este genera material no reciclable, el cual ocupa espacio en las áreas de almacenamiento el cual puede ser usado para almacenar más producto terminado.

Como se puede ver en las siguientes fotos tomadas, debido a la cantidad de inventario se generan obstrucciones para otras áreas de almacenamiento, como por ejemplo los cubos de plástico obstruyendo el recipiente para el almacenamiento de los metales obtenidos de las fuentes de recolección.



Figura 24. Obstrucción de otras áreas de almacenamiento.

### 3. Tabla diagnóstico EKOPLANET SAS.

PROBLEMAS	PROCESOS DE LA EMPRESA					
	RECEPCIÓN	PESAJE	CLASIFICACIÓN	COMPACTACIÓN	DESPACHO	TOTAL
1 Transporte	-----	X	-----	-----	X	2
2 Fallas de equipos	X	X	-----	X	X	4
3 Reprocesos	X	-----	X	X	-----	3
4 Producto inconforme	X	-----	X	X	X	4
5 Esperas	X	X	X	X	X	5
6 Exceso de inventario	-----	-----	X	X	X	3
7 Exceso de movimientos	-----	-----	-----	X	X	2
8 Falta de capacitación	-----	-----	X	-----	X	2
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>25</b>

Para complementar con la explicación del problema inicial se presenta una tabla de diagnóstico con las fallas relacionadas a los procesos productivos de la empresa.

De dicha tabla se pudieron observar y clasificar los siguientes aspectos:

**Falta de capacitación:** Desde el inicio del proceso productivo se puede percibir la falta de capacitación en las personas que realizan la clasificación en los puntos de origen (conjuntos residenciales y/o empresas), lo cual genera reprocesos.

**Falta de mantenimiento:** No se evidencian actividades planificadas de mantenimientos predictivos a las máquinas compactadoras, lo cual ha generado paradas de producción y problemas de calidad.

**Falta de programación:** Debido a la naturaleza del proceso productivo y a la variabilidad de la cantidad de recursos recibidos, se trabaja sin una programación establecida, lo cual crea desorden a la hora de la ejecución de los diferentes procesos.

**Mala distribución en planta:** La distribución en planta junto con la cantidad de materia almacenada por toda la planta crea obstáculos que generan demora a los camiones de carga y descarga del material, afectando así a los procesos posteriores.



se encontraba la compactadora, y dándole un acceso más directo a la misma hacia la zona de cargue para una mayor eficiencia en los despachos.

### 1.1. Problemas Calidad

Con ayuda de la recolección de datos, se pudo obtener las quejas y reclamaciones de los diferentes entes que hacen parte del proceso de producción, en este caso, los proveedores y los compradores. Los datos tienen información de los últimos 4 meses, en las siguientes tablas se puede observar la información más detallada.

Tabla 13. Quejas proveedores

<b>Proveedores Conjuntos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulado</b>
Retrasos con las rutas	12	50%	50%
Desorganización centros de residuos	9	38%	88%
Ausencia de las rutas	2	8%	96%
Falta de retorno de instrumentos para transporte (Lonas, Globos)	1	4%	100%
$\Sigma$	24	100%	

Tabla 14. Tabla de compradores

<b>Venta Empresas Transformación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulado</b>
Malos olores	4	44%	44%
Embalaje con basura y/o residuos	2	22%	67%
Mal embalaje	1	11%	78%
Pesos incorrectos	1	11%	89%
Mezcla de productos	1	11%	100%
$\Sigma$	9		

Para un mejor análisis de la información presentada anteriormente se presentan diagramas de Pareto.

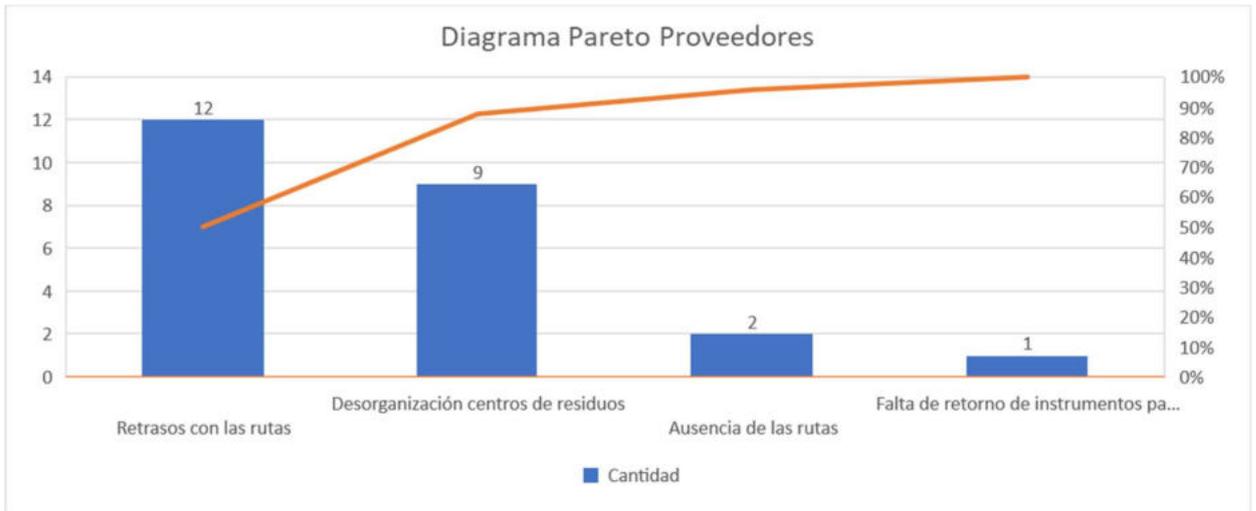


Figura 25. Diagrama de Pareto Proveedores. Duran D. (2021).

