

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN
DE LA CAPACIDAD Y RENDIMIENTO DEL
PROCESO DE SELECCIÓN Y
CLASIFICACIÓN DE MATERIALES EN EL
ÁREA DE GESTIÓN AMBIENTAL. EN
POÁS DE ALAJUELA, COSTA RICA
DURANTE EL II SEMESTRE DEL 2021
PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR POR EL BACHILLERATO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

SUSTENTANTE

OSCAR FLORES ÁVILA

TUTOR

FEDERICO SALAZAR JIMENEZ

HEREDIA, MARZO, 2022

Acta de aprobación

Heredia, 06 de abril de 2022

**Señores
Registro
Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

La estudiante OSCAR FLORES ÁVILA, cédula de identidad número 2-0775-0865 me ha presentado, el trabajo de investigación denominado: "PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD Y RENDIMIENTO DEL PROCESO DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES EN EL ÁREA DE GESTIÓN AMBIENTAL. EN POÁS DE ALAJUELA, COSTA RICA DURANTE EL II SEMESTRE

DEL 2021", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría de todos los capítulos del documento y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones, las cuales fueron concluidas a la satisfacción por la estudiante.

De los resultados obtenidos por la postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	30%	27%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	17%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		92%

En virtud de la calificación obtenida, se aprueba el proyecto de graduación, por lo que se puede realizar el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Firma 

Nombre del profesor... Federico Salazar Jiménez.

Cédula... 1-0914-0803

Carné del Colegio 1782.

Declaración jurada

DECLARACIÓN JURADA

Yo Oscar Flores Ávila, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 207750865 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente aperebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD Y RENDIMIENTO DEL PROCESO DE RECICLAJE EN EL ÁREA DE GESTIÓN AMBIENTAL. EN POÁS DE ALAJUELA, COSTA RICA DURANTE EL II SEMESTRE DEL 2021, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Heredia, a los 18 días del mes de marzo del año dos mil veintidós.



Firma del estudiante

Cédula 207750865

Carta de aprobación CENIT

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, Costa Rica

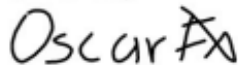
Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Oscar Flores Ávila con número de identificación 2-0775-0865 autor (a) del trabajo de graduación titulado PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD Y RENDIMIENTO DEL PROCESO DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES EN EL ÁREA DE GESTIÓN AMBIENTAL. EN POÁS DE ALAJUELA, COSTA RICA DURANTE EL II SEMESTRE DEL 2021 PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar por el título de Bachillerato; Si autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



Firma y Documento de Identidad

Carta de aprobación del lector

Señores

Servicios estudiantiles

Universidad Hispanoamericana

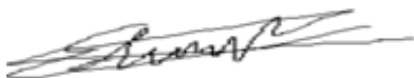
Estimados señores:

El estudiante Oscar Flores Ávila, cédula de identidad 207750865, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD Y RENDIMIENTO DEL PROCESO DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES EN EL ÁREA DE GESTIÓN AMBIENTAL. EN POÁS DE ALAJUELA, COSTA RICA DURANTE EL II SEMESTRE DEL 2021**, el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,



Ing. Edwin Vargas Leon, Msc.

Cédula: 4-0167-0771

Carta de aprobación de la empresa



MUNICIPALIDAD DEL CANTON DE POAS
Departamento de Gestión Ambiental

1 de 1

25 de febrero de 2022

Señores
Universidad Hispanoamericana
Heredia

Estimados:

Después de un cordial saludo Yo Róger Murillo Phillips en mi calidad de coordinador del Departamento de gestión ambiental de la municipalidad de Poás hago constar que el estudiante Oscar Flores Ávila portador de la cedula de identidad N° 207750865 finalizó de forma exitosa el proyecto de tesina realizado en el área de gestión ambiental.

El proyecto ejecutado será de gran beneficio para la municipalidad de Poás para la mejora de los procesos en este caso la eficiencia en el centro de materiales valorizables.

Atentamente,

ROGER
MURILLO
PHILLIPS
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
ROGER MURILLO
PHILLIPS (FIRMA)
Fecha:
2022.02.25
09:49:37 -06'00'

Roger Murillo Phillips
Gestión Ambiental

Dedicatoria

A mis padres, Luis Carlos Flores y Yorleni Ávila, por acompañarme en cada decisión que tomo y darme el apoyo y fortaleza para poder seguir adelante con mis objetivos hasta cumplirlos, por enseñarme valores y principios para ser mejor persona cada día, pero lo más importante su amor incondicional.

A mis mejores amigos, Abel y Bryan que desde el primer año del colegio hemos sido inseparables y que me han brindado su ayuda y apoyo cada vez que lo he necesitado.

A mí mejor amiga, Maureen que ha sido mi compañera y equipo en este proceso, en el cuál me ha dado todo el cariño, apoyo y motivación cada día para poder seguir adelante en esta etapa de mi vida.

Agradecimientos

A todos los profesores que me enseñaron los conocimientos necesarios para poder realizar este proyecto.

A mi tutor Federico Salazar por ser mi guía y enseñarme el camino a seguir en este proceso.

A la Municipalidad de Poás por permitirme realizar mi proyecto de graduación en sus instalaciones.

Índice

Contenido	
Acta de aprobación	ii
Declaración jurada	iii
Carta de aprobación de la empresa	v
Dedicatoria	vii
Agradecimientos	viii
Resumen Gerencial	16
Capítulo I: Introducción	18
1.1 Descripción general del proyecto	19
1.2 Identificación de la institución	21
1.2.1 Descripción general de la institución	21
1.2.2 Ubicación Geográfica	22
1.2.3 Misión	22
1.2.4 Visión	22
1.2.5 Políticas Institucionales	23
1.2.6 Antecedentes de la empresa	25
1.3 Planteamiento del problema	26
1.3.1 Definición del problema	26
1.3.2 Justificación del proyecto	27
1.4 Objetivos de la investigación	28
1.4.1 Objetivo general	28
1.4.2 Objetivos específicos	28
1.5 Alcances y limitaciones	29
1.5.1 Alcances	29
Capítulo II: Marco Teórico	30
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	31
2.1.1 Ingeniería Industrial	31
2.1.2 Procesos Industriales	31
2.1.3 Productividad	32

2.1.4 Eficiencia y eficacia	32
2.2 Marco conceptual atinente al proyecto	33
2.2.1 D.M.A.I.C.	33
2.2.2 Reuniones.	37
2.2.3 Entrevistas.	38
2.2.4 Diagrama de flujo.	38
2.2.6 Diagrama Ichikawa.	39
2.2.8 Indicadores	40
2.2.9 Diagrama Multivoto	40
2.2.10 Diagrama SIPOC	41
2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto	42
2.3.1 Impacto a corto plazo	42
2.3.2 Impacto a medio plazo	42
2.3.3 Impacto a largo plazo	42
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias similares.....	43
Capítulo III: Marco Metodológico.....	47
3.1 Metodología para la definición del problema.	48
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.....	49
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un proceso, producto o servicio.	50
3.4 Metodología para la implementación del proyecto.	51
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de los resultados.	52
Capítulo IV: Línea base y análisis de causas	53
4.1 Diagnostico cualitativo de la situación actual.....	54
4.1.1 Diagrama Ishikawa.	55
4.1.1.2 Mano de obra:	56
4.1.1.3 Métodos:.....	56
4.1.1.4 Material:	56
4.1.1.5 Mediciones:	57
4.1.1.6 Medio ambiente:	57
4.1.2 Diagrama de flujo.	57
4.1.3 Diagrama S.I.P.O.C.....	59
4.1.4 Multivoto.....	60

4.1.6 Diagrama de planta.....	62
4.2 Recolección de datos.....	64
4.2.1 Toma de tiempos de transportes.....	64
4.2.3 Producción mensual 2021.....	68
4.3 Análisis de costos.....	68
4.3.1 Horas transportes.....	69
4.4 Project Charter.....	70
4.5 Conclusiones del capítulo.....	71
Capítulo V: Diseño e implementación de la solución.....	72
5.1 Propuestas.....	73
5.2 Plan de propuestas de mejora.....	73
5.2.1 Propuesta de mejora para control de producción de material.....	73
5.2.2 Propuesta de distribución N°1.....	75
5.3 Análisis costo – beneficio.....	84
5.3.1 Análisis costo beneficio Propuesta N°1.....	84
5.4 Resumen de propuesta.....	93
5.4.1 Resumen propuesta N°1.....	93
5.4.2 Resumen propuesta N°2.....	94
5.4.3 Resumen de propuesta N°3.....	95
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.....	96
6.1 Conclusiones.....	97
6.2 Recomendaciones.....	99
Bibliografía.....	100
Apéndices.....	108
Glosario.....	112

Índice de figuras

Figura N °1. Centro del proceso de reciclaje.	20
Figura N °2. Centro del material reciclado.	20
Figura N °3. Ubicación.....	22
Figura N °4. Organigrama Municipalidad de Poás	24
Figura N °5. Diagrama Ishikawa	55
Figura N °6. Diagrama de flujo	58
Figura N °7. Diagrama S.I.P.O.C.....	59
Figura N °8. Multivoto	60
Figura N °9. Diagrama de Pareto.....	61
Figura N °10. Plano distribución actual.....	62
Figura N °11. Project Charter	70
Figura N °12. Hoja de control de producción	74
Figura N °13. Distribución de propuesta 1	75
Figura N °14. Distribución de propuesta 2	78
Figura N °15. Distribución de propuesta 3	81
Figura N °16. Cuadro resumen Propuesta 1.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura N °17. Cuadro resumen de propuesta 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura N °18. Cuadro resumen propuesta 2	¡Error! Marcador no definido.

Índice de gráficos

Gráfico N °1. Estatus de material.....	26
Gráfico N °2. Gráfico primera toma de tiempos estación 1.	64
Gráfico N °3. Segunda toma de tiempos estación 1.....	65
Gráfico N °4. Primera toma de tiempos estación 2.	66
Gráfico N °5. Segunda toma de tiempos estación 2.....	67
Gráfico N °6. Producción mensual 2021	68

Índice de tablas

Tabla N °1. Horas de transporte mensuales	69
Tabla N °2. Proyección de horas de transporte propuesta 1	84
Tabla N °3. Comparación costos de transportes 2021 y proyección	85
Tabla N °4. Comparación de producción 2021 y proyección propuesta1	86
Tabla N °5. Proyección de horas de transporte 2	87
Tabla N °6. Comparación costos de transportes 2021 y proyección	88
Tabla N °7. Comparación producción 2021 y proyección propuesta 2.....	89
Tabla N °8. Proyección de horas de transporte propuesta 3.....	90
Tabla N °9. Comparación de costos de transporte 2021 y proyección propuesta.91	
Tabla N °10 Comparación de producción 2021 y proyección de propuesta 3.....	92

Acrónimos y siglas

DMAIC: Herramienta Six sigma para ejecución de proyectos que significa Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar.

FODA: Herramientas lean que significa Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, en inglés SWOT.

Ishikawa: Herramienta para estudio de causas.

SIPOC: Proveedores, Entradas, Procesos, salidas y clientes.

Resumen Gerencial

Flores Ávila Oscar, Universidad Hispanoamericana (Marzo, 2022), Propuesta para la optimización de la capacidad y rendimiento del proceso de reciclaje en el área de Gestión Ambiental. En Poás de Alajuela, durante el II semestre del 2021. [Tesina]. Salazar, Federico.

La Municipalidad de Poás es una institución encargada de administrar y promover los intereses de sus ciudadanos. Cada municipalidad está conformada por un Alcalde(sa) Municipal, dos vicealcaldes, el concejo municipal y los ciudadanos que habitan el cantón.

Este proyecto se realizará en el área en el área de Gestión Ambiental en el Centro de Acopio, ubicado en la provincia de Alajuela en el cantón de Poás, que se encarga de recibir material reciclable (plástico, cartón, vidrio, papel), que recolectan en el cantón de Poás de este material un 80% es comercializable y el 20% se desecha.

Las propuestas de mejora se enfocarán en realizar una investigación del proceso de selección y clasificación de material realizados en el Centro de Acopio, en búsqueda del mejoramiento de la productividad y el aumento de capacidad de producción.

Cada una de las propuestas planteadas para una nueva distribución de planta brindan los siguientes beneficios al Centro de Acopio:

- Reducción significativa en el tiempo de transportes
- Mejor ventilación
- Mejor iluminación
- Ahorro de energía eléctrica
- Mejora de la productividad
- Más espacio y distanciamiento entre operaciones
- Material menos expuesto

Análisis costo-beneficio de cada propuesta:

Propuesta N°1

-Inversión única: ₡102.250

-Ahorro anual: ₡286.466

-Aumento de producción anual: 11.58% que equivale a ₡ 1.800.604

Propuesta N°2

-Inversión única: ₡451.345

-Ahorro anual: ₡271 739

-Aumento de producción anual: 8.94% que equivale a ₡ 1.261.813

Propuesta N°3

-Inversión única: ₡471.795

-Ahorro anual: ₡237.75

-Aumento de producción anual: 5.92% que equivale a ₡ 1.223.576

Capítulo I: Introducción

1.1 Descripción general del proyecto

Este proyecto es una investigación que se realizará en la Municipalidad de Poás, más concretamente en el centro de acopio del área de Gestión Ambiental, se estudiará el proceso de selección y clasificación de materiales actual y posteriormente se usarán las herramientas de la carrera de ingeniería industrial, con la finalidad de implementar una propuesta de mejora y aumentar la producción.

El propósito de este proyecto de investigación es mejorar y alcanzar una mayor producción que evite la acumulación de material sin procesar, con esto evitar un estancamiento del material y aumentar la rentabilidad de la institución.

Esta investigación se centrará en la mejora del proceso de selección y clasificación de materiales del centro de acopio de la Municipalidad de Poás, mediante el uso de la metodología DMAIC y otras herramientas ingenieriles tales como: diagrama de flujo, diagrama de Ishikawa, los 5 por qué, entre otras.

A continuación, se muestran unas fotos de la planta ubicada en Poás de Alajuela, donde se lleva a cabo este proyecto:

Figura N °1. Centro del proceso de reciclaje.



Fuente: Fotografía tomada en el lugar.

Figura N °2. Centro del material reciclado.



Fuente: Fotografía tomada en el lugar.

1.2 Identificación de la institución

1.2.1 Descripción general de la institución

Las Municipalidades son gobiernos locales de cada cantón del país, se administran de acuerdo con la jurisprudencia que se aplica según los requerimientos del lugar. El objetivo de las municipalidades es planificar y promover acciones necesarias, orientadas a mejorar la calidad de vida de las personas en un ambiente socioeconómico y cultural adecuados para la atención de sus necesidades vitales, además retribuir los pagos de impuestos municipales que son administrados por medio de obras que beneficien el desarrollo del cantón en un entorno integral.

El presente proyecto se realizará en la municipalidad de Poás, y se desarrollará en el área de Gestión Ambiental en el proceso de reciclable, cuyo propósito es gestionar todos los materiales recolectados cómo: papel, plástico, cartón y vidrio.

1.2.2 Ubicación Geográfica

La Municipalidad del Cantón de Poás se encuentra ubicada en Alajuela, San Pedro de Poás, frente el costado norte del parque central.

Figura N °3. Ubicación



Fuente: Google Maps.

1.2.3 Misión

Somos el gobierno local que como empresa pública organiza, administra y revierte de manera eficiente el presupuesto y otros recursos para beneficio de los habitantes de todo el cantón de Poás, mediante servicios municipales rentables y de calidad y proyectos de desarrollo comunal sostenibles.