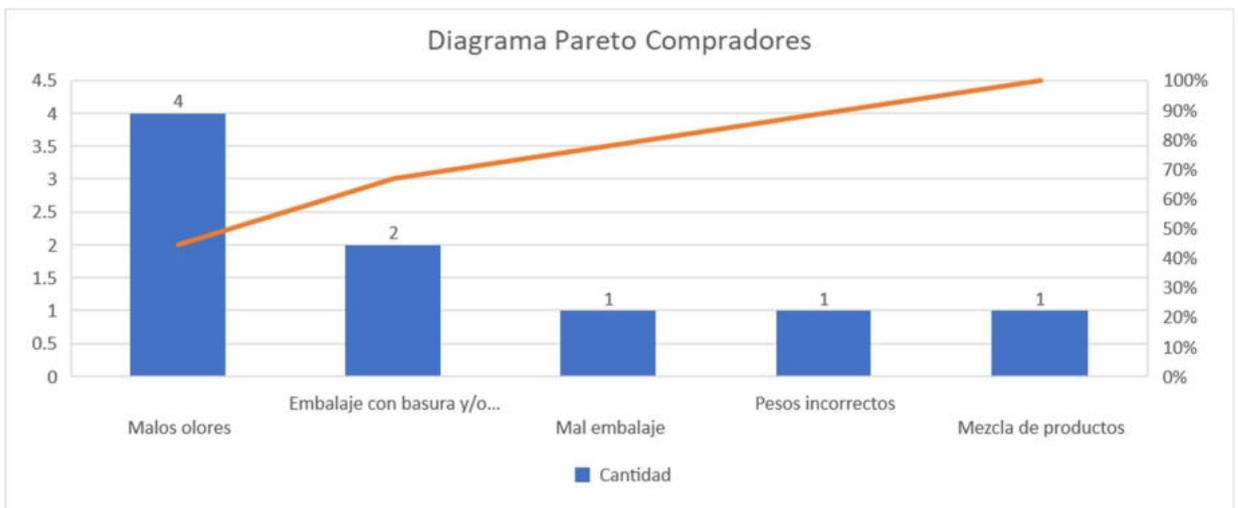


Figura 26. Diagrama de Pareto Compradores. Autoría propia.

## 2. AMEF

Es un procedimiento que permite identificar fallas en los procesos y sistemas, ayuda a evaluar y clasificar los efectos, causas y elementos del problema, para de esta manera evitar que eventualmente se repita.

### 2.1.1. Guía de Severidad (gravedad) de los efectos potenciales.

Calificación		Criterio	
Cuantitativa	Cualitativa	Efecto en el cliente	Efecto en el proceso
1	Ninguno	Sin efecto perceptible	Ligero inconveniente para la operación u operador
2	Muy menor	No se cumple con los parámetros, Defectos notados por el cliente (25%)	Una parte del producto puede tener que ser reprocesado. Sin desechos
3	Menor	No se cumple con los parámetros, Defectos notados por el cliente (50%)	Una parte del producto puede tener que ser reprocesado. Sin desechos
4	Muy bajo	No se cumple con los parámetros, Defectos notados por el cliente (75%)	El producto debe ser seleccionado y una parte reprocesada. Sin desechos
5	Bajo	No se cumple con los parámetros, Defectos notados por el cliente (100%)	El 100% del producto debe ser reprocesado o reparado fuera de la línea de producción.
6	Moderado	Producto operable o usable pero el cliente estará insatisfecho	Una parte del producto puede tener que ser desechado sin selección o reparado con un tiempo y costo alto
7	Alto	Producto operable o usable pero el cliente estará muy insatisfecho	El producto tiene que ser seleccionado y una parte reparada con un tiempo y costo alto
8	Muy alto	El producto es inoperable o inusable	El 100% del producto debe ser desechado o puede ser reparado a un costo inviable.

9-10	Peligroso	Potencialmente puede afectar la operación del producto y/o involucra un no cumplimiento de alguna regulación gubernamental	Puede exponer al peligro al operador o equipo.
------	-----------	--	--

### 2.1.2. Probabilidad de fallas

Clasificación		Criterio	
Cuantitativa	Probabilidad	Índice de fallas (tanto por piezas)	CPK
1	Remota: Falla improbable	< 0.01 por 1000 piezas	> 1.67
2	Baja: Pocas fallas	0.1 por 1000 piezas	> 1.30
3		0.5 por 1000 piezas	> 1.20
4	Moderada: Fallas ocasionales	1 por 1000 piezas	> 1.10
5		2 por 1000 piezas	> 1
6		5 por 1000 piezas	> 0.94
7	Alta: Fallas frecuentes	10 por 1000 piezas	> 0.86
8		20	> 0.78
9	Muy Alta: Fallas Persistentes	50 por 1000 piezas	> 0.55
10		> 100 por 1000 piezas	< 0.55

### 2.1.3. Capacidad de detección

Calificación		Tipos de inspección		
Cuantitativa	Criterio	A	B	C
1	Controles seguros para detectar: El ítem ha pasado prueba de errores. Es casi imposible el hecho de realizar partes no conformes.	X		
2	Controles casi seguros para detectar: El ítem ha pasado por medición automática. No puede pasar la parte no conforme.	X	X	
3	Controles con buena oportunidad de detectar: Detección inmediata del error en la estación o en la estación siguiente. No pasa la unidad no conforme	X	X	
4	Controles con buena oportunidad de detectar: Detección del error en la estación siguiente. No pasa la unidad no conforme	X	X	
5	Controles que se pueden detectar: Mediciones "Pasa" o "No pasa" realizado el 100% de las partes después de dejar la estación.		X	
6	Controles que se pueden detectar: Control en menos del 100% de las partes; puede estar apoyado en métodos estadísticos		X	X
7	Controles con poca oportunidad de detectar: Control logrado con doble inspección visual.			X
8	Controles con poca oportunidad de detectar: Control efectuado con doble inspección visual.			X
9	Controles que probablemente no detectarán: Control logrado con verificaciones indirectas o al azar			X
10	Certeza absoluta de no detección: No se controla, no se detecta.			