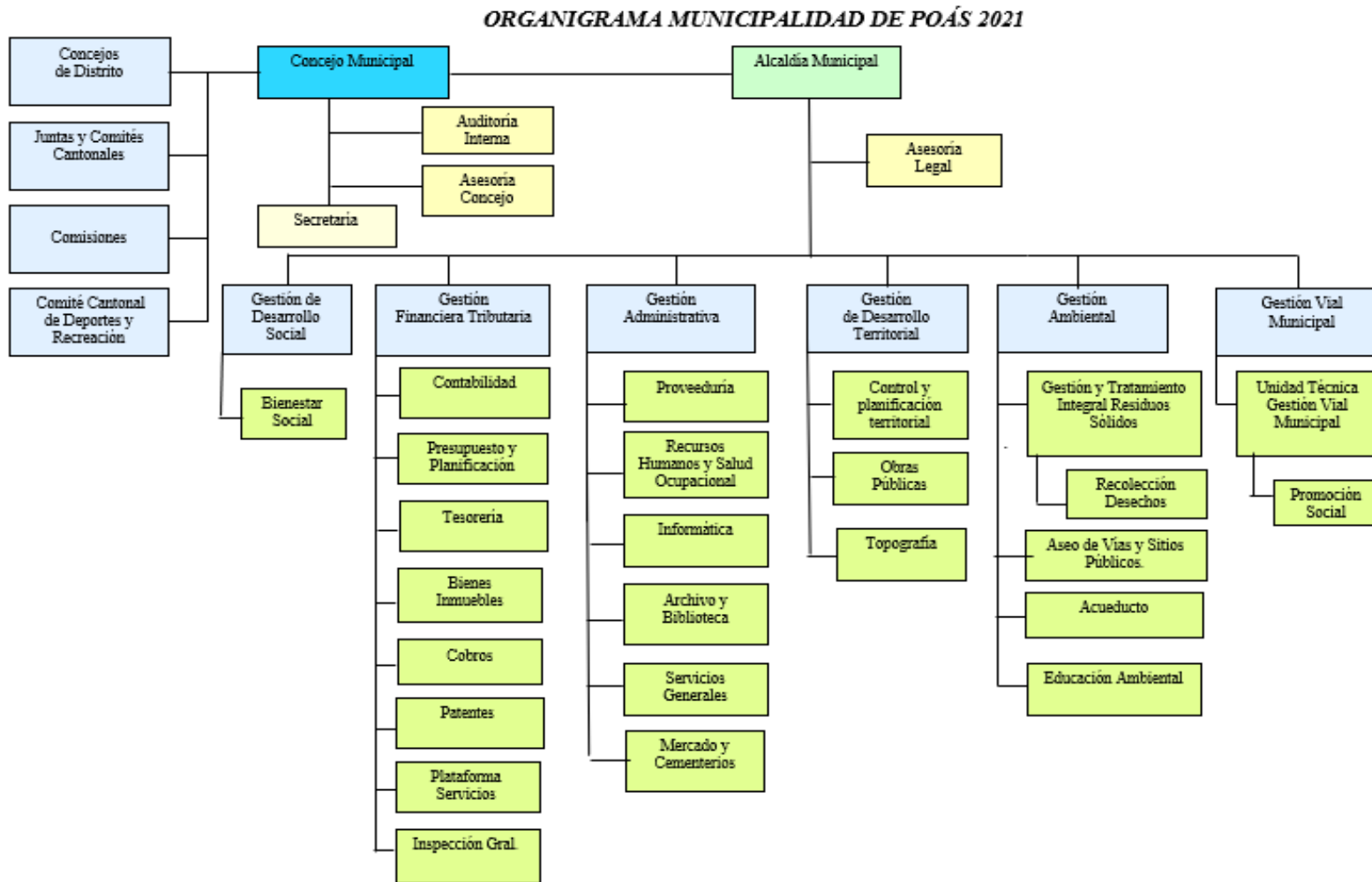
1.2.4 Visión

Ser el principal promotor del desarrollo integral y sostenible del Cantón de Poás.

1.2.5 Políticas Institucionales

1. Desarrollo humano Generar oportunidades a partir de programas de desarrollo humano para el bienestar de la ciudadanía, facilitando espacios de participación inclusiva y equitativa para la prevención, mitigación y vulnerabilidad socioeconómica.
2. Desarrollo Económico Local Fomentar las capacidades y competencias de la población en emprendedurismo, de manera que se promuevan nuevas oportunidades e iniciativas, que generen fuentes de empleo en la comunidad y favorezca el crecimiento económico y el progreso social.
3. Servicios públicos Brindar a los usuarios servicios ágiles y oportunos que permitan satisfacer sus necesidades, mediante la mejora continua.
4. Ambiente y gestión de riesgo Implementar acciones de gestión ambiental orientadas a fomentar la protección del ambiente, para minimizar los riesgos existentes.
5. Ordenamiento del Territorio Implementar un ordenamiento territorial que sea sostenible, asegurando la disponibilidad de recursos y acorde con las necesidades de la población y del desarrollo del cantón.
6. Seguridad Ciudadana Reducir la incidencia delictiva en el cantón, a partir de la coordinación interinstitucional, la tecnología, la organización comunal y capacitación ciudadana.
7. Infraestructura y equipamiento Agregar valor a la infraestructura cantonal, a partir de la inversión en construcción, mantenimiento y equipamiento de obras civiles y viales de carácter público.
8. Desarrollo Institucional Potenciar las capacidades y competencias del recurso humano de la institución, para la prestación de los servicios y desarrollo de proyectos de acuerdo con los intereses de los ciudadanos.

Figura N °4. Organigrama Municipalidad de Poás



Fuente: Elaboración propia

1.2.6 Antecedentes de la empresa

En la época Precolombina el territorio que actualmente corresponde al Cantón Poás estuvo habitado por indígenas Botos, que fueron tributarios de los Huétares del llamado Reino de Occidente, que en los inicios de la Conquista fue dominado por el cacique Garabito. Testimonio de ese hecho, son los hallazgos arqueológicos encontrados, tales como objeto de piedra construido por los aborígenes. Se supone que la zona fue un lugar de tránsito utilizado por los indios entre el Valle Central y las Llanuras del Norte.

A raíz de la apertura del camino mulas, en 1601, para el comercio, principalmente de estos animales en las Ferias de Panamá; en el sector occidental del Valle Central, de nuestro territorio, se establecieron potreros para los mismos. En tal forma, para 1662, se conoció la existencia de una zona de descanso de las mulas, en el sitio denominado Los Potreros de Poás.

A finales del siglo XVIII o principios del XIX, don Eusebio Rodríguez realizó el mayor denuncia de tierra de la región, en lo que hoy corresponde al área urbana y zonas aledañas a la Ciudad de San Pedro; quién fue vendiendo o alquilando terrenos.

Los primeros pobladores que llegaron a la región, en 1806, provenían de Heredia y eran de apellido Murillo, Herrera, Rodríguez y Chaves.

La primera ermita se construyó en 1837, en paraje que se denominaba San Pedro de la Calabaza.

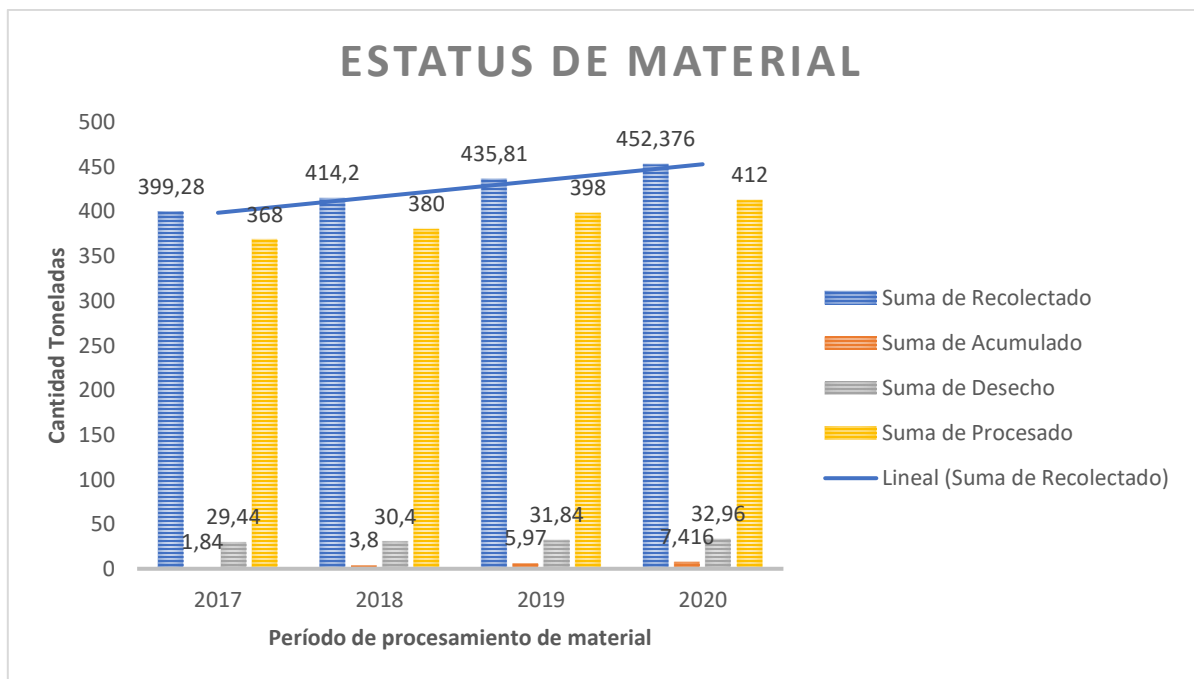
Poás se creó por el decreto, el 15 de octubre de 1901, mediante resello del Congreso Constitucional de la Ley No. 14, que estableció el Cantón octavo de la Provincia de Alajuela, segregado del Cantón Central de Alajuela.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Definición del problema

El centro de acopio de la Municipalidad de Poás, en los últimos años, se ha visto un incremento anual en el material recolectado de un 4% del 2017 al 2018, un 5% del 2018 al 2019 y de un 4% del 2019 al 2020, esto ha generado una acumulación de material en espera de ser seleccionado y clasificado.

Gráfico N °1. Estatus de material



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los materiales se encuentran varios, tales como: papel, plástico, cartón y vidrio.

El problema encontrado es que la institución ha aumentado la cantidad de material que se recolecta, también ha aumentado el material procesado, aunque no lo suficiente como para reducir el material acumulado que va creciendo con

los años. Esto provoca que parte del material en espera se quede al aire libre afuera de las instalaciones ya que no se puede almacenar dentro de ellas.

1.3.2 Justificación del proyecto

La finalidad del proyecto es aumentar la producción en el centro de acopio de la Municipalidad de Poás, nace de la urgencia de procesar el material en espera, ya que, al acumularse, parte del material queda afuera de las instalaciones y corre el riesgo de dañarse y perder ese material. Para la Municipalidad de Poás este proyecto es muy importante para mejorar la productividad y con esto aumentar la rentabilidad.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Optimizar el proceso de selección y clasificación de materiales en el área de gestión ambiental de la Municipalidad de Poás, mediante la aplicación de la metodología DMAIC para la mejora de la productividad.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso, todos sus componentes y su correcto funcionamiento.
- Recolectar datos, analizarlos y realizar un estudio de estos.
- Proponer mejoras en el proceso de selección y clasificación de los materiales, para una mayor productividad.
- Implementar una herramienta para el seguimiento y control de los indicadores de producción.
- Realizar un análisis de costo beneficio de la propuesta, para un seguimiento cuantitativo del impacto generado.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances.

El alcance del presente proyecto se basa en el estudio y análisis de los procesos de producción selección y clasificación de material en el Departamento de Gestión Ambiental en la Municipalidad de Poás; el análisis se llevará a cabo durante el tercer cuatrimestre del 2021.

Es de gran importancia estudiar el alcance laboral que puede tener esta investigación e identificar si el proyecto contribuye al bienestar de los colaboradores y la institución, lo que permitirá aprovechar las oportunidades de mejora.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

2.1.1 Ingeniería Industrial.

Según Vauch, define la ingeniería industrial como la ciencia que se: preocupa del diseño, la mejora y la instalación de sistemas integrados por personas, materiales, equipos y energía. Aplica sus conocimientos y técnicas especializadas basadas en las matemáticas, la física, las ciencias sociales, junto con los principios y métodos del análisis y el diseño de la ingeniería, para especificar, predecir, y evaluar los resultados que se obtendrán de dichos sistemas. (Vauch, 1998, pág. 28).

La Ingeniería Industrial, es una disciplina que abarca muchos aspectos tales como la optimización de procesos, tiempos y costos, la correcta gestión de los sistemas de bienes y servicios de una empresa, esto con el objetivo de obtener productos y servicios de alta calidad.

2.1.2 Procesos Industriales.

Dentro del proceso, según Gibson, se tienen que considerar los siguientes factores: Factores dispositivos humanos: planifican, organizan, dirigen y controlan las operaciones y factores de apoyo: infraestructura tecnológica como hardware, programas de software, computadoras, entre otros” (Gibson, 2012, pág. 98).

Los procesos industriales se llevan a cabo para transformar las materias primas y convertirlas en toda clase de productos. A través de los procesos se pueden obtener nuevas características como otro color, forma o tamaño.

2.1.3 Productividad

La productividad es la razón que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital) (Render, 2014, pág. 13).

La productividad es la eficiencia por cada factor o recurso utilizado.

2.1.4 Eficiencia y eficacia

De acuerdo con Hernández, se entiende por eficacia "...al logro de los objetivos propuestos por el directorio para el mejoramiento de su respectivo desarrollo. En tal sentido, toda empresa debe tener objetivos claros y adecuados a las condiciones en que opera la empresa. (Hernández, 2011, pág. 102).

En cuanto a eficiencia Hernández manifiesta que es: la racionalidad, o sea, adecuar los medios utilizados, a los fines y objetivos que se deseen alcanzar, lo que lleva a concluir que las empresas van a ser racional si se escogen los medios más eficientes para lograr los objetivos deseados, teniendo en cuenta que los objetivos que se consideran son las organizacionales, y no los individuales. La racionalidad se logra mediante, normas y reglamentos que rigen el comportamiento de los componentes en busca de la eficiencia. (Hernández, 2011, pág. 121).

Eficiencia básicamente es alcanzar las metas establecidas de la empresa a cualquier coste. Mientras que eficiencia busca también alcanzar las metas, pero lograrlo con la menor cantidad de recursos.

2.2 Marco conceptual atinente al proyecto

En esta fase se desarrollarán todos los conceptos relacionados con la elaboración de este proyecto.

2.2.1 D.M.A.I.C.

DMAIC es una de las metodologías más utilizadas para la formulación de proyectos que se basa en una estrategia Six Sigma probado en la industria con velocidad y enfoque.

Según Lidsay, la metodología DMAIC presenta las siguientes características:

- Se basa en una estrategia Six Sigma probado en la industria con velocidad y enfoque.
- Cuatro pasos apoyan los proyectos de mejoramiento, establecimiento de objetivos.
- Se utiliza para aprovechar las oportunidades o solucionar los problemas de manera proactiva. (Lidsay, 2008)

En la primera fase de la metodología DMAIC, aquí se identifica el producto o servicio y el proceso a ser mejorado y asegura que los recursos estén en lugar para el proyecto de mejora. En esta fase podemos establecer la expectativa para el proyecto y mantiene el enfoque de estrategia Seis Sigma.

Polesky, indica que se deben seguir los siguientes pasos:

- Definir los requerimientos del cliente.
- Desarrollar enunciado del problema, metas y beneficios.
- Identificar al Champion, dueño del proceso (process owner) y al equipo.
- Definir los recursos.
- Evaluar apoyo organizacional clave.
- Desarrollar en plan de proyecto.
- Desarrollar mapeo del proceso a nivel alto (Polesky, 2006, pág. 158)

La segunda fase de la metodología DMAIC es la medición. Según Polesky “esta fase define defectos, junta la información primordial para el producto o proceso y establece metas de mejora. La fase de medición te permite entender la condición actual del proceso (baseline) antes de intentar identificar mejoras. Esta fase se basa en datos validos por lo que elimina estimaciones y suposiciones de que tan bien están trabajando el proceso (Polesky, 2006, pág. 172). El autor indica que los principales pasos son:

- Definición de unidad, oportunidad, defecto y métrica.
- Mapa del proceso detallado de las áreas apropiadas.
- Desarrollar el plan de recolección de datos.
- Validar el sistema de medición.
- Recolectar datos.
- Comenzar a desarrollar la relación $Y = f(x)$.
- Determinar la capacidad del proceso y nivel sigma.

La tercera etapa del DMAIC es el análisis, aquí se revisan los datos recolectados en la etapa anterior y según Polesky “con el objetivo de generar una lista de prioridades de las fuentes de variación. Esta fase se enfoca en los esfuerzos de mejora mediante la separación de las pocas variables vitales (más probable responsables de la variación) de las muchas variables triviales (menos probable responsables de la variación) (Polesky, 2006, pág. 51).

Los pasos de la tercera etapa son los siguientes:

- Definir los objetivos de desempeño.
- Identificar pasos de valor agregado y de no valor agregado del proceso.
- Identificar fuentes de variación.
- Determinar la(s) causa(s) raíz.
- Determinar las x's vitales en la relación $Y=f(x)$.

La cuarta etapa del DMAIC es la mejora, en esta podemos confirmar que la propuesta de solución se va a alcanzar o a exceder las metas de mejora de la calidad del proyecto.

Según Polesky “En esta fase se prueba la solución a pequeña escala en un ambiente real de negocio, Esto asegura que se han arreglado las causas de variación y que la solución va a funcionar cuando sea implementada por completo (Polesky, 2006, pág. 69).

Los pasos de la cuarta etapa son:

- Generar diferentes soluciones para cada una de las causas raíz.
- Con base en una matriz de prioridades elegir la mejor solución.
- Definir tolerancias operacionales del sistema potencial.
- Evaluar los modos de falla de la solución potencial.
- Validar mejoras potenciales mediante estudios piloto.
- Corregir/evaluar solución potencial.

La última etapa de la herramienta DMAIC es el control, en esta fase se implementa la solución, se asegura que la solución sea sostenida y se presentan las lecciones aprendidas en el proyecto de mejora.

Los pasos para la última etapa son:

- Estandarizar el proceso.
- Documentar el plan de control.
- Monitorear el proceso.
- Cerrar y difundir el proyecto.

Figura N°4 Metodología DMAIC

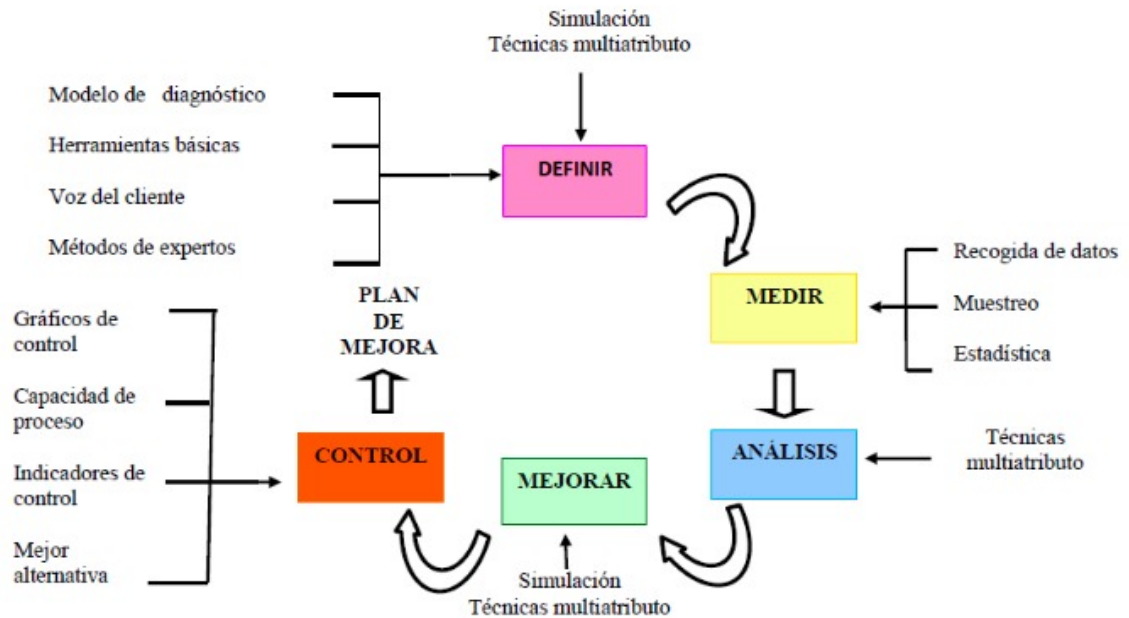


Figura x. Procedimiento propuesto basado en la metodología DMAIC.

Fuente: <https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf>

DMAIC es una herramienta muy utilizada en Ingeniería Industrial ya que se utiliza para la mejora de procesos, gracias a todos sus 5 pasos: Definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar, los cuales hay que realizarlos en orden, ayuda a poder estructurar todo lo involucrado a la mejora.

2.2.2 Reuniones.

Se entiende como reunión a un encuentro entre una o varias personas para discutir sobre algún tema en específico, ya sea en el ámbito laboral o social. Estas pueden ocurrir de manera planeada o espontánea y en cada caso, el lugar, la comunicación y las actividades a realizar serán diferentes.

2.2.3 Entrevistas.

La entrevista es una conversación normalmente entre dos o más personas, uno el entrevistador que hace una serie de preguntas específicas con la finalidad de conocer mejor a la otra persona cómo sus sentimientos, conocimiento, opiniones etc. Mientras que el segundo es el entrevistado y es el que responde a las preguntas del primero.

Estas se pueden realizar de forma presencial, escrita, telefónica o digital.

2.2.4 Diagrama de flujo.

Un diagrama de flujo detalla el flujo de información, clientes, equipo o materiales a través de los distintos pasos de un proceso. Los diagramas de flujo también se conocen con los nombres de mapas de proceso, mapas de relaciones o planos. Los diagramas de flujo no tienen un formato preciso y por lo general se trazan con cuadros (que contienen una breve descripción del paso), y con líneas y flechas para indicar las secuencias, flujograma o diagrama de actividades es la representación gráfica del algoritmo o proceso. Se utiliza en disciplinas como programación, economía, procesos industriales y psicología cognitiva. (Krajewski & Ritzman, 2013).

Un diagrama de flujo es una esquematización gráfica de un proceso o algoritmo, el cual nos muestra con símbolos de todos los procesos o pasos en orden y una breve descripción de este.

2.2.6 Diagrama Ichikawa.

Un aspecto importante del análisis de procesos consiste en vincular cada medición con los insumos, métodos y pasos del proceso que incorporan en el servicio producto un atributo en particular. Una forma de identificar un problema de diseño consiste en crear un diagrama de causa y efecto, que relaciona un problema clave de desempeño con sus posibles causas. Desarrollado originalmente por Kaoru Ishikawa, este tipo de diagrama ayuda a la gerencia establecer una relación directa entre las desconexiones y las operaciones donde éstas se originan. Las operaciones que no tienen relación alguna con un problema en particular no aparecen en el diagrama. (Krajewski & Ritzman, 2013).

El diagrama Ishikawa es una representación gráfica que nos muestra todas las relaciones entre las diferentes variables que componen un proceso.

2.2.7 Diagrama de Pareto

Su objetivo, es evidenciar los problemas reales que están afectando el alcanzar los objetivos de la empresa o que están impactando en la problemática y reducir las pérdidas que esta posee. Además, permite evaluar previamente, cuáles son las necesidades del público objetivo y cómo satisfacerlas con nuestro producto o servicio, logrando también, el objetivo de la mercadotecnia. Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal, sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos y rebotes internos del pronosticado.

2.2.8 Indicadores

Los indicadores sirven para establecer el logro y el cumplimiento de la misión, objetivos, metas, programas o políticas de un determinado proceso o estrategia, por esto podemos decir que son, ante todo, que es la información que agrega valor y no simplemente un dato, ya que los datos corresponden a unidades de información que pueden incluir números, observaciones o cifras, pero si no están ligadas a contextos para su análisis carecen de sentido. (Bonet Agustí, 2012, p.8)

Podemos entender de la anterior definición que los indicadores son expresiones tanto cualitativas como cuantitativas, que permite describir características y comportamientos de las variables que se pueden comparar desde periodos anteriores, permite evaluar el desempeño a través del tiempo cuando se tiene una meta o compromiso, también permite crear un nivel de competitividad que se enfocó en la mejora continua.

2.2.9 Diagrama Multivoto.

Este diagrama tiene la misma finalidad del diagrama de Ishikawa o causa y efecto, el cual consiste que en una vez que se reúnan las ideas o posibles causas, estas sean ponderadas según su importancia en el impacto del problema por el equipo de trabajo asignando puntos a las causas más relevantes según su campo o categoría, cabe destacar que esta herramienta puede ser más efectiva principalmente porque reúne a todo el equipo de trabajo que labora directamente en el área de trabajo y que es perjudicado por la problemática.

2.2.10 Diagrama SIPOC

Diagrama SIPOC “Es una herramienta que permite analizar un proceso en lo relativo a sus parámetros para así conocer su impacto total en la cadena de valor” (Socconini, 2015, pág. 62) El diagrama de SIPOC es una herramienta que permite visualizar un proceso, involucrando una serie de parámetros como lo son: proveedores, entradas, procesos, salidas y un resultado final.

2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto

La importancia e impacto de este proyecto se verá reflejado en el Centro de Acopio del área de gestión ambiental de la Municipalidad de Poás, este proyecto es crucial para la mejora del proceso y su rentabilidad.

2.3.1 Impacto a corto plazo

Mejorar, Controlar y Optimizar el proceso Clasificación y selección de material, involucrando a los colaboradores de la institución.

2.3.2 Impacto a medio plazo

Identificar y eliminar los atrasos y/o dificultades que se están generando en el Centro de acopio, en el proceso de selección y clasificación de material.

2.3.3 Impacto a largo plazo

Aumentar la productividad para lograr alcanzar las metas anuales establecidas, lo que se espera de esta propuesta de mejora es lograr que la empresa sea más rentable con el tiempo, aumentando la producción y eliminando el material que se acumula.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias similares.

Al realizar una investigación robusta es esencial buscar acerca de la problemática abordada, y revisar de qué manera ha sido tratado el tema, para entender mejor el avance en su conocimiento.

Este proyecto se desarrolla en la Municipalidad de Poás, en el área de Gestión Ambiental, en el proceso de selección y clasificación de material en el Centro de Acopio, se consideraron dos proyectos en especial que fueron desarrollados en sus áreas de tratamiento de material en una municipalidad similar a lo estudiado.

Para la elaboración de esta investigación se consultaron dos proyectos de la escuela de Ingeniería Industrial, para tener una idea fundamentada en una experiencia real de otros estudiantes.

Esta tesina tiene como nombre “Aplicación de Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en el Centro de Recuperación de Residuos Valorizables; durante el primer semestre del año 2021”. (Rojas, 2021)

Su objetivo general es el siguiente:

“Optimizar los procesos del Centro de recuperación de residuos valorizables de la

Municipalidad de Santa Ana, mediante la aplicación de un sistema de lean manufacturing mejorando la productividad.”

Se analizo la situación actual del proceso, se identificaron posibles puntos de mejora y presento herramientas propias de la carrera de ingeniería industrial, con el fin de lograr un aumento en la meta mensual de producción.

El estudiante encargado del proyecto utilizó la herramienta Lean manufacturing, con la cual llegó a las siguientes conclusiones.

- Inicialmente se hizo una visita con la administradora del CRMV, para realizar un

recorrido y conocer los procesos que se llevan a cabo en dicha Institución, se analizaron dichos procesos mediante herramientas de ingeniería industrial, tales como, Diagramas de Flujo, Diagrama SIPOC y Lluvia de Ideas

- Se realizó un análisis de la situación del CRMV, utilizando herramientas como Diagrama de Ishikawa, Gráficos de Ventas y Productividad, Diagramas de Pareto de Primer y Segundo Grado, que permitieron identificar las oportunidades de mejoras descritas en este proyecto.
- Se identificaron 4 propuestas de mejora para lograr el mejoramiento en la productividad del CRMV.

a) Propuesta de Gestión Comercial.

b) Propuesta de Multas para lograr Distinción de Material Valorizable.

c) Propuesta de Mejora de Clima Organizacional.

d) Propuesta de Ajustes de velocidad en Banda Transportadora.

- Se Implementaron herramientas de control y seguimiento de los indicadores de producción.

Por estas razones el proyecto descrito anteriormente se toma como una experiencia similar, por el área en el que se desarrolla, así como la finalidad del proyecto de aumentar la producción mensual.

Esta segunda investigación que se usó como referencia se desarrolla en el Área de gestión Ambiental de la municipalidad de Alajuelita, analiza el servicio de recolección y transporte de residuos de la Municipalidad de Alajuelita, con el fin de mejorar el servicio aprovechando al máximo los recursos y disminuir la cantidad de residuos destinados a la disposición final.

Esta tesis tiene como nombre “Mejoramiento del servicio de recolección y transporte de residuos de la Municipalidad de Alajuelita”, durante el tercer cuatrimestre del año 2017. (González, 2017).

Su objetivo general es el siguiente:

“Mejorar el servicio de recolección y transporte de residuos de la Municipalidad de Alajuelita a través de la evaluación de los procesos actuales con la finalidad de aprovechar al máximo los recursos para disminuir la cantidad de residuos destinados a la disposición final.” (González, 2017)

Se analizó la situación actual del proceso y se identificaron posibles puntos de mejora en el servicio de recolección y se realizó el estudio pertinente.

- Se logró encontrar las variables que afectan la gestión integral de residuos sólidos en el cantón de Alajuelita: censos discontinuados, descuido del personal, falta de indicadores de gestión integral de residuos sólidos, falta de control, falta de supervisión y falta de procedimientos. Tampoco existe un reglamento que regule la gestión integral de residuos.
- Se corroboró en el presupuesto de la Municipalidad de Alajuelita para el año 2016, que un tercio se destine en este servicio, lo que perjudica otras actividades municipales para la recolección de residuos.
- Los residuos que se recolectan son depositados todos en un relleno sanitario destinado por la Municipalidad sin recibir ninguna separación adecuada.

Junto con el punto anterior, se tiene que solamente han existido esfuerzos aislados por parte de algunas organizaciones sociales interesadas en la gestión ambiental para incentivar la correcta separación de residuos. En este sentido se puede decir que no existen prácticas adoptadas por parte de la municipalidad para el adecuado tratamiento de los residuos valorizables.

Capítulo III: Marco Metodológico

3.1 Metodología para la definición del problema.

En este proyecto se utilizará la metodología DMAIC para un análisis del proceso de selección y clasificación de materiales en el área de gestión ambiental de la Municipalidad de Poás, se busca diagnosticar la problemática, así como también oportunidades de mejora.

En la primera etapa de la metodología DMAIC, que se encarga de definir los problemas que se puedan presentar en las estrategias y metas del departamento de gestión ambiental, en esta sección se detalla mejor las referencias que se desarrollaran para determinar objetivamente el planteamiento del problema, el diagnóstico y su metodología.

Se realizará un diagrama de Ishikawa que permita establecer las causas que repercuten en la problemática de la investigación. También se realizó varias reuniones con el supervisor del área y entrevistas con los colaboradores para tener más información y un panorama más claro del problema.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.

En base a la segunda etapa de DMAIC, que es medición, se utiliza para analizar y recolectar información de los datos del proceso de selección y clasificación del área de gestión ambiental de la Municipalidad de Poás.

Se realizará un diagrama de flujo con el objetivo de documentar el flujo del estado actual para el estudio del proceso de una forma más gráfica. Se estableció un nivel de importancia de cada una de las causas vistas en el diagrama Ishikawa, que permita dirección del análisis de las posibles soluciones.