### 2.1.4. Cuadro AMEF

N	Funcion del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de la falla	Ocurrencia	Deteccion	RPN
1	Recoleccion	Incumplimiento con los dias de recoleccion	Acumulacion de basura en el lugar del proveedor	7	Falta organizacion rutas; Problemas Viales	2	2	28
2	Recoleccion	Retraso con la hora de recoleccion	Proveedor se comunique con otro recolector	5	Falta organizacion rutas; Problemas Viales	4	2	40
3	Recoleccion	Desorganizacion por parte de los operarios en el lugar de separacion	Incorrecta separacion de los residuos	3	Falta de capacitacion; falta de pericia	5	6	90
4	Separacion	Incorrecta separacion de los residuos	Generacion de reprocesos	8	Falta de capacitacion; falta de pericia	6	4	192
5	Separacion	Operario sufra una herida por un mal manejo de residuos	Accidente, Incapacidad	10	Falta de capacitacion; falta de pericia; Falta de insumos y/o dotacion adecuada	4	2	80
6	Separacion	Operarios no regresen insumos (globos) de nuevo al area de recoleccion.	Recoleccion no pueda recolectar todos los residuos	2	Falta de insumos; falta de organizacion	6	5	60
7	Procesamiento	La maquina no este ajustada correctamente	El producto final no sale conforme a lo estandarizado	8	Falta de mantenimientos preventivos; Falta de pericia del operario que realiza el mantenimiento; Herramientas insuficientes	1	2	16

N	Funcion del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de la falla	Ocurrencia	Deteccion	RPN
8	Despacho	Mala ubicación del producto en el camion	Se pierda estabilidad y caiga sobre un operario	10	Falta de capacitación; falta de pericia del operario de la máquina de carga	3	3	90
9	Despacho	Pesaje incorrecto en el camion	El camión pueda sufrir un accidente vial	10	Falta de capacitación; falta de pericia del operario de la máquina de carga	2	3	60

## 2.2. Diagrama Porque-Porque

Para poder entender más a fondo los problemas que pueden afectar a la compañía, se realizó un diagrama del porque-porqué, el cual consta de una serie de preguntas consecuentes para poder entender el origen o la razón por la cual se da dicho problema, en este caso los problemas de la compañía Ekoplanet.

Caso por estudiar	Respuesta	Pregunta 1	Respuesta	Pregunta 2	Respuesta	Pregunta 3	Respuesta	Pregunta 4	Respuesta	Resultado Análisis
	Demora en la llegada de los camiones recolectores	¿Por qué los camiones recolectores se demoran en llegar?	Porque continúan descargando materia prima en planta	¿Por qué continúan descargando materia prima en la planta?	Porque hay una demora a la hora de descargar la materia prima	¿Por qué hay una demora a la hora de descargar?	Porque no hay espacio suficiente para acomodar el material entrante	¿Por qué no hay espacio para acomodar el material entrante?	Porque existe una demora en los tiempos de producción	Mejorar los tiempos de producción para liberar espacio en almacén
	Incumplimiento de los días de recolección	¿Por qué se incumple con los días de recolección?	Porque no hay un camión que pueda cubrir esa ruta ese día	¿Por qué no hay un camino que pueda cubrir esa ruta en ese día?	Porque no hay un número consistente de camiones para cubrir las rutas					Generar un plan de recolección adecuado al crecimiento de los proveedores
¿Por qué existen problemas con la recolección de materia prima con los proveedores?	No existe un interés particular en los altos mandos	¿Por qué los altos mandos no están interesados?	Por qué no son conscientes de las posibles consecuencias	¿Por qué no son conscientes de las posibles consecuencias?	Debido a que no han existido repercusiones con los proveedores					Crear conciencia de las posibles repercusiones
	Por la demora de la recolección en el Chut de los proveedores	¿Por qué se genera esa demora?	Porque los operarios que hacen la separación en el lugar no están bien capacitados	¿Por qué los operarios no están bien capacitados?	Porque no se les ha dado una instrucción detallada de cómo hacerlo					Realizar capacitaciones a los operarios que hacen esta labor
	Por los desperdicios dejados en el Chut de los proveedores	¿Por qué se dejan desperdicios?	Porque los operarios que hacen la separación en el lugar no están bien capacitados	¿Por qué los operarios no están bien capacitados?	Porque no se les ha dado una instrucción detallada de cómo hacerlo					

Caso por estudiar	Respuesta	Pregunta 1	Respuesta	Pregunta 2	Respuesta	Pregunta 3	Respuesta	Resultado análisis
¿Por qué existe demora en la producción?	Existen varios procesos con la separación del material	¿Por qué existen varios reprocesos?	Porque cuando llega la materia a planta, tiene que volver a ser separado por los operarios	¿Por qué tiene que volver a ser separado?	Porque los operarios que hacen la separación en el lugar no están bien capacitados	¿Por qué los operarios no están bien capacitados?	Porque no se les ha dado una instrucción detallada de cómo hacerlo	Realizar capacitaciones a los operarios que hacen esta labor
	Porque algunas máquinas se descomponen continuamente	¿Por qué las máquinas se descomponen continuamente?	Porque no existe un plan detallado de mantenimiento	¿Por qué no existe un plan detallado de mantenimiento?	Porque la persona encargada no tiene los suficientes conocimientos			Instruir a la persona del área de cómo crear planes de mantenimiento eficientes
	Por la mala distribución en plata de las áreas para cada material	¿Por qué por la mala distribución de las áreas?	Porque algunas áreas excedan de inventario ocupando áreas de materiales diferentes	¿Por qué algunas áreas ocupan otras áreas de material diferente?	Porque las máquinas dispuesta al procesamiento de dicho material no da abasto			Evaluar la posibilidad de comprar más máquinas

Con el diagrama se puede observar que los resultados obtenidos concluyen que la mayoría de las causas por problemas de calidad de la compañía son debido a la falta de capacitación para las diferentes áreas, empezando por los operarios que hacen la primera separación en los chuts de basura de los conjuntos, los cuales al no tener la experiencia ni el conocimiento necesarios, no realizan bien dicha tarea, dejando residuos que no son aprovechables para la industria, ya sean orgánicos o inorgánicos, causando malos olores y desperdicios líquidos. por lo cual los operarios en la planta tienen que generar el reproceso y separar lo aprovechable de lo no aprovechable, aumentando los tiempos, por otro lado en las demoras de producción, podemos concluir que la principal causa está en el área de almacenaje la cual es la que genera complicaciones al tener tanto inventario en proceso.

### **3. Oportunidad de mejora**

Teniendo en cuenta la información de los diagramas realizados durante el proceso de recolección y análisis de los datos se puede evidenciar que existen diferentes oportunidades de mejora, las cuales serán primordiales para la buena implementación de la filosofía de Lean Manufacturing; las oportunidades de mejora para el caso de Ekoplanet están principalmente en las áreas de recolección, transporte, y organización del producto terminado, los cuales generan reprocesos y demoras en el producto final, y por lo tanto crear problemas con la calidad a la hora de enviarlo al cliente final.