Se va a realizar una recolección de datos que permita el respaldo cualitativo mediante el uso de un diagrama de Pareto, el cual nos permitirá clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, para así intentar solucionar los problemas con alta importancia.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un proceso, producto o servicio.

En esta etapa para la propuesta de mejora se utilizará el análisis para determinar las causas del problema de la investigación, mediante el análisis de datos y el análisis del proceso, se obtuvieron fuentes importantes para establecer y diseñar una propuesta de mejora para el área de gestión ambiental que sea preventiva y correctiva.

Una vez realizado el estudio de medición y la evaluación de causas, se procede a realizar un análisis de los datos obtenidos, esto para erradicar las causas más significativas en el proyecto. Se va a identificar el proceso mediante un diagrama del flujo del proceso y un diagrama de planta para identificar las causas que contribuyen a la problemática. También se realizará un Value stream map que mapea el proceso de principio a fin, por medio del él se detectan las tareas o procesos que no generan ningún valor y que vienen a convertirse en un desperdicio ya sea de tiempo o costo.

En esta etapa también se utilizó diferentes herramientas ingenieriles como lo es una observación propia, entrevistas a los colaboradores del área para tener un criterio más amplio de la situación actual, diagrama Ishikawa, 5 Por qué y análisis estadísticos.

La idea principal de esta etapa es tener una perspectiva de la mejora más clara que permita hacer la correcta elección de la propuesta.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto.

La implementación de la propuesta se ejecutará mediante la utilización de diversas herramientas, que se utilizarán de forma gradual según las etapas y que permitan medir el impacto de cada una.

Las herramientas que se utilizaron fueron las entrevistas, es necesario tener varios criterios para la propuesta, por lo que esta herramienta permitió; planificar y tener un análisis objetivo de la propuesta y de alguna limitante que se pueda dar.

Planeación por etapas, la propuesta se desarrollará mediante etapas, con el objetivo de definir, medir y actuar sobre el problema de la investigación.

Lo anterior para mejorar la productividad de los procesos de producción, debido a que actualmente en el centro de acopio de la Municipalidad de Poás no existe una metodología, técnica o estudio para solucionar el problema de acumulación de material, ni se han realizado mejoras o cambios en los procesos de producción en los últimos años.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de los resultados.

En esta etapa se implementa la verificación, control y seguimiento de la propuesta, es uno de los pasos más importantes para lograr la mejora del proceso. En este paso se toma el tiempo de revisar los efectos y de esta forma asegurar que las acciones tomadas fueron las correctas, que fueron efectuadas de la forma y en el tiempo correcto. Esta etapa es ideal para ver en retrospectiva la mejora y hacer cambios en caso de que sea necesario.

Luego de implementarse la mejora se debe dar seguimiento a los resultados durante al menos un semestre en los cuales se definen si se están cumpliendo las metas a alcanzar para los objetivos establecidos, esto por medio de indicadores de producción, enfocados a evaluar las metas establecidas, donde se podrá visualizar el grado de mejora y los aspectos a mejorar, además se mantendría una toma de datos estadísticos para corroborar la reducción del material que se está acumulando.

Capítulo IV: Línea base y análisis de causas

4.1 Diagnostico cualitativo de la situación actual.

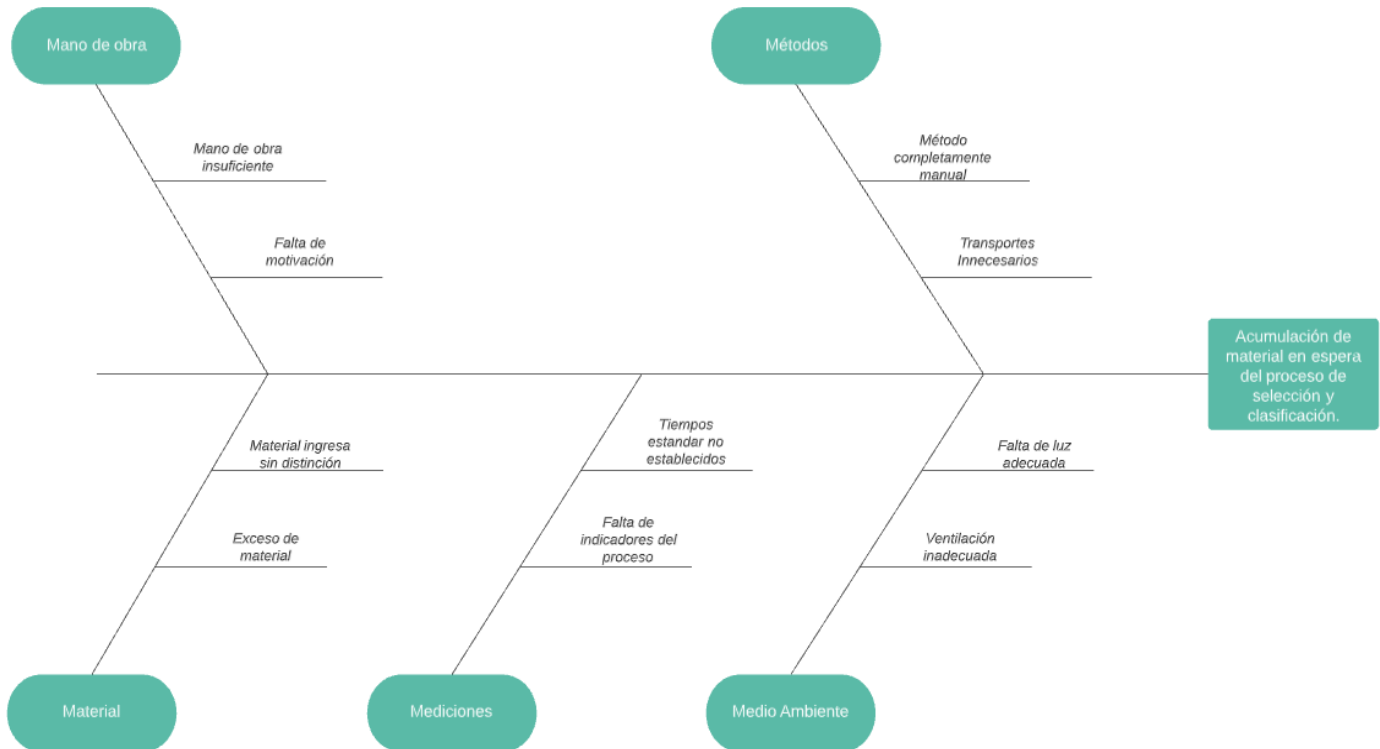
Este capítulo se encuentra enfocado en las etapas de análisis y medición de la metodología DMAIC, para esto se utilizaron herramientas que permitieron evidenciar el problema de la acumulación de material en el Centro de Acopio de la Municipalidad de Poás.

Se desarrollo mediante reuniones y entrevistas, lo que ayudo a estructurar el análisis de una manera más objetiva, se realizó un diagrama de flujo para detallar el flujo de la información en el proceso operativo, también un SIPOC para visualizar el proceso de una forma más general, además se realizó un diagrama de planta que representara la distribución actual del centro de acopio.

4.1.1 Diagrama Ishikawa.

Este diagrama nos ayuda a clasificar las causas y subcausas de la problemática de la investigación, se observa la categoría a la que pertenecen.

Figura N °5. Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración propia.

El diagrama anterior nos permite identificar y definir las posibles causas del problema, gracias a cada una de las categorías que se encuentra en el diagrama, podemos realizar una lluvia de ideas que nos ayuden a encontrar las causas y subcausas de cada categoría.

4.1.1.2 Mano de obra:

Mano de obra insuficiente: La cantidad de material que ingresa ha sobrepasado la capacidad de procesamiento, además los colaboradores deben prestar su ayuda a tareas que no son suyas.

Falta de motivación: Los colaboradores expresaron tener cansancio y sentir desmotivación por su área de trabajo.

4.1.1.3 Métodos:

Método completamente manual: Todo el proceso se realiza de forma manual y no hay optimización del proceso.

Transportes innecesarios: Hay desperdicio de movimientos o manipulación de material innecesario, las líneas de producción y la zona de material en espera deberían estar en una posición más cercana o cómoda con respecto a la zona donde se descarga el material.

4.1.1.4 Material:

Material ingresa sin distinción: El material proveniente desde los hogares y llega al Centro de Acopio mezclado y sin ningún tipo de distinción.

Exceso de material: El ingreso de material ha aumentado, pero no hay mayor capacidad para el procesamiento, ni se han realizado mejoras en los últimos años.

4.1.1.5 Mediciones:

Tiempos estándar no establecidos: No hay tiempos estándar establecidos para la descarga, separación y clasificación de material.

Falta de indicadores del proceso: No hay indicadores que permitan evaluar cada una de las tareas que se realizan y saber si cada una se ha cumplido con las expectativas previstas.

4.1.1.6 Medio ambiente:

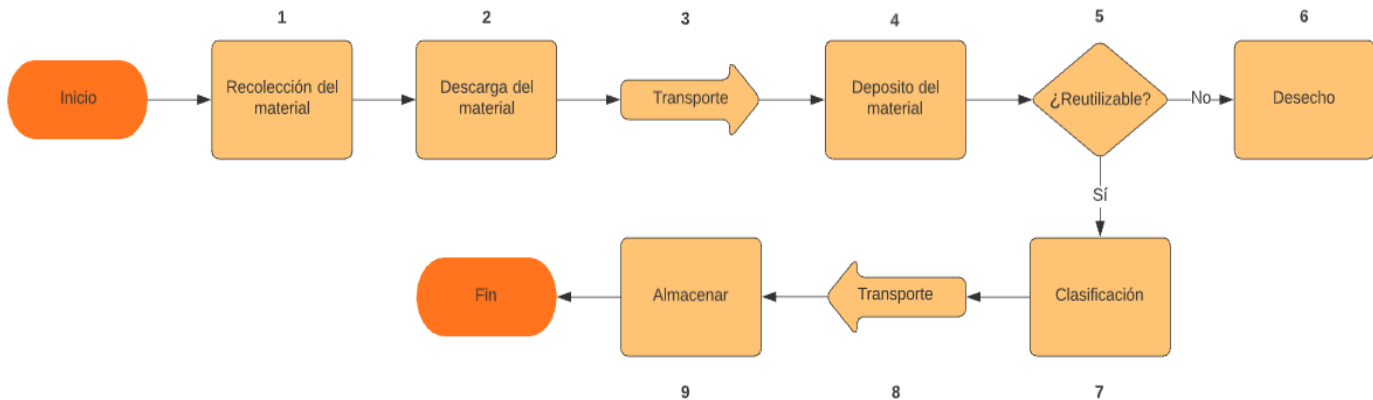
Falta de luz adecuada: No hay una iluminación adecuada para el puesto de trabajo, es necesario ver los materiales con claridad, con poca luz se puede sufrir de fatiga visual, algún corte, etc.

Ventilación inadecuada: Los puestos de trabajo cuentan con poca ventilación, y las condiciones de trabajo y la actividad física que realizan los colaboradores los expone al calor y necesitan una buena ventilación para realizar su trabajo en óptimas condiciones.

4.1.2 Diagrama de flujo.

El siguiente diagrama nos permite ver el flujo del proceso de selección y clasificación de materiales, y el desarrollo de cada proceso.

Figura N °6. Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia.

Lista de actividades

- 1- Se recolecta el material de reciclaje del cantón de Poás y se lleva al centro de acopio.
- 2- Se descarga el material que se pudo recolectar.
- 3- Se transporta de la zona de descarga hasta la estación de selección y clasificación.
- 4- Se deposita el material en la mesa de la estación.
- 5- Se revisa el material para ver se es reutilizable o no.
- 6- Se desecha el material inservible.
- 7- Se clasifica el material en las bolsas correspondientes.
- 8- Se transporta hasta la zona de almacenaje.
- 9- Se almacena.

Este diagrama nos permite observar el flujo completo del proceso y lo que se realiza en cada paso, gracias a esto podemos entender y analizar cada fase.

4.1.3 Diagrama S.I.P.O.C.

En la siguiente figura se presenta un diagrama S.I.P.O.C correspondiente al proceso de selección y clasificación de materiales, en el cual se observan los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes.

Figura N °7. Diagrama S.I.P.O.C.



miro

En el diagrama anterior se observa el funcionamiento general del Centro de Acopio, donde se recibe el material que recolectan los camiones de la Municipalidad de Poás y posteriormente se selecciona y clasifica según el tipo de material, y luego se prepara para proceder con la entrega del material a los clientes externos.

4.1.4 Multivoto.

Esta herramienta se utilizó para clasificar las causas por importancia y saber cuáles priorizar para la resolución del problema.

Figura N °8. Multivoto

Causas	Puesto						Total
	Supervisor	Lider	Operario 1	Operario 2	Operario3	Operario 4	
Método manual	3	4	3	2	3	2	17
Transportes innecesarios	3	4	5	4	3	5	24
Mano de obra insuficiente	2	2	3	2	2	3	14
Material ingresa sin distinción	2	2	2	1	2	3	12
Exceso de material	5	5	5	5	5	4	29
Tiempos estandar no establecidos	4	4	3	2	3	3	19
Falta de indicadores del proceso	4	3	3	2	2	3	17
Falta de luz adecuada	5	5	4	5	5	4	28
Ventilación inadecuada	5	5	4	4	5	4	27

Fuente: Elaboración propia

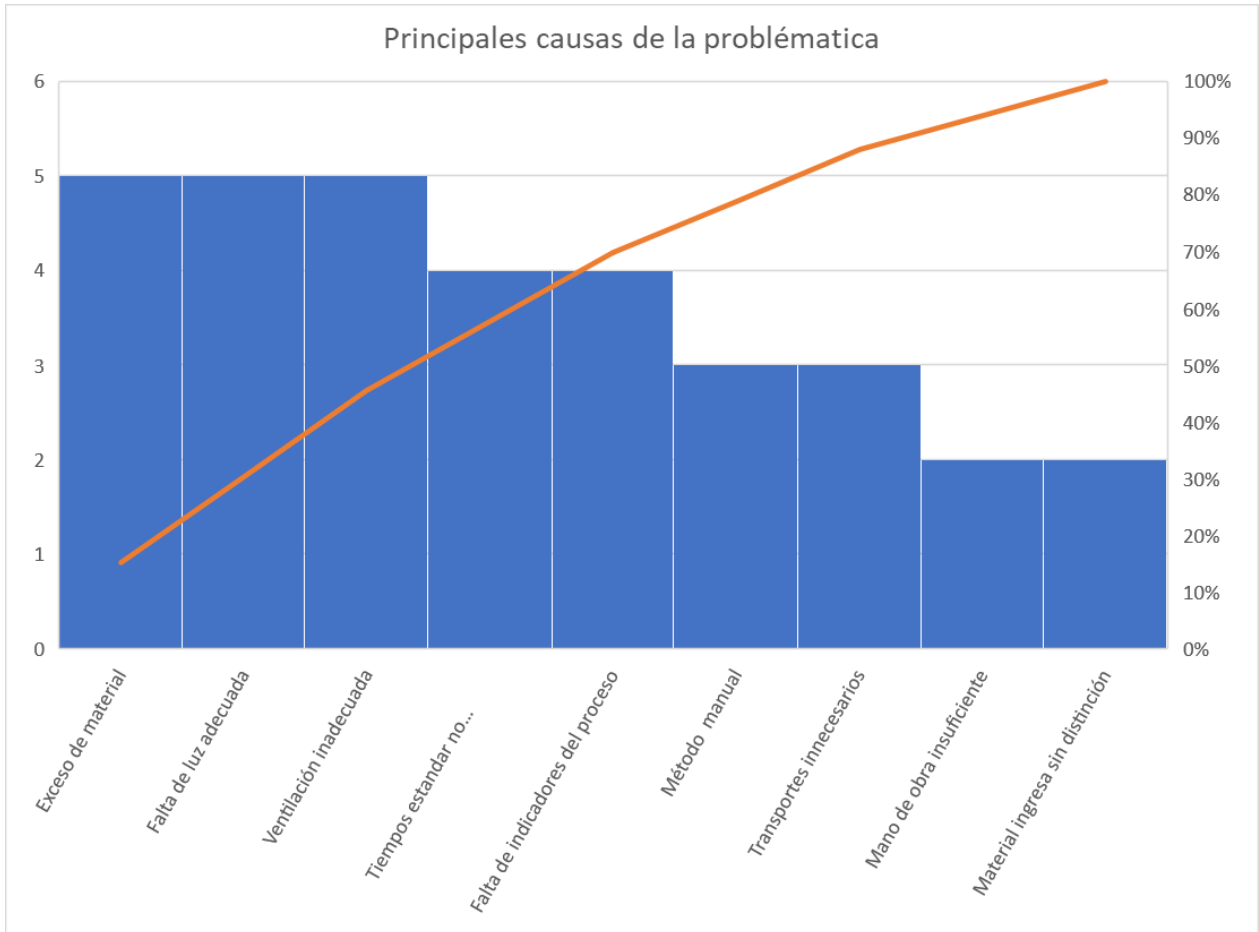
Se le presentó al personal implicado de la planta todas las causas posibles y se les indicó votar en una escala del 1 al 5 la importancia que le atribuyen cada uno de ellos a cada causa en la problemática del proyecto.

Las 3 causas con más importancia según los colaboradores son: Ventilación inadecuada, falta de luz adecuada y cómo causa principal el exceso de material acumulado.

4.1.5 Diagrama de Pareto.

Se hizo un Pareto en base al Multivoto anterior, en el podemos observar la importancia de cada causa.

Figura N °9. Diagrama de Pareto



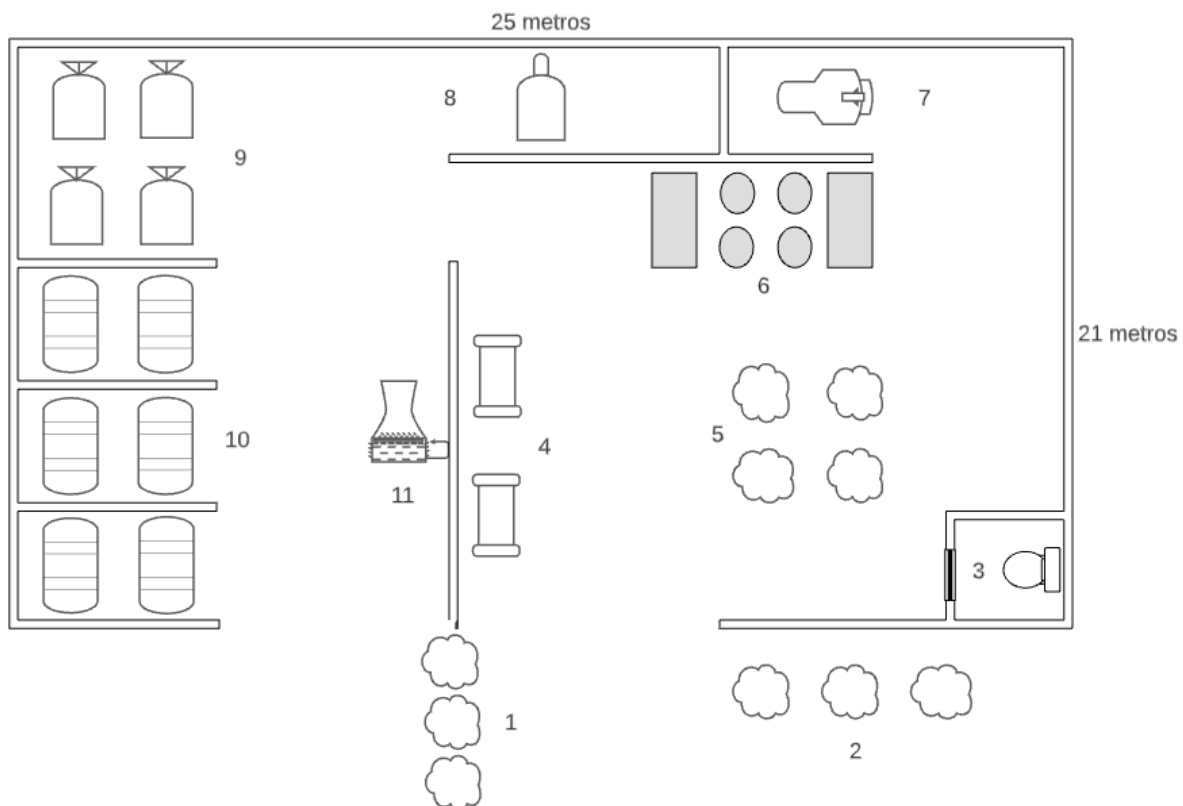
Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en el diagrama de Pareto, las causas más importantes son: el exceso de material, la falta de luz adecuada y la ventilación inadecuada, ya que estas sobrepasan el 80% de la escala, y son las causas para priorizar para la resolución del problema.

4.1.6 Diagrama de planta.

En este plano se muestra la distribución que tiene la planta actualmente.

Figura N °10. Plano distribución actual



Fuente: Elaboración propia

Lista de las áreas del centro de acopio.

- 1-** Material en espera de cartón y vidrio: Zona afuera de las instalaciones donde esperan los materiales de cartón y vidrio para ser procesados.
- 2-** Material en espera de papel y plástico #2: Zona afuera de las instalaciones donde esperan los materiales de papel y plástico para ser procesados.
- 3-** Servicio sanitario: Servicio sanitario para los colaboradores.
- 4-** Máquinas de comprimir el cartón: Máquinas que se encargan de comprimir el cartón y dejarlos en bloques.
- 5-** Material en espera de papel y plástico #1: Zona adentro de las instalaciones donde esperan los materiales de papel y plástico para ser procesados.
- 6-** Operación de selección y clasificación de materiales: Operación que se encarga de seleccionar y clasificar el papel y plástico en sus diferentes tipos y asignarlos a su bolsa correspondiente.
- 7-** Bodega: Zona donde almacenan máquinas viejas, dañadas y otros objetos sin uso.
- 8-** Almacenaje de vidrio: Zona donde se almacena el vidrio procesado.
- 9-** Almacenaje de papel y plástico: Zona donde se almacena el papel y plástico procesado.
- 10-** Almacenaje de cartón: Zona donde se almacena el cartón procesado.
- 11-** Máquina trituradora de vidrio: Máquina que se encarga de triturar el vidrio.

Este diagrama nos permite visualizar la distribución de la planta actual con todas sus áreas, lo cual nos facilita pensar en una nueva distribución que mejore el proceso de selección y clasificación de materiales.

4.2 Recolección de datos.

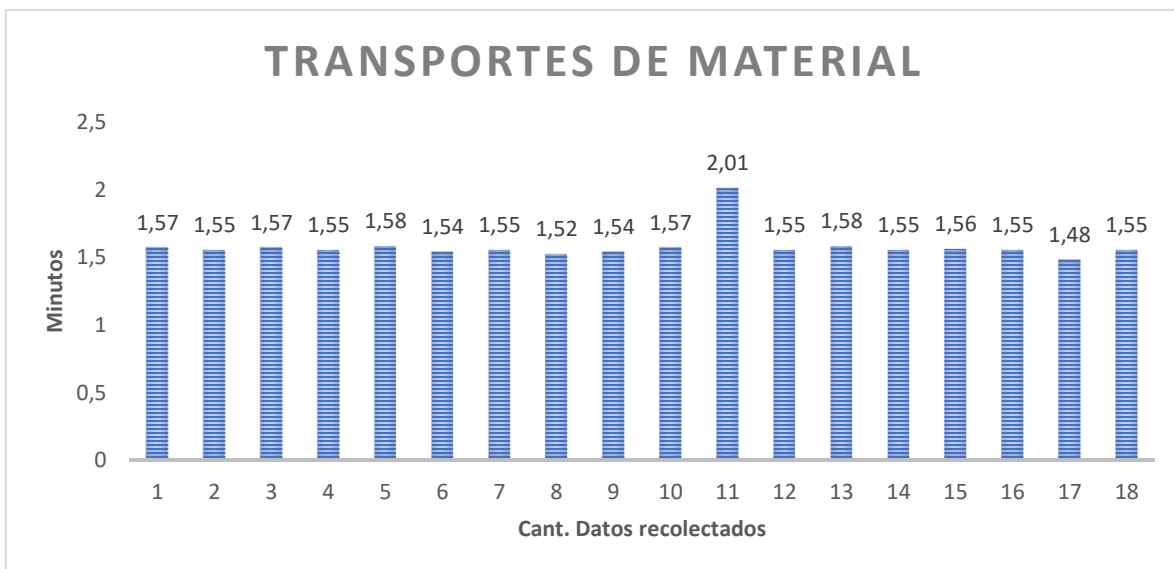
Se realizó una recolección de datos de descarga de material y transportes que nos permita tener una referencia para la futura mejora, ya que estos tiempos son parte fundamental de la mejora y se busca reducirlos.

4.2.1 Toma de tiempos de transportes.

Se realizó una toma de tiempos en las dos estaciones en dos días diferentes, con 18 muestras cada uno, que equivale a los aproximadamente 18 transportes que se hacen en el día por estación que lo conforman dos operarios. Estos transportes son llevados a cabo por los operarios, y recorre desde el área de descarga afuera de la planta hasta el área de material en espera de ser procesado.

Después también se sacó un promedio diario en una semana, el cual nos muestra un aproximado de los minutos que se utilizan en el transporte cada día.

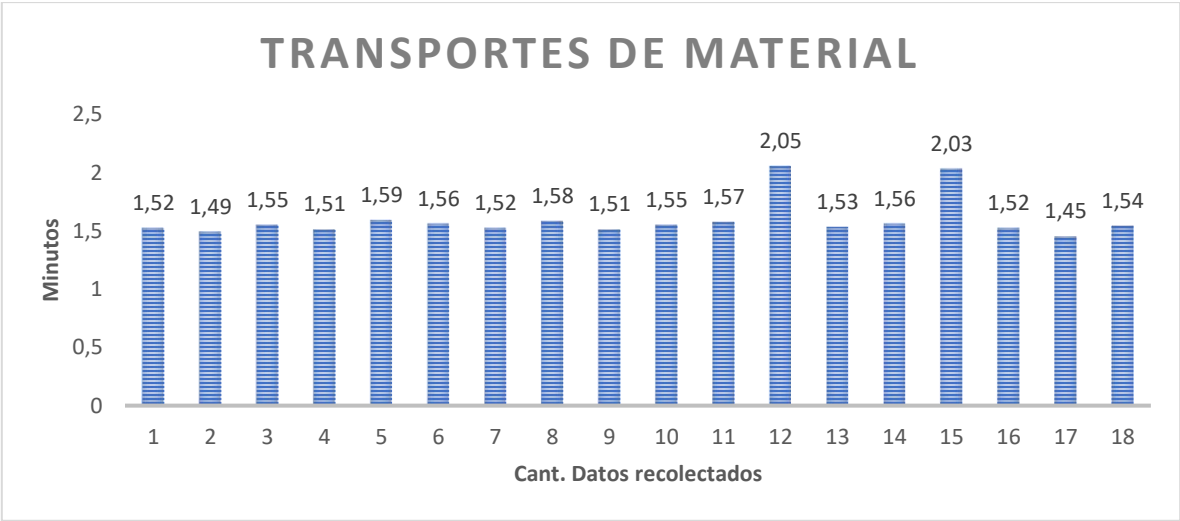
Gráfico N °2. Primera toma de tiempos estación 1.



Fuente: elaboración propia

En la primera toma de datos del tiempo que toma los 18 transportes de material para clasificar en la estación 1, podemos destacar que el menor tiempo que se presenta es de 1.48 minutos, mientras el mayor tiempo es de 2.01 minutos, dando un promedio de 1.58 minutos por transporte realizado.

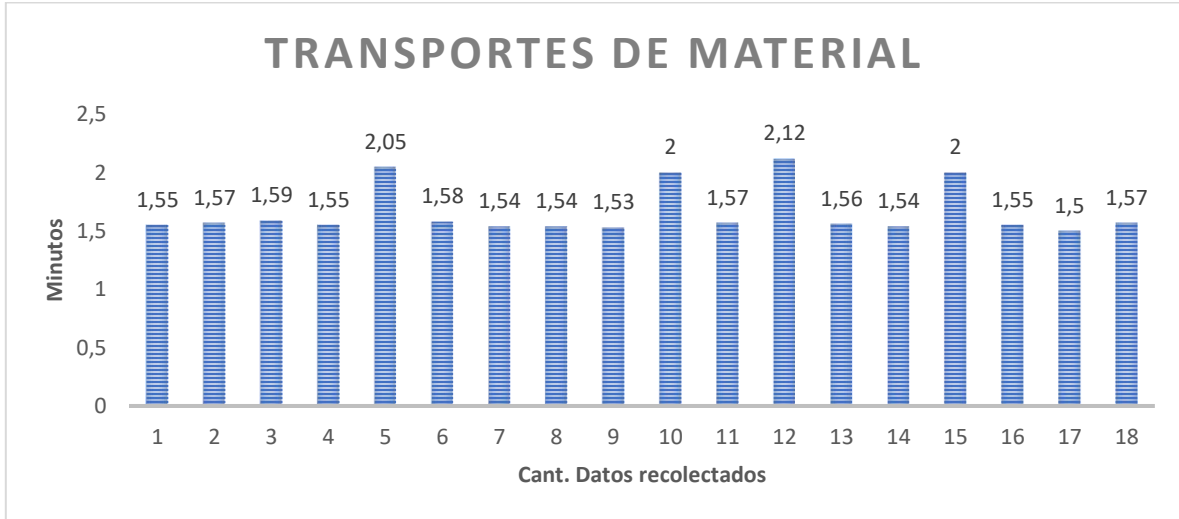
Gráfico N °3. Segunda toma de tiempos estación 1.



Fuente: Elaboración propia

Se realizo una segunda toma de tiempos en la estación 1, se eligió un día al azar, tomando 18 datos, en los que el menor tiempo fue de 1.45 minutos, mientras el mayor tiempo fue de 2.05 minutos, dando un promedio de 1.59 minutos por transporte realizado.

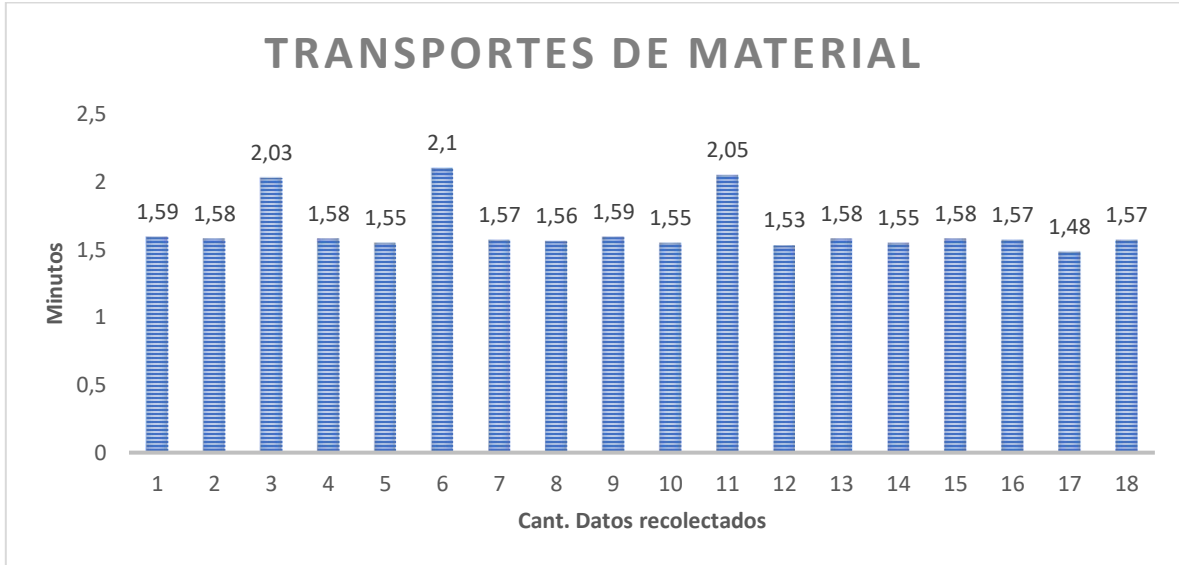
Gráfico N °4. Primera toma de tiempos estación 2.