Mediante los diagramas, más específicamente el de recorrido, podemos observar que no se tiene la mejor distribución de planta para las zonas de almacenamiento y la maquinaria; las zonas de almacenamiento al estar divididas generan una mayor área de ocupación de dichos residuos, lo cual crea obstrucciones a la hora de la entrada y salida de la materia prima, junto con el desplazamiento de los operarios, montacargas etc. Sumándole la inestabilidad que se puede generar al apilar tanto material en el intento de ahorrar espacio, lo cual crea posibles riesgos para la integridad de los trabajadores, de las máquinas y del propio producto.

Con el VSM podemos ver los tiempos muertos que no aportan valor al producto final, lo cual a su vez genera exceso de inventario.

## **10. Asignación de las herramientas de Lean Manufacturing y Herramientas estadísticas**

### **1. Metodología de las 5 S's**

Esta herramienta se hace fundamental para la aplicación en la empresa Ekoplanet puesto que al estar enfocada en la limpieza y el orden puede beneficiar altamente a las áreas que se manejan dentro de la empresa, teniendo en cuenta que se pueden descartar procesos que no aporten valor al producto final, e involucrando a todo el personal en el proceso.

#### **10.1.1. Implementación de la metodología en el área de clasificación**

El área de clasificación es la primera área por la cual la materia prima pasa una vez llega a la planta, y es la generadora de tiempos muertos dentro del proceso productivo, aunque la mayoría de los inconvenientes surgen desde el área de recolección, se plantea realizar una implementación de la metodología de las 5 Sus para asegurar una mayor eficiencia en el espacio de trabajo.

##### ***10.1.1.1. Seiri***

Se pide a los operarios y al supervisor analizar qué elementos del área de trabajo son innecesarios para el buen funcionamiento de este, ya que las herramientas normalmente utilizadas en el área de recolección son elementos de protección tales como tapabocas, gorros, guantes y overoles.

Para la implementación de este principio se hacen los siguientes cuestionamientos:

¿Qué puede ser útil para otra área? ¿Qué debemos descartar? ¿Qué debemos vender?

La respuesta a estas interrogantes se basa en los elementos que pueden ser procesados directamente en la compañía, por ejemplo el papel y el cartón, dicho esto algunos elementos no están contemplados en el proceso productivo de la misma, en este caso los residuos metálicos.

Como se puede observar en la Figura 25, se tiene destinada un área para estos elementos, la cual es un contenedor gigante para almacenarlos y poder disponer de ellos más adelante, normalmente estos elementos permanecen en dicho contenedor esperando que algún operario por orden del supervisor realice una clasificación del material allí guardado, para después poder venderlo a minoristas por poco dinero.

Al entender la situación se propone crear un plan semanal de disposición de dichos elementos, contactando con alguna persona del área la cual pueda acercarse a la planta una vez por semana para poder encargarse de dichos elementos, evitando así la necesidad de disponer de un operario para esta tarea, puesto que la utilidad que deja es nula, frente a las pérdidas que está generando el espacio que se está consumiendo por esta área, aumentando así el espacio para otros elementos reciclables relevantes para los procesos de la compañía y disminuyendo el área física de los que no sean relevantes.

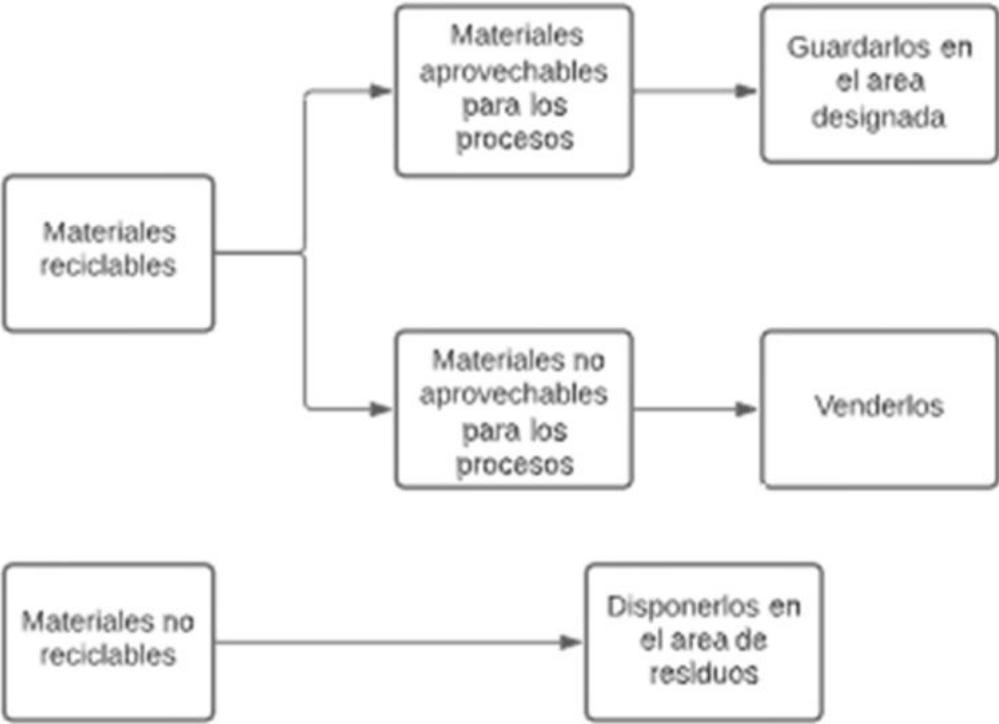


Figura 27. Diagrama Selección

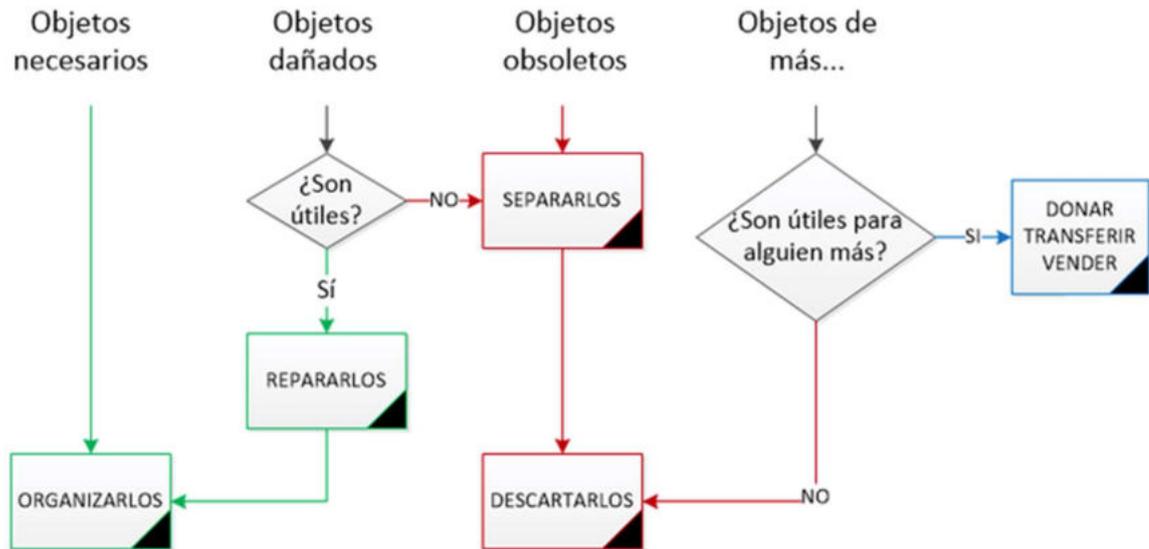


Figura 28. Diagrama de clasificación. Tomado de metodología 5's

### 10.1.1.2. *Seiton*

Como se puede observar en la Figura 20 la cantidad de material que llega, junto con la falta de espacio en inventario trae como consecuencia que las áreas previamente designadas para la clasificación de los elementos reciclables hayan desaparecido, convirtiéndolo todo en una mezcla homogénea de diferentes residuos.

Principalmente se busca la recuperación de dichos espacios para el buen manejo de esos elementos reciclables, junto con una priorización de los elementos más recurrentes en los procesos, por lo cual se plantean los siguientes cuestionamientos:

¿Qué materiales son los que presentan mayor demanda en los procesos?

¿Qué materiales presentan menor demanda en los procesos?

Una vez respondidos esos cuestionamientos llegamos a la conclusión que los elementos más recurrentes en los procesos son los de papel cartón, y PET, se propone reorganizar la planta para dejar estas áreas más cerca de las máquinas de compactación para así evitar desplazamientos más largos.

Tabla 15. Prioridades según uso

Frecuencia de uso	Prioridad
Usado en todo momento	Prioridad alta, tener el objeto lo más cercano a la persona, si es necesario cargarlo con cinturones o correas
Usado varias veces al día	Prioridad Media-Alta, Almacenar en lugares de fácil acceso y cercanos a las estaciones de trabajo
Usado pocas veces al día	
Usado una vez por semana	Prioridad Media, colocar el objeto en un lugar cercano a la estación de trabajo, cuarto de almacenamiento.
Usado una vez al mes	Prioridad Baja, Guardarlo en un almacén de fácil acceso y localización, puede estar alejado del puesto de trabajo
Usado cada par de meses	

### ***10.1.1.3. Seiso***

Una de las consecuencias de la mala clasificación en los puntos de recolección son los reprocesos en planta, por lo que en el momento que se hace la segunda clasificación, los operarios suelen arrojar al piso, los elementos no reciclables de los globos que provienen de los proveedores (Conjuntos residenciales), creando así pequeños montones de basura por todo el almacén, generando malos olores, contaminación visual, y obstrucciones en el paso de los demás operarios y máquinas. Por ello se propone crear una cultura de aseo entre los mismos operarios, los cuales, equipados con elementos de aseo, se propongan a realizar inspecciones y limpiezas de las áreas antes y después de sus labores, evitando así dicha contaminación y despejando área para materia prima.

### ***10.1.1.4. Seiketsu***

Con el uso de este principio se pueden crear ayudas visuales en planta para que los operarios logren entender la situación actual con respecto a la limpieza, y se puedan tomar acciones necesarias para la mejora. En este caso se propone usar ayudas visuales como tarjetas de colores

las cuales ayuden a identificar si existen áreas las cuales necesitan ser limpiadas e inspeccionadas para mejorar el proceso rutinario de aseo.

### 10.1.1.5. *Shitsuke*

Con la implementación de las anteriores S 's se proponen crear hábitos en los operarios, donde se puedan interiorizar estos principios y hacer una necesaria apropiación de los procesos para mejorar la limpieza en planta.

### 10.1.1.6. *Control verificación 5 S's*

**EKOPLANET**  
reciclar es cuestión de vida

HOJA PARA VERIFICACIÓN DE 5 S's

5 S's	Nº	Aspectos	¿Qué se debe verificar?	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Puntaje
Selección	1	Objetos sin uso	Suelo, estantes cercanos					
	2	Exceso de material	Suelo, estantes cercanos					
	3	Administración Visual	Información obsoleta					
	4	Objetos personales	Lo permitido por la empresa					
Organización	1	Áreas identificadas	Áreas delimitadas					
	2	Equipos en su lugar	Herramientas de trabajo					
	3	Organización en las áreas	Herramientas de trabajo					
	4	Identificación de herramientas	Herramientas de trabajo					
Limpieza	1	Elementos no reciclables	Material orgánico, Metálico, etc					
	2	Polvo y tierra	Suelo, estantes cercanos					
	3	Manchas en el piso	Suelo					
	4							
Estandarización	1	Uso de elementos visuales	Uso constante					
	2	Estado de la planta	Paredes, infraestructura					
	3	Limpieza del área	Suelo, y paredes cercanas					
	4							
Disciplina	1	Uso de uniformes	Protección personal					
	2	Puntualidad y asistencia	Horarios programados					
	3	Actividades diarias	Programación diaria					
	4							
Evaluador:			Responsable:					
Mes:								

Figura 29. Hoja verificación 5 S's

### **10.1.2. TPM**

Crear un plan de mantenimiento el cual pueda ayudar a prevenir los fallos y las paradas de producción generadas por la falta del mismo, puede generar una mayor efectividad y reducción de tiempos muertos de las máquinas. Aumentando la producción y la capacidad de respuesta en relación a la demanda de los clientes.

### **10.1.3. Kanban**

Esta herramienta al estar enfocada meramente en la producción puede ser perfectamente implementada en la compañía, puesto que al lograr organizar los procesos de una manera en la que se puedan hacer seguimientos a cada paso, limitando así la cantidad de tareas por realizar, logrando enfocarse en menos procesos al tiempo para lograr una mayor eficiencia.

### **10.1.4. Kaizen**

Esta herramienta la cual su principal filosofía es la mejora continua podría ser considerada un pilar fundamental en la mejora de los procesos productivos de la empresa Ekoplanet, puesto que al tener a todo el personal involucrado en lograr identificar, analizar y solucionar los diferentes problemas que surjan en sus respectivas áreas de trabajo, puede traer diferentes consecuencias positivas como las mejores en la calidad junto con reducción de costos asociados a dichos problemas. Para esto las personas encargadas pueden apoyarse en diferentes herramientas que en este caso, serían herramientas estadísticas.

**Histogramas:** Los histogramas son gráficos que muestran la frecuencia de un evento cuando se realizan varias mediciones, nos permite observar alrededor de qué valor se agrupan los datos. Generalmente se representa mediante barras las cuales visualmente nos dan un vistazo de la forma en la que los datos se sitúan.

**Diagrama de Pareto:** Es una herramienta visual que nos permite organizar diferentes aspectos de mayor a menor, logrando así crear una relación de cuáles tienen más participación en el total frente a los demás. En un caso donde se midan aspectos como problemas de un área, siempre

se podrá ver de manera descendente para lograr una comprensión de dicha participación, y así poder enfocar la atención en lo que se presente con más frecuencia.

Diagramas de dispersión: Esta herramienta puede ser útil para encontrar la relación entre los diferentes problemas que se puedan encontrar en las diferentes áreas, junto con comportamientos que se crean que tienen relación. Ya sea para encontrar correlaciones positivas o negativas y tomar acciones frente a eso.

#### **10.1.5. Cartas de Control**

La herramienta estadística de cartas de control nos ayudará a ver las variaciones de los productos terminados que serán enviados al cliente, conociendo las variaciones, se pueden tomar mejores decisiones a la hora de llevar el control del proceso, con lo cual entenderemos si los cambios realizados demuestran un cambio positivo, mejorando así la imagen ya creada hacia el cliente final.

Para el caso específico de la empresa Ekoplanet, los aspectos para tener en cuenta con respecto a la calidad, a pesar de ser residuos reciclables, son vitales a la hora de ser enviados al cliente, el cual se encarga de la transformación de dicho material; si este cuenta con ciertas características o inconformidades pueden llegar a afectar el proceso de reutilización, por lo tanto se tiene que llevar a cabo un seguimiento en cuanto al control de calidad para evitar que el material sea devuelto.

Para aplicar correctamente las cartas de control se explicará detalladamente el proceso.

1er Paso: Recolectar los datos y contar el número de elementos defectuosos. Se sugiere que sean por lotes para tener una mayor confianza en los datos.

2do Paso: Recolectar datos de varios días de producción, se sugieren que sean 10 días para considerar 20 muestras.

3er Paso: Se hará la relación de los elementos defectuosos del lote, frente al número total de elementos por lote, para hallar el porcentaje defectuoso.

4to Paso: Determinar la línea central y los límites de control superior e inferior.

5to Paso: Graficar.

### 10.1.6. Carta de control tipo P

Tabla 19. Carta de control tipo P

Muestras	Pet Compactado (Unidades)	Elementos Defectuosos (Unidades)	Porcentaje Defectuoso
1	63	13	0.206349206
2	60	13	0.216666667
3	64	15	0.234375
4	61	7	0.114754098
5	61	6	0.098360656
6	62	4	0.064516129
7	60	4	0.066666667
8	61	9	0.147540984
9	61	2	0.032786885
10	62	14	0.225806452
11	61	8	0.131147541
12	65	6	0.092307692
13	64	12	0.1875
14	65	5	0.076923077
15	64	11	0.171875
16	60	1	0.016666667
17	65	5	0.076923077
18	60	5	0.083333333
19	61	11	0.180327869
20	63	15	0.238095238
$\Sigma$	1243	166	2.662922237

Calcularemos los límites con las siguientes fórmulas:

Línea central:

$$\bar{p} = \frac{\text{Número de errores}}{\text{Número total de registros examinados}}$$

Figura 40.Línea Central

Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Figura 41.Desviación estándar

Límites superior e inferior:

$$LCS_p = \bar{p} + z\sigma_p$$

Figura 42.Límite Superior

$$LCI_p = \bar{p} - z\sigma_p$$

Figura 43.Límite Inferior

Una vez realizados los cálculos, obtenemos la siguiente información.

línea Central: 0.13

desviación estándar: 0.04

Límite superior: 0.17

Límite inferior: 0

Tabla 20. Porcentaje de errores por lote



#### 10.1.7. Análisis de la carta de control tipo P

Para analizar más efectivamente una carta de control, lo ideal es contar con un historial de recolección de datos por el estilo para poder entender el comportamiento de la gráfica. Al ser esta de las primeras cartas de control realizadas a la empresa Ekoplanet podemos concluir que:

- En términos generales los elementos están dentro del área de control aunque se puede ver grandes variaciones entre lotes.
- Los lotes 1,2 y 3 están por encima de la media, demostrando una constancia.
- Los lotes 10, 11 y 12 muestran una gran variación con respecto al porcentaje de error, se tendría que revisar qué sucedió mientras se procesan dichos lotes.
- A partir del lote 13 se ve un crecimiento constante de los errores de los lotes, pudiendo ser así un indicador de un mal manejo frente a dichos lotes.



#### **10.1.8. TPM (Mantenimiento productivo total)**

En los últimos meses se han presentado paradas de producción generadas por fallos en las compactadoras de la empresa, lo cual ha generado grandes pérdidas monetarias para la compañía, acompañadas de exceso de inventario y dificultades con los clientes. En muchos de los casos las fallas son generadas por fallas mecánicas por falta de mantenimiento y averías generadas por uso incorrecto por parte de los operarios.



Figura 30. Compactadora Vertical Plástico.

### ***10.1.8.1. Cálculo de pérdidas generadas por falta de mantenimiento***

#### ***10.1.8.1.1. Disponibilidad***

Disponibilidad =	$\frac{\text{Tiempo real de trabajo}}{\text{Tiempo teórico de trabajo}}$	x 100 =	$\frac{(\text{Tiempo de trabajo}) - (\text{Tiempo perdido})}{\text{Tiempo teórico de trabajo}}$	x 100
------------------	--	---------	---	-------

Figura 31 Fórmula Disponibilidad. Autoría propia.

Cálculo de tiempos perdidos		
Tiempo teórico de trabajo:	1	Turno
	12	Horas
	24	Días
<b>Tiempo total teórico</b>	<b>288</b>	<b>Horas</b>
Tiempo perdido	0.5	Horas/Paro
	25	Paros
	8	Horas/Mantenimiento
	5	Horas/Avería
	3	Averías
<b>Tiempo total perdido</b>	<b>35.5</b>	<b>Horas</b>

Tabla 16. Cálculo de tiempos perdidos. Autoría propia.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{288 - 35.5}{288} \times 100 = 87.67\%$$

Figura 32. Resultado Disponibilidad. Autoría Propia.

#### 10.1.8.1.2. Rendimiento

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Teórica}} \times 100$$

Figura 33. Formula rendimiento. Autoría Propia.

Calculo Rendimiento		
Producción Real	7200	Kilos defectuosos
	40800	Kilos con condiciones adecuadas

	48000	Kilos
Producción Teórica	250	Kilos/Hora
	288	Horas
Total	72000	Kilos

Tabla 17. Tabla datos rendimiento. Autoría Propia.

$$\text{Rendimiento} = \frac{48000}{72000} \times 100 = 66.67\%$$

Figura 34. Calculo Rendimiento. Autoría Propia.

#### 10.1.8.1.3. Calidad

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Piezas Optimas}}{\text{Producción real (Piezas totales)}} \times 100$$

Figura 35. Fórmula Calidad

$$\text{Calidad} = \frac{40800}{48000} \times 100 = 85.00\%$$

Figura 36. Resultado Calidad. Autoría Propia.

#### 10.1.8.1.4. OEE (Eficacia general del equipo)

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

Figura 37. Fórmula OEE

$$\text{OEE} = 87.67\% \times 66.67\% \times 85.00\% = 49.68\%$$

Figura 38. Resultado OEE. Autoría Propia.

**10.1.8.2. Programa de mantenimiento**

<b>Acción</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Verificar nivel de aceite</b>	Evitar que la maquina opere con bajos niveles de aceite	<b>Diario</b>
<b>Verificar color de aceite</b>	Evitar que la maquina opere con aceite desgastado	<b>Diario</b>
<b>Verificar posibles escapes</b>	Evitar que la maquina opere con fugas de aceite, lo cual podría ocasionar fallas	<b>Diario</b>
<b>Verificar válvulas</b>	Evitar posibles averías de las válvulas	<b>Diario</b>
<b>Limpieza de Filtros</b>	Garantizar buen funcionamiento y detectar posibles cambios de filtro	<b>Semanal</b>
<b>Cambio aceite</b>	Garantizar buen funcionamiento de las piezas para evitar desgaste y/o averías	<b>Semanal o cuando sea necesario</b>
<b>Verificación piezas sueltas</b>	Ajuste de piezas que pueden soltarse por la vibración causada por la maquina	<b>Semanal</b>
<b>Inspección general de la Maquina</b>	Prevención de fallas graves de la maquina	<b>Mensual</b>

Tabla 18. Programa de mantenimiento. Autoría Propia.

**10.1.8.3. Mejora esperada con TPM**

<b>Cálculo de tiempos perdidos</b>		
<b>Tiempo teórico de trabajo:</b>	1	Turno
	12	Horas

	24	Días
<b>Tiempo total teórico</b>	<b>288</b>	<b>Horas</b>
<b>Tiempo perdido</b>	0.5	Horas/Paro
	10	Paros
	8	Horas/Mantenimiento
	2	Horas/Avería
	2	Averías
<b>Tiempo total perdido</b>	<b>17</b>	<b>Horas</b>

$$\text{Disponibilidad} = \frac{288 - 17}{288} \times 100 = 94.10\%$$

Calculo Rendimiento		
<b>Producción Real</b>	7344	Kilos defectuosos
	53856	Kilos con condiciones adecuadas
	<b>61200</b>	<b>Kilos</b>
<b>Producción Teórica</b>	250	Kilos/Hora
	288	Horas
<b>Total</b>	<b>72000</b>	<b>Kilos</b>

$$\text{Rendimiento} = \frac{61200}{72000} \times 100 = 85.00\%$$

$$\text{Calidad} = \frac{53856}{61200} \times 100 = 88.00\%$$

$$\text{OEE} = 94.10\% \times 85.00\% \times 88.00\% = 70.38\%$$

Con la implementación del programa de mantenimiento se espera pasar de un rendimiento del 66.67% a un 85% reduciendo los tiempos muertos y aumentando los periodos en los que la

máquina se encuentra productiva, acercándose a el estimado de producción calculado; también se pretende alcanzar un porcentaje de calidad del 88% disminuyendo el porcentaje de piezas con defectos con respecto a la producción real, el cual pasaría de un 15% de productos no conformes a aproximadamente un 12%, y con respecto a la disponibilidad, se espera pasar de un 87.67% a un 94.10% disminuyendo los tiempos en los que la máquina se encuentre improductiva debido a paros inesperados por fallas, o por mantenimientos correctivos, aumentando así la participación de una máquina productiva en relación a las horas programadas para los asesores de la empresa.

	Real	Esperado	Delta
<b>Disponibilidad</b>	87.67%	94.10%	6.43%
<b>Rendimiento</b>	66.67%	85%	18.33%
<b>Calidad</b>	85%	88%	3.00%
<b>OEE</b>	49.68%	70.38%	20.70%

### 10.1.9. Kanban

La metodología Kanban puede ofrecer diferentes beneficios a las áreas de producción, por lo que se propone el uso de tarjetas Kanban, las cuales para este caso en específico serán las Kanban de producción, las cuales contienen información sobre la clase del material, la cantidad del producto, el proceso necesario y otros datos adicionales como la referencia.

**Kanban de Producción Ekoplanet**

<b>Proceso</b>	Compactadora
<b>Llevar material a:</b>	Compactadora Horizontal
<b>Referencia:</b>	PET
<b>Tipo de material:</b>	plástico
<b>Peso por elemento:</b>	400 kilos

Figura 39. Kanban de producción

### 10.1.10. Guía para la implementación del Kanban

Con el fin de lograr una implementación exitosa, se propone explicar detalladamente el funcionamiento y los conceptos a los operarios, para que se apropien del proceso, puedan analizarlo y proponer alternativas de mejora con la experiencia de su día a día.

1er Paso: Entender el flujo del proceso productivo

Lo primero es comprender los pasos para que el proceso se cumpla, cuáles son los primeros escenarios que la materia prima tiene que recorrer para poder así convertirse en el producto final, lo ideal es crear un Tablero Kanban.

2do Paso: Establecer las capacidades y límites

Revisar los procesos y analizar las capacidades del área de producción, para lograr un equilibrio entre las tareas de materiales en espera, con los que estén en progreso, es necesario hacer esto debido a que se busca eliminar los tiempos muertos, y evitar dejar tareas a medio terminar.

3er Paso: Elegir contenedores Kanban adecuados

La idea es estandarizar las cantidades para lograr tener un mayor control del proceso, muchos autores sugieren usar contenedores plásticos para poder así llevar el control de la cantidad y peso de los elementos.

#### 4er Paso: Revisión constante

Una vez establecidas las capacidades, se tendrá que hacer una revisión constante del proceso para poder buscar falencias y oportunidades de mejora, realizar ajustes y solucionar lo necesario para el correcto funcionamiento.

### **10.2. Matriz de herramientas para cada proceso**

## **11. Propuestas de mejora para los procesos**

Con la información presentada anteriormente, se puede evidenciar que la gran parte de los problemas de la compañía se deben a la mala capacitación del personal, junto con los inconvenientes que tienen a la hora de asignar rutas, lo cual genera un retraso en los procesos productivos consecuentes, por lo cual las propuestas presentadas serán enfocadas en las áreas de almacenamiento, recolección y separación.

## **12. Conclusiones**

## **13. Recomendaciones**

### 3. Referencias

Barcia, K., & Hidalgo, D. (2006). Implementación de una metodología con la técnica 5s para mejorar el área de matricería de una empresa extrusora de aluminio. Obtenido de <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/download/226/168>

Comité Nacional De Productividad e Innovación Tecnológica, A.C. (2008). *HERRAMIENTAS DE MEJORA 5 'S*. Obtenido de [http://www.sal.itesm.mx/incubadora/doc/herramientas\\_japonesas.pdf](http://www.sal.itesm.mx/incubadora/doc/herramientas_japonesas.pdf)

Dra. López-Fresno Palmira. (2016). *Metodología de las 5's y su contribución para la mejora continua en los sistemas de gestión*. Obtenido de [http://www.uvg.edu.gt/DQF/Coinferencia-jueves-18-02-2016-Dra.Palmira-Lopez-Fresno/5S%20y%20mejora%20gestion\\_PalmiraLopezFresno\\_env.pdf](http://www.uvg.edu.gt/DQF/Coinferencia-jueves-18-02-2016-Dra.Palmira-Lopez-Fresno/5S%20y%20mejora%20gestion_PalmiraLopezFresno_env.pdf)

Grupo Galgano: Consultores de Dirección. (2008). *Introducción a la metodología lean*.

Maldonado, G. (marzo de 2008). *Herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad (tesis pregrado)*. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/226/Herramientas%20y?sequence=1>

Miranda, J., & Toirac, L. (2010). *Indicadores de productividad para la industria dominicana*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87014563005.pdf>

Secretaría de Extensión e Integración Social: Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial. (2003). *Metodología de las 5 's*. Obtenido de Subdirección de Fomento a la Calidad y Competitividad: Empresarial Departamento de Gestión de la calidad y Normalización.: <http://www.ipn.mx/dse/intra/Documents/pdfs/Material5s.pdf>

Tejeda, A. (2011). *Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos*. Obtenido de Ciencia y Sociedad, XXXVI: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=870/8701975700>

Vilana, A. (2010 - 2011). *Fundamentos del lean manufacturing*. Obtenido de Escuela de Organización Industrial: Dirección de Operaciones.:  
[http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:75259/componente75258.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:75259/componente75258.pdf)

*CARTILLA DE CALIDADES DE MATERIALES PARA RECICLAJE*. (s. f.). ANDI.  
Recuperado 10 de marzo de 2021, de  
<http://www.andi.com.co/Uploads/3.3%20CARTILLA%20DE%20CALIDADES%20DE%20MATERIALES%20PARA%20RECICLAJE.pdf>

## 14. ANEXOS

Anexo 1. Reclamaciones hechas por los clientes últimos 4 meses.

Fecha	Kilos	Tipo	Detalles
3/11/2020	400	PET	Retrasos con las rutas
6/11/2020	500	Papel	Retrasos con las rutas
12/11/2020	800	Cartón	Retrasos con las rutas
16/11/2020	800	Papel	Desorganización centros de residuos
25/11/2020	400	PET	Ausencia de las rutas
Σ	2900		
3/12/2020	400	PET	Desorganización centros de residuos
5/12/2020	500	PET	Desorganización centros de residuos
11/12/2020	400	Papel	Retrasos con las rutas
20/12/2020	300	Papel	Retrasos con las rutas
22/12/2020	400	Papel	Retrasos con las rutas
28/12/2020	500	Cartón	Ausencia de las rutas
Σ	2500		
4/01/2021	400	Papel	Retrasos con las rutas
13/01/2021	500	Papel	Retrasos con las rutas
21/01/2021	400	Cartón	Retrasos con las rutas
23/01/2021	800	Cartón	Desorganización centros de residuos
26/01/2021	400	Cartón	Falta de retorno de instrumentos para transporte (Lonas, globos)
Σ	2500		
2/02/2021	800	PET	Retrasos con las rutas
9/02/2021	800	PET	Retrasos con las rutas
17/02/2021	400	PET	Retrasos con las rutas
24/02/2021	400	Cartón	Desorganización centros de residuos
28/02/2021	500	Cartón	Desorganización centros de residuos
3/03/2021	400	Cartón	Desorganización centros de residuos
8/03/2021	300	Papel	Desorganización centros de residuos
11/03/2021	400	Papel	Desorganización centros de residuos
Σ	4000		