Fuente: Elaboración propia

En la primera toma de datos del tiempo de transporte de bolsas de material para la clasificación de material en la estación 2, se puede destacar que el menor tiempo que presento fue de 1.50 minutos y el mayor tiempo presentado fue de 2.12 minutos dando un promedio de 1.66 minutos por transporte realizado.

Gráfico N °5. Segunda toma de tiempos estación 2.



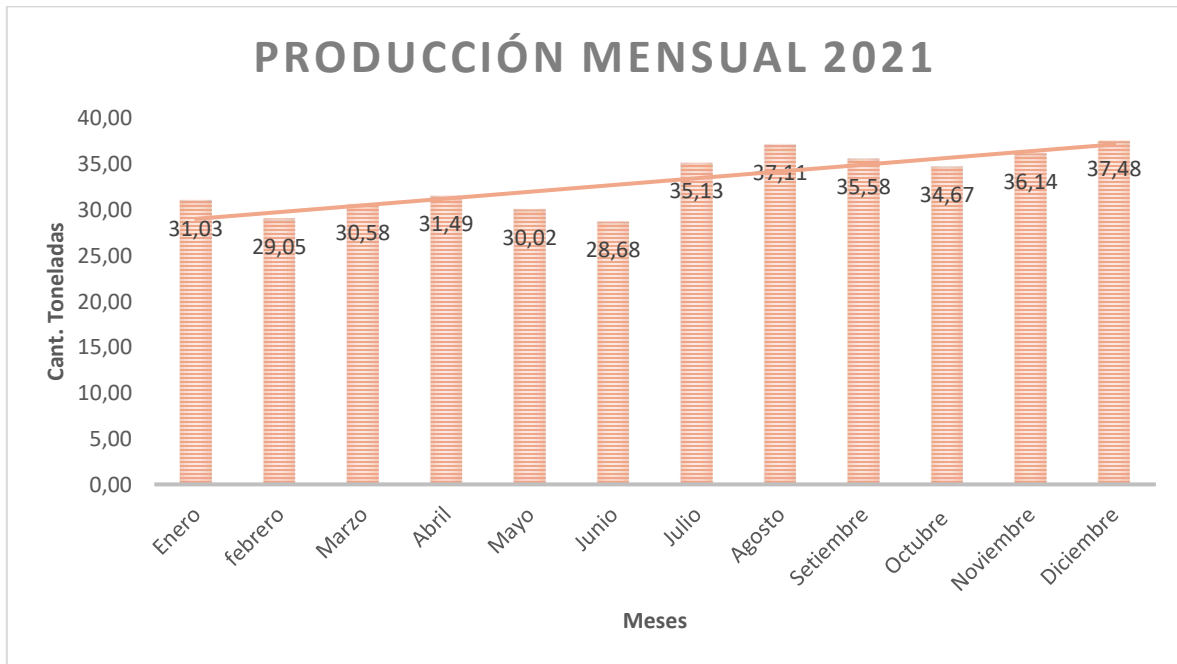
Fuente: Elaboración propia

Se realizó una segunda toma de tiempos en la estación 2, en la que se eligió un día al azar, tomando 18 datos en total, el menor tiempo presentado fue de 1.48 minutos, y el mayor tiempo fue de 2.05 minutos, dando un promedio de 1.65 minutos por transporte realizado.

4.2.3 Producción mensual 2021.

En este gráfico se observa la producción mensual del 2021, donde el pico más alto fue diciembre con 37.48 toneladas y el pico más bajo junio con 28.68 toneladas.

Gráfico N °6. Producción mensual 2021



Fuente: Elaboración propia

4.3 Análisis de costos.

Para Obtener la información de la cantidad de dinero que equivale el tiempo invertido en acciones como transportes y descargas del material, se va a considerar el costo del salario por hora de los puestos encargados de estas funciones.

4.3.1 Horas transportes.

La siguiente tabla muestra la cantidad de horas mensuales por cada estación, utilizadas para el transporte de bolsas de material de la zona de descarga hasta la estación de trabajo, se presenta el valor monetario por hora, mensual y el total anual de estas.

Tabla N °1. Horas de transporte mensuales

Meses	Horas transportes			Salario/ hora	Total
	Estación 1	Estación 2	Total		
Enero	10.40	11.30	21.70	¢2,045	¢44,386
Febrero	10.25	11.26	21.51	¢2,045	¢43,998
Marzo	10.32	10.58	20.90	¢2,045	¢42,750
Abril	10.16	11.17	21.33	¢2,045	¢43,630
Mayo	10.21	11.12	21.33	¢2,045	¢43,630
Junio	11.20	11.35	22.55	¢2,045	¢46,125
Julio	10.55	10.52	21.07	¢2,045	¢43,098
Agosto	10.58	11.22	21.80	¢2,045	¢44,591
Setiembre	11.05	11.34	22.39	¢2,045	¢45,798
Octubre	10.10	11.08	21.18	¢2,045	¢43,323
Noviembre	10.37	11.25	21.62	¢2,045	¢44,223
Diciembre	11.30	11.37	22.67	¢2,045	¢46,370
				Total Anual	¢531,920

Fuente: Elaboración propia

4.4 Project Charter

Figura N °11. Project Charter

Project Charter				
<p>Nombre del proyecto: Propuesta para la optimización de la capacidad de rendimiento del proceso de reciclaje en el Área de Gestión Ambiental. En Poás de Alajuela, Costa Rica durante el II semestre del 2021</p>				
Declaración del problema		Caso de negocio y posibles beneficios		
<p>La cantidad de material que ingresa ha aumentado por lo que también se incrementa la acumulación de material, ya que en los últimos años no ha habido mejoras en el proceso de selección y clasificación de material área de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Poás</p>		<p>El Centro de Acopio en los últimos años ha aumentado la cantidad de material que ingresa así como su procesamiento, aunque no lo suficiente para evitar la acumulación de material que está incrementando con los años, lo que provoca que parte del material en espera se quede fuera de las instalaciones ya que no se puede almacenar dentro de ellas</p>		
Declaración de meta		Cronograma		
Propuesta de una nueva distribución de planta	Etapas	Plan		Actual
	Definir:	Diagnostico de la situación actual		Concluido
	Medir:	Datos Historicos		Concluido
	Analizar:	Herramientas de calidad, diagramas de flujo		Concluido
	Implementar:	Mejoras		Concluido
	Controlar:	Indicadores		Concluido
Alcance		Encargado		
Inicio del proceso	30/09/2021	Puesto	Nombre	Tiempo por semana
Fin del proceso	22/12/2021	Jefatura de Gestión Ambiental	Roger Murillo	3 horas
En las instalaciones	Municipalidad de Poás			

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Conclusiones del capítulo.

Mediante el análisis de la situación actual, el estudio de la toma de datos, herramientas como diagrama de flujo, SIPOC, Ishikawa, Diagrama de Pareto y Análisis Multivoto; se puede concluir lo siguiente respecto al proceso de estudio:

- Los transportes de las bolsas de material para selección y clasificación tienen un promedio de duración de entre 1.58min y 1.59min para la estación de trabajo 1 y de 1.66min y 1.65min para la estación de trabajo 2.
- El promedio de los transportes de material semanalmente es de 29,04min.
- El mes que presenta menor producción es junio y en diciembre se presenta un mayor incremento de la producción.
- El total del costo anual de las horas utilizadas para los transportes de material es de ₡531,920.45.

Capítulo V: Diseño e implementación de la solución.

5.1 Propuestas.

Basado en el análisis de la investigación de datos anterior, este capítulo tiene como fin la elaboración de un diseño de propuestas para las causas más relevantes encontradas y analizadas en el diagnóstico mediante el Diagrama de Pareto, con el fin de mejorar el proceso y eliminar atrasos y aumentar la producción.

En esta sección se presentarán las propuestas de mejora detectadas en el Diagrama de Pareto, donde el uso de la metodología D.M.A.I.C. permitió analizar, medir y desarrollar las posibles soluciones para el aumento de procesamiento y disminuir el material que se acumula.

5.2 Plan de propuestas de mejora.

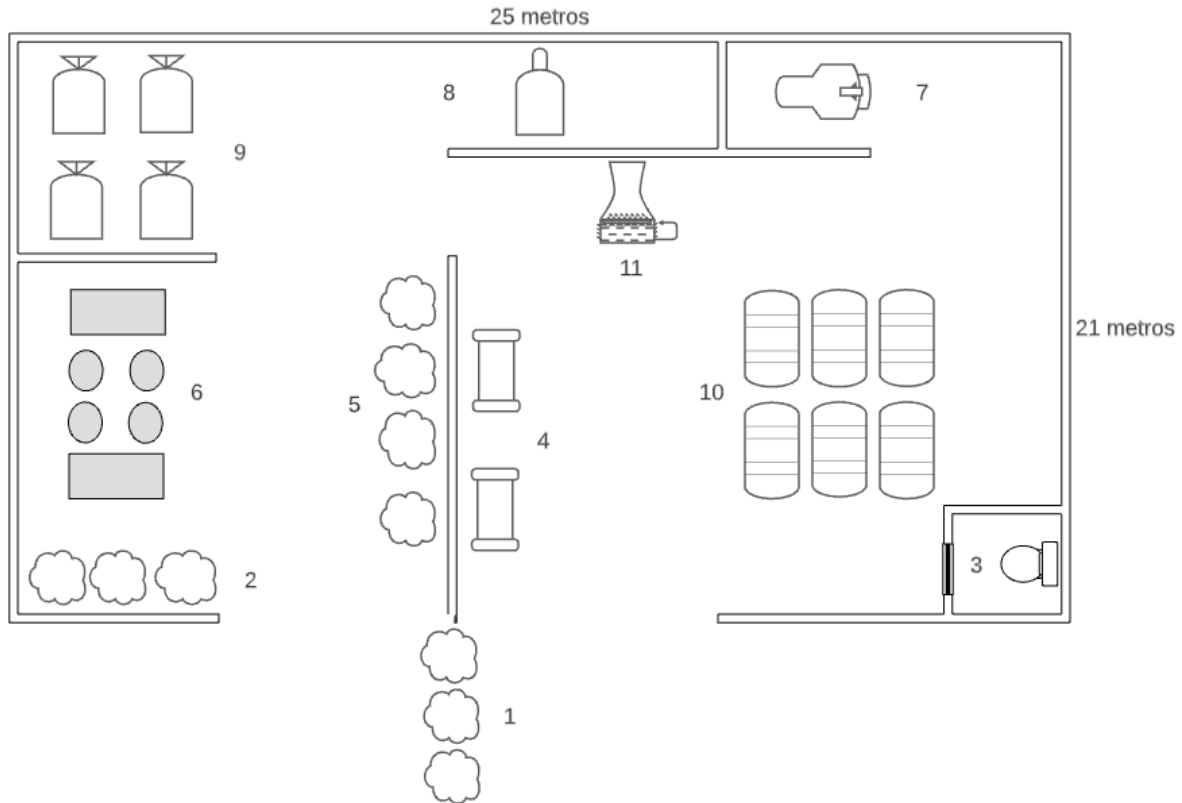
5.2.1 Propuesta de mejora para control de producción de material

Como propuesta de mejora se plantea mejorar el control de la producción diaria para obtener información con mayor exactitud del material que se procesa y que se desecha. actualmente no existe ningún tipo de indicador para la producción lo que hace que muchas veces los problemas pasen desapercibidos.

Por lo que se propone una boleta de control diario para tener obtener mayor conocimiento de la situación actual, además esto servirá para medir la mejora que se va a obtener con la propuesta de distribución que se implemente.

5.2.2 Propuesta de distribución N°1.

Figura N°13. Distribución de propuesta N°1



Fuente: Elaboración propia

- En esta primera propuesta, se trasladó la operación de selección y clasificación de materiales (6) de la zona derecha del edificio y el material en espera de papel y plástico #2 (2) que estaba fuera del edificio de la parte derecha hacia la zona izquierda donde se almacena el cartón (10) actualmente.
- Se quitaron dos divisores de alambre para tener el campo suficiente para la operación y el material en espera.
- También se trasladó de la zona derecha el material en espera de papel y plástico #1 (5) hacia la zona izquierda pegado a la pared del medio donde actualmente se encuentra la máquina trituradora de vidrio (11).

- Por el otro lado, el almacenaje de cartón (10) pasó a la zona derecha en frente de las máquinas de comprimir el cartón (4) donde se encuentra actualmente el material en espera de papel y plástico #1 (5) y la máquina trituradora de vidrio (11) se trasladó a donde actualmente se encuentra la operación de selección y clasificación de materiales (6).

Beneficios

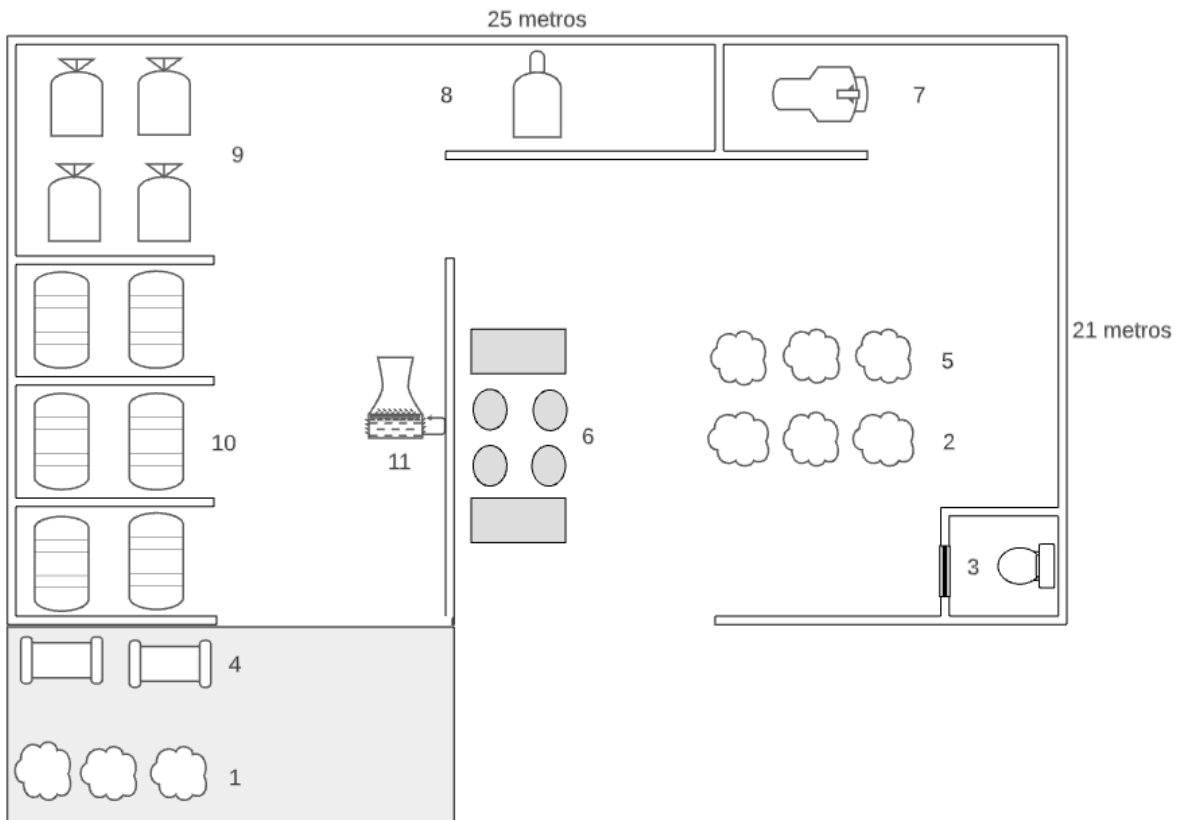
- Reducir significativamente el tiempo en trasportes: Esto gracias a que las colaboradoras no tendrían que transportarse hasta afuera del edificio a traer bolsas con material y llevarlas hasta el área de espera dentro del edificio. Con esta propuesta tendrían todo el material en espera más cerca.
- Mejor ventilación: Con esta propuesta se podría tener una mejor ventilación ya que el edificio es muy cerrado y al trasladar la operación de selección y clasificación de materiales más cerca de la puerta permite un mejor flujo de aire, esto ayudaría a que los malos olores de las bolsas se vayan y no quede tan concentrado el olor en el lugar.
- Mejor iluminación: Se podría tener una mejor iluminación para las colaboradoras ya que al estar cerca de la puerta se obtiene más luz natural que en la zona donde se ubican actualmente, esto ayudaría a que las trabajadoras tuvieran una mejor visibilidad de los materiales.
- Ahorro de energía eléctrica: Gracias a los dos puntos anteriores, se podría ahorrar en energía eléctrica ya que al tener más luz y ventilación natural las colaboradoras no tendrían la necesidad de prender luces y ventiladores todo

el día cómo lo hacen en estos momentos, ya que en la zona actual no hay mucha ventilación ni luz natural, a esto hay que agregar que las luces que usan actualmente están a baja altura y son luces viejas amarillas, lo cual causa un mayor calor.

- Mejora de la productividad: Si se cumplen todos los beneficios anteriores se podría mejorar considerablemente la productividad ya que al disminuir el tiempo de transportes no solo hay más tiempo productivo, sino que también las colaboradoras tendrían menos cansancio físico lo cual les permitiría ser más productivos y las colaboradoras tendrían un mejor ambiente de trabajo ya que disminuiría el calor y fatiga visual.

5.2.3 Distribución de propuesta N°2.

Figura N °14. Distribución de propuesta N°2



Fuente: Elaboración propia

- En esta segunda propuesta, se trasladó la operación de selección y clasificación de materiales (6) al lado derecho de la pared del centro donde actualmente se encuentran las máquinas de comprimir el cartón (4).
- El material en espera de papel y plástico #2 (2) que estaba fuera del edificio de la parte derecha se trasladó adentro del edificio junto con el otro material en espera de papel y plástico #1 (5).

- Luego las máquinas de comprimir cartón (4) se trasladó afuera del edificio en la parte izquierda, donde en esta propuesta se plantea construir un techo de 9m de ancho por 6m de largo para que las máquinas y el material en espera de vidrio y cartón (1) queden bajo techo y así tener más espacio libre dentro del edificio.

Beneficios

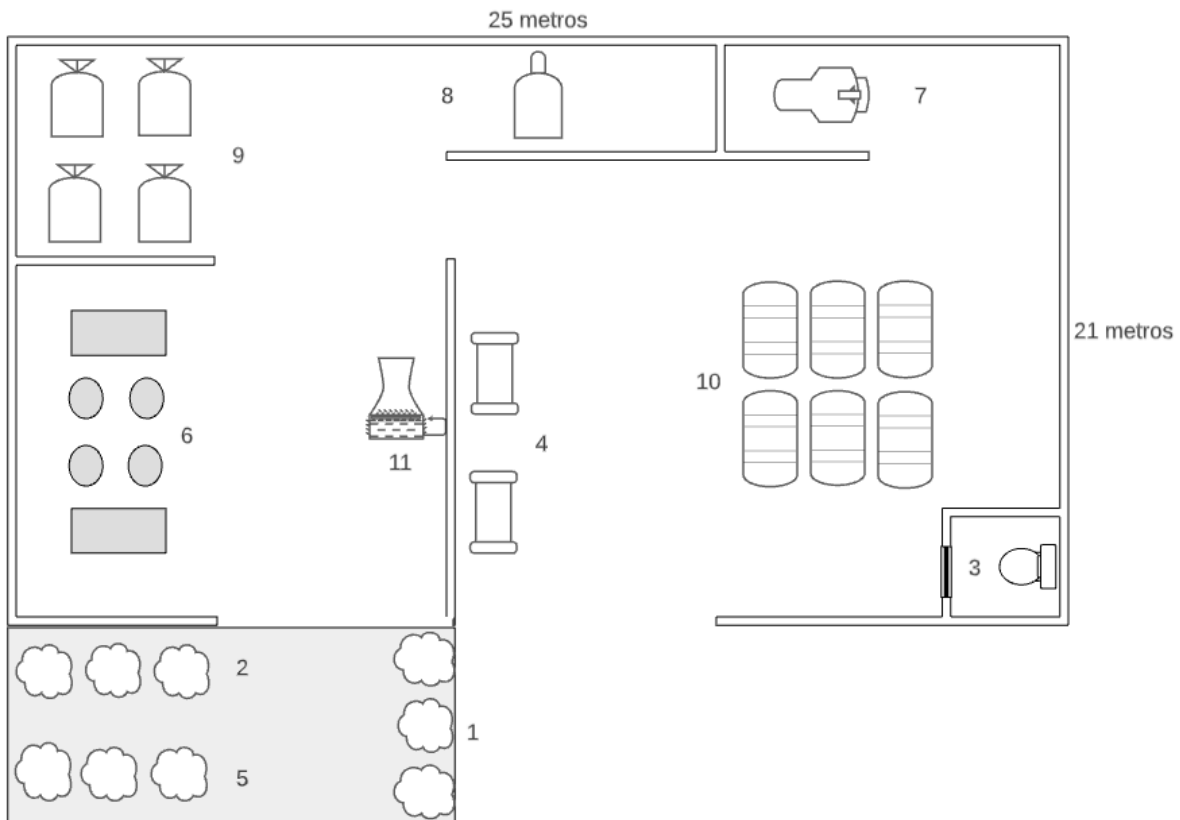
- Reducir significativamente el tiempo en trasportes: Esto gracias a que las colaboradoras no tendrían que transportarse hasta afuera del edificio a traer bolsas con material y llevarlas hasta el área de espera dentro del edificio. Con esta propuesta tendrían todo el material en espera más cerca.
- Mejor ventilación: Con esta propuesta se podría tener una mejor ventilación ya que el edificio es muy cerrado y al trasladar la operación de selección y clasificación de materiales más cerca de la puerta permite un mejor flujo de aire, esto ayudaría a que los malos olores de las bolsas se vayan y no quede tan concentrado el olor en el lugar.
- Mejor iluminación: Se podría tener una mejor iluminación para las colaboradoras ya que al estar cerca de la puerta se obtiene más luz natural que en la zona donde se ubican actualmente, esto ayudaría a que las trabajadoras tuvieran una mejor visibilidad de los materiales.
- Ahorro de energía eléctrica: Gracias a los dos puntos anteriores, se podría ahorrar en energía eléctrica ya que al tener más luz y ventilación natural las colaboradoras no tendrían la necesidad de prender luces y ventiladores todo el día cómo lo hacen en estos momentos, ya que en la zona actual no hay mucha ventilación ni luz natural, a esto hay que agregar que las luces que

usan actualmente están a baja altura y son luces viejas amarillas, lo cual causa un mayor calor.

- Mejora de la productividad: Si se cumplen todos los beneficios anteriores se podría mejorar considerablemente la productividad ya que al disminuir el tiempo de transportes no solo hay más tiempo productivo, sino que también las colaboradoras tendrían menos cansancio físico lo cual les permitiría ser más productivos y las colaboradoras tendrían un mejor ambiente de trabajo ya que disminuiría el calor y fatiga visual.
- Más espacio y distanciamiento entre operaciones: Si se implementa esta propuesta, se obtendría más espacio para cada operación ya que estarían en zonas diferentes y cada una podría usar un área más extensa para sus necesidades.
- Material menos expuesto: Gracias al techo que se implementaría en esta propuesta, todo el material acumulado en espera afuera del edificio (1 y 2) se podría trasladar a un lugar bajo techo, lo cual elimina el riesgo de dañarse por medio de lluvia, sol u otro agente del medio ambiente.

5.2.4 Distribución de propuesta N°3.

Figura N °15. Distribución de propuesta N°3



- En esta primera propuesta, se trasladó la operación de selección y clasificación de materiales (6) de la zona derecha del edificio hacia la zona izquierda donde se almacena el cartón (10) actualmente.
- Se quitaron dos divisores de alambre para tener el campo suficiente para la operación.
- También se trasladó de la zona derecha el material en espera de papel y plástico #1 (5) y #2 (2) hacia la zona izquierda donde se implementaría el techado de 9m de largo y 6m de ancho.

- El material en espera de vidrio y cartón (1) se traslada unos metros a la izquierda para poder quedar totalmente bajo techo.
- Por el otro lado, el almacenaje de cartón (10) pasó a la zona derecha en frente de las máquinas de comprimir el cartón (4) donde se encuentra actualmente el material en espera de papel y plástico #1 (5).

Beneficios

- Reducir significativamente el tiempo en trasportes: Esto gracias a que las colaboradoras no tendrían que transportarse hasta afuera del edificio a traer bolsas con material y llevarlas hasta el área de espera dentro del edificio. Con esta propuesta tendrían todo el material en espera más cerca.
- Mejor ventilación: Con esta propuesta se podría tener una mejor ventilación ya que el edificio es muy cerrado y al trasladar la operación de selección y clasificación de materiales más cerca de la puerta permite un mejor flujo de aire, esto ayudaría a que los malos olores de las bolsas se vayan y no quede tan concentrado el olor en el lugar.
- Mejor iluminación: Se podría tener una mejor iluminación para las colaboradoras ya que al estar cerca de la puerta se obtiene más luz natural que en la zona donde se ubican actualmente, esto ayudaría a que las trabajadoras tuvieran una mejor visibilidad de los materiales.
- Ahorro de energía eléctrica: Gracias a los dos puntos anteriores, se podría ahorrar en energía eléctrica ya que al tener más luz y ventilación natural las colaboradoras no tendrían la necesidad de prender luces y ventiladores todo el día cómo lo hacen en estos momentos, ya que en la zona actual no hay

mucha ventilación ni luz natural, a esto hay que agregar que las luces que usan actualmente están a baja altura y son luces viejas amarillas, lo cual causa un mayor calor.

- Mejora de la productividad: Si se cumplen todos los beneficios anteriores se podría mejorar considerablemente la productividad ya que al disminuir el tiempo de transportes no solo hay más tiempo productivo, sino que también las colaboradoras tendrían menos cansancio físico lo cual les permitiría ser más productivos y las colaboradoras tendrían un mejor ambiente de trabajo ya que disminuiría el calor y fatiga visual.
- Más espacio y distanciamiento entre operaciones: Si se implementa esta propuesta, se obtendría más espacio para cada operación ya que estarían en zonas diferentes y cada una podría usar un área más extensa para sus necesidades.
- Material menos expuesto: Gracias al techo que se implementaría en esta propuesta, todo el material acumulado en espera afuera del edificio (1 y 2) se podría trasladar a un lugar bajo techo, lo cual elimina el riesgo de dañarse por medio de lluvia, sol u otro agente del medio ambiente.

5.3 Análisis costo – beneficio

5.3.1 Análisis costo beneficio Propuesta N°1.

En esta tabla podemos observar la proyección mensual y anual de la propuesta N°1, de las horas utilizadas en transportes realizados por cada estación del proceso de selección y clasificación de materiales.

Observamos el mes, cada estación con sus respectivas horas mensuales, su total de horas al mes, el salario por hora, su total mensual y por último su total anual.

Tabla N °2. Proyección de horas de transporte propuesta N°1

Horas transportes Proyección con propuesta 1					
Mes	Estación 1	Estación 2	Total	Salario/hora	Total
Enero	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Febrero	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Marzo	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Abril	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Mayo	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Junio	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Julio	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Agosto	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Setiembre	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Octubre	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Noviembre	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
Diciembre	5.00	5.00	10.00	¢2,045	¢20,455
				Total Anual	¢245,455

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla podemos observar la comparación del promedio mensual y anual del año 2021 con la proyección de la propuesta N°1, en la cual hay un ahorro mensual de ₡ 23.872 y anual de ₡ 286.466, lo que equivale a una disminución de un 53.85% con respecto al año 2021.

Tabla N °3. Comparación costos de transportes 2021 y proyección propuesta N°1

Año 2021		Proyección con propuesta #1		Ahorro
Promedio mensual	₡ 44,327	Promedio mensual	₡ 20,455	₡ 23,872
Promedio anual	₡ 531,920	Promedio anual	₡ 245,455	₡ 286,466

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se pueden observar la comparación de la producción del año 2021 con respecto a la proyección de la propuesta N°1.

En el año 2021 tiene como promedio de producción 1.5 toneladas diarias, 33.08 toneladas mensuales y 397 toneladas anuales. Por lo que con la propuesta N°1 se estima tener un aumento de 0.2 toneladas diarias, 4.32 toneladas mensuales y 52 anuales.

Por lo tanto, el promedio de la proyección es de 1.7 toneladas diarias, 37.4 toneladas mensuales y 449 toneladas anuales, esto representa un aumento de 11.58% de aumento en la producción anual.

Tabla N °4. Comparación de producción 2021 y proyección propuesta N°1

Mes	Producción Toneladas Actual
Enero	31,03
Febrero	29,05
Marzo	30,58
Abril	31,49
Mayo	30,02
Junio	28,68
Julio	35,13
Agosto	37,11
Setiembre	35,58
Octubre	34,67
Noviembre	36,14
Diciembre	37,48
Anual 2021	397

Mes	Producción Toneladas P1
Enero	37,4
Febrero	37,4
Marzo	37,4
Abril	37,4
Mayo	37,4
Junio	37,4
Julio	37,4
Agosto	37,4
Setiembre	37,4
Octubre	37,4
Noviembre	37,4
Diciembre	37,4
Proyección anual	449

Fuente: Elaboración propia

En el 2021 el Centro de Acopio vendió de material procesado un promedio de ₡1.150.000 mensuales, ganando un valor de ₡13.800.000 anual.

Con el incremento de la producción que se proyecta en la propuesta de 11.58%, se obtendría un aumento de material para vender en un valor de ₡150.050 mensuales y ₡1.800.604 anuales. Por lo que se obtendría en total un promedio de ₡1.300.050 mensuales y ₡15.600.604 anuales

El costo de inversión única para la distribución es de ₡ 102.250 anuales, el ahorro por disminución de tiempo de transportes es de ₡ 286.466 y el valor del aumento de producción de la propuesta es de ₡1.800.604 anuales, por lo que se concluye que esta propuesta es rentable.

5.3.2 Análisis costo- beneficio Propuesta 2

En esta tabla podemos observar la proyección mensual y anual de la propuesta N°2, de las horas utilizadas en transportes realizados por cada estación del proceso de selección y clasificación de materiales.

Observamos el mes, cada estación con sus respectivas horas mensuales, su total de horas al mes, el salario por hora, su total mensual y por último su total anual.

Tabla N °5. Proyección de horas de transporte 2

Horas transportes Proyección con propuesta 2				
Estación 1	Estación 2	Total	Salario/ hora	Total
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
5.30	5.30	10.60	∅2,045	∅21,682
			Total Anual	∅260,182

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla podemos observar la comparación del promedio mensual y anual del año 2021 con la proyección de la propuesta N°2, en la cual hay un ahorro mensual de ∅ 21.682 y anual de ∅ 271.739, lo que equivale a una disminución de un 51.08% con respecto al año 2021.

Tabla N °6. Comparación costos de transportes 2021 y proyección propuesta N°2

Año 2021		Proyección con propuesta 2		Ahorro
Promedio mensual	₴ 44,327	Promedio mensual	₴ 21,682	₴ 22,645
Total Anual	₴ 531,920	Total anual	₴ 260,182	₴ 271,739

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se pueden observar la comparación de la producción del año 2021 con respecto a la proyección de la propuesta N°2.

En el año 2021 tiene como promedio de producción 1.5 toneladas diarias, 33.08 toneladas mensuales y 397 toneladas anuales. Por lo que con la propuesta N°2 se estima tener un aumento de 0.15 toneladas diarias, 3.22 toneladas mensuales y 39 anuales.

Por lo tanto, el promedio de la proyección es de 1.65 toneladas diarias, 36.3 toneladas mensuales y 436 toneladas anuales, esto representa un aumento de 8.94% de aumento en la producción anual.

Tabla N °7. Comparación producción 2021 y proyección propuesta N°2

Mes	Producción Toneladas Actual
Enero	31,03
Febrero	29,05
Marzo	30,58
Abril	31,49
Mayo	30,02
Junio	28,68
Julio	35,13
Agosto	37,11
Setiembre	35,58
Octubre	34,67
Noviembre	36,14
Diciembre	37,48
Anual 2021	397

Mes	Producción Toneladas P2
Enero	36,3
Febrero	36,3
Marzo	36,3
Abril	36,3
Mayo	36,3
Junio	36,3
Julio	36,3
Agosto	36,3
Setiembre	36,3
Octubre	36,3
Noviembre	36,3
Diciembre	36,3
Proyección anual	436

Fuente: Elaboración propia.

En el 2021 el Centro de Acopio vendió de material procesado un promedio de ₡1.150.000 mensuales, ganando un valor de ₡13.800.000 anual.

Con el incremento de la producción que se proyecta en la propuesta de 8.94%, se obtendría un aumento de material para vender en un valor de ₡111.813 mensuales y ₡1.341.763 anuales. Por lo que se obtendría en total un promedio de ₡1.261.813 mensuales y ₡15.141.763 anuales.

El costo de inversión única para la distribución es de ₡ 81.800 y el techado es de ₡908.000, el ahorro por disminución de tiempo de transportes es de ₡ 271,739 anuales y el valor del aumento de producción de la propuesta es de ₡1.261.813 anuales, por lo que se concluye que esta propuesta es rentable.

5.3.3 Análisis costo-beneficios propuesta N°3

En esta tabla podemos observar la proyección mensual y anual de la propuesta N°3, de las horas utilizadas en transportes realizados por cada estación del proceso de selección y clasificación de materiales.

Observamos el mes, cada estación con sus respectivas horas mensuales, su total de horas al mes, el salario por hora, su total mensual y por último su total anual.

Tabla N °8. Proyección de horas de transporte propuesta N°3

Horas transportes Proyección con propuesta 3				
Estación 1	Estación 2	Total	Salario/ hora	Total
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
6.00	6.00	12.00	¢2,045	¢24,545
			Total Anual	¢294,545

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla podemos observar la comparación del promedio mensual y anual del año 2021 con la proyección de la propuesta N°3, en la cual hay un ahorro mensual de ₡ 19.781 y anual de ₡ 237.375, lo que equivale a una disminución de un 44.63% con respecto al año 2021.

Tabla N °9. Comparación de costos de transporte 2021 y proyección propuesta N°3

Año 2021		Proyección con propuesta 3		Ahorro
Promedio mensual	₡ 44,327	Promedio mensual	₡ 24,545	₡ 19,781
Total Anual	₡ 531,920	Total anual	₡ 294,545	₡ 237,375

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se pueden observar la comparación de la producción del año 2021 con respecto a la proyección de la propuesta N°3.

En el año 2021 tiene como promedio de producción 1.5 toneladas diarias, 33.08 toneladas mensuales y 397 toneladas anuales. Por lo que con la propuesta N°3 se estima tener un aumento de 0.1 toneladas diarias, 2.12 toneladas mensuales y 52 anuales.

Por lo tanto, el promedio de la proyección es de 1.7 toneladas diarias, 25 toneladas mensuales y 449 toneladas anuales, esto representa un aumento de 5.92% de aumento en la producción anual.

Tabla N °10. Comparación de producción 2021 y proyección de propuesta
N°3

Mes	Producción Toneladas Actual
Enero	31,03
Febrero	29,05
Marzo	30,58
Abril	31,49
Mayo	30,02
Junio	28,68
Julio	35,13
Agosto	37,11
Setiembre	35,58
Octubre	34,67
Noviembre	36,14
Diciembre	37,48
Anual 2021	397

Mes	Producción Toneladas P3
Enero	35,2
Febrero	35,2
Marzo	35,2
Abril	35,2
Mayo	35,2
Junio	35,2
Julio	35,2
Agosto	35,2
Setiembre	35,2
Octubre	35,2
Noviembre	35,2
Diciembre	35,2
Proyección anual	422

Fuente: Elaboración propia

En el 2021 el Centro de Acopio vendió de material procesado un promedio de ₡1.150.000 mensuales, ganando un valor de ₡13.800.000 anual.

Con el incremento de la producción que se proyecta en la propuesta de 5.92%, se obtendría un aumento de material para vender en un valor de ₡ 73.921 mensuales y ₡882.921 anuales. Por lo que se obtendría en total un promedio de ₡1.223.576 mensuales y ₡14.682.921 anuales.

El costo de inversión única para la distribución es de ₡ 102.250 y el techado es de ₡908.000, el ahorro por disminución de tiempo de transportes es de ₡237,375 anuales y el valor del aumento de producción de la propuesta es de ₡1.223.576 anuales, por lo que se concluye que esta propuesta es rentable.

5.4 Resumen de propuesta

5.4.1 Resumen propuesta N°1

Necesita una inversión única de ₡ 102 250 para la distribución, con la cual se obtienen los siguientes beneficios:

- Reducción significativa en el tiempo de transportes.
- Mejor ventilación
- Mejor iluminación
- Ahorro de energía eléctrica
- Mejora de la productividad

Beneficios económicos:

- Ahorro por reducción de tiempo en transportes:

Mensual: ₡ 23 872

Anual: ₡ 286 466

- Proyección de aumento de producción:

Mensual: 37.4 toneladas

Anual: 449 toneladas

Aumento de producción anual de 11.58%

5.4.2 Resumen propuesta N°2

Necesita una inversión única de ₡ 81 800 para la distribución y de ₡ 908.000 para el techado, con la cual se obtienen los siguientes beneficios:

- Reducción significativa en el tiempo de transportes
- Mejor ventilación
- Mejor iluminación
- Ahorro de energía eléctrica
- Mejora de la productividad
- Más espacio y distanciamiento entre operaciones
- Material menos expuesto

Beneficios económicos:

- Ahorro por reducción de tiempo en transportes:

Mensual: ₡ 22 645

Anual: ₡ 271 739

- Proyección de aumento de producción:

Mensual: 36.3 toneladas

Anual: 436 toneladas

Aumento de producción anual de 8.94%

5.4.3 Resumen de propuesta N°3

Necesita una inversión única de ₡ 102.250 para la distribución y de ₡ 908.000 para el techado, con la cual se obtienen los siguientes beneficios:

- Reducción significativa en el tiempo de transportes
- Mejor ventilación
- Mejor iluminación
- Ahorro de energía eléctrica
- Mejora de la productividad
- Mas espacio y distanciamiento entre operaciones
- Material menos expuesto

Beneficios económicos:

- Proyección de ahorro por reducción de tiempo en transportes:
Mensual: ₡ 19 781
Anual: ₡ 237 375
- Proyección de aumento de producción:
Mensual: 35.2 toneladas
Anual: 422 toneladas
Aumento de producción anual de 5.92%

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- Inicialmente se realizó una visita con la jefatura de gestión Ambiental, para realizar un recorrido y conocer el proceso de selección y clasificación de materiales y las instalaciones del centro de acopio de dicha institución, se analizó dicho proceso mediante herramientas de ingeniería industrial, tales como, Diagrama de flujo, Diagrama SIPOC y Lluvia de ideas. Con la aplicación de estas herramientas se logra determinar la base para desarrollar este proyecto.
- Se realizó un análisis de la situación, utilizando herramientas como Diagrama Ishikawa, Multivoto y Diagrama Pareto, que permitieron identificar las oportunidades de mejora descritas en el proyecto.
- Se identificaron tres propuestas de distribución de planta para el mejoramiento en la productividad y el aumento de la producción en el proceso de selección y clasificación de materiales.
- Se proponen herramientas de control y seguimiento de los indicadores de producción como la hoja de control diaria de producción para tener un seguimiento de la mejora con la propuesta que se implemente.
- El análisis de costo beneficio de las propuestas de este proyecto se detalla a continuación:

Propuesta N°1

-Inversión única: ₡102.250

-Ahorro anual: ₡286.466

-Aumento de producción anual: 11.58% que equivale a ₡ 1.800.604

Propuesta N°2

-Inversión única: ₡451.345

-Ahorro anual: ₡271 739

-Aumento de producción anual: 8.94% que equivale a ₡ 1.261.813

Propuesta N°3

-Inversión única: ₡471.795

-Ahorro anual: ₡237.75

-Aumento de producción anual: 5.92% que equivale a ₡ 1.223.576

6.2 Recomendaciones

- Llevar un control de materiales que ingresan al centro de acopio y cuales son desechados, estos datos se pueden utilizar para retroalimentar a la población de cuáles son los residuos que no califican como material valorizable y están siendo calificados como tal. Estos materiales terminan ingresando a las instalaciones y ocupan espacio de almacenamiento y costos de mano de obra que no se ven compensados por ningún ingreso económico.
- Implementar indicadores que permitan medir y tener un panorama más claro de la situación de la producción y los procesos.
- Realizar estudios de productividad cada semestre para analizar la situación actual del proceso e identificar puntos de mejora que les permita ser más eficientes y generar mayores beneficios económicos a la institución.
- Brindar mejor educación en temas de reciclaje, mediante campañas que inciten a la correcta separación de estos residuos, ya que muchas veces no se da una correcta clasificación desde el hogar.

Bibliografía

Alvarado Verdín, V. M. (2016). Ingeniería de costos. Grupo Editorial Patria.

<https://elibro.net.uh.remotexs.xyz/es/lc/bibliouh/titulos/40454>

Bonet Agustí, L. &. (Agosto de 2012). Guía de indicadores de Gestión. Recuperado el 16 de febrero de 2020, de <http://observatoriocultural.udgvirtual.udg.mx/repositorio/handle/123456789/358>

Gibson, J. (2012). Las Organizaciones - Comportamiento, Estructura, Procesos, 11ª Edición. Chile: Ed. Mc Graw – Hill.

Hernández, M. (s.f.). Administración en los nuevos tiempos. México: Editorial McGraw Hill.

KRAJEWSKI, L., & RITZMAN, L. (2013). Administración de operaciones. México, : PEARSON EDUCACIÓN.

Lindsay, J. R. (2008). Administración y control de la calidad. Mexico D.F: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.

Polesky, G. (2006). Curso de Preparación para Green Belt en la Metodología Seis Sigma". Curso Impartido en la Universidad de las Américas. México. Puebla.

RENDER, B. y. (2014). Principios de administración de operaciones. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Socconini, L. (2015). Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios. Marge Books.

<https://elibro.net.uh.remotexs.xyz/es/lc/bibliouh/titulos/42187>

Tolosa, L. (2016). Técnicas de mejora continua en el transporte. Marge Books.

<http://elibro.net.uh.remotexs.xyz/es/lc/bibliouh/titulos/43771>

Vauch, R. (1998). Introducción a la ingeniería industrial. Recuperado de

<https://books.google.co.cr/books?id=udFwMwT4xDMC&pg=PA28&dq=definicion+de+ingenieria+industrial&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiJlunj6vtAhUjQTABHZUKDhwQ6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q=definicion%20de%20ingenieria%20industrial&f=false>

Walter Stachú, S. (2009). Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa. El Cid Editor | apuntes.

<http://elibro.net.uh.remotexs.xyz/es/lc/bibliouh/titulos/31400>

Anexo

Anexo N°1 Minuta de reuniones

Lugar:	Municipalidad de Poás	Fecha:	15/10/2021
Tipo de reunión	Lluvia de ideas		
Responsable	Roger Murillo		
Objetivo	Identificar posibles causas de la problemática de la investigación		
Lista de asistentes			
Nombre		Puesto	
Roger Murillo		Jefatura de Gestión Ambiental	
Oscar Flores		Investigador	
Aspectos relevantes			
Se realizó una lluvia de ideas junto la jefatura y el puesto que realiza el proceso de registro de vacaciones e incapacidades para crear una lista con las posibles causas de la problemática.			

Anexo N°2 Zonas de ingreso material



Anexo N°3 Maquina para comprimir cartón



Anexo N°4 Estaciones de selección y clasificación de material



Anexo N°5 Zona de bolsas de material para selección y clasificación



Anexo N°6 Zona para material desechado



Apéndices

Apéndice N°1 Proyección de tiempo de transportes

Proyección horas diarias Transportes		
Cant. Tomas de tiempo	Tiempo de transportes (Minutos en un día)	Tiempo en segundos
1	0,45	45
2	0,44	44
3	0,89	89
4	0,44	44
5	0,41	41
6	0,96	96
7	0,43	43
8	0,42	42
9	0,45	45
10	0,41	41
11	0,91	91
12	0,39	39
13	0,44	44
14	0,41	41
15	0,44	44
16	0,43	43
17	0,34	34
18	0,43	43
Total	9	909
Promedio	0,50	50,5

Apéndice N°2 Tomas de tiempos de transportes

Cant. Tomas de tiempo	Tiempo de transportes (Minutos en un día)	Tiempo en segundos
1	1,57	117
2	1,55	115
3	1,57	117
4	1,55	115
5	1,58	118
6	1,54	116
7	1,55	115
8	1,52	112
9	1,54	116
10	1,57	117
11	2,01	121
12	1,55	115
13	1,58	118
14	1,55	115
15	1,56	116
16	1,55	115
17	1,48	108
18	1,55	115
Total	28,37	2081
Promedio	1,576	115,61

Cant. Tomas de tiempo	Tiempo de transportes (Minutos en un día)	Tiempo en segundos
1	1,55	115
2	1,57	117
3	1,59	119
4	1,55	115
5	2,05	125
6	1,58	118
7	1,54	114
8	1,54	114
9	1,53	117
10	2	120
11	1,57	117
12	2,12	132
13	1,56	116
14	1,54	114
15	2	120
16	1,55	115
17	1,5	110
18	1,57	117
Total	29,91	2115
Promedio	1,66	117,5

Apéndice N°3 Hoja de control de producción

Glosario

Costo-beneficio: La relación costo-beneficio es una herramienta que compara el costo de un producto versus el beneficio que esta entrega.

Diagrama de flujo: Es la representación gráfica de un algoritmo, el cual muestra gráficamente los pasos o procesos a seguir para alcanzar la solución de un problema.

Diagrama de Ishikawa: Es una herramienta que ayuda a identificar las causas raíces de un problema, analizando todos los factores involucrados en la ejecución de un proceso.

Diagrama de Pareto: Es una gráfica que organiza valores, los cuales están separados por barras y organizados de mayor a menor, de izquierda a derecha respectivamente.

Diagrama de Planta: Son dibujos a escala que muestran la relación entre habitaciones, espacios y características físicas vistos desde arriba. Ofrecen una forma de visualizar cómo se moverán las personas por el espacio.

Multivoto: Es una técnica para reducir una larga lista de elementos a unos pocos más importantes. Se utiliza cada vez que la técnica de lluvia de ideas o una técnica similar ha producido una lista larga que necesita reducirse.

Productividad: Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

Proyección: El desarrollo de un plan con la misión de conseguir un objetivo determinado.

Toma de tiempos: Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida.