



Universidad  
Industrial de  
Santander

**DISEÑO DE LA LÍNEA DOS PARA LA PLANTA COMERCIALIZADORA DE  
RECICLAJE MAPRES Y DESARROLLO DE ALGUNOS ELEMENTOS DEL  
MODELO DE MANUFACTURA ESBELTA PARA LA LÍNEA UNO**

**LUISA FERNANDA BARBOSA ANGARITA**

**EDWARD STIVENS RUEDA DÍAZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2016**

**DISEÑO DE LA LÍNEA DOS PARA LA PLANTA COMERCIALIZADORA DE  
RECICLAJE MAPRES Y DESARROLLO DE ALGUNOS ELEMENTOS DEL  
MODELO DE MANUFACTURA ESBELTA PARA LA LÍNEA UNO**

**LUISA FERNANDA BARBOSA ANGARITA**

**EDWARD STIVENS RUEDA DÍAZ**

**Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico**

**Director**

**ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES**

**Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2016**

## DEDICATORIA

*A mis padres, Henry Mauricio Rueda y Claudia Patricia Díaz Quiroga, por su apoyo en todo momento, por su esfuerzo, que me llevó a lograr mis sueños y con el que cada día me dan la oportunidad de soñar más, por todas las enseñanzas que me dan para enfrentar mi vida, todo se lo debo a ellos. A mi hermano, Jeffer Mauricio Rueda Díaz, que trazó un camino de excelencia el cual trato de seguir como una guía en mi camino, por ellos y para ellos serán todos mis logros.*

*A la persona que cambio mi vida en poco tiempo, pero que la ha marcado para siempre, Viviana Lizeth Ayus Ortiz, por llenar mi vida de amor, felicidad y de consejos para ser mejor persona.*

*Edward Stivens Rueda Díaz*

*A mi madre, cuyo amor y entrega permitieron mi desarrollo personal, sus consejos y ejemplos me hicieron la persona que soy. A ella, que sin su apoyo constante y amor no hubiese culminado esta etapa de mi vida.*

*A Dieguito, ese hombre que desde hace mucho me acompaña, me hace mejor persona y llena mi vida de alegría y amor.*

*A aquellos que considero mi familia: Sebas, Tiffany, Pedro y Andrea por su amor y acompañamiento en los momentos difíciles, por regalarme tantos momentos llenos de alegría.*

*A mis amigos y amigas, quienes perdonaran por no nombrarlos uno por uno, gracias por su apoyo, tiempo y muy muy grata compañía.*

*Luisa Fernanda Barbosa Angarita*

## AGRADECIMIENTOS

*Al profesor Isnardo González Jaimes, director del proyecto, por compartir su experiencia para realizar las cosas de una mejor manera, por su confianza y apoyo en el desarrollo de este proyecto.*

*A la empresa MAPRES S.A.S y a todos los miembros que la componen, en especial a Juan Pablo Díaz Maldonado, gerente general, el cual nos brindó la oportunidad y la confianza de desarrollar este proyecto en su empresa.*

*A toda mi familia por ser incondicionales y brindarme lo necesario para llevar a cabo mis metas, siendo ese apoyo que llena de fuerzas el alma.*

*A mi mejor amiga Adriana Peñaloza Rueda, por acompañarme en mi camino por la universidad, en las buenas y en las malas, por las alegrías y locuras en momentos de mucho estrés, por las traspasadas con tinto súper negro, red bull y los huevos súper salados. A mis amigos que fueron de ayuda en todo momento, por los buenos momentos compartidos y buenas recochas.*

*Edward Stivens Rueda Díaz*

*A el Ingeniero Isnardo González Jaimes por su acompañamiento y asesoramiento a lo largo de todo el proyecto.*

*A Juan Pablo Díaz Maldonado por ofrecernos la oportunidad de trabajar en su empresa, y su disposición hacia las propuestas realizadas.*

*A el ingeniero Diego Armando Sánchez Reyes, sus conocimientos y asesorías ayudaron al desarrollo y mejora del proyecto.*

*A los profesores de la escuela de ingeniería mecánica cuyos consejos y conocimientos ayudaron al desarrollo de este proyecto.*

*Luisa Fernanda Barbosa Angarita*

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. GENERALIDADES DEL PROBLEMA EN MAPRES S.A.S	20
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	22
1.3 OBJETIVOS	24
1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos	24
2. GENERALIDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	25
2.1 DEFINICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	25
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS	25
2.2.1 Termoplásticos	26
2.2.2 Termoestables	27
2.2.3 Elastómeros	27
2.3 PROPÓSITO DEL RECICLAJE DE POLÍMEROS	27
2.3.1 Métodos de reciclaje de plásticos	28
2.3.1.1 Reciclaje mecánico	28
2.3.1.2 Reciclaje químico	29
2.3.1.3 Recuperación energética	29
2.4 MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN BUCARAMANGA	31
3. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EMPRESA	32
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE MAPRES	32
3.1.1 Ubicación	33
3.1.2 Misión	34
3.1.3 Visión	34
3.1.4 Materia prima y producto final	34
3.1.4.1 Polietileno de alta densidad	34
3.1.4.2 Polipropileno	35
3.1.4.3 Policloruro de vinilo PVC	35
3.1.4.4 Polietileno soplado	36
3.1.5 Diagnostico de la situación actual de la empresa	36
4. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA ACTUAL	40
4.1 INTRODUCCIÓN A LA MANUFACTURA ESBELTA	40
4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA	41
4.3 MÉTODO DE 5 ESES	44
4.3.1 Definición de las 5 eses	44

4.3.2 Propuesta de aplicación del método de 5 eses	45
4.3.2.1 Propuesta de aplicación de seleccionar (seiri)	46
4.3.2.2 Propuesta de aplicación de ordenar (seiton)	48
4.3.2.3 Propuesta de aplicación de limpiar (seiso)	49
4.3.3 Implementación de 5's en MAPRES S.A.S	50
4.4 CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS (SMED)	57
4.4.1 Propuesta de aplicación del cambio rápido de herramientas (SMED)	57
4.4.2 Implementación de SMED en MAPRES S.A.S.	59
4.4.2.1 Etapa 1: definición de SMED a los trabajadores	59
4.4.2.2 Etapa 2: Juego SMED	60
4.4.2.3 Etapa 3: Documentación situación actual	63
4.4.2.4 Etapa 4: Estandarización	64
4.4.2.5 Etapa 5: Propuestas de mejora	68
4.5 KANBAN	68
4.5.1 Beneficios	70
4.5.2 Propuesta de aplicación de Kanban	70
4.5.2.1 Consideraciones para desarrollar	70
4.5.2.2 Tipos de Kanban a usar	71
4.5.2.3 Circulación de las tarjetas Kanban	71
4.5.3 Implementación	72
4.5.3.1 Tarjetas de producción	72
4.5.3.1 Tarjetas de transporte	72
4.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	73
4.6.1 Beneficios	74
4.6.2 Propuesta de aplicación del TPM	74
4.6.2.1 Consideraciones para desarrollar	74
4.6.2.2 Encargados de llevar a cabo la herramienta	74
4.6.3 Implementación	75
5. DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DOS	77
5.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	77
5.1.1 Trituradora	78
5.1.1.1 Despliegue de la función calidad	78
5.1.1.2 Matriz calidad	78
5.1.1.3 Planteamiento de alternativas	80
5.1.1.4 Evaluación de alternativas	83
5.1.1.5 Especificación de alternativa ganadora	83
5.1.2 Separador magnético	85
5.1.2.1 Despliegue de la función calidad	85
5.1.2.2 Matriz calidad	85
5.1.2.3 Planteamiento de alternativas	86
5.1.2.4 Evaluación de alternativas	89
5.1.3 Lavadora	90
5.1.3.1 Despliegue de la función calidad	90
5.1.3.2 Matriz calidad	91

5.1.3.3 Planteamiento de alternativas	91
5.1.3.4 Evaluación de alternativas	93
5.1.3.5 Especificación de alternativa ganadora	94
5.1.4 Secadora	96
5.1.4.1 Despliegue de la función calidad	96
5.1.4.2 Matriz calidad	96
5.1.4.3 Planteamiento de alternativas	97
5.1.4.4 Evaluación de alternativas	99
5.1.4.5 Especificación de alternativa ganadora	100
5.1.5 Empacadora	102
5.1.5.1 Despliegue de la función calidad	102
5.1.5.2 Matriz calidad	102
5.1.5.3 Planteamiento de alternativas	103
5.1.5.4 Evaluación de alternativas	106
5.1.5.5 Especificación de alternativa ganadora	107
5.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	107
5.3 LAYOUT DE LA LÍNEA 2	109
5.3.1 Análisis de las relaciones entre actividades	110
5.3.2 Relación de actividades	111
5.3.3 Relación de espacios	111
5.4 TIEMPO PREDETERMINADO PARA LA LÍNEA 2	112
6. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	116
6.1 MANUFACTURA ESBELTA	117
6.1.1 Descripción de las inversiones	117
6.1.2 Flujo neto de fondos	121
6.1.3 Evaluación mediante diferentes técnicas de análisis	121
6.2 EVALUACIÓN FINANCIERA LÍNEA 2	122
6.2.1 Descripción de la inversión	122
6.2.2 Flujo neto de fondos	124
6.2.3 Evaluación mediante diferentes técnicas de análisis	125
7. CONCLUSIONES	127
BIBLIOGRAFÍA	129
ANEXOS	130

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Productos finales	20
Figura 2. Área de almacenaje y selección de materia prima	21
Figura 3. Residuos que ingresan al Carrasco	23
Figura 4. Codificación de los plásticos	26
Figura 5. Reciclaje mecánico	29
Figura 6. Recuperación energética de plásticos	30
Figura 7. Organigrama de MAPRES	33
Figura 8. Mapa de la ubicación de la empresa	33
Figura 9. Fachada de la empresa	34
Figura 10. Polietileno de alta densidad	35
Figura 11. Polipropileno	35
Figura 12. Policloruro de vinilo	36
Figura 13. Polietileno soplado	36
Figura 14. Resultados de la auditoria	39
Figura 15. Proceso actual	40
Figura 16. Resultados de la evaluación de herramientas	43
Figura 17. Metodología 5S	45
Figura 18. Diagrama de flujo para la clasificación	46
Figura 19. Propuesta de tarjeta roja	48
Figura 20. Selección en el área piloto	51
Figura 21. Antes y después estante área de almacenamiento	52
Figura 22. Antes y después clóset área de almacenamiento	52
Figura 23. Antes y después equipos	52
Figura 24. Antes y después área de almacenamiento	53
Figura 25. Fichas 5's antes y después	54
Figura 26. Estándar 5'S	54
Figura 27. Ayuda visual de 5's en el lugar	55
Figura 28. Área delimitada	55
Figura 29. Seguimiento 5's para el mes de septiembre	56
Figura 30. Exposición SMED	60
Figura 31. Charla explicativa del método SMED	60
Figura 32. Montaje del juego SMED	61
Figura 33. Primera fase del juego SMED	61
Figura 34. Segunda fase del juego SMED	62
Figura 35. Tercera fase del juego SMED	62
Figura 36. Ubicación del estándar SMED	68
Figura 37. Tipos de Kanban	69
Figura 38. Kanban de producción	72
Figura 39. Kanban de transporte	72

Figura 40. Pilares del TPM	73
Figura 41. Lección de un punto	75
Figura 42. Lección de un punto de mejora	76
Figura 43. LUP en la empresa	76
Figura 44. Mapa de procesos línea 2	77
Figura 45. Línea de cribas para la empresa MAPRES	80
Figura 46. Línea para la empresa MAPRES	82
Figura 47. Trituradora de plástico	84
Figura 48. Instalación del separador magnético	86
Figura 49. Separación por corrientes de Foucault	88
Figura 50. Lavadora	95
Figura 51. Secadora	101
Figura 52. Funcionamiento KIA 20	103
Figura 53. Empacado para el silo	105
Figura 54. Dimensiones del helicoidal	109
Figura 55. Dimensiones del helicoidal	109
Figura 56. Importancia relacional de actividades	111
Figura 57. Relación de espacios entre acciones	112
Figura 58. Modelo tridimensional de la línea 2	112
Figura 59. Gráfico de flujo de fondos	121

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Factores que influyen en el proceso productivo	37
Tabla 2. Auditoria a la organización general de MAPRES	38
Tabla 3. Resultados de la auditoria a MAPRES	39
Tabla 4. Herramientas de la manufactura esbelta y sus principios	42
Tabla 5. Pautas para la organización	49
Tabla 6. Tiempos de cada proceso auxiliar máquina	63
Tabla 7. Tiempo de cada proceso operario máquina	64
Tabla 8. Operaciones internas del molino	65
Tabla 9. Operaciones externas en el molino	66
Tabla 10. Elementos necesarios para puesta a punto del molino	67
Tabla 11. Quality Function Deployment para la trituradora (QFD)	79
Tabla 12. Criterios de selección para trituradora	80
Tabla 13. Ficha técnica alternativa trituradora 1	80
Tabla 14. Ficha técnica alternativa trituradora 2	81
Tabla 15. Ficha técnica alternativa trituradora 3	81
Tabla 16. Ficha técnica alternativa trituradora 4	82
Tabla 17. Ficha técnica alternativa trituradora 5	83
Tabla 18. Evaluación de los modelos de triturado	83
Tabla 19. Criterios de selección del separador magnético	86
Tabla 20. Ficha tecnica alternativa 1 del separador magnético	87
Tabla 21. Ficha tecnica alternativa 2 del separador magnético	87
Tabla 22. Ficha tecnica alternativa 3 del separador magnético	88
Tabla 23. Ficha técnica alternativa 4 del separador magnético	89
Tabla 24. Ficha técnica alternativa 5 separador magnético	89
Tabla 25. Evaluación de los modelos de separadores de metal	90
Tabla 26. Criterios de selección de lavadora	91
Tabla 27. Ficha técnica alternativa lavadora 1	92
Tabla 28. Ficha técnica alternativa de lavadora 2	92
Tabla 29. Ficha técnica alternativa de lavadora 3	93
Tabla 30. Ficha técnica alternativa de lavadora 4	93
Tabla 31. Evaluación de los modelos de lavadoras	94
Tabla 32. Criterios de selección para secadora	97
Tabla 33. Ficha tecnica alternativa de secadora 1	97
Tabla 34. Ficha tecnica alternativa de secadora 2	98
Tabla 35. Ficha tecnica alternativa de secadora 3	98
Tabla 36. Ficha tecnica alternativa de secadora 4	99
Tabla 37. Ficha tecnica alternativa de secadora 5	99
Tabla 38. Evaluación de los modelos de las secadoras	100
Tabla 39. Criterios de selección para la empacadora	103

Tabla 40. Ficha técnica alternativa empacadora 1	104
Tabla 41. Ficha técnica alternativa empacadora 2	104
Tabla 42. Ficha técnica alternativa empacadora 3	105
Tabla 43. Ficha técnica alternativa empacadora 4	106
Tabla 44. Ficha tecnica alternativa empacadora 5	106
Tabla 45. Evaluación de los modelos de las empacadoras	107
Tabla 46. Características principales del sistema	108
Tabla 47. Relación entre las actividades en MAPRES S.A.S.	110
Tabla 48. Capacidades de los equipos	113
Tabla 49. Tiempo operario uno	114
Tabla 50. Tiempo operario dos	115
Tabla 51. Inversión en capacitación inicial	118
Tabla 52. Costos y tiempos adicionales	119
Tabla 53. Producción adicional lograda con manufactura esbelta	120
Tabla 54. Plan de inversión	120
Tabla 55. Flujo neto de fondos	121
Tabla 56. Resultados de técnicas financieras	122
Tabla 57. Inversión en bienes de uso	123
Tabla 58. Inversión total	123
Tabla 59. Resultado de la proyección	124
Tabla 60. Flujo neto de fondos	125
Tabla 61. Flujo neto de fondos del proyecto	125
Tabla 62. Resultados de técnicas financieras	125

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Residuos sólidos	130
Anexo B. Clasificación de los Termoplásticos	139
Anexo C. Reciclaje de polímeros	143
Anexo D. Técnicas Lean	186
Anexo E. Ayudas visuales de TPM	152
Anexo F. Metodología del juego SMED	156
Anexo G. Catálogos de las maquinas seleccionadas	164
Anexo H. Selección del transportador por tornillo sin fin	172
Anexo I. Auditoria	190
Anexo J. Evaluación de herramientas de manufactura esbelta	195
Anexo K. QFD de la nueva maquinaria	199
Anexo L. Fórmulas financieras	203
Anexo M. Planos de las máquinas seleccionadas	204

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO DE LA LÍNEA DOS PARA LA PLANTA COMERCIALIZADORA DE RECICLAJE MAPRES Y DESARROLLO DE ALGUNOS ELEMENTOS DEL MODELO DE MANUFACTURA ESBELTA PARA LA LÍNEA UNO

**AUTOR:** LUISA FERNANDA BARBOSA ANGARITA, EDWARD STIVENS RUEDA DIAZ\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Diseño, Manufactura, Reciclaje, Esbelta, Mapres.

**DESCRIPCIÓN:** La empresa comercializadora MAPRES S.A.S. se dedica al reciclaje, transformación y comercialización de materias primas reciclables, además de realizar el proceso de exportación de productos con alguna transformación. La planta de MAPRES se encuentra ubicada en la ciudad de Bucaramanga, en la calle 31 N° 7- 86 barrio Girardot. Para mantenerse vigentes en el mercado le era necesario ofrecer productos de buena calidad y aumentar su producción para tener un crecimiento que fuese a la par del desarrollo en la industria del reciclaje de plástico en Bucaramanga.

Este proyecto busca mejorar la producción actual de 1,8 toneladas por día mediante dos propuestas: una mejora por medio de herramientas de manufactura esbelta a la línea de producción actual cuyo fin es reducir los desperdicios en la empresa, y de esta manera, tener más tiempo disponible para generar una mayor cantidad de producto final; la otra, es un diseño de una nueva línea de producción que reemplace la línea actual, con el objetivo de aumentar significativamente su capacidad de producción en comparación con la producción actual.

Adicionalmente, se realiza un análisis financiero que estudia la viabilidad de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta en un área piloto involucrada en el proceso de producción; también, se realiza un estudio de recuperación de la inversión para la propuesta del diseño de la línea dos. En ambos análisis se puede apreciar la relación costo-beneficio de las propuestas.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ing. Mecánico Isnardo González Jaimes.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN OF LINE TWO FOR THE MARKETING MAPRES RECYCLING PLANT AND DEVELOPMENT OF SOME ELEMENTS OF LEAN MANUFACTURING MODEL FOR LINE ONE<sup>\*</sup>

**AUTHOR:** LUISA FERNANDA BARBOSA ANGARITA, EDWARD STIVENS RUEDA DIAZ<sup>\*\*</sup>

**KEY WORDS:** Design, Manufacturing, Recycling, Lean, Mapres.

**SUMMARY:** The trading company MAPRES S.A.S. It is dedicated to recycling, processing and marketing of recyclable raw materials, in addition to the process of export products with some processing. The MAPRES plant is located in the city of Bucaramanga, in the street 31 No. 7- 86 Girardot neighborhood. To stay current market, it was necessary to offer good quality products and increase production to have a growth that was on par with the development in the plastic recycling industry in Bucaramanga.

This project seeks to improve the current production of 1.8 tons per day by two proposals: an improvement through lean manufacturing tools to the current production line whose aim is to reduce waste in the company, and thus, have longer available to have a larger amount of final product; the other is a design of a new production line to replace the current line, aiming to significantly increase its production capacity compared to current production.

In addition, a financial analysis study the feasibility of implementing lean manufacturing tools in a pilot area involved in the production process is carried out; a study of payback for the proposed design line two is also performed. In both analyzes you can appreciate the cost-benefit ratio of the proposals.

---

<sup>\*</sup>Degree Work

<sup>\*\*</sup>Physic Mechanical Faculty of Engineering, School of Mechanical Engineering, Director: Mechanical Engineer Isnardo Gonzalez Jaimes.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente los polímeros se usan en casi todas las aplicaciones del diario vivir. Son utilizados para la fabricación de envases de bebidas, juguetes, muebles, y algunos elementos de las maquinarias, lo que exige una buena gestión de vida del producto hasta su desecho, que en el 2012 representaron 48.219 toneladas ingresadas al Carrasco según informe de la AMB y que podrían ser recogidas para ser recicladas.

La ciudad cuenta con algunas empresas dedicadas al reciclaje de plásticos, empresas que ayudan a disminuir la carga en el Carrasco, y que permiten la obtención oportuna y asequible de materia prima a la industria en la ciudad que en los últimos años va en aumento, por ende, la demanda para las empresas encargadas está incrementando.

La comercializadora de reciclaje MAPRES actualmente tiene una línea de producción encargada de procesar polipropileno, PVC, polietileno y estireno acrilonitrilo para ser utilizado nuevamente en la industria, pero esta línea es insuficiente para cubrir la demanda que tiene la empresa actualmente, la finalidad de este proyecto es la sugerencia de una nueva línea de producción, y la mejora en la producción de la línea existente gracias a algunos aspectos de la manufactura esbelta, obteniendo así la posibilidad de cubrir la demanda.

# 1. GENERALIDADES DEL PROBLEMA EN MAPRES S.A.S

## 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La comercializadora MAPRES ubicada en la calle 31 No. 7 – 86 en el barrio Girardot de Bucaramanga, es una empresa dedicada al reciclaje, transformación y distribución de materias primas reciclables como chatarra de baterías tipo plomo-ácido, chatarra ferrosa, no ferrosa, plásticos y vidrios; favoreciendo la preservación del medio ambiente al aprovechar las características de las materias primas de ser recicladas y reutilizadas, para usarlas en los diferentes elementos de la vida cotidiana, entregando un producto listo para el consumo en la industria colombiana como se aprecia en la figura 1, con una capacidad actual de molienda de 1,8 toneladas por día, con dos turnos de trabajo.

Figura 1. Productos finales



La comercializadora MAPRES en su búsqueda del mejoramiento de la capacidad de producción, ha detectado diversos problemas en el seguimiento del proceso de manufactura, desde su inicio, al no aprovechar la materia prima disponible en el mercado por la capacidad actual de producción, además el manejo inadecuado de la materia prima adquirida ocasionado por la falta de organización de estos

elementos y la errónea distribución de los diferentes tipos de plásticos como se aprecia en la figura 2.

Figura 2. Área de almacenaje y selección de materia prima



En los diferentes procesos por los cuales pasa la materia prima hasta convertirse en el producto final son evidentes varias falencias: la ineficiencia de los equipos actuales, los procesos se realizan por medio de la experiencia del personal presente en la planta y no existe una estandarización de los procesos; un bajo control a través de todo el proceso de elaboración y un inadecuado uso de los elementos de seguridad por parte de los empleados incrementando los riesgos laborales.

En el proceso de triturado y lavado del plástico se presenta un cuello de botella ocasionado por la incapacidad de trabajar con la totalidad de las máquinas simultáneamente, las cuales están condicionadas por su alto consumo de energía eléctrica, y el sistema eléctrico de la empresa no tiene la capacidad de suministrar este requerimiento al estar ubicada en una zona residencial. Esta situación reduce

drásticamente la capacidad de producción, generando gran pérdida de tiempo al hacer necesario dividir el proceso de manufactura en dos, uno de lavado y secado del material y el otro de triturado, realizados en turnos de 6 am a 2 pm y de 2 pm a 10 pm respectivamente.

La comercializadora MAPRES tiene la necesidad de mejorar su producción por turno, lo que ha motivado la búsqueda de soluciones para crear una mejora continua que permita cumplir las expectativas de producción y aumentar su competitividad para brindar excelentes servicios a sus consumidores.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA**

El sector productivo realiza la búsqueda de soluciones a diversos problemas con el fin de suplir las demandas que presenta la sociedad actual, lo que genera un constante cambio en la búsqueda de mejorar la eficiencia de sus procesos como la calidad de sus productos.

Realizando el análisis de los síntomas encontrados en la comercializadora MAPRES, se observan errores en el proceso de manufactura, teniendo como necesidad el desarrollo del diseño de la línea dos para la planta y el mejoramiento de los procedimientos por medio del modelo de manufactura esbelta, el cual sea capaz de controlar y mantener un orden adecuado de los diferentes procesos por los cuales pasa la materia prima, buscando eliminar los tiempos muertos y desperdicios que se presentan a lo largo del proceso, lo que conllevaría a un aumento de la productividad y competitividad frente al mercado nacional.

El ambiente de trabajo es un factor importante en el desarrollo del proceso productivo, actualmente los trabajadores de MAPRES están expuestos en algunos sectores de la línea de producción a trabajos con elevados riesgos. Con la implementación del proyecto se busca reorganizar la planta para reducir los

transportes excesivos e implementar el uso de objetos de seguridad, y de esta manera generar un ambiente seguro en la empresa.

En el estudio realizado en el 2012 por la Universidad Industrial de Santander para el AMB (Área Metropolitana de Bucaramanga) se evidencia (ver figura 3) que de las basuras ingresadas en el Carrasco pueden ser transformables un 100% de los residuos reciclables secos y un 76% de los residuos orgánicos, y si estos residuos fueran reciclados en su totalidad se disminuiría el impacto ambiental, adicionalmente se contribuiría a la problemática sobre la disposición final de residuos sólidos reduciendo la cantidad llevada allí. La empresa comercializadora MAPRES llegando a la producción de 4 ton/día de plástico reciclado contribuiría a mejorar el medio ambiente y aliviar la carga en el Carrasco.

Figura 3. Residuos que ingresan al Carrasco



Fuente: Área Metropolitana de Bucaramanga. DAMB-D-2943.  
Bucaramanga: AMB, 2013. p. 1. Disponible en internet:  
<[http://www.concejodebucaramanga.gov.co/descargas/RESPUESTAS\\_2\\_PROPOSICION00000000000043\\_%202013.pdf](http://www.concejodebucaramanga.gov.co/descargas/RESPUESTAS_2_PROPOSICION00000000000043_%202013.pdf)>

## **1.3 OBJETIVOS**

**1.3.1 Objetivo general.** Colaborar junto con la Universidad Industrial de Santander en el cumplimiento de su misión de formar personas de alta calidad profesional, en la participación activa liderando procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad, mediante el desarrollo del presente proyecto de diseño de la línea 2 aplicando manufactura esbelta en la comercializadora de reciclaje MAPRES, aportando a la preservación del medio ambiente local.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la planta, en sus procesos de manufactura, Layout, deficiencias de planta física y seguridad.
- Realizar con la información adquirida en el diagnóstico un programa de 5'S, mantenimiento productivo total TPM, Kanban y redistribución de la disposición de los equipos, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento, espacios comunes, cuyo fin será mejorar el proceso de producción de la línea uno.
- Elaborar la documentación necesaria de los procesos de manufactura para la estandarización de los procedimientos y los controles de calidad.
- Diseñar la línea 2 para la comercializadora de reciclaje MAPRES con el propósito de aumentar la producción a 4 toneladas por día.
- Seleccionar un sistema de transporte de material para la línea dos, que cumpla con los parámetros de producción.
- Seleccionar nuevos equipos que replacen los existentes incorporando el sistema de transporte y en conjunto con el diseño propuesto en el ítem dos obtener una producción de 4 toneladas por día.
- Evaluar la viabilidad financiera del diseño de la línea dos con los nuevos equipos frente al diseño de la línea con los equipos existentes

## **2. GENERALIDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Con el desarrollo creciente de la sociedad se han identificado diferentes efectos adversos, uno de los que más ha llamado la atención son los residuos sólidos, los cuales han aumentado debido al consumismo en la sociedad actual, esto incentivó a buscar un mejor aprovechamiento de los mismos para reducir el impacto ambiental que se está generando por la excesiva acumulación, principalmente por que se ha visto en ellos una actividad rentable, tanto para personas como empresas, ya sea por la reducción en los costos de producción o por la venta directa de estos residuos a empresas que los utilizan como base de su proceso en la cadena productiva para obtener nuevos productos con valor comercial.

### **2.1 DEFINICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Son productos sólidos o semisólidos generados por el ser humano, resultantes del consumo o uso de un bien en las actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales y de servicios que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de valoración económica, de disposición final o de aprovechamiento en un nuevo bien. En el anexo A se realizará la clasificación, impacto ambiental y disposición de los residuos sólidos<sup>1</sup>.

### **2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS**

Existe una gran variedad de familias de productos plásticos y se tienen diferentes formas de clasificarlos, una de las mejores formas de hacerlo es por su estructura

---

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Gestión integral de residuos [Diapositivas]. Disponible en internet: <<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documentos/capacitaciones/Capacitacion%20Gestin%20Integral%20de%20Residuos.pdf>>

interna, teniendo en cuenta la distribución de entrelazado de las macromoléculas, se puede clasificar los plásticos en tres grandes grupos que son: termoplásticos, termoestables y elastómeros<sup>2</sup>.

**2.2.1 Termoplásticos.** Son aquellos que, por su estructura interna, formada por cadenas lineales unidas entre sí débilmente, se desarmen fácilmente con el calor y se reconstruyen al enfriarse, pueden fundirse y volver a fabricarse muchas veces, teniendo gran capacidad para el reciclado y reaprovechamiento en procesos productivos.

Existe un código de identificación para los plásticos y está enfocada en los termoplásticos para facilitar el proceso de reciclado de los mismos, los diferentes tipos de plásticos se identifican con un número del 1 al 7 ubicado en un triángulo de flechas de seguimiento, símbolo clásico del reciclado, como se puede observar en la figura 4. Los termoplásticos se clasifican en: polietilentereftalato (PET), polietileno de alta densidad (HDPE), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), otros, en el anexo B se explicará detalladamente cada uno de los termoplásticos anteriormente nombrados.

Figura 4. Codificación de los plásticos



Fuente: Códigos de los plásticos. Disponible en internet: <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/03/codigos-de-los-plasticos.html>>

<sup>2</sup> XUNTA DE GALICIA. Materiales plásticos [Diapositivas]. Disponible en internet: <<http://www.edu.xunta.gal/centros/iessantomefreixeiro/system/files/plastico.pdf>>

**2.2.2 Termoestables.** Están formados por cadenas enlazadas fuertemente en distintas direcciones. Al ser sometidos al calor, se vuelven rígidos, por lo que solo se pueden calentar una vez y no se deforman. Los principales materiales que componen este grupo de polímeros son: el poliuretano, resinas fenólicas y melanina. Presentan las siguientes características:

- Cuando se enfrían se endurecen y no pueden volver a fundirse, ya que esto los degradaría, por lo tanto, no pueden reciclarse.
- Son más duros que los termoplásticos.
- Soportan mejor las altas temperaturas y la exposición a los agentes atmosféricos.
- Son buenos aislantes de la electricidad.

**2.2.3 Elastómeros.** Estos se caracterizan por su elevada elasticidad, es decir, recuperan su forma primitiva una vez que se retira la fuerza que los deforma. Estructuralmente son intermedios entre los termoplásticos y los termoestables, teniendo gran elasticidad, adherencia y baja dureza. Para poder darle un uso más práctico a los elastómeros, estos pueden ser sometidos a diversos tratamientos, como por ejemplo la aplicación de átomos de azufre, este polímero se hace más resistente gracias a un proceso llamado vulcanización. Los más importantes son: látex (caucho natural), caucho vulcanizado, neopreno.

## **2.3 PROPÓSITO DEL RECICLAJE DE POLÍMEROS**

La reducción de los residuos sólidos es un objetivo que tiene planteado la sociedad actual, y principalmente los países desarrollados, crece más su importancia en razón a la disminución de espacios para vertederos y fuertes presiones ecológicas. Dentro de los diferentes desechos, los plásticos tienen una importancia mayor como consecuencia de su baja densidad que los hace más visibles, pero también porque estos tienen la ventaja de poder reutilizarse en

procesos de fabricación como materia prima y entrar de nuevo a la cadena productiva.

Existen diferentes posibilidades de reutilización de los plásticos. Son varias y de muy diversa naturaleza, abarcan desde su incineración, como posible recuperación energética, hasta su transformación en los productos más nobles, el denominado reciclado químico. La selección del procedimiento más adecuado para el reciclado de un determinado material no es sencillo ni generalista, se deben contemplar diferentes aspectos como su composición, legislación ambiental, ayudas de las autoridades locales, densidad de población, precio de materias, etc.

**2.3.1 Métodos de reciclaje de plásticos.** Para poder reciclar los plásticos, estos se clasifican de acuerdo a su tipo de resina, dependiendo del material y su posterior uso, se debe seleccionar adecuadamente el método a utilizar, existen tres principales tipos de reciclaje, los cuales son: reciclaje mecánico, reciclaje químico y recuperación energética.

**2.3.1.1 Reciclaje mecánico.** Es la técnica más utilizada en la actualidad para el reciclaje de plásticos, el cual consiste en un proceso físico de molienda, separación y lavado del plástico post-consumido o el industrial, como se puede observar en la figura 5. Las escamas resultantes de este proceso se pueden destinar en forma directa en la fabricación de productos por inyección o extrusión. Las ventajas del reciclado mecánico se aprecian en el anexo C.

Figura 5. Reciclaje mecánico



Fuente: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. Tipos de reciclado. España: Escuela de ingenierías industriales, 2014. [Citado el 10 de Julio de 2016]. Disponible en internet: <[http://www.eis.uva.es/~macromol/curso0405/reciclado\\_auto/tiposdereciclado.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso0405/reciclado_auto/tiposdereciclado.htm)>

Los nuevos productos que se pueden obtener después de realizar este proceso de reciclado son muy diversos, en los cuales pueden estar: alfombras, macetas para flores, cubetas, lozas para el piso, equipamiento eléctrico, conos de tráfico, aislamiento térmico, ladrillos de construcción, tabloncillos de plástico, entre otros.

**2.3.1.2 Reciclaje químico.** Consiste en degradar los materiales plásticos, mediante calor o con catalizadores, hasta el punto que se rompan las macromoléculas y queden solamente moléculas sencillas comúnmente llamadas monómeros. A partir de estos monómeros, se podrían conseguir otros tipos de plásticos o combustibles según la técnica utilizada. Aunque esta técnica es menos utilizada que la mecánica, es la que tiene mayor proyección, ya que al obtener monómeros básicos se pueden volver a producir los plásticos de la misma calidad que los originales. Existen diversos procesos para el reciclaje químico, pueden consultarse en el anexo C.

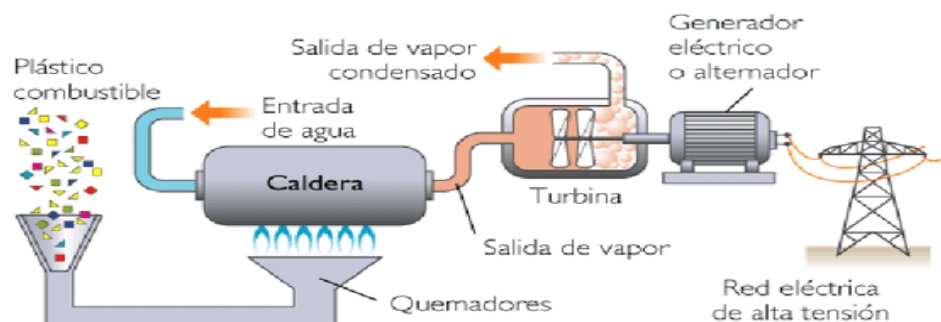
**2.3.1.3 Recuperación energética.** Al estudiar la viabilidad de los residuos plásticos como una fuente de combustible, la industria del plástico ha centrado sus esfuerzos en los residuos que no pueden ser reciclados para aliviar el impacto ambiental. Una de las soluciones es la recuperación energética, la cual se puede

presentar en la forma de calor, vapor o electricidad, a través de la combustión limpia y controlada de los residuos, como se puede observar en la figura 6.

El alto poder calorífico del plástico no solo contribuye significativamente al proceso de recuperación energética ya que también reduce la necesidad de adicionar combustibles fósiles que son no renovables. Al implementar este método de reciclaje se obtienen grandes beneficios, como por ejemplo<sup>3</sup>:

- Se evitaría la necesidad de enviar residuos sólidos a los vertederos.
- Reducción del volumen y peso de los residuos en un 70%.
- Aliviaría el agotamiento de los combustibles fósiles. Un 10% de aumento en la utilización de los residuos sólidos para generar energía, permitiría ahorrar 2 millones de toneladas de carbón al año.
- La recuperación energética puede producir calor además de electricidad, como ejemplo, en Suecia, el 15% de las necesidades energéticas de calefacción se abastecen a través de la recuperación energética de los plásticos.

Figura 6. Recuperación energética de plásticos



Fuente: STRAPPINI, Aldana. ¿Sabías que...?. Disponible en internet: <<http://ambysoc1.blogspot.com.co/2012/08/sabias-que.html>>

<sup>3</sup> ENTIDAD TÉCNICA PROFESIONAL ESPECIALIZADA EN PLÁSTICOS Y MEDIO AMBIENTE Recuperación energética. Argentina: COTEC, 2002. Disponible en internet: <<http://www.ingenieroambiental.com/4014/boletin18.pdf>>

## **2.4 MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN BUCARAMANGA**

En Bucaramanga y su área metropolitana se estima que más del 80% del material aprovechable termina enterrado en el Carrasco, lo que corresponde a aproximadamente 100 o 115 toneladas de material reciclable diarias. Su recolección se realiza formal e informalmente.

En Bucaramanga existen dos cooperativas organizadas (Bello Renacer y Coopreser) encargadas de la recolección en la llamada “ruta del reciclaje” que opera de lunes a sábado por 28 barrios, algunos de los trabajadores operan a cielo abierto en el carrasco; las dos cooperativas recolectan 4,5 toneladas diarias, una cifra mucho menor a la del reciclaje informal cuya recolección mínima es de 15 toneladas diarias. El material recolectado es llevado a los grandes centros de acopio, siendo los más importantes de la ciudad “el metal e imán” ubicado en la calle 23 con 17 y “mesan” en la calle 28 con 14, en estos centros de acopio el material es llevado a las empresas encargadas de transformar y reaprovechar estos materiales.

La recolección informal es llevada a cabo por los habitantes de la calle, se estima que es alrededor de 360 personas, que hurgan entre la basura para encontrar el reciclaje, ellos llevan el material a los intermediarios cuya función es recibir el material a los habitantes de la calle y luego llevarlos a los grandes centros de acopio privado. En el anexo A se profundizará sobre los manejos de los residuos sólidos en el Carrasco y su problemática.

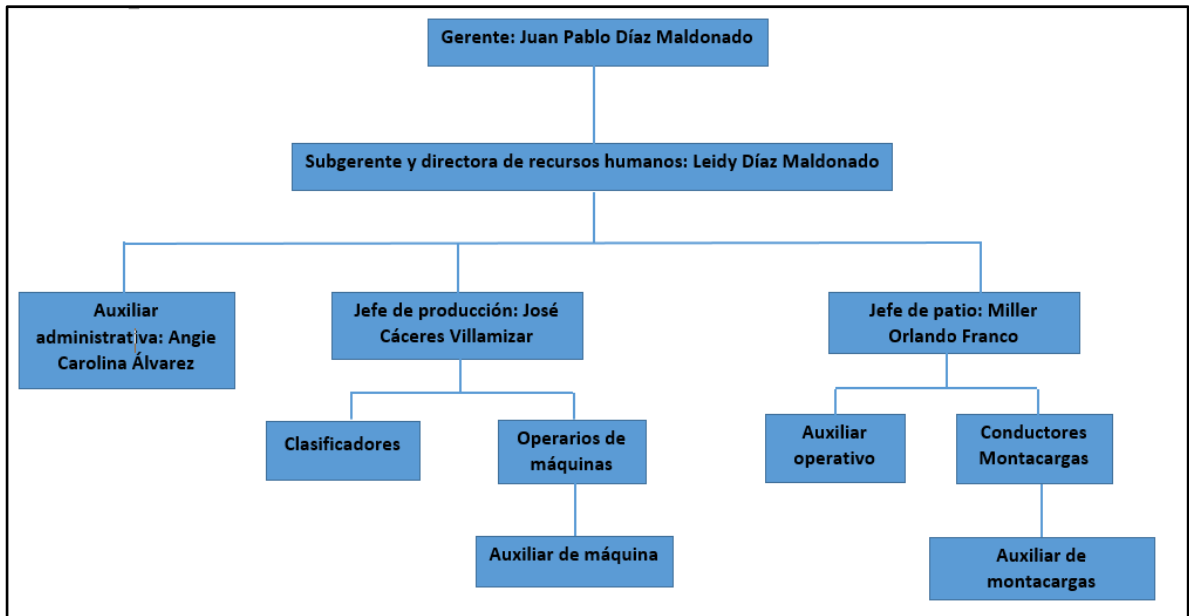
### **3. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EMPRESA**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE MAPRES**

Juan Pablo Díaz Maldonado fundador y dueño de MAPRES S.A.S inicia actividades como persona natural en el mundo del reciclaje en el año 2000 al trabajar con su padre y adquirir los conocimientos del mismo. En diciembre del año 2000 Juan Pablo Díaz Maldonado inicia con la línea de baterías plomo-ácido para luego incorporar los plásticos de manera paralela a la creación de MAPRES S.A.S en 2011 con canastas de gaseosa y el soporte plástico en las baterías como materias primas y de manera gradual incrementar su variedad en el mercado. En 2006 se inicia actividades en la ubicación actual, recientemente incrementa su espacio inmobiliario al obtener una bodega en Chimitá, Santander y obtiene su licencia ambiental para el transporte, almacenamiento y comercialización para la línea de baterías plomo-ácido. Desde 2011 hasta el presente MAPRES ha mejorado sus procesos al incluir maquinaria en sus activos: molino, lavadora, secadora y la planta de proceso del plástico. Su mejora continua en los procesos, transformación del material y la seguridad del personal se ve reflejada en la situación actual de la empresa y ha sido realizada de la mano de operarios, administrativos y clientes.

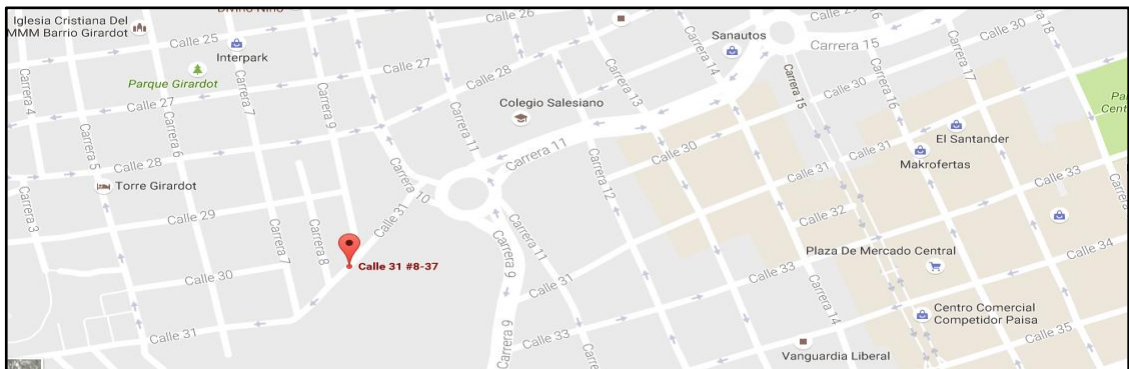
Actualmente MAPRES S.A.S cuenta con 13 empleados y su organización puede apreciarse en la figura 7, donde Juan Pablo Díaz Maldonado es el gerente de la empresa.

Figura 7. Organigrama de MAPRES



**3.1.1 Ubicación.** La empresa comercializadora MAPRES S.A.S. se dedica al reciclaje, transformación y comercialización de materias primas reciclables, además de realizar el proceso de exportación de productos con alguna transformación. La planta de MAPRES se encuentra ubicada en la ciudad de Bucaramanga, en la calle 31 N° 7- 86 barrio Girardot, como se puede observar en las figuras 8 y 9.

Figura 8. Mapa de la ubicación de la empresa



Fuente: Google maps. 2016. Disponible en internet: <<https://www.google.es/maps>>

Figura 9. Fachada de la empresa



**3.1.2 Misión.** Somos una empresa Santandereana que se dedica a la comercialización y transformación de materias primas reciclables para el mercado nacional e internacional, velando por la seguridad de su equipo de trabajo y la conservación del medio ambiente. MAPRES trabaja por darle un valor agregado a sus proveedores, clientes y a la región.

**3.1.3 Visión.** MAPRES para el 2016, estará en el orden de las empresas colombianas con alto nivel de valor agregado en su equipo de trabajo y sus productos. Reconocida por sus estándares en el cuidado de la naturaleza, el respeto a sus aliados en el negocio y su crecimiento integral.

**3.1.4 Materia prima y producto final.** Diversos productos de polietileno de alta densidad, polipropileno, policloruro de vinilo y polietileno soplado son ingresados como materia prima y después de los procesos descritos en el capítulo 4 la empresa entrega un producto final con tamaño de grano de 11 mm de diversos materiales y colores según la exigencia del cliente.

**3.1.4.1 Polietileno de alta densidad.** La materia prima (figura 10) que ingresa a la empresa es:

- Canastas de gaseosa y cuya presentación es amarillo, verde, rojo y policolor.

- Canasta de agua reciclada cuya presentación es azul
- Baldes. Su presentación es blanco, azul, amarillo, rojo y verde.

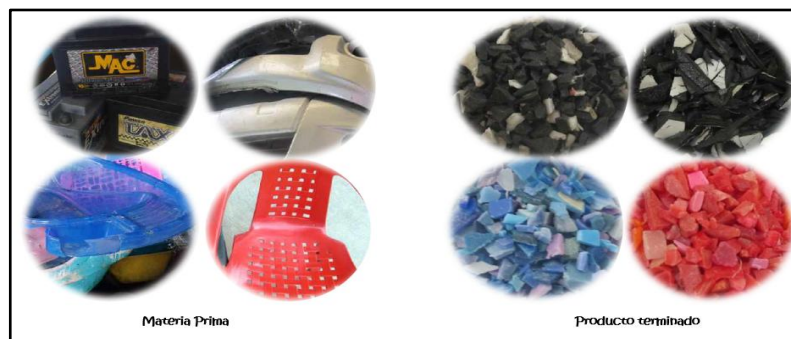
Figura 10. Polietileno de alta densidad



**3.1.4.2 Polipropileno.** Inicialmente el material (figura 11) es recibido:

- Bumper de los automóviles. Su presentación es policolor.
- Cajas de baterías recicladas. Su presentación es policolor y negro.
- Sillas y vasijas recicladas. Su presentación es roja, azul, blanco y verde.

Figura 11. Polipropileno



**3.1.4.3 Policloruro de vinilo PVC.** Este material (figura 12) es recibido en la planta como:

- Botas. Su presentación es policolor.
- Cables de PVC reciclados. Su presentación es policolor.

Figura 12. Policloruro de vinilo



**3.1.4.4 Polietileno soplado.** Viene en diversas presentaciones (figura 13) entre ellas jarras, garrafas, vasijas y demás. Su presentación es blanco, verde, azul, amarillo y rojo.

Figura 13. Polietileno soplado



**3.1.5 Diagnóstico de la situación actual de la empresa.** Para poder evidenciar los errores que se presentan tanto administrativamente como operativamente en los procesos de producción en la empresa, se recurrió a realizar una auditoría que evaluara los diferentes factores que son críticos para el buen desarrollo de la producción, los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Factores que influyen en el proceso productivo

ITEM	DESCRIPCIÓN
<b>Organización general de MAPRES</b>	Estructura organizacional
	Funciones y responsabilidades
	Coordinación y control del sistema productivo
<b>Métodos y sistemas de trabajo</b>	Planificación de procesos
	Clasificación de la materia prima
	Métodos y procedimientos en el proceso productivo
<b>Gestión de carga de trabajo</b>	Planificación de los horarios de trabajo
	Cantidad adecuada de trabajadores
	Personal capaz de desempeñar varias funciones
<b>Distribución de Planta</b>	Espacios asignados en la empresa
	Disposición de la materia prima y producto terminado
	Zonas de actividades
<b>Personal y formación</b>	Relaciones entre personal
	Seguridad y Prevención
	Preparación
<b>Control de la actividad</b>	Documentación técnica
	Informes
	Eficiencia

En la auditoría se realizaron diversas preguntas que mostraron las falencias y fortalezas de cada ítem anteriormente mencionados, las cuales se evaluarán como cero (0) cuando no cumple, cinco (5) cuando poco se realiza, diez (10) cuando medio se realiza, quince (15) cuando es aceptable, veinte (20) cuando si cumple, de acuerdo al estado actual de la empresa como se observará en las siguientes tablas. Sólo se admite una respuesta por pregunta. A continuación, en la tabla 2, se muestra uno de los ítems a los que se les realizó la auditoria y en el anexo I se podrán consultar los resultados de los demás ítems.

Con la aplicación de la auditoria a la empresa MAPRES, se realiza una tabulación de los resultados que se obtuvieron, como se puede observar en la tabla 3. Los resultados se compararon con los puntos posibles máximos que se podían

obtener, sacando un porcentaje con respecto a este, con el cual se dará aprobación a los ítems que estén en el rango de 60% y 100%, mientras que del rango de 0% y 59% no aprobarían la auditoria y serían los ítems a tener en cuenta para la mejora por medio de las herramientas que ofrece la manufactura esbelta.

Tabla 2. Auditoria a la organización general de MAPRES

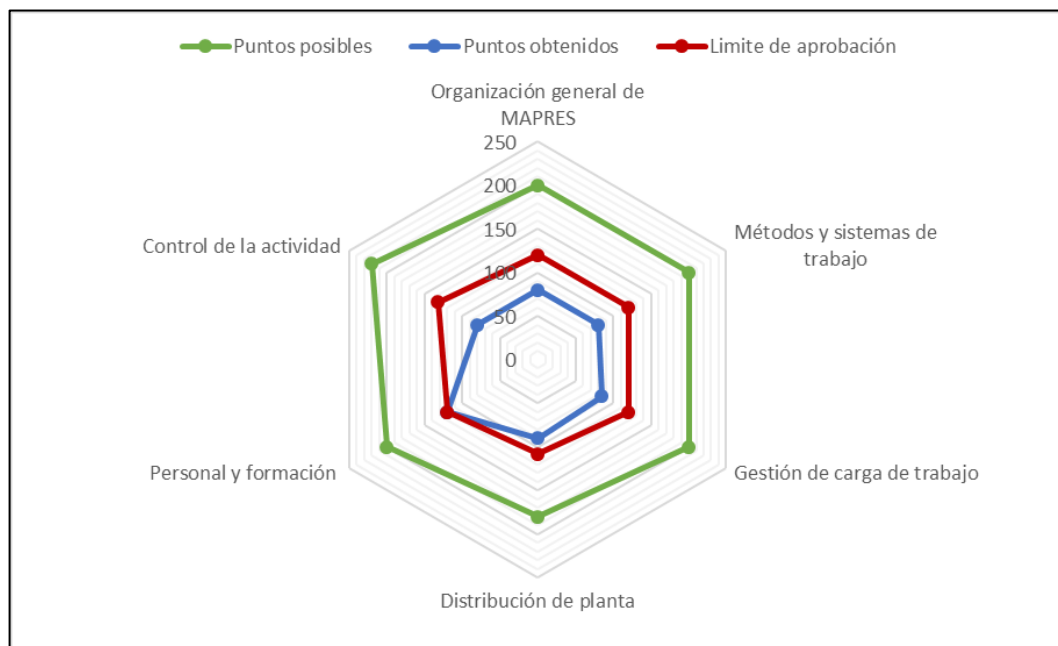
I. Organización General de MAPRES	No	Poco	Medio	Aceptable	Si	Puntuación
1. ¿Es clara la organización y las debidas responsabilidades que cada cargo conlleva en la empresa?					20	20
2. ¿Se monitorean el cumplimiento de las responsabilidades en la empresa de forma periódica para su mejoramiento?		5				5
3. ¿Es fácil identificar las áreas de trabajo y los procesos que se realizan en estas?					20	20
4. ¿Se establecen metas específicas en el proceso de producción?			10			10
5. ¿Todo el personal tiene los objetivos de producción claros, sirviendo como pauta del servicio prestado?		5				5
6. ¿Se utilizan adecuadamente los indicadores en el proceso productivo para verificar que las metas propuestas se cumplan?	0					0
7. ¿Se realiza un plan de presupuesto de funcionamiento de cada proceso, comparando estos con los obtenidos realmente?	0					0
8. ¿Existen descripciones de las funciones para cada uno de los puestos de trabajo (en el campo de responsabilidad y en el de iniciativa)?			10			10
9. ¿Se tiene en cuenta a todo el personal para idear mejoras en el proceso productivo?	0					0
10. ¿Se cumplen los tiempos propuestos para los procesos de producción determinados?			10			10
Máximo puntaje: 200					Puntaje obtenido	80

Tabla 3. Resultados de la auditoria a MAPRES

ÍTEM	Puntos posibles	Puntos obtenidos	Resultado [%]
Organización general de MAPRES	200	80	40
Métodos y sistemas de trabajo	200	80	40
Gestión de carga de trabajo	200	85	43
Distribución de Planta	180	90	50
Personal y formación	200	120	60
Control de la actividad	220	80	36

Con los resultados obtenidos en la auditoria, se puede observar que el único ítem que alcanza el límite de aprobación es personal y formación, por el contrario, los demás ítems no lograron la aprobación en la auditoria, como se puede observar en la figura 14, a los cuales se les realizará un estudio para identificar que herramientas de la manufactura esbelta que pueden mejorar el funcionamiento de los problemas encontrados.

Figura 14. Resultados de la auditoría



#### 4. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA ACTUAL

La línea actual de la empresa MAPRES S.A.S inicia recolectando, seleccionando y separando el material adquirido; el paso siguiente es triturar en el molino el material que se separó previamente con la criba de mayor tamaño, este producto triturado pasa al proceso de lavado y secado, para después llevar la materia prima a un triturado fino con la criba de menor tamaño y por ultimo empacar el producto final, como se puede observar en la figura 15.

Figura 15. Proceso actual



#### 4.1 INTRODUCCIÓN A LA MANUFACTURA ESBELTA

Los procesos de producción en la industria siempre pueden ser mejorados, es allí en donde surgen los estudios detallados sobre técnicas o métodos que mediante su aplicación cambien la forma de hacer las cosas a modos más óptimos. De esta manera se toma al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para identificar fácilmente los métodos y técnicas que se manejan en la manufactura

esbelta para su aplicación como se puede ver en el anexo D. Todos los elementos de esta casa se construyen a través de la aplicación de múltiples técnicas que han sido divididas según se utilicen para el diagnóstico del sistema, a nivel operativo, o como técnicas de seguimiento, este tema se tomará más a fondo en el anexo D donde se detallará más los sistemas que influyen en la aplicación de la manufactura esbelta.

## **4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA**

Con la realización adecuada del diagnóstico a la empresa, se identificaron las falencias que se presentan en el proceso productivo, lo cual facilita seleccionar criterios para evaluar estos defectos, así escoger las herramientas de la manufactura esbelta que se propondrán para la solución de estos. Para esto se tendrán en cuenta las siguientes herramientas: 5'S, SMED, TPM, Control visual, Jidoka, Heijunka, Kanban, Poka yoke y Kaizen.

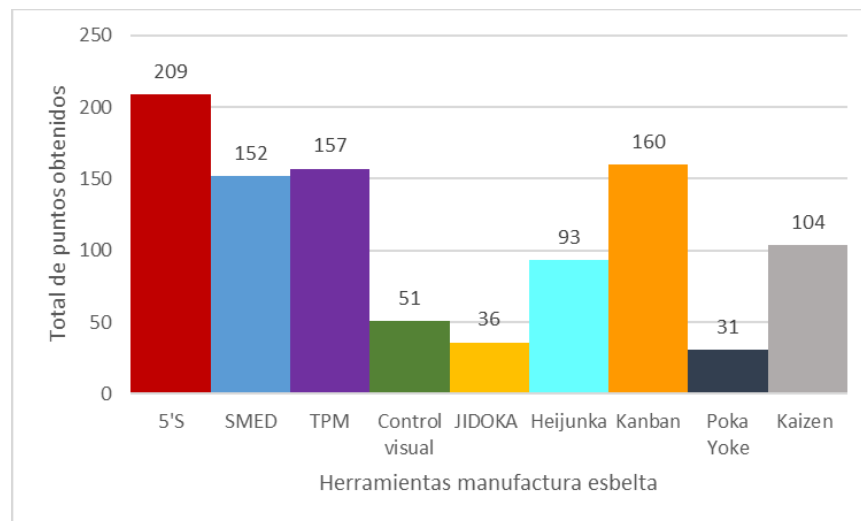
Teniendo en cuenta las herramientas mencionadas anteriormente, se identificarán por medio de una evaluación cuales son las necesarias para la solución de los problemas, la cual consistirá en una calificación de cero (0) a diez (10), siendo cero la calificación más baja y diez la mejor calificación, esto dependerá de la relación que exista entre los problemas presentes en la empresa y las herramientas de la manufactura esbelta que ayuden a solucionar esto. Después de esta evaluación se tomarán las cuatro herramientas mejor puntuadas y así poder desarrollar una propuesta de implementación para la empresa. A continuación, en la tabla 4, se muestra uno de los ítems a los que se les realizó la evaluación y en el anexo J se podrán consultar los resultados de los demás ítems.

Tabla 4. Herramientas de la manufactura esbelta y sus principios

		Herramientas de manufactura esbelta								
		5'S	SMED	TPM	Control visual	Jidoka	Heijunka	Kanban	Poka yoke	Kaizen
<b>Organización General</b>	Poco monitoreo del cumplimiento de las responsabilidades	0	0	10	7	0	0	5	2	5
	Es poco evidente las metas en el proceso de producción	5	0	0	0	0	10	10	0	2
	No se presenta manejo de indicadores que verifiquen las metas	0	2	4	0	0	2	5	0	1
	No se planifica el presupuesto de funcionamiento de los procesos	0	0	2	0	0	2	0	0	0
	Las descripciones de las funciones de cada uno de los puestos son deficientes	10	8	5	0	0	0	10	0	0
	No se tiene en cuenta las ideas del personal para las mejoras	10	10	2	0	0	0	0	0	10
	Usualmente los tiempos de producción son mayores a los planeados	10	10	10	2	10	10	10	5	10
	<b>Puntuación</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	9	10	24	<b>40</b>	7	28

Cada una de estas herramientas de la manufactura esbelta será explicada y posteriormente se desarrollará una propuesta para la implementación de estas en la empresa, especificando cada uno de los pasos que conlleva la aplicación en cada una de las áreas de producción de MAPRES, los resultados que se obtuvieron en la evaluación realizada para todos los ítems se muestra en la figura 16, en la cual se suma todos los valores obtenidos de cada evaluación y así obtener las herramientas que se utilizarán.

Figura 16. Resultados de la evaluación de herramientas



De acuerdo con la evaluación realizada a los ítems para cada problema, se obtuvo que las herramientas con mayor influencia para la solución de los problemas presentes en la empresa son las siguientes: Método de 5 eses, cambio rápido de herramientas (SMED), Kanban y mantenimiento productivo total (TPM).

La metodología de aplicación para las fases 1 y 2 se desarrollarán en este proyecto, las fases 3 y 4 las realizará la empresa. Las siguientes son las fases:

- Fase 1. Socializar con el personal administrativo los principios y los beneficios de usar la manufactura esbelta.
- Fase 2. Implementar manufactura esbelta en el área piloto (molino y almacenamiento), sería aquella zona con más problemas; resaltar los

problemas escondidos y facilitar su proceso. El entrenamiento se realizará con el personal de producción.

- Fase 3. Implementar manufactura esbelta en el resto de las áreas, esto no debe ser problema ya que para esto los operadores ya han visto las ventajas de manufactura esbelta, se deben tomar en cuenta todas las opiniones de los operadores ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarles cuando se va estar trabajando en su área.
- Fase 4. Esta fase consiste de la revisión de la manufactura esbelta, los puntos en los que funciona correctamente y aquellos en los que no, en esta fase se debe encontrar si el problema es en la implementación, personal o si la herramienta es insuficiente para realizar una mejora.

### **4.3 MÉTODO DE 5 ESES**

**4.3.1 Definición de las 5 eses.** Varios estudios estadísticos comprueban que aplicar por lo menos las primeras 3 eses da lugar a resultados como el crecimiento del 15% del tiempo medio entre fallos, el crecimiento del 10% en fiabilidad del equipo, la reducción del 70% del número de accidentes y una reducción del 40 % en costos de mantenimiento<sup>5</sup>.

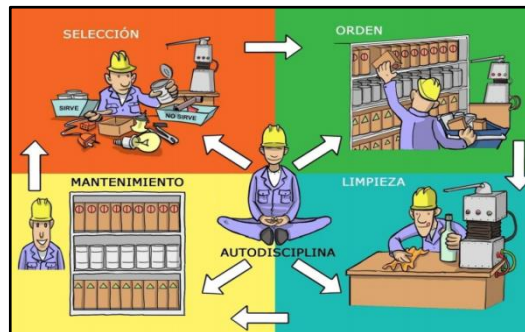
Su aplicación busca evitar los problemas frecuentes que se presentan en varios sectores de la industria como se observa en la figura 17, por ejemplo, desorden general de la planta, pasillos ocupados, aspecto sucio de la planta, número de averías más frecuentes de lo normal, desinterés de los empleados en su trabajo, en el anexo D se definirá cada una de las 5's. Las cinco etapas de este método son:

---

<sup>5</sup> SOTO, Beatriz. Principios del método de las 5S. Disponible en internet: <<http://www.gestion.org/rsc/30816/principios-del-metodo-de-las-5s/>>

- Seiri (seleccionar o clasificar). Separar elementos innecesarios, eliminar lo que es inútil.
- Seiton (ordenar). Situar elementos necesarios, organizar el espacio de trabajo eficazmente.
- Seiso (limpiar). Eliminar la suciedad, mejorando la limpieza.
- Seiketsu (estandarizar). Señalar anomalías, prevenir que aparezca desorden y suciedad.
- Shitsuke (Disciplina). Fomentar esfuerzos para mejorar.

Figura 17. Metodología 5S



Fuente: WYNGAARD, Guillermo. Módulo 2: Programa 5s [Diapositivas]. Mar del plata: INTI, 2011, p. 3.

**4.3.2 Propuesta de aplicación del método de 5 eses.** El proceso de implantación de este método en una empresa requiere de arduo trabajo y gran cantidad de tiempo de los miembros que la componen, por este motivo se pueden subdividir en dos partes, las cuales se componen por la parte operativa que son seleccionar (seiri), ordenar (seiton), limpiar (seiso) y la parte administrativa que se compone por estandarizar (seiketsu) y disciplina (shitsuke). Para dar un buen comienzo de implantación del método en la empresa MAPRES S.A.S., se enfocará el trabajo en la parte operativa del método de 5 eses, para desarrollar una propuesta adecuada de cada una de estas, adecuándolas a la situación actual de la empresa.

Para desarrollar las medidas propuestas en la implantación del método de 5 eses, es adecuado determinar el área donde estas se aplicarán, las personas que estarán implicadas con relación a esa área y además tener claro los resultados que se desean obtener de dicho proceso, para así determinar los errores o los buenos resultados de dicha aplicación.

**4.3.2.1 Propuesta de aplicación de seleccionar (seiri).** El propósito que se busca con seleccionar, es retirar de las áreas de trabajo todos los elementos que no son útiles o necesarios para las operaciones que se realizan en esta. Los elementos necesarios se deben tener cerca de las acciones de trabajo, mientras que los innecesarios se deben retirar del sitio, donar, transferir o eliminar, como se muestra en la figura 18. Al realizar la selección de los elementos que se encuentran en el puesto de trabajo, se debe tener en cuenta la frecuencia de uso con la cual se utiliza cada objeto en el transcurrir del proceso, estos elementos se pueden identificar con diferentes tipos de colores los cuales indiquen la importancia del mismo en el área de trabajo, por lo cual se propone la siguiente clasificación:

Figura 18. Diagrama de flujo para la clasificación



Fuente: VARGAS RODRIGUEZ, Héctor. Manual de implementación 5S. Bucaramanga: CAS, 2004. p. 13

- **Objetos utilizados constantemente (cada 48 horas):** para estos elementos se utiliza el color azul (■), el cual se pondrá en los elementos por medio de etiquetas, en esta categoría entran los objetos que son de uso diario en el área de trabajo, los cuales pueden ser herramientas y materiales que se utilizan una o más veces en el proceso de producción<sup>6</sup>.
- **Objetos que no se utilizan constantemente (cada semana):** para la selección de estos elementos se utiliza el color verde (■) y se identificarán por medio de una etiqueta, estos objetos son aquellas herramientas y materiales que no se utilizan para todos los procesos en el área de trabajo, pero su influencia en el buen proceder del trabajo es fundamental.
- **Objetos que no se utilizan (cada 3 meses):** para la selección de estos elementos se utiliza el color rojo (■), los cuales se identificarán por medio de unas tarjetas que se muestran en la figura 19, se asignan a esta categoría los elementos que no se utilizan en cierto proceso, pero son de utilidad en otra área distinta, los elementos que perdieron su vida útil, los objetos que estén en grandes cantidades en un área específica, después de su identificación se procede a descartar los artículos que se identifiquen como inútiles.

---

<sup>6</sup> NIÑO NAVARRETE, Ángela y OLAVE TRIANA, Carolina. Modelo de aplicación de herramientas de manufactura esbelta desde el desarrollo y mejoramiento de la calidad en el sistema de producción de Americana de Colchones. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero industrial. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingenierías, 2004. p. 66-67

Figura 19. Propuesta de tarjeta roja

NO. \_\_\_\_

**Tarjeta roja**

FECHA INICIO: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

OBJETO: \_\_\_\_\_

ÁREA: \_\_\_\_\_

CANTIDAD: \_\_\_\_\_

**Acción propuesta**

<input type="checkbox"/> Eliminar	<input type="checkbox"/> Reparar
<input type="checkbox"/> Reubicar	<input type="checkbox"/> Reciclar
<input type="checkbox"/> Vender	

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FECHA ACCIÓN: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Después de la identificación de los elementos se procede a registrar cada tarjeta utilizada en una lista de elementos innecesarios. Esta lista permitirá realizar un seguimiento sobre todos los elementos que se seleccionaron y proceder a tomar una decisión sobre el destino que se les dará a los objetos listados.

**4.3.2.2 Propuesta de aplicación de ordenar (seiton).** Con esta propuesta de aplicación se busca ubicar los elementos necesarios en lugares donde se puedan encontrar fácilmente y así poder retornarlos al lugar de inicio. Se desea mejorar los controles, la identificación y marcación de las máquinas, instrumentos y otros elementos para su conservación en buen estado. Para una buena aplicación de esta herramienta de las 5 eses, se debe partir de haber desarrollado una buena práctica de la primera herramienta, la cual se basa en una clasificación de los elementos del área de trabajo, con esta selección de elementos se procede a realizar una organización dependiendo de la importancia que estos tienen en la realización de una tarea como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Pautas para la organización

FRECUENCIA DE USO	ORGANIZACIÓN
Muchas veces al día	Ubicar lo más cerca posible del proceso.
Varias veces al día	Ubicar cerca del operario.
Varias veces por semana	Ubicar cerca del área de trabajo.
Algunas veces al mes	Ubicar en áreas que sean comunes.
Cada tres meses	Etiquetar con la tarjeta roja y tomar una acción con este elemento.

Los principios para encontrar mejores localizaciones de los elementos son<sup>7</sup>:

- Si los elementos se utilizan juntos, se almacenan juntos y en la secuencia con que se usan.
- Los lugares de almacenamiento deben ser más grandes que las herramientas, para retirarlos y colocarlos con facilidad.
- El almacenaje basado en la función consiste en almacenar juntas las herramientas que sirven en funciones similares.
- El almacenaje basado en productos consiste en almacenar juntas las herramientas que se usan en el mismo producto.

Después de decidir las mejores localizaciones de los elementos, se hace necesario un método para identificar estas localizaciones de forma que cada quien sepa dónde están las cosas, y cuantas cosas de cada elemento hay en cada sitio. Para esto se pueden emplear: Indicadores de ubicación, indicadores de cantidad, letreros y tarjetas, nombre de las áreas de trabajo, localización de stocks, lugar de almacenaje de equipos, disposición de las máquinas, puntos de lubricación, limpieza y seguridad.

**4.3.2.3 Propuesta de aplicación de limpiar (seiso).** La última herramienta de las 5 eses operativas es la limpieza, con la cual se busca incentivar la actitud de limpiar el sitio de trabajo, logrando mantener lo obtenido en los procesos

---

<sup>7</sup> VANEGAS SOSA, Rolando. Las 5S, manual teórico y de implantación. México: UANE, 2005.

anteriores que son la selección y el orden de los elementos. El proceso de aplicación se debe apoyar con un fuerte programa de entrenamiento y suministro de los elementos para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución. Para el proceso de aplicación de la limpieza se propone los siguientes pasos a seguir<sup>8</sup>:

- Decidir que limpiar y el método de limpieza a utilizar en el área asignada.
- Determine los equipos de limpieza a usar.
- Realizar un programa de todas las actividades de limpieza, estableciendo en esta la duración.
- Asignar un encargado o responsable de cada área en la empresa.
- Colocar el programa de limpieza en un lugar visible.
- Establecer un sistema de turnos para el mantenimiento de áreas comunes.
- Las actividades de limpieza deben incluir inspección antes, durante y al final de los turnos.
- Realizar una tabla de asignación de responsabilidades de limpieza.

**4.3.3 Implementación de 5's en MAPRES S.A.S** Cómo se mencionó anteriormente se seleccionó un área piloto para implementar esta herramienta, la zona elegida es la de almacenamiento de materia prima seleccionada, producto final y molino.

Inicialmente se hace una selección como la descrita en 4.3.2.1 haciendo uso de las tarjetas rojas en todos los espacios del área piloto, en la figura 20 se aprecia uno de los espacios a los cuales se realizó esta acción.

---

<sup>8</sup> INFOTEP. Manual para la implementación sostenible de las 5S. Santo Domingo: INFOTEP, 2010.

Figura 20. Selección en el área piloto



Posterior a la selección de todos los elementos se ordenaron y limpiaron los espacios en esta área, colocando cada cosa en su lugar, eliminando o reubicando según correspondía a cada objeto, en las figuras 21, 22, 23 Y 24 se observa algunos de los espacios antes y después de realizar este proceso.

Figura 21. Antes y después estante área de almacenamiento



Figura 22. Antes y después clóset área de almacenamiento

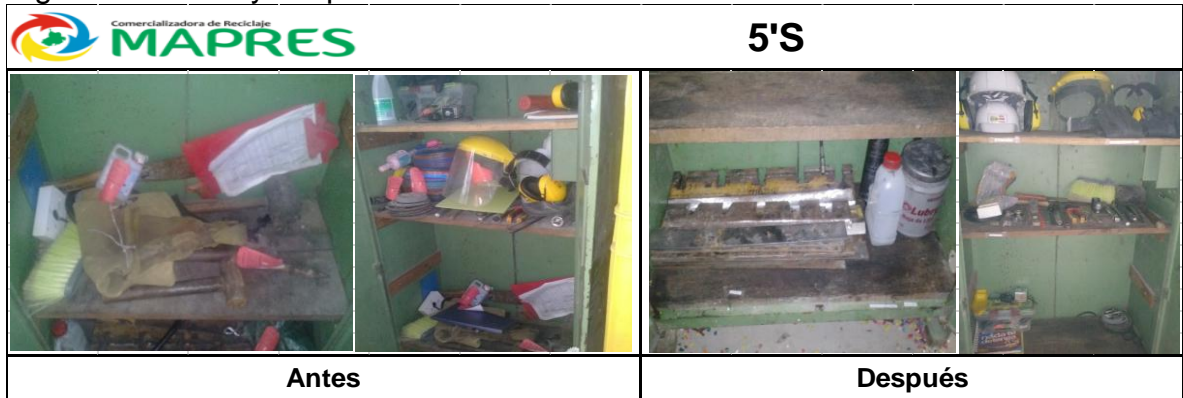


Figura 23. Antes y después equipos



Figura 24. Antes y después área de almacenamiento



Posterior a este proceso se realizó la debida socialización de los estándares y se dejó una guía visual (fichas), una de ellas donde se aprecie el antes y después (ver figura 25), otra ficha realizada es el estándar 5's (ver figura 26) y en la figura 27 se aprecia las fichas en el lugar.

Figura 25. Fichas 5's antes y después



Figura 26. Estándar 5'S



Figura 27. Ayuda visual de 5's en el lugar




Adicionalmente, se realizó un check list para realizar el seguimiento en cada turno por mes (ver figura 29), se socializó con los empleados y se entregó el listado para cada mes al área administrativa, explicando su uso y como dar un correcto seguimiento y corrección a las falencias, para así verificar que se continuará con la cultura 5's. Finalmente, se realizó una delimitación de las áreas (figura 28) para mantener cada cosa en su lugar y hacer más rápido el trabajo de los auxiliares quienes perdían mucho tiempo buscando donde ubicar las cosas.

Figura 28. Área delimitada



Figura 29. Seguimiento 5's para el mes de septiembre

5's	Septiembre																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2		
Herramientas en el lugar correcto																																
Casillero ordenado con los objetos en el lugar adecuado																																
Mesón en la sección herramientas y almacenaje como se ve en el estándar																																
Primer nivel del mesón en la sección herramientas y almacenaje libre (sin objetos)																																
Molino ordenado y limpio																																
Los espacios designados en el área de almacenaje, producto final y material a triturar son respetados (en la medida en que esto sea posible)																																
Suelo limpio																																
Observaciones	Fecha:																Fecha:															
	Fecha:																Fecha:															
	Fecha:																Fecha:															
	Fecha:																Fecha:															
	Fecha:																Fecha:															
	Fecha:																Fecha:															
	Fecha:																Fecha:															
	Fecha:																Fecha:															
	Fecha:																Fecha:															
	Fecha:																Fecha:															
Si al recibir el turno NO se encuentra en el estado correcto se debe marcar la casilla con rosado																																
Si al recibir el turno se encuentra en el estado correcto se debe marcar la casilla con verde																																

#### **4.4 CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS (SMED)**

La metodología SMED surgió por la necesidad de lograr la producción JIT (just in time), una de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño. Los beneficios que se buscan con la herramienta son: Incremento de la capacidad de producción, aumento de la flexibilidad, reducción de producto rechazado en los procesos de ajuste, disminución del tiempo de puesta a punto de las máquinas y establece un estándar en los métodos de trabajo en cada área.

Esta nueva óptica o forma de ver los procedimientos parte de la necesidad de no amoldarse solo a los procesos tradicionales, esto se logra estudiando detalladamente el proceso incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan el tiempo de preparación. Estos cambios incluyen la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación, retirada, ajustes, etc. Se tienen que tener presentes las posibles causas que originan tiempos elevados de cambio, como la utilización de equipos inadecuado, la terminación de la preparación es incierta, no se ha estandarizado el procedimiento de preparación, las actividades de acoplamiento y separación duran demasiado, número de operaciones de ajustes elevado, entre otros<sup>9</sup>.

##### **4.4.1 Propuesta de aplicación del cambio rápido de herramientas (SMED).**

Esta herramienta de la manufactura esbelta busca disminuir el tiempo que se pierde en la puesta a punto de las máquinas, necesario para empezar a producir

---

<sup>9</sup> El sistema SMED [Anónimo]. Disponible en internet: <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21920/Capitulo3.pdf>>

los diferentes productos que se requieran. Para realizar una implementación de esta herramienta se proponen los siguientes pasos:

- **Análisis y documentación del cambio actual:** para iniciar este proceso de aplicación, se debe documentar el proceso de cambio que se realiza actualmente, detallando todos los elementos que influyan en este, por ejemplo, el número de personas que participan en la puesta a punto de las máquinas, el tiempo que se utiliza para el desarrollo de esta, las herramientas y elementos que influyen en el proceso<sup>10</sup>.
- **Identificación de las operaciones internas y externas:** esta etapa del proceso implica diferenciar entre las operaciones de preparación que se realizan con la máquina fuera de funcionamiento (operaciones internas) y la preparación con la máquina en funcionamiento (operaciones externas). Una vez identificadas todas las operaciones, es necesario estudiar una por una, haciendo lo posible para que las operaciones internas no se mezclen con las operaciones externas, teniendo en cuenta que los procesos internos son los que generan la pérdida del tiempo productivo.
- **Organizar las operaciones externas:** esta etapa consiste en la disposición de todas las herramientas y materiales que influyen en las operaciones internas. Estos elementos deben estar dispuestos al lado de la máquina tras haberse realizado toda la preparación de los componentes que deben entrar.
- **Reducir el tiempo de las operaciones internas:** en esta etapa se intenta reducir al mínimo los procesos de ajuste de la máquina. Para llevar a cabo una

---

<sup>10</sup> SALAZAR LÓPEZ, Bryan. Técnica SMED- cambio de matriz en un solo dígito de minuto. Disponible en internet: <<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/t%C3%A9cnica-smed-cambio-de-matriz-en-un-solo-minuto/>>

reducción en estos tiempos, se debe recurrir a la estandarización de los procesos que se realizan para la puesta a punto de las máquinas, en este caso, influyen las herramientas que se utilizan a la hora de realizar el trabajo y los elementos de sujeción que se tienen en la máquina, con esto se debe detallar en un documento todos los procedimientos a seguir y las personas que deben estar involucradas en la preparación de las máquinas.

**4.4.2 Implementación de SMED en MAPRES S.A.S.** Para la aplicación de esta herramienta se seleccionó la zona del molino, la cual abarca un proceso complejo para la puesta a punto de la máquina. En esta área se trabajan dos turnos compuesto por un operario de máquina y su respectivo auxiliar los cuales son los encargados de alistar la maquina e iniciar el proceso de producción. Los pasos que se realizaron para la aplicación de SMED en la empresa fueron:

**4.4.2.1 Etapa 1: definición de SMED a los trabajadores.** Para iniciar la implementación se procedió a realizar una charla informativa (figura 30) a los trabajadores que influyen en el molino donde se explicaba la herramienta como se observa en la figura 31, mostrando los beneficios que se pueden obtener y mejoras del proceso productivo con pequeñas acciones, además de casos de éxito en otras empresas al implementar SMED.

Figura 30. Exposición SMED

**Cambio rápido de herramienta (SMED)**

**¿Qué es SMED?**  
Es una metodología o serie de técnicas de la manufactura esbelta, que hacen posible la reducción dramática en el tiempo de alistamiento y cambio de referencia de una máquina.  
El tiempo de cambio de referencia se define como el tiempo que transcurre desde que se produce la última pieza correcta del producto A hasta que se empieza a producir la primera pieza correcta del producto B.

En el enfoque de SMED las operaciones de alistamiento o cambio de referencia se componen de actividades internas y actividades externas.

**Beneficios**

- Incremento de la capacidad de producción.
- Aumento de la flexibilidad.
- Reducción de producto rechazado en los procesos de ajuste.
- Disminución del tiempo de puesta a punto de las máquinas.
- Establece un estándar en los métodos de trabajo en cada área.

**Casos exitosos al implementar SMED**

- Tan solo 4 días
- Reducción de un 66% del tiempo empleado entre cambio de producto
- Ninguna inversión
- Potencial de disminución de un 20% o 30% más

**Etapas del proceso:**

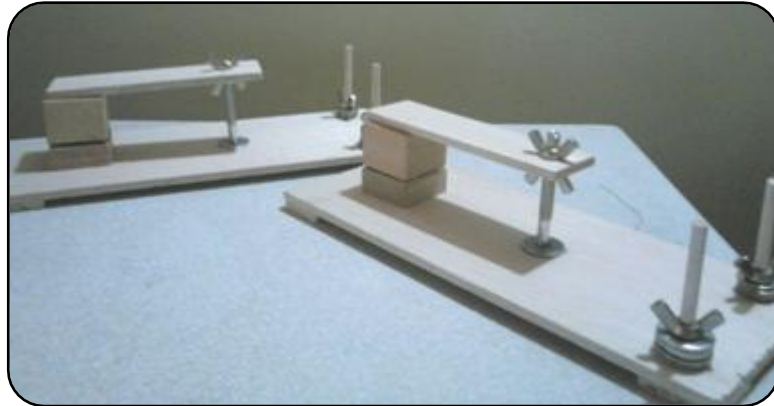
- Etapas preliminares:** Las actividades internas y externas no se distinguen.
- Primera etapa:** Separación de las actividades internas y externas.
- Segunda etapa:** Convertir las actividades internas a externas.
- Tercera etapa:** Perfeccionar las actividades internas y externas.

Figura 31. Charla explicativa del método SMED



**4.4.2.2 Etapa 2: Juego SMED.** Se realizó un juego didáctico que involucrara a los operarios para mostrar los errores comunes que se pueden llegar a realizar sin una buena estandarización de los procedimientos y de los tiempos que se pierden en desatenciones a la hora de realizar la puesta a punto de la máquina. El juego consiste en un montaje sencillo, en el cual se pedía intercambiar una de las piezas fundamentales del montaje como se ve en la figura 32, para consultar la metodología del juego leer el anexo F.

Figura 32. Montaje del juego SMED



La primera fase consistía en dejar a los operarios hacer el cambio libremente (como a ellos les pareciera mejor), en el proceso se tomaban los tiempos y procedimientos que ellos realizaban con su experiencia cumpliendo unas medidas necesarias como se ve en la figura 33, todos estos datos se anotaron en un formato.

Figura 33. Primera fase del juego SMED



La segunda fase consistió en la creación de una estandarización del proceso, estos pasos a seguir en el proceso de cambio de la pieza eran realizados y chequeados por los auxiliares quienes también tomaban los tiempos y anotaban

en otro formato como se observa en la figura 34, haciendo notar la diferencia con la primera fase del juego, donde se consiguió una reducción de 58,3% del tiempo para el primer equipo y 47,2% para el segundo.

Figura 34. Segunda fase del juego SMED



En la tercera fase del juego los participantes debían buscar propuestas de mejora con inversiones mínimas o nulas que mejoraran los tiempos en la puesta a punto. Se realizaron cambios de algunos elementos del montaje para facilitar el proceso de puesta a punto, se tomaron los tiempos y se anotaban en un formato.

Figura 35. Tercera fase del juego SMED



Al finalizar el juego se comparaban todos los tiempos de las tres fases y se procedía a dar unas conclusiones de todo lo realizado, demostrando así la importancia de la herramienta SMED de la manufactura esbelta y creando una conciencia en los empleados de mejora en el proceso.

**4.4.2.3 Etapa 3: Documentación situación actual.** El paso a seguir para implementar SMED consistió en documentar el cambio actual que se realizaba en la empresa, lo cual presento dificultad debido a que no tenían un procedimiento estándar y los dos turnos realizaban el cambio de forma distinta; para ello se habló con cada uno de los turnos, se creó un procedimiento del trabajo que ellos realizaban y se cronometró los tiempos que empleaban en cada uno de los pasos que realizaban como se observa en las tablas 6 y 7.

Tabla 6. Tiempos de cada proceso auxiliar máquina

Trabajador 1								
Actividad	Tiempo empleado	Transporte caminata	Busqueda de herramienta	Limpieza	Trabajo sobre la máquina	Otra actividad en otra zona	Esparcimiento	Tiempo de espera
Recorrido	2'38"							
Trabajo sobre el molino	0'48"							
Preparación del material	0'35"							
Transporte y preparación	0'43"							
Retorno al área de trabajo	0'54"							
Recorrido y busqueda compresor	1'57"							
Tiempo de esparcimiento	3'15"							
Recorrido y busqueda herramienta	1'53"							
Preparación del molino	4'41"							
Tiempo de espera (compresor)	3'04"							
Tiempo de preparación	0'18"							
Tiempo de espera	4'04"							
Busqueda de herramienta	0'23"							
Preparación del molino	9'04"							
Busqueda de herramienta	0'27"							
Trabajo sobre el molino	5'16"							
Recorrido y entrega de herramienta	5'43"							
Tiempo de esparcimiento	2'29"							
Tiempo de espera	12'52"							
Trabajo sobre el molino	0'23"							
Busqueda de herramienta	0'39"							
Trabajo sobre el molino	2'57"							
Transporte de herramienta	3'24"							
<b>Tiempo total</b>	<b>68'27"</b>							

Tabla 7. Tiempo de cada proceso operativo máquina

Trabajador 2								
Actividad	Tiempo empleado	Transporte caminata	Busqueda de herramienta	Limpieza	Trabajo sobre la máquina	Otra actividad en otra zona	Esparcimiento	Tiempo de espera
Limpieza de zona	4'17"							
Busqueda de herramienta	0'28"							
Recorrido	0'40"							
Tiempo de esparcimiento	1'13"							
Preparación del molino	11'17"							
Transporte y busqueda de herramienta	3'24"							
Preparación del molino	6'12"							
Busqueda de herramienta	1'02"							
Preparación del molino	4'26"							
Busqueda de herramienta	1'04"							
Preparación del molino	6'15"							
Recorrido	0'43"							
Preparación del molino	1'32"							
Busqueda de herramienta	0'33"							
Preparación del molino	16'09"							
Transporte y busqueda de herramienta	1'35"							
Preparación del molino	1'11"							
Tiempo de esparcimiento	6'25"							
Preparación del molino	35'28"							
<b>Tiempo total</b>	<b>103'24"</b>							

**4.4.2.4 Etapa 4: Estandarización.** Se realizó una estandarización del procedimiento de puesta a punto del molino, separando las operaciones externas de las internas. Se realizaron unas tablas que especifican todo lo que los operarios deben realizar. La primera tabla consiste en las operaciones internas que se realizan en la máquina de lo cual se encargara el operario del molino como se observa en la tabla 8, la segunda tabla consiste en las operaciones externas que le corresponderían al auxiliar del molino (ver tabla 9) y por ultimo una tabla de los elementos necesarios para el procedimiento como se observa en la tabla 10.

Tabla 8. Operaciones internas del molino







<p><b>Puesta a punto del molino SMED</b></p>	
<p><b>Pasos a seguir por el operario de maquina</b></p>	
<p>1. Realizar una limpieza general del molino, quitando primero los imanes internos y limpiándolos, después por medio del compresor soplar las partes internas y externas del molino incluyendo el motor, en los espacios más difíciles pasar el cepillo para que toda la maquina quede perfectamente limpia.</p>	
<p>2. Revisar el estado de las cuchillas del molino, mirando que tengan el filo adecuado para el proceso, cuando se retiren las cuchillas en mal estado, no sacar totalmente los pernos, dejando el espacio suficiente para sacar la cuchilla.</p>	
<p>3. Proceder a realizar el mantenimiento de las cuchillas que tengan el filo inadecuado o que cumplan su vida util, las cuchillas móviles se pueden afilar sin necesidad de retirarlas de su posición, mientras que las cuchillas fijas tienen que retirarse y asegurarse por medio de una prensa para proceder a afilarla.</p>	
<p>4. Analizar si el proceso a realizar necesita un cambio de criba, si es necesario y se trata de la criba para triturado fino, se deben limpiar adecuadamente los agujeros de esta, para realizar este cambio de criba es necesario quitar la cuchilla fija delantera.</p>	
<p>5. Se procede a colocar las cuchillas que se quitaron en los procesos anteriores, se debe verificar que las cuchillas móviles no golpeen con las cuchillas fijas, asegurar adecuadamente cada uno de los pernos, revisar que todo esté en su posición y asegurado.</p>	
<p>6. Cerrar adecuadamente la parte superior del molino y asegurarlo con los pesos para proceder a iniciar el proceso productivo.</p>	

Tabla 9. Operaciones externas en el molino






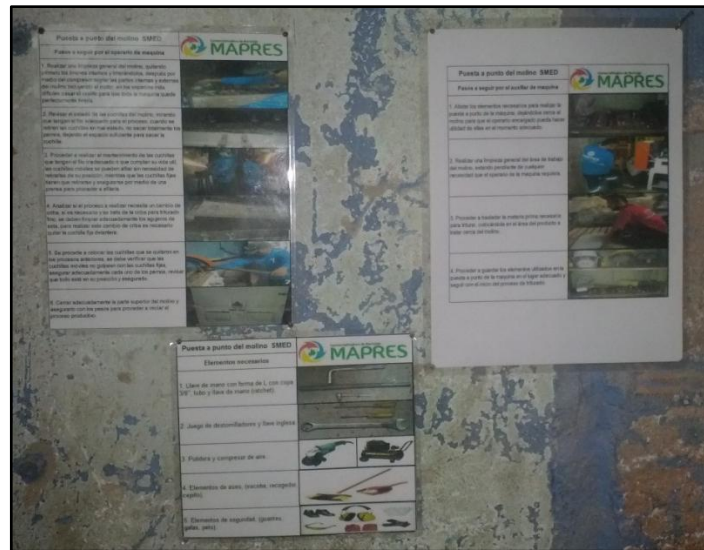
<p><b>Puesta a punto del molino SMED</b></p>	
<p><b>Pasos a seguir por el auxiliar de maquina</b></p>	
<p>1. Alistar los elementos necesarios para realizar la puesta a punto de la máquina, dejándolos cerca al molino para que el operario encargado pueda hacer utilidad de ellas en el momento adecuado.</p>	
<p>2. Realizar una limpieza general del área de trabajo del molino, estando pendiente de cualquier necesidad que el operario de la maquina requiera.</p>	
<p>3. Proceder a trasladar la materia prima necesaria para triturar, colocándola en el área del producto a tratar cerca del molino.</p>	
<p>4. Proceder a guardar los elementos utilizados en la puesta a punto de la maquina en el lugar adecuado y seguir con el inicio del proceso de triturado.</p>	

Tabla 10. Elementos necesarios para puesta a punto del molino

Puesta a punto del molino SMED	
Elementos necesarios	
1. Llave de mano con forma de L con copa 3/8", tubo y llave de mano (ratchet).	
2. Juego de destornilladores y llave inglesa.	
3. Pulidora y compresor de aire.	
4. Elementos de aseo, (escoba, recogedor, cepillo).	
5. Elementos de seguridad, (guantes, gafas, peto).	

Estas tablas fueron socializadas, laminadas y colocadas en el área del molino, para que los operarios de los dos turnos de trabajo puedan visualizarlas con facilidad y seguir el procedimiento de puesta a punto del molino aplicando el estándar que se encuentra en las tablas, la figura 36 muestra el lugar donde se ubicaron las mismas.

Figura 36. Ubicación del estándar SMED



**4.4.2.5 Etapa 5: Propuestas de mejora.** Se creó un equipo de trabajo cuyo fin es la búsqueda de mejora continua en el cambio de herramienta. Además, se propuso el alargamiento mediante soldadura en la parte inferior del molino para reducir la dificultad al hacer el cambio de herramienta, y el cambio de la platina metálica por una más larga que oculte los agujeros en las cuchillas por donde ingresa material que termina presurizado y dificulta la limpieza al hacer cambio de material.

## 4.5 KANBAN

Sistema de control y programación sincronizada de la producción cuyo fin es tirar de la producción (pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños mediante la utilización de tarjetas.

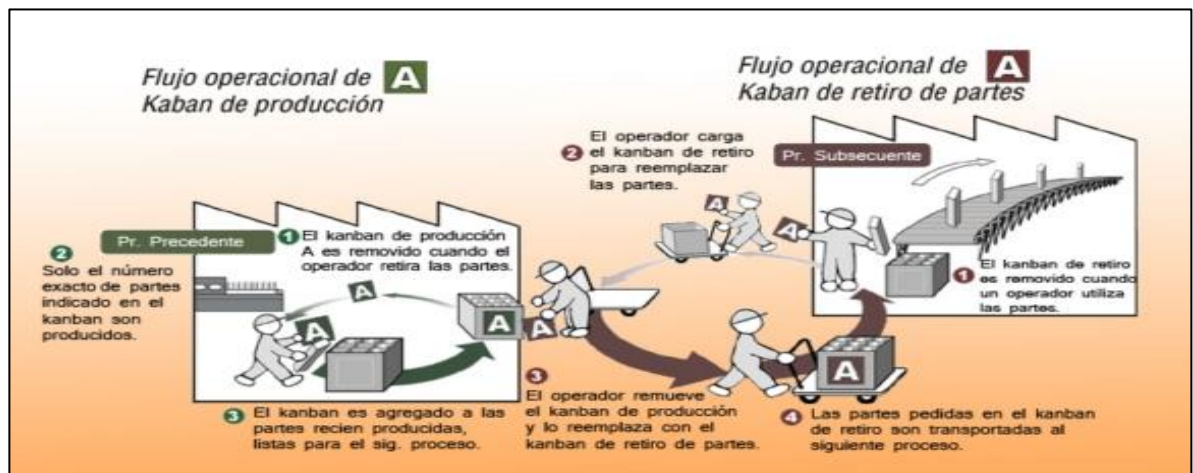
Cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y estos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo iniciando con los materiales de los proveedores hasta el producto final. Las tarjetas se adjuntan a los materiales o

productos y reflejará la cantidad necesaria y deberá corresponder a lo que contenga el contenedor o envase; estas tarjetas recogen diferente información: procedencia, lugar donde se fabricará, cantidad de piezas a producir, lugar de almacenamiento de los artículos elaborados, entre otros.

Se distinguen dos tipos de Kanban (ver figura 37)<sup>11</sup>:

- Kanban de producción: Indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior.
- Kanban de transporte o de retiro de partes: Indica qué y cuánto material se retirará del proceso anterior.

Figura 37. Tipos de Kanban



KAINAP. Filosofía Kanban. WordPress, 2013. Disponible en internet: <<https://katiapn.files.wordpress.com/2013/03/kanban.jpg>>

Para obtener una nivelación de la producción es necesario establecer un acuerdo entre las áreas de logística y de producción para establecer la variedad y cantidad a producir en un periodo mínimo de un mes, para garantizar el suministro de

<sup>11</sup> HERNÁNDEZ, Juan Carlos y VIZÁN, Antonio. Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación. Madrid: Industriales ETSII. 2013. p.48-51.

componentes y fabricar las cantidades pedidas independiente de los incidentes que surjan.

#### **4.5.1 Beneficios**

- Eliminación del stock mediante el uso mínimo de tarjetas.
- Estas tarjetas son una herramienta para asegurar alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento adecuado.

**4.5.2 Propuesta de aplicación de Kanban.** Se buscará una mejora basados en un sistema pull y se dividirá en dos tipos de tarjetas: las de transporte y las de producción. Esta herramienta servirá para:

- Empezar una operación en cualquier momento
- Dar instrucciones basados en las condiciones actuales del área de trabajo
- Prevenir que se agregue trabajo innecesario y exceso de papeleo
- Eliminación de sobreproducción
- Prioridad en la producción

**4.5.2.1 Consideraciones para desarrollar.** Para desarrollar el Kanban se tendrá en cuenta estas consideraciones:

- Determinar un sistema de calendarización que muestre la producción requerida semanal.
- Se debe establecer una ruta de Kanban que refleje el flujo de materiales, esto implica designar lugares para que no haya confusión en el manejo de materiales, se debe hacer obvio cuando el material esta fuera de su lugar.
- El uso de Kanban se encuentra ligado a sistemas de producción de lotes pequeños.
- Se debe tomar en cuenta que aquellos artículos de valor especial deberán ser tratados diferentes.

- Se debe tener buena comunicación desde el departamento de ventas a producción, para aquellos artículos cíclicos a temporada que requieren mucha producción, de manera que se avise con bastante anticipo.
- El sistema Kanban deberá ser actualizado constantemente y mejorado continuamente.<sup>12</sup>

#### **4.5.2.2 Tipos de Kanban a usar**

- **Kanban DE PRODUCCIÓN:** La información que contendrá: el material que contiene, la cantidad de producto recibido y la cantidad de producto que debe entregarse, el número de orden, lugar donde debe ser almacenado cuando sea terminado, secuencia de producción del producto.
- **Kanban DE TRANSPORTE:** Indicarán desde la zona de recolección de materia prima hasta la zona de entrega de producto terminado. Cómo debe transportarse, la ruta que debe realizar.

**4.5.2.3 Circulación de las tarjetas Kanban.** Cuando el material necesario en la zona de recepción de materia prima se encuentra listo, se recoge un Kanban de transporte y se coloca en una posición específica. Después de esto un trabajador retira un Kanban de producción de un palet de los procesos y lo coloca en una posición prefijada, realizando el trabajo que se especifica en la orden. Posteriormente, el Kanban de transporte se coloca justo después y se transporta según corresponda. El Kanban de producción retirado del palet en el proceso previo, sirve como tarjeta de orden e instrucción de trabajo que promueve el procesamiento de piezas semi-procesadas aprovisionadas desde el proceso previo. Cuando ocurre esto, la tarjeta de producción correspondiente al proceso anterior se retira de un palet de piezas semi-producidas y se reemplaza por un

---

<sup>12</sup> DYNARAX SYSTEMS. Lean manufacturing and kaizen systems. Barcelona: DYNARAX SYSTEMS, 2008.

Kanban de transporte. Es importante que el Kanban debe moverse siempre con los productos.

### 4.5.3 Implementación

**4.5.3.1 Tarjetas de producción.** Estas tarjetas (figura 38) serán usadas en las zonas de selección, molino, lavado y centrifugado e indicarán el proceso que debe realizarse y la cantidad.

Figura 38. Kanban de producción

	KANBAN DE PRODUCCIÓN			
	Tarjeta No.	2		
Material	Polipropileno			
Cantidad	16 sacos de 25 kg			
Área	Zona de molino			
Proceso a realizar	Triturado			
Prioridad	1		2	

**4.5.3.1 Tarjetas de transporte.** Estas tarjetas (figura 39) serán usadas para el transporte entre en las zonas de selección, molino, lavado y centrifugado e indicarán el área de origen y el lugar de destino.

Figura 39. Kanban de transporte

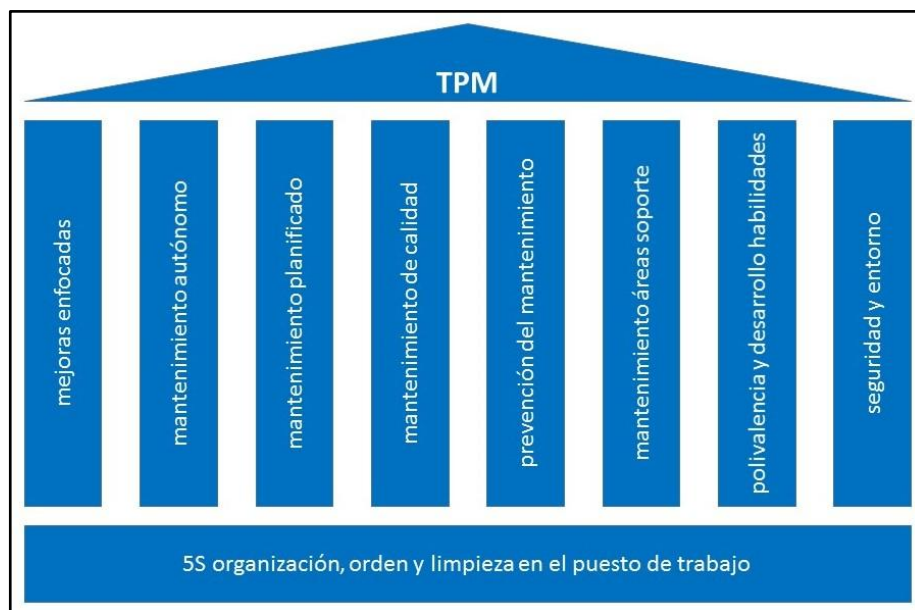
	KANBAN DE TRANSPORTE			
	Tarjeta No.	4		
Contenido	Polipropileno rojo			
Cantidad	16 sacos de 25 kg			
Área de origen	Molino			
Área de destino	Lavado y centrifugado			
Prioridad	1		2	

## 4.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las pérdidas y aumentar la eficacia a través de la participación y motivación de todos los empleados, logrando así conservar los equipos en buen estado de funcionamiento, detectándose fallas oportunamente, estas técnicas o pilares del TPM se pueden observar en la figura 40.

La eficacia en los equipos se maximiza al trabajar conjuntamente todos los departamentos eliminando las seis grandes pérdidas que son las averías al fallar los equipos, la preparación y ajustes, paradas cortas, reducción en la velocidad, defectos en los procesos y trabajos repetitivos, y, grandes tiempos en la puesta en marcha.

Figura 40. Pilares del TPM



Fuente: ROMERO, Ángel Antonio. El TPM o mantenimiento productivo total, 2015. Disponible en internet: < <http://www.angelantonioromero.com/el-tpm-o-mantenimiento-productivo-total/>>

#### **4.6.1 Beneficios**

- Todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos aportan en esta técnica.
- Todos los empleados desde alta gerencia hasta operarios se comprometen activamente en la mejora de la empresa.
- Aumentar el sentido de pertenencia del operario o grupos de trabajo hacia el equipo.
- Garantizar la calidad del producto, disponibilidad del equipo, seguridad o ergonomía del operario.
- Aumentar la habilidad del operario.

**4.6.2 Propuesta de aplicación del TPM.** Se buscará una mejora gracias a un adecuado uso del recurso humano mediante las lecciones de un punto LUP, las cuales estarán enfocadas a dos pilares del TPM: las mejoras enfocadas, seguridad y entorno. Con esta herramienta se busca mejorar la transferencia de conocimiento y habilidades de manera fácil, clara y precisa. Estas LUP contendrán tres posibles temáticas: seguridad, mejora continua o conocimiento general.

**4.6.2.1 Consideraciones para desarrollar.** Para desarrollar las lecciones de un punto se tendrá en cuenta estas consideraciones:






- Evaluar las actividades que deben ser de conocimiento general y afectan la calidad, costos, recursos humanos y seguridad.
- Formato de las LUP
- Socialización
- Personal al que va a ser dirigido

**4.6.2.2 Encargados de llevar a cabo la herramienta.** Serán desarrolladas por un miembro del área específica donde ocurre el problema o se necesita la mejora o un miembro de la gerencia. Después de desarrollar la LUP debe ser entregada a

la gerencia para su verificación. Posteriormente la gerencia se encargará de socializarla al personal para el que va dirigida la LUP<sup>13</sup>.


**4.6.3 Implementación.** La tarjeta que se usaron en esta herramienta es la observada en la figura 41. Esta tarjeta tendrá información de tipo seguridad, conocimiento general (figura 42) y mejora. Estas fueron socializadas y colocadas en las zonas a quien iba dirigida la LUP (figura 43). En el anexo E se puede apreciar las lecciones de un punto realizadas en la empresa.

Figura 41. Lección de un punto

		<b>Lección de un punto:</b> Levantamiento de bultos y/o recipientes pesados		<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad
				<input type="checkbox"/> Conocimiento general
				<input type="checkbox"/> Mejora
				
Dirigida a: Toda la zona de producción				
Socialización a cargo de: <input type="text"/>				
Personal capacitado: <input type="text"/>				

<sup>13</sup> HERNÁNDEZ, Juan Carlos y VIZÁN, Antonio. Lean manufacturing, Conceptos, técnicas e implementación. Madrid: Fundación EOI, 2013. p.75-78.


Figura 42. Lección de un punto de mejora

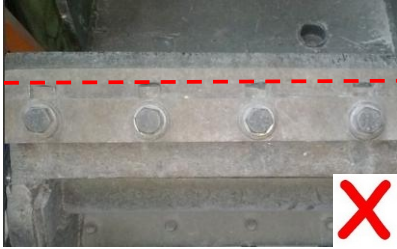


Comercializadora de Reciclaje  
**MAPRES**

**Lección de un punto: Tolerancia de las cuchillas**

<input type="checkbox"/>	Seguridad
<input checked="" type="checkbox"/>	Conocimiento general
<input type="checkbox"/>	Mejora

  
✓

  
✗

**Dirigida a:** Zona de Triturado

**Socialización a cargo de:**

**Personal capacitado:**

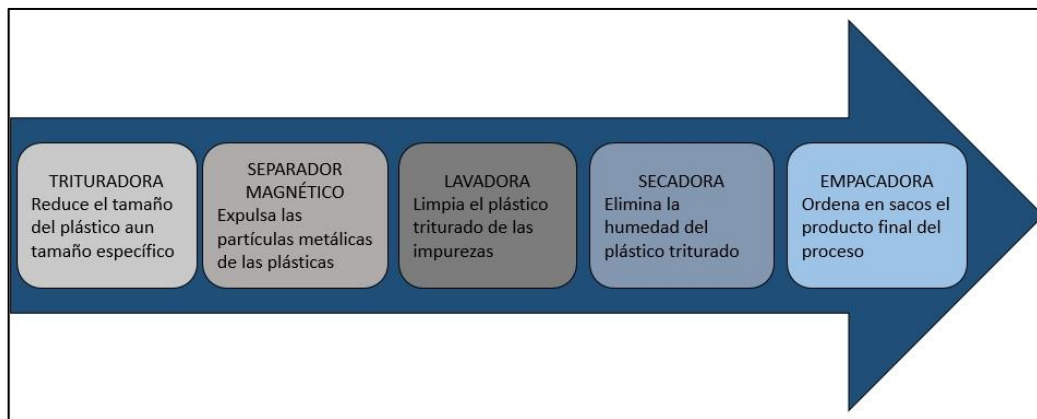

Figura 43. LUP en la empresa



## 5. DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DOS

La comercializadora de reciclaje MAPRES se encuentra actualmente en una etapa de crecimiento, lo que ha generado una demanda mayor a la oferta de la empresa; MAPRES en su búsqueda por aumentar su capacidad de producción decide obtener una nueva línea que supla la producción de 1,8 ton/día obtenida por la línea 1 (ver capítulo cuatro) a 4 ton/día. MAPRES S.A.S. desea reducir y eliminar los procesos que actualmente son realizados por 10 personas y que pueden ser realizados por una línea de producción en menor tiempo, además, desea eliminar los procesos repetidos en la línea. La nueva línea deseada por la empresa se puede apreciar en la figura 44 la cual fue propuesta directamente por la empresa resultado de un estudio comercial de los procesos usados en el tratamiento de plásticos actuales en un estándar internacional.

Figura 44. Mapa de procesos línea 2



### 5.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

Cada estación de la línea se evaluará independientemente y cada una de ellas debe cumplir la capacidad esperada de 4 ton/h.

## 5.1.1 Trituradora

### 5.1.1.1 Despliegue de la función calidad

*Requerimientos del Consumidor.* A continuación, se presentan las peticiones y demandas básicas de la empresa interesada en la trituradora:

- Cantidad de producción
- Precio
- Eficiencia energética
- Peso
- Cantidad de espacio
- Fácil uso
- Mantenibilidad
- Seguridad industrial
- Repuestos accesibles
- Bajo costo de cuchillas
- Facilidad de operación
- Manual de mantenimiento y funcionamiento

**5.1.1.2 Matriz calidad.** A partir de los resultados obtenidos al realizar el Q.F.D basados en las necesidades de los clientes y los criterios del diseñador (ver tabla 11) se obtienen los cinco principales criterios (tabla 12) que aportan más exactitud en la selección de la trituradora, siendo el primero el costo del equipo, asimismo, la capacidad de producción es un factor importante a considerar al momento de realizar las alternativas; es necesario seleccionar una máquina que tenga un bajo consumo energético, que adicionalmente tenga unas condiciones de adaptación a las características físicas de los trabajadores (ergonomía) y cuyo tamaño de grano después de la trituradora sea pequeño.

Tabla 11. Quality Function Deployment para la trituradora (QFD)

Requerimientos del cliente Vs. Requerimientos ingeniero	Consumo energético		Tipo de materiales triturados		Capacidad de producción		Repuestos en el mercado		Mantenibilidad		Costo del equipo		Tamaño		Seguridad de operación		Ergonomía		Dimensiones de tolva		Tamaño de grano		
Cantidad de producción	12	10	120	4	48	10	120	1	12	10	120	10	120	10	120	1	12	0	0	4	48	10	120
Precio	11	10	110	10	110	10	110	10	110	4	44	10	110	10	110	4	44	10	110	4	44	10	110
Eficiencia energética	10	10	100	4	40	10	100	0	0	0	0	10	100	1	10	0	0	0	0	0	0	4	40
Peso	9	10	90	10	90	10	90	0	0	1	9	10	90	10	90	0	0	10	90	10	90	4	36
Cantidad de espacio	8	4	32	10	80	10	80	0	0	0	0	10	80	10	80	0	0	10	80	10	80	10	80
Fácil uso	7	4	28	1	7	4	28	4	28	4	28	10	70	1	7	10	70	10	70	0	0	0	0
Mantenibilidad	6	4	24	4	24	4	24	10	60	10	60	10	60	1	6	10	60	4	24	0	0	4	24
Seguridad industrial	5	4	20	1	5	4	20	1	5	4	20	4	20	0	0	10	50	10	50	0	0	0	0
Repuestos accesibles	4	0	0	0	0	0	0	10	40	10	40	4	16	0	0	10	40	4	16	0	0	0	0
Bajo costo de cuchillas	3	1	3	10	30	0	0	10	30	4	12	4	12	4	12	10	30	0	0	0	0	10	30
Facilidad de operación	2	4	8	0	0	1	2	0	0	4	8	10	20	4	8	10	20	10	20	4	8	4	8
Manual de mantenimiento y funcionamiento	1	0	0	1	1	4	4	4	4	10	10	1	1	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0
Total			535		435		578		289		351		699		443		330		460		270		448

Tabla 12. Criterios de selección para trituradora

	Criterio	Valor	Porcentaje (%)
1	Costo del equipo	699	25,7
2	Capacidad de producción	578	21,3
3	Consumo energético	535	19,7
4	Ergonomía	460	16,9
5	Tamaño de grano	448	16,5
		<b>2720</b>	

### 5.1.1.3 Planteamiento de alternativas

- **Alternativa 1.** La trituradora JY-600 es poco ruidosa, sin polución, de fácil operación y fácil mantenimiento. Puede triturar elementos como tetras de acero o aluminio, latas de aleaciones de hierro con estaño, baldes de pintura en bolas y gránulos. El tamaño de grano depende del tamaño de la criba (en la figura 45 se aprecian los disponibles).

Figura 45. Línea de cribas para la empresa MAPRES



Fuente: JINYING MACHINERY MANUFACTURE FACTORY. Metal crusher [Folleto]. China: Jyjxen, 2015.

Tabla 13. Ficha técnica alternativa trituradora 1


JY-600 Metal Crushers Price	
Modelo	JY-J600
Capacidad	0,6-0,7 [th]
Potencia	22 [kw] - 54 [hp]
Tamaño	2000x1000x2000 [mm]
Precio	5784 USD
Tamaño de grano	20-30 [mm]



- **Alternativa 2.** El modelo GC400 tritura todos los tipos de latas de chatarra, latas de bebidas, cubos de pintura, escoria de metal, bastidores de bicicleta, baldosas de acero y todo tipo de plásticos. Su principio básico de operación es utilizar un martillo que golpea el material, el martillo es accionado por un motor de alto torque, los materiales son golpeados en la cámara de trituración. El modelo GC400 viene equipado con un dispositivo que elimina el polvo por medio del aire, así se garantiza un proceso de producción con una mínima contaminación de polvo.

Tabla 14. Ficha técnica alternativa trituradora 2

<b>Metal crusher machine Hernan Gelgoog</b>	
Modelo	GC400
Capacidad	0,3-0,5 [ton/h]
Potencia	18 [Kw]- 25 [hp]
Tamaño	1850*1200*920 [mm]
Precio	\$2970 USD
Tamaño de grano	3-40 [mm]



- **Alternativa 3.** El modelo JXS-600 trabaja a 900 RPM y su tamaño de alimentación es 500x600 [mm]. Tiene la capacidad de triturar metal de tamaño considerable si es aluminio, acero de tamaños medios y pequeños, y plástico de grandes dimensiones. Su inconveniente es el alto consumo energético en el arranque.

Tabla 15. Ficha técnica alternativa trituradora 3


<b>Metal crusher</b>	
Modelo	JXS-600
Capacidad	0,5-1 [ton/h]
Potencia	22 [Kw]- 30 [hp]
Tamaño	2600*1600*1450 [mm]
Precio	\$4800 USD
Tamaño de grano	10-40 [mm]



- **Alternativa 4.** El modelo MC-600 proviene de una compañía con renombre por sus altos estándares de calidad. Para un adecuado funcionamiento necesita un área de trabajo de 5 [m<sup>2</sup>]. Las cribas disponibles para este modelo son de 3 a 40 [mm] y velocidad de trabajo es 1440 RPM. Su desventaja es su incapacidad para triturar metales de grandes tamaños.

Tabla 16. Ficha técnica alternativa trituradora 4

MC-600 metal crusher machine	
Modelo	MC-600
Capacidad	0,3-0,5 [ton/h]
Potencia	18.5 [Kw]- 25 [hp]
Tamaño	1850*1200*920 [mm]
Precio	\$4427 USD
Tamaño de grano	3-40 [mm]



- **Alternativa 5.** La alternativa (figura 46) propuesta por la empresa Jingying Machinery para satisfacer el tamaño final de grano requerido por la empresa MAPRES se compone de una máquina trituradora (modelo JY-1000), que permite triturar grandes tamaños de material en partículas de tamaño medio, para pasar a una molienda (modelo JY-80) que se le alimenta de granos de tamaño medio, para convertirlos en un grano más fino.

Figura 46. Línea para la empresa MAPRES



Fuente: Gongyi Shi Jingying Machinery. Plastic Crushing line for Mr Luisa Fernanda [Folleto]. China: Jyixen, 2015.

Tabla 17. Ficha técnica alternativa trituradora 5

shredding machine	
Modelo	JY-1000
Capacidad	1,5- 2 [ton/h]
Potencia	11*2 [Kw]- 15*2 [hp]
Tamaño	2000*1200*2500 [mm]
Precio	\$7988 USD
Tamaño de grano	60-100 [mm]
JY mill	
Modelo	JY-80
Capacidad	0,5-0,8 [ton/h]
Potencia	22 [Kw]- 30 [hp]
Tamaño	2500*1200*1400 [mm]
Precio	\$4193 USD
Tamaño de grano	10-30 [mm]



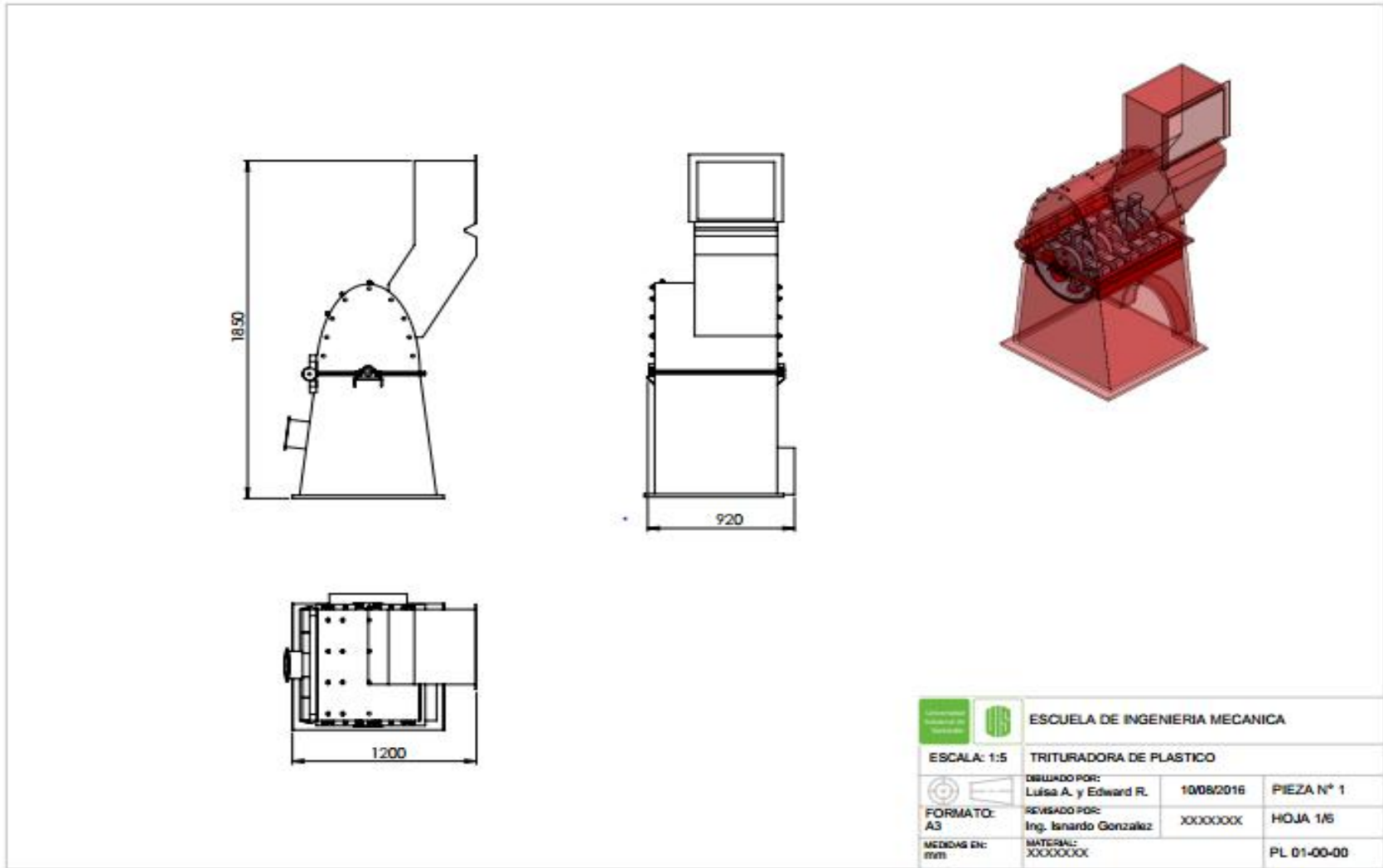
**5.1.1.4 Evaluación de alternativas.** Teniendo en cuenta las variables que se consideraron como las más importantes dentro del proceso de satisfacción del cliente (QFD) y los criterios de diseño del ingeniero, a continuación, se desarrolla una selección de la alternativa con mayor factibilidad de la siguiente forma:

Tabla 18. Evaluación de los modelos de triturado

Criterios de selección	Porcentaje	Modelos									
		JY-600		GC400		JXS-600		MC-600		JY-1000 y JY-80	
Costo del equipo	25,7	1	0,3	5	1,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3
Capacidad de producción	21,3	5	1,1	5	1,1	5	1,1	5	1,1	5	1,1
Consumo energético	19,7	1	0,2	5	1,0	3	0,6	5	1,0	1	0,2
Ergonomía	16,9	5	0,8	5	0,8	1	0,2	5	0,8	3	0,5
Tamaño de grano	16,5	5	0,8	5	0,8	5	0,8	5	0,8	3	0,5
Total	100		3,2		5,0		2,9		4,0		2,5

**5.1.1.5 Especificación de alternativa ganadora.** Considerando la ponderación realizada anteriormente, se concluye que la alternativa de solución 2, modelo GC400 es aquella que responde de manera más adecuada a los principales requerimientos exigidos por el cliente. Para más información sobre el modelo GC400 ver anexo G y para apreciar los planos ver anexo M.

Figura 47. Trituradora de plástico



## 5.1.2 Separador magnético

### 5.1.2.1 Despliegue de la función calidad

*Requerimientos del Consumidor.* A continuación, se presentan las peticiones y demandas proporcionadas para el separador de metales:

- Cantidad de producción
- Precio
- Eficiencia energética
- Peso
- Cantidad de espacio
- Fácil uso
- Mantenibilidad
- Seguridad industrial
- Efectividad
- Facilidad de operación
- Manual de mantenimiento y funcionamiento

**5.1.2.2 Matriz calidad.** A partir de los resultados obtenidos al realizar el Q.F.D basados en las necesidades de los clientes y los criterios del diseñador (ver anexo K) se obtienen los cuatro principales criterios (tabla 19) con los que se realizara la selección del separador de metal, siendo el primero el costo del equipo, seguido de la capacidad de producción; es necesario seleccionar una máquina que tenga un bajo consumo energético y cuyas dimensiones sean apropiadas para el espacio disponible en la empresa.

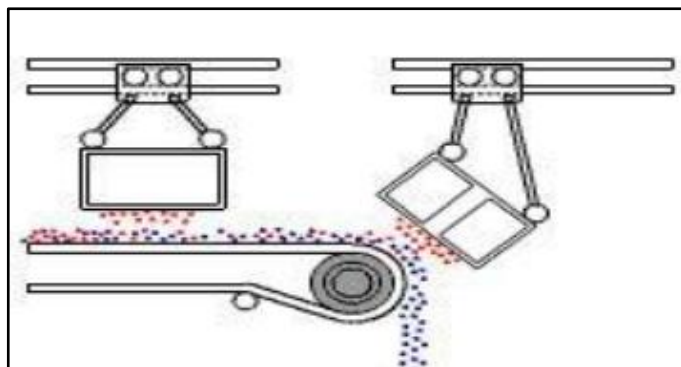
Tabla 19. Criterios de selección del separador magnético

	Criterio	Valor	Porcentaje (%)
1	Costo del equipo	710	30.8
2	Capacidad de producción	547	23.7
3	Consumo energético	505	21.9
4	Dimensiones del equipo	542	23.5
		2304	

### 5.1.2.3 Planteamiento de alternativas

- Alternativa 1.** El modelo MC03-60L es un separador magnético puede trabajar 24 horas al día, se proporciona un gancho regulable de su sistema de suspensión para ajustar la altura de la instalación. Se descargan los metales manualmente. Puede tener dos maneras de instalarse (figura 48). El panel de control rectificador se utiliza para regular la potencia y controlar el funcionamiento del separador magnético, es controlado por la parte inferior del gabinete. Es a prueba de agua, anti-polvo y antiséptico y tiene protección si su uso es al aire libre.


Figura 48. Instalación del separador magnético



Fuente: YUEYANG ZHIYUAN ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGY CO. Quotation of complete set of conveyor belt magnetic separator [Cotización]. China: Yueyang Zhiyuan, 2016.

Tabla 20. Ficha técnica alternativa 1 del separador magnético

<b>Separador magnético</b>	
Modelo	MC03-60L
Potencia	1,49 [kw]-2 [hp]
Peso	0,318 [ton]
Diámetro	600 [mm]
Altura de suspensión	180 [mm]
Precio	1570 USD
<b>Panel de control rectificador</b>	
Modelo	SSTM-1.5 D-D
Potencia	1,49 [kw]-2 [hp]
Peso	0,100 [ton]
Diámetro	600 [mm]
Dimensiones	900x450x1200 [mm]
Precio	730 USD



- **Alternativa 2.** El modelo JY5 es un tipo de separador metálico que basa su funcionamiento en una banda transportadora, la cual es alimentada en su parte inicial con el material triturado, en la parte final de la banda se encuentra un separador magnético de tambor envolvente rotativo, que dispone de un circuito magnético fijo, el cual atrae los elementos metálicos a la parte inferior de la banda y cuando se alejan del tambor magnético caen por gravedad a un deposito.

Tabla 21. Ficha técnica alternativa 2 del separador magnético

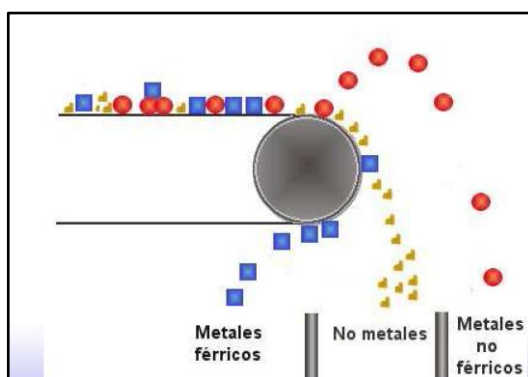
<b>Banda transportadora con separador magnético</b>	
Modelo	JY 5
Potencia	2,24 [kw] -3 [hp]
Peso	0,500 [ton]
Ancho	500 [mm]
Longitud	5000 [mm]
Precio	2450 USD



- **Alternativa 3.** El modelo LCS-50 funciona bajo el principio físico de las corrientes de Foucault está basado en un campo magnético alternativo, es

decir, un campo magnético donde el polo sur y el polo norte cambian alternativamente. El elemento separador es un rotor magnético provisto de imanes permanentes de neodimio de alta remanencia. Como se aprecia en la figura 49 se observa el comportamiento que tendrán los distintos materiales. Para ambientes externos e internos, con condiciones de ambiente de -25°C / 40°C. Carcasa en acero al carbón Q235.


Figura 49. Separación por corrientes de Foucault



Fuente: OJEDA, Mariano. Identificación y separación de plásticos. Buenos Aires: Blogspot, sept. 2012 [Citado febrero 05, 2016]. Disponible en internet: <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2012/09/equipos-y-tecnologias-para-la.html>>

Tabla 22. Ficha técnica alternativa 3 del separador magnético

<b>Separador por corrientes de Foucault</b>	
Modelo	LECS-50
Potencia	4,5 [kw]-6 [hp]
Peso	1,100 [ton]
Ancho	500 [mm]
Dimensiones	2200x1750x1100 [mm]
Precio	18900 USD




- **Alternativa 4.** El modelo ECS60 funciona bajo el mismo principio de la alternativa 3. La velocidad del rotor de Foucault es de 0 – 3000 r/min, con un ancho de banda de 800 [mm] y una velocidad de banda de 0 – 1,5 [m/s]. En el rotor de Foucault se incluyen la banda transportadora de material, y

motorreductores, lo cual hace que esta maquinaria ocupe más espacio en el cual se localice.

Tabla 23. Ficha técnica alternativa 4 del separador magnético

Separador por corrientes de Foucault	
Modelo	ECS60
Potencia	7,5 [kw]-10 [hp]
Peso	2,800 [ton]
Ancho	800 [mm]
Dimensiones	3760x1725x1285 [mm]
Precio	76000 USD



- **Alternativa 5.** El modelo ECS65 maneja el mismo principio de funcionamiento con el cual trabajan las alternativas 3 y 4. La velocidad del rotor de Foucault es de 0 – 3600 r/min, con un ancho de banda de 600 [mm] y una velocidad de banda de 0 – 2,5 [m/s]. En el rotor de Foucault se incluyen la banda transportadora de material, motorreductores, y depósitos para los elementos metálicos extraídos en el proceso.

Tabla 24. Ficha técnica alternativa 5 separador magnético

Separador por corrientes de Foucault	
Modelo	ECS65
Potencia	12,7 [kw]-17 [hp]
Peso	6,300 [ton]
Ancho	600 [mm]
Dimensiones	5200x2850x2550 [mm]
Precio	74000 USD



**5.1.2.4 Evaluación de alternativas.** Teniendo en cuenta los cuatro criterios seleccionados que cumplen la satisfacción del cliente (QFD) y los criterios de diseño del ingeniero, a continuación, se desarrolla una selección de la alternativa más viable de la siguiente manera:

Tabla 25. Evaluación de los modelos de separadores de metal

Criterios de selección	Porcentaje (%)	Modelos									
		MC03-60L		JY5		LECS-50		ECS5		ECS60	
Costo del equipo	30.8	3	0.9	5	1.5	1	0.3	1	0.3	1	0.3
Capacidad de producción	23.7	5	1.2	5	1.2	5	1.2	5	1.2	5	1.2
Dimensiones del equipo	23.5	5	1.2	5	1.2	3	0.7	1	0.2	1	0.2
Consumo energético	21.9	5	1.1	5	1.1	5	1.1	3	0.7	3	0.7
TOTAL	100		4.4		5.0		3.3		2.4		2.4

**5.1.2.5 Conclusión de las alternativas.** La opción que cumple con los criterios de selección es la alternativa 2: modelo JY5, pero este separador magnético de tambor solo separa materiales ferrosos, lo que haría necesario pasar el material por un proceso de separación por densidades para el metal no ferroso, así que la inversión de 2450 USD no es viable. El separador magnético que funciona con el principio de corrientes de Foucault, cumple con la separación de todo tipo de metales, pero es inviable por su elevado costo (mínima inversión de 18900 USD); debido a estos motivos no se utilizará un separador magnético en la línea 2, ninguna de las opciones es viable para llevar a cabo en la empresa.

### 5.1.3 Lavadora

#### 5.1.3.1 Despliegue de la función calidad

*Requerimientos del Consumidor* A continuación se presentan las peticiones y demandas básicas de los interesados en la lavadora:

- Cantidad de producción
- Precio
- Eficiencia energética
- Peso
- Cantidad de espacio

- Fácil uso
- Mantenibilidad
- Seguridad industrial
- Repuestos accesibles
- Bajo costo de cuchillas
- Facilidad de operación
- Manual de mantenimiento y funcionamiento

**5.1.3.2 Matriz calidad.** A partir de los resultados obtenidos al realizar el Q.F.D basados en las necesidades de los clientes y los criterios del diseñador (ver anexo K) se obtienen los cuatro principales criterios (tabla 26) que aportan más calidad en la selección de la lavadora, siendo el primero el precio el costo del equipo, seguido de las dimensiones de la máquina; el tercer factor que más aporta calidad es la capacidad de producción y finalmente, el consumo energético.

Tabla 26. Criterios de selección de lavadora

	Criterio	Valor	Porcentaje (%)
1	Dimensiones máquina	534	27
2	Costo del equipo	598	30
3	Capacidad de producción	456	23
4	consumo energético	400	20
Totales		1988	100


### 5.1.3.3 Planteamiento de alternativas

- **Alternativa 1.** El módulo MAFL 1240 es fabricado en acero inoxidable e incluye extracción superior flotantes e inferior para sumergibles/residuos; auto-extracción de materiales/residuos mediante sinfín; la salida del material puede ser por rodillos, cangilones, sinfín o bombo perforado y palas de avance del material con moto-reductor, panel eléctrico. El modelo tiene dos sinfines: uno de extracción y otro de elevación, el sinfín de extracción es utilizado en un

sistema de autolimpieza que extrae los sólidos, el sinfín descarga por el centro reduciendo el sobre-esfuerzo de transportar los residuos a los extremos. El diámetro del sinfín de elevación es de 300 [mm].

Tabla 27. Ficha técnica alternativa lavadora 1


shredding machine	
Modelo	MAFL1240
Capacidad	1- 2 [ton/h]
Potencia	7,45 [Kw]- 10 [hp]
Tamaño	4530*34650*2745 [mm]
Precio	32580 USD
Peso	1,6 [ton]



- **Alternativa 2.** La lavadora SJ-650 tiene un sistema de drenaje de suciedad. Esta lavadora es elaborada en acero inoxidable y tiene un peso de 600 Kg. Trabaja a altas velocidad de rotación, lo que permite que la arena y la suciedad sean separados. Este sistema incluye un elevador con un tornillo de 300 [mm] de diámetro y con una velocidad de rotación de 140 [rpm].

Tabla 28. Ficha técnica alternativa de lavadora 2

SJ-650 washing machine	
Modelo	SJ-650
Capacidad	0,5 [ton/h]
Potencia	30 + 3 [Kw]- 40 + 4 [hp]
Tamaño	2350*1200*2100 [mm]
Precio	\$2800 USD
Peso	1,2 [Hp]




- **Alternativa 3.** El modelo ASG-5 es fabricado en acero de alta resistencia y manufacturado por soldadura de gas, tiene un diámetro de rotor de 550 [mm] realizado de acero 45 fosfatado que trabaja a 1080 [rpm], el número de hojas

en el rotor es 36 que son realizados en acero inoxidable AISI 304. La parte inferior del equipo permite la limpieza de las contaminaciones.

Tabla 29. Ficha técnica alternativa de lavadora 3


High Speed Washer	
Modelo	ASG-5
Capacidad	0,5 [ton/h]
Potencia	30 [Kw]- 40,2 [hp]
Tamaño	2850*1100*2400 [mm]
Precio	15000 USD
Peso	2 [ton]



- **Alternativa 4.** Es elaborada de acero inoxidable. Posee un tambor que tiene pequeños agujeros que permiten el desagüe fácilmente. Su motor eléctrico funciona gracias a un motor eléctrico de 22 [KW], dándole una velocidad de giro de rota a 1500 [rpm].

Tabla 30. Ficha técnica alternativa de lavadora 4

Friction machine	
Modelo	FHWP
Capacidad	0,3 a 0,5 [ton/h]
Potencia	22 [Kw]- 29,5 [hp]
Tamaño	4100*3200*1980 [mm]
Precio	5765 USD
Peso	3,7 [ton]



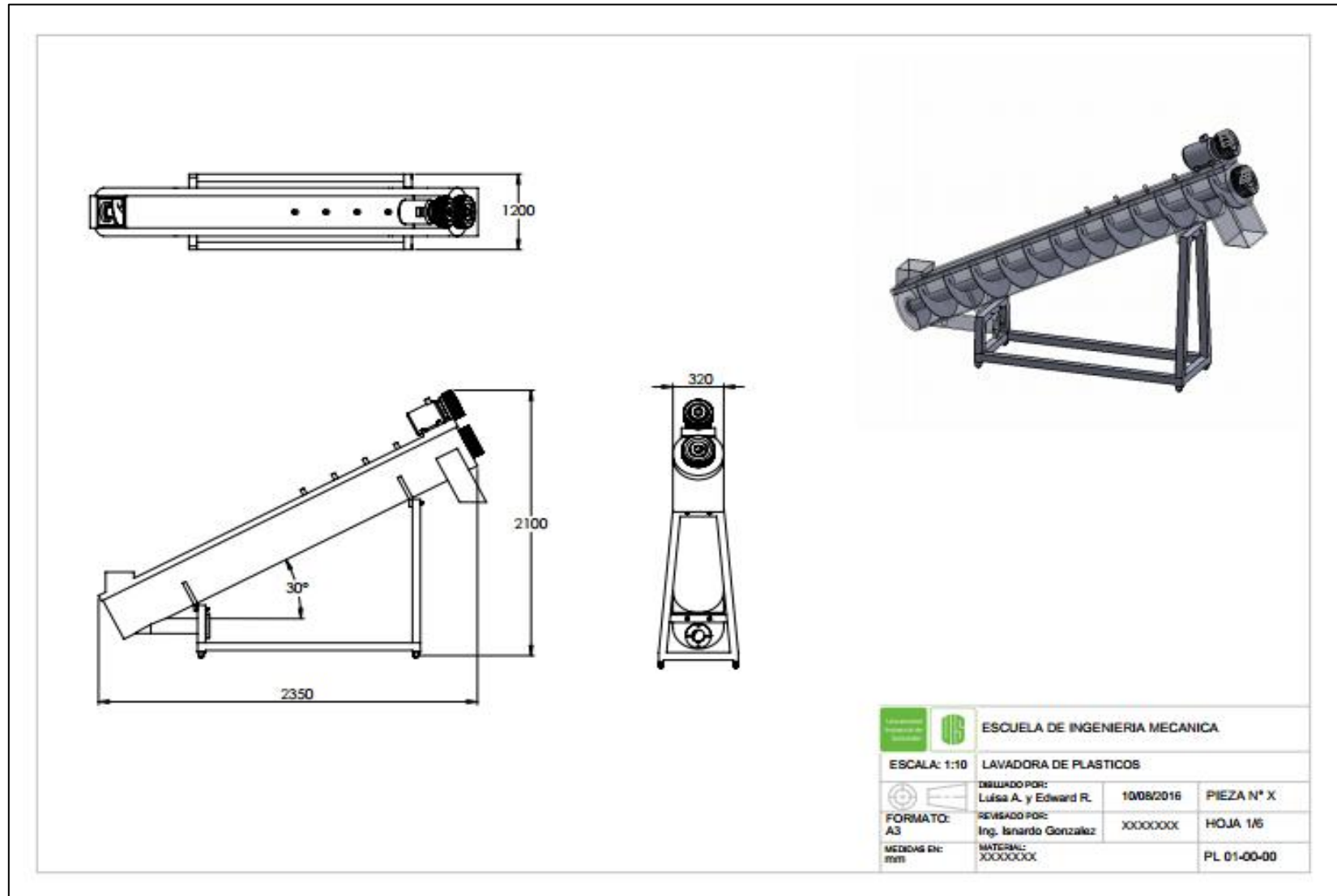
**5.1.3.4 Evaluación de alternativas.** Teniendo en cuenta las variables que se consideraron como las más importantes dentro del proceso de satisfacción del cliente (QFD) y los caracteres de diseño del ingeniero, a continuación, se desarrolla una selección de la alternativa con mayor factibilidad de la siguiente forma:

Tabla 31. Evaluación de los modelos de lavadoras

Criterios de selección	Porcentaje (%)	Modelos							
		MAFL 1240		SJ-650		ASG-5		FHWP	
Costo del equipo	30,8	1	0,308	5	1,54	1	0,308	3	0,924
Capacidad de producción	23,7	5	1,185	3	0,711	3	0,711	3	0,711
Dimensiones del equipo	23,5	3	0,705	5	1,175	5	1,175	3	0,705
Consumo energético	21,9	5	1,095	1	0,219	1	0,219	3	0,657
TOTAL	100		3,293		3,645		2,413		2,997

**5.1.3.5 Especificación de alternativa ganadora.** Considerando la ponderación realizada anteriormente, se concluye que la alternativa de solución 2: modelo SJ650 es aquella que responde de manera más adecuada a los principales requerimientos exigidos por el cliente. Para más información sobre el modelo SJ650 ver anexo G y para observar los planos de esta máquina dirigirse al anexo M.

Figura 50. Lavadora



## 5.1.4 Secadora

### 5.1.4.1 Despliegue de la función calidad

*Requerimientos del Consumidor.* A continuación, se presentan las peticiones y demandas básicas de los interesados en la secadora de plástico:

- Cantidad de producción
- Precio
- Eficiencia energética
- Peso
- Cantidad de espacio
- Capacidad de secado
- Fácil uso
- Mantenibilidad
- Seguridad industrial
- Facilidad de operación
- Manual de mantenimiento y funcionamiento

**5.1.4.2 Matriz calidad.** A partir de los resultados obtenidos al realizar el Q.F.D basados en las necesidades de los clientes y los criterios del diseñador (ver anexo K) se obtienen los cuatro principales criterios (tabla 32) que aportan más calidad en la selección de la secadora de plástico, teniendo como el de mayor importancia el costo del equipo, seguidamente, la capacidad de producción es un factor importante a considerar al momento de seleccionar las alternativas; es necesaria una máquina que tenga un bajo consumo energético y dimensiones óptimas para el diseño de la línea.

Tabla 32. Criterios de selección para secadora


	Criterio	Valor	Porcentaje (%)
1	Costo del equipo	740	32
2	Capacidad de producción	609	26
3	Consumo energético	492	21
4	Dimensiones del equipo	491	21
Totales		2332	100

#### 5.1.4.3 Planteamiento de alternativas

- **Alternativa 1.** El modelo VDM es un secador de plástico granulado que consta de un ventilador, un calentador y un rotor interno, basándose en los secadores de depósito de aire caliente para el proceso de secado del plástico. El plástico granulado es alimentado por un cargador en el depósito de alimentación pasando después a un depósito de alimentación secante, el cual cumple la función de elevar la temperatura con aire caliente y así realizar el secado del plástico en el proceso.

Tabla 33. Ficha técnica alternativa de secadora 1

<b>Secadora de plástico granulado</b>	
Modelo	VDM
Potencia	4,1 [kw]-5,5 [hp]
Velocidad del rotor	1200 [rpm]
Peso	0,580 [ton]
Dimensiones	1800x800x2250 [mm]
Precio	3,700 USD




- **Alternativa 2.** El modelo PHC500 basa su funcionamiento en el secado centrífugo, el cual brinda gran velocidad de trabajo para que el rotor desplace el plástico granulado y por medio de la fricción con unas mallas especiales se pueda realizar la función de secado del material. Esta máquina tiene la tolva alimentadora en la parte superior donde se debe transportar el material

húmedo, cuando se realiza el secado del plástico este se extrae de la parte inferior izquierda donde el material puede proceder al proceso empacado.

Tabla 34. Ficha técnica alternativa de secadora 2


<b>Horizontal centrifugal dewatering machine</b>	
Modelo	PHC-500
Potencia	75 [kw]-100,6 [hp]
Velocidad del rotor	1500 [rpm]
Peso	3,500 [ton]
Dimensiones	3500x1800x1800 [mm]
Precio	9,000 USD



- **Alternativa 3.** El modelo KF-G500KG tiene un diseño compacto el cual permite el uso del secador directamente sobre la maquina procesadora, este modelo funciona con el principio de expansión de aire seco. Bajo este principio, el aire comprimido se expande a presión atmosférica, con este tipo de tecnología el plástico granulado se puede secar bajo un rango de temperaturas que se pueden variar según el tipo de material y las condiciones a las cuales se desee realizar el proceso de secado.

Tabla 35. Ficha técnica alternativa de secadora 3

<b>Hopper dryer</b>	
Modelo	KF-G500KG
Potencia	20 [kw]- 27 [hp]
Potencia del ventilador	0,75 [kw] - 1 [hp]
Peso	0,230 [ton]
Dimensiones	1450x1100x1800 [mm]
Precio	1,190 USD




- **Alternativa 4.** El modelo XC-G800KG basa su funcionamiento en el principio de expansión de aire seco, el cual también ofrece la capacidad de calentar este mismo aire y mejorar la capacidad de secado de material plástico sin afectar

sus características, ya que se pueden variar las temperaturas de operación. El material es alimentado por la parte superior de la máquina y evacuado al final de la operación por la parte inferior de esta.

Tabla 36. Ficha técnica alternativa de secadora 4


Xiecheng machinery	
Modelo	XC-G800KG
Potencia	30 [kw] - 40,2 [hp]
Potencia del ventilador	2,2 [kw] - 3[hp]
Peso	0,380 [ton]
Dimensiones	1770x1180x2540 [mm]
Precio	1,500 USD



- **Alternativa 5.** El modelo XCD-1500U ofrece un diseño más robusto con el cual se puede procesar más material para su posterior secado, este modelo en forma de silo basa su funcionamiento en el principio de expansión de aire seco tratado en las dos alternativas anteriores, pero esta ofrece una mayor capacidad de secado para más cantidad de material, pero teniendo un mayor consumo energético para la realización de dicha operación de secado.

Tabla 37. Ficha técnica alternativa de secadora 5

Xiecheng machinery	
Modelo	XCD-1500U
Potencia	32 [kw] - 43 [hp]
Potencia del ventilador	1,1 [kw] - 1,5[hp]
Peso	0,495 [ton]
Dimensiones	2950x1542x1250 [mm]
Precio	3,700 USD



**5.1.4.4 Evaluación de alternativas.** Teniendo en cuenta las variables que se consideraron como las más importantes dentro del proceso de satisfacción del

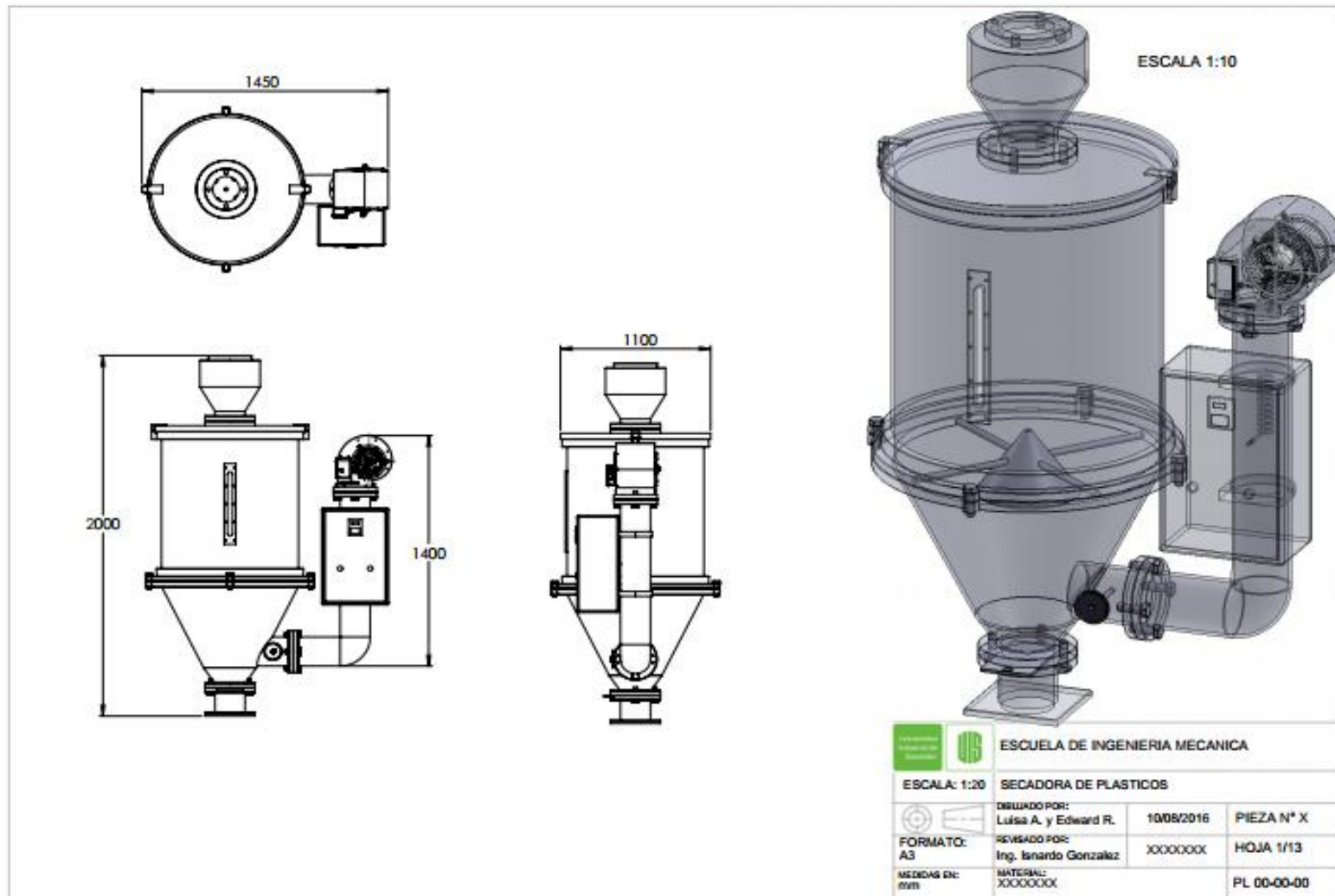
cliente (QFD) y los criterios de diseño del ingeniero, a continuación, se desarrolla una selección de la alternativa con mayor factibilidad de la siguiente forma:

Tabla 38. Evaluación de los modelos de las secadoras

Criterios de selección	Porcentaje (%)	Modelos									
		VDM		PHC-500		KF-G500KG		XC-G800KG		XCD-1500U	
Costo del equipo	32	1	0.32	1	0.32	5	1.6	5	1.6	1	0.32
Capacidad de producción	26	5	1.3	5	1.3	5	1.3	5	1.3	5	1.3
Consumo energético	21	5	1.05	1	0.21	5	1.05	3	0.63	3	0.63
Dimensiones del equipo	21	3	0.63	1	0.21	5	1.05	5	1.05	3	0.63
TOTAL	100		3.3		2.04		5		4.58		2.88

**5.1.4.5 Especificación de alternativa ganadora.** Con la realización de la evaluación de las alternativas de acuerdo a los criterios anteriormente especificados, se obtuvo que la alternativa ganadora es la que contiene al modelo KF-G500KG (para ver más información ver anexo G y los planos de la maquina se encuentran en el anexo M), el cual basa su funcionamiento en el principio de aire seco, el cual puede calentarse a medida que se requiera, el aire es impulsado por un ventilador de potencia de 1 [hp], el cual hace circular el aire caliente hacia el plástico granulado que es alimentado por la parte superior, cuando se finaliza el proceso de secado de las partículas, estas son evacuadas por la parte inferior para el proceso siguiente. Este modelo presenta un diseño compacto lo cual facilita su instalación en el lugar que se requiera sin ocupar gran espacio y con ello facilita su posterior mantenimiento y operación en el proceso.

Figura 51. Secadora



## 5.1.5 Empacadora

**5.1.5.1 Despliegue de la función calidad.** A continuación, se presentan las peticiones y demandas básicas de los interesados en la empacadora:

- Cantidad de producción
- Precio
- Eficiencia energética
- Peso
- Cantidad de espacio
- Fácil uso
- Mantenibilidad
- Seguridad industrial
- Efectividad
- Facilidad de operación
- Manual de mantenimiento y funcionamiento

**5.1.5.2 Matriz calidad.** Al analizar los resultados obtenidos por medio del Q.F.D basados en las necesidades de los clientes y los criterios del diseñador (ver anexo K) se obtienen los cuatro principales criterios (tabla 39) que aportan más calidad en la adecuada selección de la empacadora, primero se tendrá en cuenta el costo de la empacadora, asimismo, la capacidad de producción es un factor importante a considerar al momento de analizar las alternativas; es necesario seleccionar una máquina que cumpla con las dimensiones adecuadas para el espacio a ocupar para esta operación y que su consumo energético sea el mejor para el proceso a realizar.

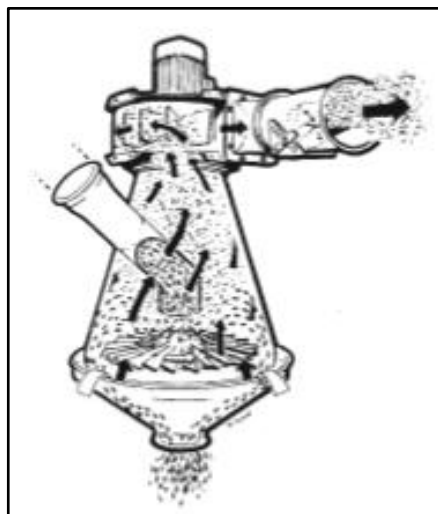
Tabla 39. Criterios de selección para la empacadora

	Criterio	Valor	Porcentaje (%)
1	Costo del equipo	710	33
2	Capacidad de producción	575	26
3	Dimensiones del equipo	445	21
4	Consumo energetico	427	20
		2157	100

### 5.1.5.3 Planteamiento de alternativas

- **Alternativa 1.** El modelo KIA 20, es un aspirador que cumple la función de limpiar el material que es introducido por la parte superior por medio de gravedad, este cae sobre un flujo de aire ascendente, el cual es generado por un ventilador montado en el propio aspirador. El polvo y las impurezas más ligeras son arrastrados por este flujo de aire a través del ventilador, mientras que el material libre de polvo cae por la boca inferior de descarga a un saco donde se almacenara el producto final del proceso, este funcionamiento se muestra en la figura 52.

Figura 52. Funcionamiento KIA 20



Fuente: KONGSKILDE. KIA 12/20/60 [Folleto]. Dinamarca: Kongskilde, 2016.

Tabla 40. Ficha técnica alternativa empacadora 1

KONGSKILDE	
Modelo	KIA 20
Potencia	2,2 [kw] - 3 [hp]
Velocidad del motor	3000 [rpm]
Peso	0,108 [ton]
Dimensiones	1633x730x730 [mm]
Precio	2,200 USD



- **Alternativa 2.** Con el modelo MPA-2000 se consigue extraer del plástico triturado todas las partículas con menor peso procedentes del proceso de secado, dejando un material homogenizado y limpio de polvo. Las partículas de polvo son evacuadas por el ventilador hacia un depósito localizado, mientras que las partículas de plástico son extraídas por la parte inferior, donde se ubica el respectivo saco para el almacenamiento del material.

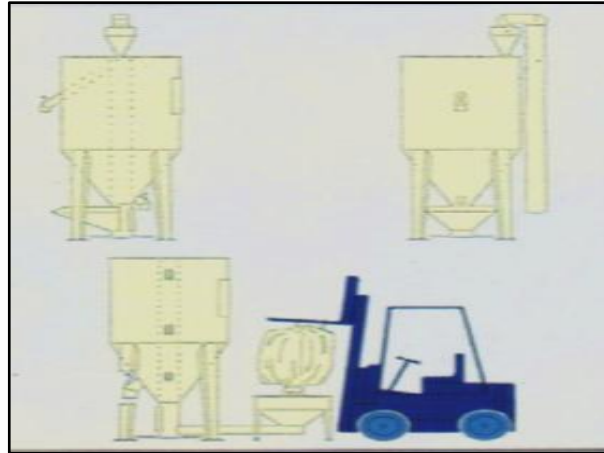
Tabla 41. Ficha técnica alternativa empacadora 2

MAYPER	
Modelo	MPA-2000
Potencia	4,5 [kw] - 6 [hp]
Velocidad del motor	3000 [rpm]
Peso	0,450 [ton]
Dimensiones	3450x1450x1300 [mm]
Precio	6,600 USD



- **Alternativa 3.** El modelo MV 15, es un silo que puede funcionar para el almacenaje, homogenización y secado de materiales, el material es introducido por la parte superior donde un ventilador succiona las partículas que salen del proceso de secado y lo almacena en el silo. Para evacuar las partículas se evacuan por la parte inferior hacia un contenedor donde se puede empacar el material en sus respectivos sacos, como se puede observar en la figura 53.


Figura 53. Empacado para el silo



Fuente: MAYPER. Silos mezcladores-secadores [Folleto]. Valencia: marecuplast, 2016.

Tabla 42. Ficha técnica alternativa empacadora 3

MAYPER	
Modelo	MV-15
Potencia	4,1 [kw] - 5,5 [hp]
Velocidad del motor	3000 [rpm]
Peso	0,500 [ton]
Dimensiones	3250x1600x1600 [mm]
Precio	8,400 USD



- Alternativa 4.** El modelo EN STD es una maquina totalmente automatizada, la cual cumple la función de empacar el material triturado proveniente del proceso de secado, está equipada con electrónica y servomotores de última generación, con capacidad de memorización de formatos y cambio de todos los parámetros de forma rápida y sencilla. El material es introducido por la parte superior de la maquina la cual prepara el saco para el respectivo llenado y sellado del mismo, estos sacos salen con un peso específico de 25 [kg] para el posterior almacenaje.

Tabla 43. Ficha técnica alternativa empacadora 4

IRTA GROUP	
Modelo	EN STD
Consumo de energía	5,5 [Kva]
Rendimiento máximo	110 [ciclos/min]
Peso	1,100 [ton]
Dimensiones	2250x1800x1900 [mm]
Precio	22,000 USD



- **Alternativa 5.** El modelo KF-G500KG es la alternativa ganadora para realizar el secado en la línea de producción, esta máquina después del proceso de secado evacua el material por la parte inferior, donde se puede aprovechar para realizar el proceso de empacado con una respectiva estructura para la misma, lo cual facilite este proceso.

Tabla 44. Ficha técnica alternativa empacadora 5

Hopper dryer	
Modelo	KF-G500KG
Potencia	20 [kw]- 27 [hp]
Potencia del ventilador	0,75 [kw] - 1 [hp]
Peso	0,230 [ton]
Dimensiones	1450x1100x1800 [mm]
Precio	1,190 USD



**5.1.5.4 Evaluación de alternativas.** Teniendo en cuenta las variables que se consideraron como las más importantes dentro del proceso de satisfacción del cliente (QFD) y los criterios de diseño del ingeniero, a continuación, se desarrolla una selección de la alternativa con mayor factibilidad de la siguiente forma:

Tabla 45. Evaluación de los modelos de las empacadoras

Criterios de selección	Porcentaje (%)	Modelos									
		KIA 20		MPA-2000		MV-15		EN STD		KF-G500KG	
Costo del equipo	33	3	1.0	1	0.3	1	0.3	1	0.3	5	1.7
Capacidad de producción	26	5	1.3	5	1.3	5	1.3	5	1.3	5	1.3
Dimensiones del equipo	21	5	1.1	3	0.6	1	0.2	5	1.1	5	1.1
Consumo energético	20	5	1.0	5	1.0	5	1.0	5	1.0	5	1.0
TOTAL	100		4.3		3.3		2.8		3.7		5.0

**5.1.5.5 Especificación de alternativa ganadora.** Al realizar la evaluación de las alternativas de acuerdo a los criterios anteriormente especificados, se obtuvo que la alternativa ganadora es la que contiene al modelo KF-G500KG, con el cual se busca facilitar el proceso de empacado del material y la reducción de costos en la línea, aprovechando que el material es evacuado por la parte inferior de la maquina proveniente del proceso de secado, la cual tendrá una estructura para facilitar el proceso de empacado. Para proceder a realizar el empacado se deberá ajustar el saco en la estructura para que la maquina pueda comenzar a llenar el mismo, seguidamente el operario proceder a sellar el saco y retirarlo para proceder con el siguiente saco.

## 5.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Al realizar un análisis de los sistemas de transporte disponibles en el mercado, se encuentra como opción más viable un transportador por tornillo sin fin. El sistema de transporte se basa en los criterios de la asociación de fabricantes de equipos de transporte CEMA. Todo el proceso de selección puede consultarse en el anexo H, donde también se encontrarán las dimensiones y componentes del sistema helicoidal.

Inicialmente se procedió a recopilar los criterios de selección; seguidamente se selecciona el diámetro y velocidad del tornillo, obteniendo como resultado un

diámetro de 9” que cumplía la capacidad requerida y soportaba el tamaño de las partículas que circularán por el helicoidal. La velocidad es seleccionada con el diámetro del tornillo y su capacidad, obteniendo 6 revoluciones por minuto.

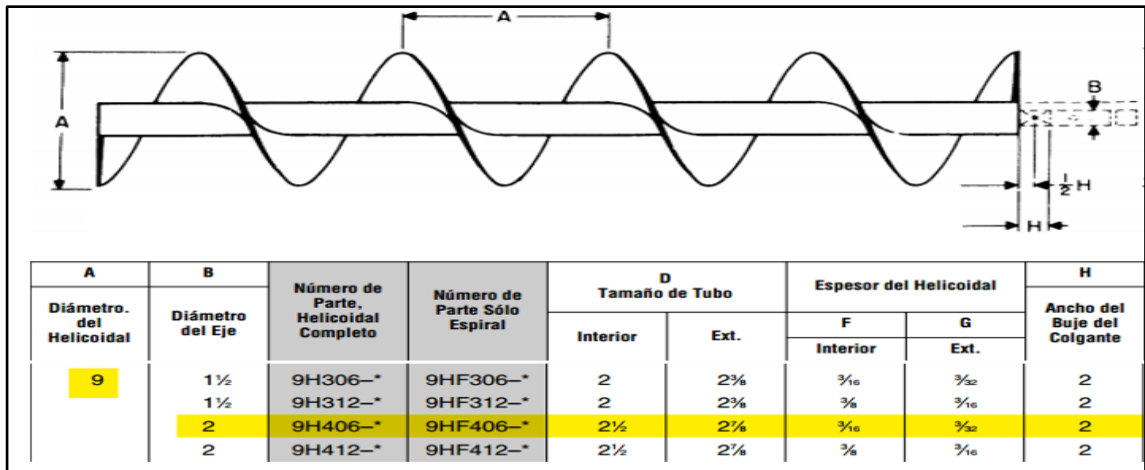
La potencia requerida en el sistema es la necesaria para vencer la inercia y para mover el material dentro del transportador a la capacidad especificada teniendo en cuenta la longitud del helicoide, la velocidad, la capacidad, la densidad del producto, la eficiencia de la transmisión y unos factores debido a: el diámetro del helicoide, el porcentaje de la carga, las paletas, el material del buje, el material y por sobrecarga; Los resultados con las características principales se aprecian en la tabla 46.

Tabla 46. Características principales del sistema

<b>Características principales</b>	
Código del material	40D3-35PQL
Diámetro	9 [in]
Carga de artesa	30%A
Capacidad	27,5 [ $ft^3/h$ ]
Velocidad	6 [rpm]
Potencia	1 [Hp]
Torque	7,67 [lb – in]
Diámetro del eje	2 [in]
Diámetro del alimentador	12 [in]

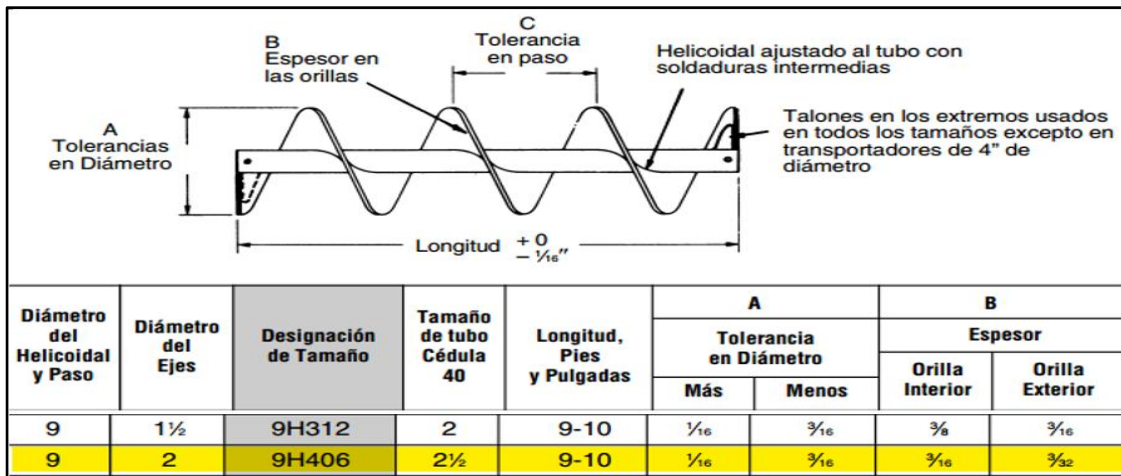
Posterior a estos procesos se seleccionan los componentes del sistema como la artesa, el arreglo del transportador, los barrenos y su distribución, el alimentador, el tubo, el helicoidal, la compuerta, colgante, pie de brida, silleta y brida. En las figuras 54 y 55 se observa el helicoidal.

Figura 54. Dimensiones del helicoidal



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 80

Figura 55. Dimensiones del helicoidal



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 48

### 5.3 LAYOUT DE LA LÍNEA 2

En el desarrollo de la distribución adecuada de los equipos en planta, existen diversos métodos que enfocan el problema de una manera diferente dependiendo

del tipo de organización que se plantee. Para el caso de organización de los equipos de la línea 2, se tiene que el layout es tipo 1: proyecto en planta completamente nuevo, siendo una distribución por producto en cadena o en serie realizando así un tratamiento al producto. El mejor método que puede aplicarse para este tipo de layout es el systematic layout planning (SLP) desarrollado por Richard Muther, a continuación, se realizara los pasos que plantea dicho método.

**5.3.1 Análisis de las relaciones entre actividades.** Este es el primer paso del método Muther, el cual consiste en identificar la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares y diferentes servicios de la planta. Para identificar la intensidad de las interacciones se utiliza una codificación de relación, con la que se procede a realizar la tabla 47 que relaciona todas las actividades en la empresa, esta organización debe realizarse de manera que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que se presenten con una mayor intensidad relacional.<sup>14</sup>

Tabla 47. Relación entre las actividades en MAPRES S.A.S.

Código	Relación
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	Rechazable

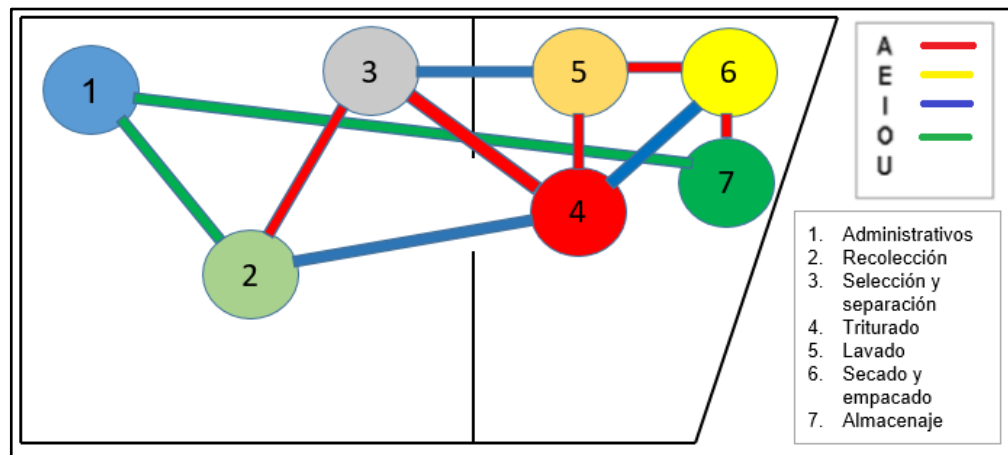
  

1. Administrativos	O						
2. Recolección		U					
3. Selección y separación	A	I	U	U	U		
4. Triturado	A	I	U	U	U	O	
5. Lavado	A	I	U	U	U		
6. Secado y empacado	A	U					
7. Almacenaje	A						

<sup>14</sup> SEGURA MARÍN, Antonio. Layout aplicación a un despacho de administración de fincas. Trabajo de fin de master en organización industrial y gestión de empresas. P.21-27

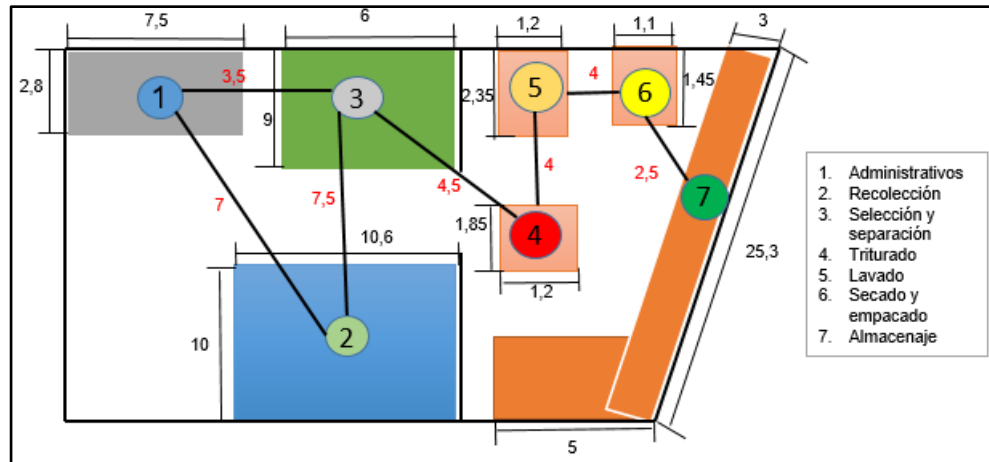
**5.3.2 Relación de actividades.** El siguiente paso consiste en ubicar la información adquirida en la tabla de relación entre las actividades en un diagrama que muestre las líneas de relación entre ellas (figura 56) y así poder observar si es adecuada la distribución que se desea en la empresa para la línea 2 de producción, es importante tener en cuenta que las actividades con mayor importancia relacional no deben cruzarse entre sí.

Figura 56. Importancia relacional de actividades



**5.3.3 Relación de espacios.** El último paso para la obtención de una alternativa adecuada de distribución de planta es plantear el área requerida por cada actividad para su buen desempeño, teniendo en cuenta el área real de la empresa se realizó este análisis que se muestra en la figura 57 y en la figura 58 se aprecia el modelo tridimensional de la línea dos.

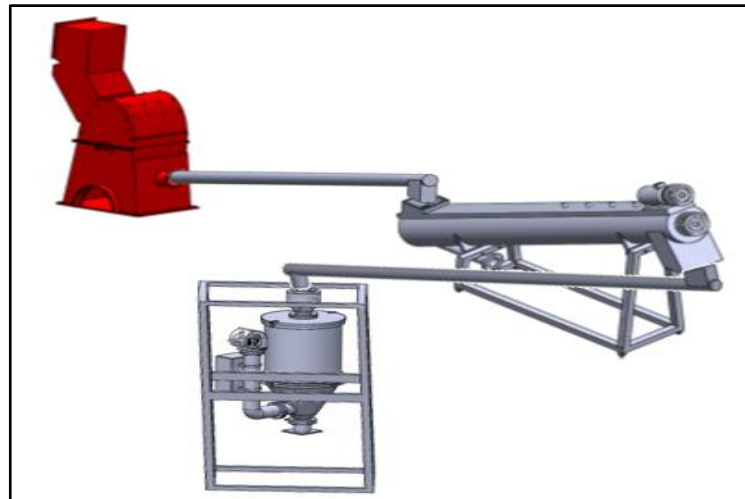
Figura 57. Relación de espacios entre acciones



\* Todas las medidas en la figura están en metros [m].

\*\* La numeración en color rojo son las distancias entre las acciones en la empresa.

Figura 58. Modelo tridimensional de la línea 2



## 5.4 TIEMPO PREDETERMINADO PARA LA LÍNEA 2

El estudio de tiempos no siempre significa hacerlo con cronómetro. El método del cronómetro para establecer estándares de tiempo no es muy útil en el diseño de instalaciones de manufactura porque se necesita saber el tiempo requerido por

cada elemento del trabajo antes de que comience la producción<sup>15</sup>. Por esta razón, se emplean estándares de tiempo predeterminados o sistemas de datos estándar, en este caso se utilizará el método de medición de tiempo MTM que proporciona valores de tiempo de movimientos fundamentales<sup>16</sup> y, para aquellas actividades que no se encuentran en MTM se tomarán los tiempos que actualmente se emplean en la empresa.

Se realizó una tabla de estándares de tiempos predeterminados para los 2 operarios de la trituradora (tabla 48 y 49). Para las máquinas y el transporte por el tornillo sin fin los tiempos de producción de 0,5 [ton/h] se cumplen ya que fueron requisito de selección en las máquinas (tabla 50).

Tabla 48. Capacidades de los equipos

<b>Equipo</b>	<b>Capacidad</b>
<b>Trituradora</b>	0,3 -0,5 [ton/h]
<b>Lavadora</b>	0,5 [ton/h]
<b>Secadora</b>	0,5 [ton/h]
<b>Tornillos sinfín</b>	0,5 [ton/h]

---

<sup>15</sup> MEYERS, Fred. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. Pearson education. México: 2006. p. 91

<sup>16</sup> VAUGHN, Richard. Introducción a la ingeniería industrial. Reverté, s.a. Iowa: 1988. p. 393

Tabla 49. Tiempo operario uno



			Estándares de tiempo predeterminados para la línea 2					
Operación	Descripción de la acción	Acción	Tipo de operación			Tiempo en UMT		
			Manual	Máquina	Caminata	Operario 1		
						Tiempo acción	Cantidad de veces realizada	Tiempo total
Triturado	Caminata al área de almacenaje de producto seleccionado	A			x	1179	1	1179
	Inclinarse a recoger el bulto con el material	S	x			29	6	174
	Recoger el material	C	x			140	6	840
	Levantarse	AKBK	x			1540	6	9240
	Posicionar en el montacargas	P	x			1050	6	6300
	Desplazamiento del montacargas al área de triturado	D		x		450	6	2700
	Recoger el material	C	x			140	6	840
	Soltar y posicionar el material	RL-P	x			658	6	3948
	Caminata al molino	A	x			1750	1	1750
	Girar para recibir el material	TBC-1	x			32	2305	73760
	Recoger el material	C	x			140	2305	322700
	Girar hacia el molino	TBC-1	x			32	2305	73760
	Soltar en la trituradora	RL	x			88	2305	202840
	Descanso	NA	x			50000	1	50000
	Limpieza y mantenimiento máquina		x			50000	1	50000
<b>Tiempo total en UMT</b>								800031
<b>Kg tratados</b>								4000

Tabla 50. Tiempo operario dos

			Estándares de tiempo predeterminados para la línea 2					
Operación	Descripción de la acción	Acción	Tipo de operación			Tiempo en UMT		
			Manual	Máquina	Caminata	Operario 2		
						Tiempo acción	Cantidad de veces realizada	Tiempo total
Triturado	Caminata al área de almacenaje de producto seleccionado	A			x	1179	1	1179
	Inclinarse a recoger el bulto con el material	S	x			29	6	174
	Recoger el material	C	x			140	6	840
	Levantarse	AKBK	x			1540	6	9240
	Posicionar en el montacargas	P	x			1050	6	6300
	Desplazamiento del montacargas al área de triturado	D			x	450	6	2700
	Recoger el material	C	x			140	6	840
	Soltar y posicionar el material	RL-P	x			658	6	3948
Empacado	Caminata a la empacadora	A	x			1350	1	1350
	Recoger el costal	C	x			22	160	3520
	Levantarse	AKBK	x			37	160	5920
	Posicionar en la empacadora	P	x			46,5	160	7440
	Empacar el material en el saco	NA			x	250	160	40000
	Mover el saco para sellarlo	M	x			583	160	93280
	Sellar el saco	NA			x	690	160	110400
	Mover el saco al área de almacenaje	M	x			1150	160	184000
	Soltar el saco	RL	x			42	160	6720
	Posicionar el saco	P	x			560	160	89600
	Caminar nuevamente a la empacadora	A	x			834	160	133440
	Descanso	NA	x			50000	1	50000
	Limpieza y mantenimiento máquina		x			50000	1	50000
<b>Tiempo total en UMT</b>								<b>800891</b>
<b>Kg tratados</b>								<b>4000</b>

## 6. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

Entendiendo un proyecto de inversión como un conjunto de actividades de aplicación de recursos para generar producción adicional real, se inicia el proceso de construcción del flujo neto de fondos de las propuestas realizadas a MAPRES (La manufactura esbelta en la línea actual y el diseño de la línea 2). Para realizar este proceso resulta necesario conocer los requerimientos y condiciones que se utilizan en la empresa a nivel financiero para determinar la viabilidad de un determinado proyecto. Para MAPRES se destacan como criterios relevantes en la evaluación financiera de un proyecto los siguientes aspectos:

- La tasa de rentabilidad que se espera de un proyecto es del 14% efectivo anual; esta resulta ser la tasa que MAPRES define como el mínimo atractivo para decidir involucrarse en un proyecto de inversión.
- De acuerdo a las características y condiciones de la propuesta se esperan resultados claros y notorios luego de 2 años para la manufactura esbelta y 5 años para el diseño de la línea 2.

Teniendo claros los criterios bajo los cuales se van a tomar decisiones respecto a las propuestas presentadas, es posible desarrollar y presentar con mayor claridad los diferentes resultados encontrados. La información fue analizada en dos situaciones independientes:

- Implementación de la manufactura esbelta en el área piloto
- Aplicación del diseño de la línea 2

## 6.1 MANUFACTURA ESBELTA

Es necesario resaltar que aun cuando la empresa desea la evaluación del proyecto en un periodo de dos años, no quiere decir esto que al final de este periodo se vaya a dar por terminado el proyecto. La implementación de herramientas de manufactura esbelta implica un proceso continuo de mejoramiento que debe continuar siendo ajustado y evaluado de forma permanente, permitiendo que se convierta en parte de la cultura y principios de trabajo de MAPRES.

A continuación, se desarrolla la evaluación financiera si en el proyecto se decidiera implementar únicamente la manufactura esbelta en el área piloto.

**6.1.1 Descripción de las inversiones.** Dentro del análisis que se realizó a la propuesta tomando como referencia los posibles resultados sobre la reducción de tiempos en los procesos, se determinaron con claridad dos puntos en los cuales resulta necesaria una inversión:

- **Capacitación:** la inversión contempla la capacitación de los miembros del equipo de producción de MAPRES (área piloto), en las 4 herramientas (5S, Kanban, SMED, TPM) de manufactura esbelta seleccionadas. Para determinar el valor de esta inversión, se tuvieron en cuenta los costos de la capacitación propiamente dicha y los costos adicionales generados por el tiempo que deben permanecer las personas involucradas en dicha capacitación. Respecto al tiempo de las personas se consideró la opción de realizar la capacitación después de la jornada laboral, pagando las horas extra, con el propósito de no interrumpir ni alterar el flujo de producción.

Las fórmulas financieras empleadas se podrán encontrar en el anexo L y las aclaraciones de los valores como notas en cada tabla realizada.

Tabla 51. Inversión en capacitación inicial

CAPACITACIÓN INICIAL			
Personal a capacitar	Número de personas*	Valor promedio hora de trabajo**	Valor promedio total
Operarios	4	\$9.375	\$37.500
Jefe de producción	1	\$10.625	\$10.625
Jefe de mantenimiento	1	\$10.625	\$10.625
			<b>\$58.750</b>

Herramienta	Cantidad de horas requeridas de capacitación	Valor hora de capacitación	Valor hora extra del total de trabajadores	Valor total
5S	1	\$40.000	\$58.750	\$98.750
Kanban	1	\$40.000	\$58.750	\$98.750
SMED	4	\$50.000	\$58.750	\$435.000
TPM	1	\$40.000	\$58.750	\$98.750
				<b>\$731.250</b>

\*En el área piloto sólo laboran 6 personas en ambos turnos.

\*\*Los salarios de los operarios son de \$1'500.000 y de los jefes de \$1'700.000 mensuales, con turnos de 8 horas día y laborando 5 días a la semana.

Con lo anterior, se establece la necesidad de invertir \$731.250 pesos en la capacitación inicial de todas las herramientas desarrolladas, para el personal de producción de MAPRES involucrado en el área piloto. Esto teniendo presente que el proceso de capacitación deberá ser permanente y que a partir de los equipos de trabajo generados para la aplicación de herramientas resulta necesario también formar grupos de estudio que actualicen constantemente sus conocimientos y profundicen en los conceptos desarrollados en torno a cada una de las herramientas. Es decir, que no se asumen costos posteriores de capacitación porque el estudio constante y la actualización en el conocimiento de las herramientas debe convertirse en una rutina de trabajo.

- **Capital de trabajo:** la reducción de los desperdicios y tiempos muertos en MAPRES permite la elaboración de un mayor número de productos, esto significa que el ahorro en tiempo y materiales que se logra con la reducción de defectos, debido a la aplicación las herramientas de manufactura esbelta, aumenta la capacidad de producción de la empresa. Para suplir el aumento en la capacidad de la compañía resulta necesario realizar una inversión en inventarios de materias

primas con el propósito de poder satisfacer los nuevos requerimientos de producción.

A partir de los tiempos requeridos para solucionar cada uno de los defectos y de la frecuencia anual proyectada con la que se presentan, se determinó que el tiempo anual utilizado en el arreglo de defectos que puede reducirse gracias a la capacitación es de 552 horas (ver tabla 52). Si el tiempo promedio para obtener un kilogramo de producto final reciclado es de 32 segundos, se pueden obtener 62100 kilogramos adicionales al eliminar por completo todos los defectos relacionados con las herramientas de manufactura esbelta, y utilizando el tiempo correspondiente en la elaboración de productos adicionales.

Teniendo en cuenta la dificultad para eliminar el 100% de los desperdicios en 2 años, se asume una reducción del 60% de estos, pues según Eduardo Navarro, socio director de Improven consultores, “Con la implementación de manufactura esbelta se logran en promedio reducciones de un 60% con este tipo de implementaciones”. En la tabla 53, se muestra el resultado sobre la producción adicional.

Tabla 52. Costos y tiempos adicionales

Desperdicio	Tiempo (min)*	Costo de tiempo (Mano de obra)**	Tiempo total (min)	Frecuencia en un año***	Costo anual
Búsqueda de herramienta	40	\$6.250	9600	240	\$1.500.000
Preparación del molino	62	\$9.688	14880	240	\$2.325.000
Recorridos	36	\$5.625	8640	240	\$1.350.000
		<b>Horas</b>	<b>552</b>		<b>\$5.175.000</b>

\*Estos tiempos corresponden al acumulado empleado en el respectivo desperdicio en ambos turnos.

\*\*Se calcula en base al costo de mano de obra por hora de los operarios (\$9.325), multiplicado por el tiempo de desperdicio correspondiente en horas.

\*\*\*Corresponde al número de días que labora la empresa al año.

Tabla 53. Producción adicional lograda con manufactura esbelta

	2016	2017	2018
Aumento en sueldos (%)*		7	7
Incremento en demanda (%)		20	20
Tiempo total por desperdicios (horas)**	552	662	795
Ahorro de tiempo real (60%)	331	397	477
Kilogramos adicionales totales***	62100	74520	89424
<b>Kilogramos adicionales posibles (60%)</b>	37260	44712	53654
Valor total en desperdicios	\$5.175.000	\$6.644.700	\$8.531.795
<b>Ahorro en defectos posible (60%)</b>	\$3.105.000	\$3.986.820	\$5.119.077
<b>Ventas adicionales posibles****</b>	\$78.246.000	\$94.834.152	\$113.800.982
Materia prima requerida (\$/Kg)*****	\$1.600	\$1.616	\$1.632
Inventario requerido (\$/Kg)*****	\$320	\$323	\$326
<b>Inventario total requerido</b>	\$11.923.200	\$14.450.918	\$17.514.513

\*El valor constante se toma como el promedio en el aumento del salario mínimo de los 2 últimos años

\*\*El valor aumenta según el supuesto del incremento de demanda sin la corrección de los desperdicios actuales.

\*\*\*División del tiempo total por desperdicios, en el tiempo de producción de un kilogramo de producto (32 segundos).

\*\*\*\*Las ventas adicionales posibles corresponden a las ventas de los kilogramos adicionales posibles que se pueden producir, tomando un valor por kilogramo de \$2.100, el cual aumentará en un 1% anual.

\*\*\*\*\*La materia prima requerida corresponde al valor total de las materias primas requeridas para la elaboración de un kilogramo de producto. Valor que se estima tendrá una inflación de 1% anual para el sector del reciclaje.

\*\*\*\*\*Se determinó mantener el 20% de inventarios respecto a las ventas para cubrir el incremento en demanda.

Una vez determinadas las inversiones del proyecto, se procede a realizar el plan de inversión donde se determinan las cantidades a invertir en los diferentes conceptos y el momento en el cual se realiza cada una, para cumplir con los requerimientos de producción que se generan gracias a los ahorros obtenidos mediante la reducción de desperdicios (tabla 54).

Tabla 54. Plan de inversión

	2016	2017	2018
INVERSIONES DIFERIDAS			
Capacitación inicial	\$731.250		
Tarjetas Kanban*	\$45.000	\$24.075	\$25.760
Implementos de organización	\$80.000		
<b>TOTAL INVERSIONES DIFERIDAS</b>	\$856.250	\$24.075	\$25.760
CAPITAL DE TRABAJO			
Inventarios de producto	\$14.450.918	\$17.514.513	
<b>TOTAL INVERSIONES</b>	<b>\$15.307.168</b>	<b>\$17.538.588</b>	<b>\$25.760</b>

\* Se requieren para el 2016, 30 tarjetas cada una con valor de \$1500, y para los años siguientes 15 tarjetas de reemplazo, aplicando una inflación estimada del 7%.

**6.1.2 Flujo neto de fondos.** Después de haber determinado las inversiones que deben realizarse, se elabora el flujo neto de fondos del proyecto con una proyección de 2 años como se muestra en la tabla 55.

Tabla 55. Flujo neto de fondos

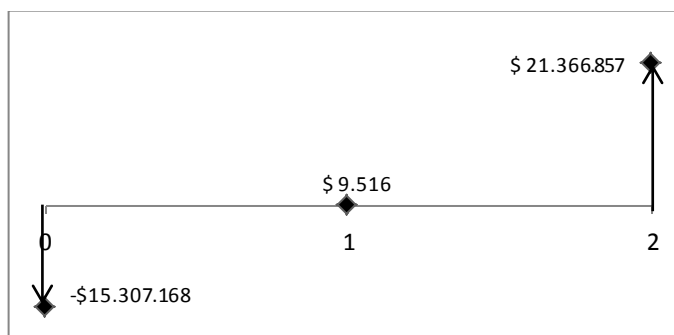
	2016	2017	2018
Ventas adicionales		\$94.834.152	\$113.800.982
- Costo de ventas adicionales (76%)*		-\$72.073.956	-\$86.488.747
<b>Utilidad bruta adicional</b>		\$22.760.196	\$27.312.236
- Gastos operacionales adicionales (2%)**		-\$1.896.683	-\$2.276.020
<b>Utilidad operacional adicional</b>		\$20.863.513	\$25.036.216
- Intereses		\$0	\$0
<b>Utilidad adicional antes de impuestos</b>		\$20.863.513	\$25.036.216
- Impuestos (35%)		-\$7.302.230	-\$8.762.676
<b>Utilidad neta adicional</b>		\$13.561.284	\$16.273.540
+ Ahorro por manufactura esbelta		\$3.986.820	\$5.119.077
- Total inversiones	-\$15.307.168	-\$17.538.588	-\$25.760
<b>FLUJO DE FONDOS</b>	<b>-\$15.307.168</b>	<b>\$9.516</b>	<b>\$21.366.857</b>

\*Resultado de dividir el costo de la materia prima entre el valor de venta del producto por cien.

\*\*Se precisa de un 2% sobre las ventas adicionales para el pago del incremento en consumo de energía eléctrica y agua. Los gastos fijos de sueldos, arriendo y cargas sociales, no se ven afectados por esta producción adicional.

**6.1.3 Evaluación mediante diferentes técnicas de análisis.** Tomando como punto de partida el flujo de fondos obtenido anteriormente y plasmándolo de forma gráfica se obtiene:

Figura 59. Gráfico de flujo de fondos



A partir de esta información se evalúa la propuesta por medio de diversas técnicas de análisis encontrándose:

Tabla 56. Resultados de técnicas financieras

TREMA (Tasa de rentabilidad mínima atractiva)	14%
TIR (Tasa interna de retorno)	18%
VPN (Valor presente neto)	\$1.142.281
VPN Egresos	\$15.307.168
VPN Ingresos	\$16.449.450
B/C (Relación costo beneficio)	1,07

Esto permite llegar a varias conclusiones entre las cuales están:

- Desde el punto de vista de la TIR (Tasa Interna de Retorno) el proyecto resulta factible e interesante para MAPRES, pues supera sus expectativas de rentabilidad del 14% efectivo anual ofreciendo un retorno a la inversión de 18%.
- El que el VPN corresponda a un valor mayor a cero indican que el proyecto permite la obtención de ganancias a favor del inversionista; es decir, que se pueden obtener resultados favorables con el desarrollo de la propuesta.
- La relación costo beneficio permite determinar que el beneficio del proyecto supera el costo del mismo 1,07 veces; es decir que son mayores las retribuciones que se tienen del proyecto que la inversión que resulta necesario hacer en el mismo.

## 6.2 EVALUACIÓN FINANCIERA LÍNEA 2

A continuación, se desarrolla la evaluación financiera empleando la metodología anterior, si en el proyecto se decidiera implementar únicamente el diseño de la línea 2 que reemplaza la línea 1.

**6.2.1 Descripción de la inversión.** Dentro del análisis que se realizó a la propuesta tomando como requerimiento el aumento de la producción a 4 ton/día (ver capítulo 5), se seleccionaron las maquinarias en las cuales resulta necesaria una inversión como se muestra a continuación:

Tabla 57. Inversión en bienes de uso

Equipos	Precio (\$USD)	Precio (\$COP)
1 Trituradora	\$2.970	\$8'669.430
1 Lavadora	\$2.800	\$8'173.200
1 Secadora y empacadora	\$1.190	\$3'473.610
2 Transportadores helicoidales	\$1.600	\$8.757.000
		<b>\$29.073.240</b>

\*Precio del dólar al momento de la cotización (\$2.919 COP).

Con lo anterior, se establece la necesidad de invertir \$29.073.240 pesos en maquinaria. Por otra parte el montaje de las máquinas, la capacitación en el uso de estas y el capital de trabajo para la puesta en marcha del primer mes, se consideran como inversiones diferidas y se muestran a continuación:

Tabla 58. Inversión total

INVERSIONES FIJAS DEPRECIABLES*	Monto	Vida útil en Años
1 Trituradora	\$8.669.430	5
1 Lavadora	\$8.173.200	5
1 Secadora y empacadora	\$3.473.610	5
2 Transportes helicoidales	\$8.757.000	5
Total Inversión en Bienes de Uso	\$29.073.240	
<b>INVERSIONES DIFERIDAS</b>		
Montaje (10% del total en bienes de uso)	\$2.907.324	
Puesta en marcha (1er mes de materia prima)	\$ 128.000.000	
Capacitación	\$1.000.000	
Total Inversión diferida	\$131.907.324	
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>		
Efectivo (Caja)**	\$0	
Total Inversión en capital de trabajo	\$0	
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>\$160.980.564</b>	

\*La maquinaria sufre una depreciación anual, la cual se amortiza a 5 años.

\*\*Se hace el supuesto de que la empresa parte de un estado financiero nuevo.

Una vez determinada la inversión del proyecto, se procede a realizar el plan de inversión, el cual se determinó cubrir en su totalidad mediante un préstamo bancario de libre inversión a 36 meses, con una tasa de interés anual del 33%, sin período de gracia de capital.

**6.2.2 Flujo neto de fondos.** Después de haber determinado las inversiones que deben realizarse, se elabora el resultado y el flujo neto de fondos del proyecto con una proyección de 5 años como se muestra a continuación.

Tabla 59. Resultado de la proyección

	2016	2017	2018	2019	2020
Ventas*	\$1.848.000.000	\$2.036.160.000	\$2.056.320.000	\$2.076.480.000	\$2.096.640.000
Costo de Ventas**	\$1.408.000.000	\$1.551.360.000	\$1.566.720.000	\$1.582.080.000	\$1.597.440.000
<b>Utilidad Bruta</b>	\$440.000.000	\$484.800.000	\$489.600.000	\$494.400.000	\$499.200.000
Costos de producción Fijos***	\$182.880.000	\$195.681.600	\$209.379.312	\$224.035.864	\$239.718.374
Arriendo****	\$30.000.000	\$31.500.000	\$33.075.000	\$34.728.750	\$36.465.188
Sueldos Administrativos*****	\$40.804.800	\$43.661.136	\$46.717.416	\$49.987.635	\$53.486.769
Cargas Sociales (27%)	\$11.017.296	\$11.788.507	\$12.613.702	\$13.496.661	\$14.441.428
Electricidad y agua	\$18.000.000	\$18.360.000	\$18.727.200	\$19.101.744	\$19.483.779
Mantenimiento	\$2.400.000	\$2.520.000	\$2.646.000	\$2.778.300	\$2.917.215
Amortización Bienes de Uso	\$5.814.648	\$5.814.648	\$5.814.648	\$5.814.648	\$5.814.648
<b>Total Gastos de Producción</b>	\$290.916.744	\$309.325.891	\$328.973.278	\$349.943.602	\$372.327.400
<b>Utilidad Antes de Intereses</b>	\$149.083.256	\$175.474.109	\$160.626.722	\$144.456.398	\$126.872.600
Amortizaciones	\$5.814.648	\$5.814.648	\$5.814.648	\$5.814.648	\$5.814.648
Intereses	\$41.530.358	\$28.569.909	\$11.332.511	\$0	\$0
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	\$101.738.250	\$141.089.553	\$143.479.563	\$138.641.750	\$121.057.952
Impuesto a las Ganancias (35%)	\$35.608.387	\$49.381.343	\$50.217.847	\$48.524.613	\$42.370.283
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	<b>\$66.129.862</b>	<b>\$91.708.209</b>	<b>\$93.261.716</b>	<b>\$90.117.138</b>	<b>\$78.687.669</b>

\*Con la nueva capacidad de 4 Ton/día, se producen 960 Ton/año a un precio de \$2.100 \$/kg, (1% de incremento anual).

\*\*Con la misma producción y un costo de materia prima de \$1.600 \$/kg (1% de inflación anual).

\*\*\*Incluye el pago de sueldos a 8 operarios (\$1'500.000) y cargas sociales (27%), con un incremento de 7% anual.

\*\*\*\*\$2'500.000 mensual con una inflación de 5%.

\*\*\*\*\*Incluye el pago de sueldo de 2 jefes (\$1'700.00) y un auxiliar (\$400.000), con un incremento de 7% anual.

Tabla 60. Flujo neto de fondos

	2016	2017	2018	2019	2020
Ingresos por Ventas	1.848.000.000	2.036.160.000	2.056.320.000	2.076.480.000	2.096.640.000
Egresos por Compras M.P.	1.408.000.000	1.576.960.000	1.566.720.000	1.582.080.000	1.597.440.000
Sueldos y Cargas	242.643.588	251.131.243	301.785.430	322.248.910	344.111.758
Otros Gastos de Producción	26.214.648	26.694.648	27.187.848	27.694.692	28.215.642
Impuesto a las Ganancias (35%)		35.608.387	49.381.343	50.217.847	48.524.613
Total Egresos Operativos	1.676.858.236	1.890.394.278	1.945.074.621	1.982.241.449	2.018.292.013
Diferencia Operativa	171.141.764	145.765.722	111.245.379	94.238.551	78.347.987
Inversiones	160.980.564				
Préstamo	160.980.564				
Devolución del Préstamo	-80.804.447	-80.804.447	-80.804.447		
<b>Diferencia Ingresos - Egresos</b>	<b>90.337.317</b>	<b>64.961.275</b>	<b>30.440.932</b>	<b>94.238.551</b>	<b>78.347.987</b>
<b>Flujo de Fondos</b>	<b>\$90.337.317</b>	<b>\$155.298.591</b>	<b>\$185.739.523</b>	<b>\$249.537.142</b>	<b>\$264.087.510</b>

Tabla 61. Flujo neto de fondos del proyecto

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ingresos Ventas		\$1.848.000.000	\$2.036.160.000	\$2.056.320.000	\$2.076.480.000	\$2.096.640.000
Egresos Operativos		\$1.757.662.683	\$1.971.198.725	\$2.025.879.068	\$1.982.241.449	\$2.018.292.013
Diferencia		\$90.337.317	\$64.961.275	\$30.440.932	\$94.238.551	\$78.347.987
Inversión	-\$160.980.564					
<b>Flujo Neto</b>	<b>-\$160.980.564</b>	<b>\$90.337.317</b>	<b>\$64.961.275</b>	<b>\$30.440.932</b>	<b>\$94.238.551</b>	<b>\$78.347.987</b>

**6.2.3 Evaluación mediante diferentes técnicas de análisis.** Tomando como punto de partida el flujo de fondos obtenido anteriormente se evalúa la propuesta por medio de diversas técnicas de análisis encontrándose:

Tabla 62. Resultados de técnicas financieras

TREMA (Tasa de rentabilidad mínima atractiva)	14%
TIR (Tasa interna de retorno)	35%
VPN (Valor presente neto)	\$ 85.283.326
VPN Egresos	\$ 6.894.141.033
VPN Ingresos	\$ 6.486.896.579
B/C (Relación costo beneficio)	1,06

Esto permite llegar a varias conclusiones entre las cuales están:

- Desde el punto de vista de la TIR (Tasa Interna de Retorno) el proyecto resulta factible e interesante para MAPRES, pues supera sus expectativas de rentabilidad del 14% efectivo anual ofreciendo un retorno a la inversión de 35%.
- El que el VPN corresponda a un valor mayor a cero indican que el proyecto permite la obtención de ganancias a favor del inversionista; es decir, que se pueden obtener resultados favorables con el desarrollo de la propuesta.
- La relación costo beneficio permite determinar que el beneficio del proyecto supera el costo del mismo 1,06 veces; es decir que son mayores las retribuciones que se tienen del proyecto que la inversión que resulta necesario hacer en el mismo.

## 7. CONCLUSIONES

- La empresa de reciclaje MAPRES S.A.S acude a la Universidad Industrial de Santander, específicamente a la escuela de ingeniería mecánica en la búsqueda de mejorar su producción, recibiendo como respuesta el desarrollo de este proyecto de grado que se enfocó en presentar dos propuestas que atacaron esta problemática, la primera propuesta se enfocó en aplicar algunas herramientas de la manufactura esbelta (5'S, SMED, TPM y Kanban) a la línea actual para mejorar los procedimientos y con ello la producción; en la segunda se propone el diseño de una nueva línea de producción que reemplazará la actual y duplicará la producción anterior. En conformidad con lo anterior y las necesidades de la empresa, se plantearon y desarrollaron propuestas viables para el mejoramiento de la producción en la empresa.
- La situación actual de la empresa MAPRES S.A.S tanto administrativa como operativamente, se ve reflejada tras realizar una auditoría a aquellos factores que influyen en el proceso productivo. Esta auditoría evidencia falencias en la mayoría de los seis factores evaluados, siendo el personal y formación el único factor aprobado. Estos resultados manifiestan la necesidad de realizar mejoras en la empresa, las cuales se desarrollaron empleando herramientas de la manufactura esbelta y que fueron descritas en el capítulo cuatro.
- Se realizó un estudio de selección de herramientas de manufactura esbelta, en busca de resolver los problemas encontrados en el diagnóstico realizado a la empresa, dando como resultado que las herramientas adecuadas eran 5'S, SMED, TPM y Kanban. Con la implementación de estas herramientas realizada en el área piloto de la empresa, se obtendría una recuperación de 331 horas de producción en el primer año al eliminar los desperdicios detectados. Esto refleja que el tener buenas prácticas de manufactura en los procesos llevados a cabo por

la empresa, disminuirá el costo operacional actual de transformación de la materia prima en producto final.

- Se determinaron los estándares que facilitarán la conservación de los procedimientos óptimos de manufactura propuestos. En el proceso de aplicación de las herramientas de manufactura esbelta seleccionadas, se desarrollaron guías y estándares visuales, que fueron situados en lugares estratégicos en el proceso productivo, los cuales cumplen la función de mantener e incentivar a los empleados a realizar los trabajos de una forma adecuada.
- Empleando la herramienta QFD, se evaluaron alternativas para cada máquina involucrada en el nuevo diseño del proceso de la línea 2, máquinas ofrecidas por diferentes fabricantes, donde se seleccionó la mejor alternativa y se propuso una línea cuya capacidad de producción sería de 0,5 toneladas por hora (esta producción y la capacidad de las máquinas seleccionadas, se verificó mediante el método MTM), producción que duplica la actual y que satisface los requerimientos solicitados por la empresa.
- En pro de disminuir tiempos de proceso; se realizó un estudio de sistemas de transporte comerciales, donde se seleccionó un sistema de transporte por tornillo sin fin, el cual trabajaría en conjunto con la maquinaria propuesta para el diseño de la línea 2, donde se usarán dos tornillos de iguales dimensiones. Estos tornillos fueron seleccionados bajo los criterios del estándar internacional CEMA.
- Desde el punto de vista financiero, las dos propuestas presentadas en el este proyecto son una inversión viable para la empresa, puesto que sus tasas internas de retorno superan su expectativa de rentabilidad del 14% efectivo anual. Y en conjunto, un VPN positivo y una relación costo beneficio mayor de 1, indican que ambas propuestas permiten la obtención de ganancias a favor del inversionista.

## BIBLIOGRAFÍA

HERNÁNDEZ, Juan Carlos y VIZÁN, Antonio. Lean manufacturing, Conceptos, técnicas e implementación. Madrid: Fundación EOI, 2013. p. 75-78

MARTIN SPROCKET & GEAR. Catálogo 4000-2 sección H. Texas: Martin Sprocket & Gear, 2013. 176 p.

MIRANDA MIRANDA, Juan Jose. Gestion de proyectos. Bogotá: Universidad Nacional Abierta a Distancia, 2005. 523 p.

NIÑO NAVARRETE, Ángela y OLAVE TRIANA, Carolina. Modelo de aplicación de herramientas de manufactura esbelta desde el desarrollo y mejoramiento de la calidad en el sistema de producción de Americana de Colchones. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero industrial. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingenierías, 2004. p. 66-67

SEGURA MARIN, Antonio. Layout aplicación a un despacho de administración de fincas. Trabajo de fin de Máster en organización industrial y gestión de empresas. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas, 2006. 73 p.

TORRES GÓMEZ, Lina Marcela y LOZANO SUAREZ, José David. Diseño y construcción de un prototipo de un sistema de transporte de botellas vacías rechazadas por los inspectores automáticos para su inspección y selección visual en la línea dos de la planta de embotellado en la cervecería Bavaria S.A. Bucaramanga. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica, 2014. 329 p.

## Anexo A. Residuos sólidos

### 1. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos se clasifican de diversas formas, se realizará una clasificación dependiendo su procedencia y el impacto ambiental que estos generan.\*\*\*\*\*

**Residuos sólidos aprovechables.** Se considera que un residuo es aprovechable cuando el material con el que está hecho no se descompone de manera natural en corto tiempo y representa un desperdicio para quien lo genera, estos presentan la cualidad de poderse aprovechar como materia prima en procesos productivos, unos ejemplos de estos materiales son: vidrio, algunos tipos de plásticos, papel, chatarra y metales como se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Residuos sólidos aprovechables



**Residuos sólidos no aprovechables.** Estos tipos de residuos se caracterizan por su dificultad de descomponerse en corto tiempo y de forma natural, tampoco

---

\*\*\*\*\* GONZÁLEZ ACEVEDO, Juan José y LIZCANO BOHÓRQUEZ, Rafael Alberto. Diseño y construcción de un prototipo de máquina trituradora de botellas plásticas tipo PET. Trabajo de grado para optar al título ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. p. 27-28.

permiten su reutilización en diferentes procesos productivos como materia prima, por lo cual se debe dar por terminado su ciclo de vida útil y llevarlo a un proceso de disposición final, unos ejemplos de estos residuos son: empaques de comida, pilas, pañales, papel higiénico, zapatos, entre otros, como se puede observar en la figura 2.

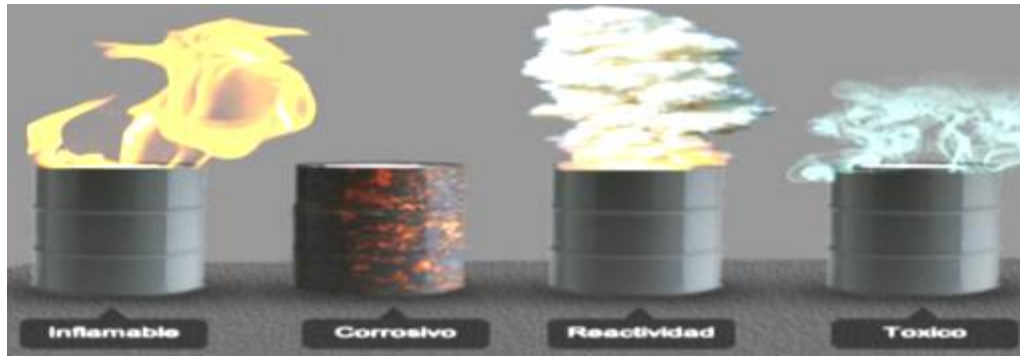
Figura 2. Residuos sólidos no aprovechables



**Residuos sólidos orgánicos biodegradables.** Se caracterizan por que se degradan fácilmente en el ambiente y se pueden aprovechar como nuevas materias orgánicas como por ejemplo los abonos, reutilizándose de forma amigable para el medio ambiente, dentro de este tipo de residuos se incluyen: restos vegetales, frutas, residuos de comidas, restos de podas, entre otras.

**Residuos sólidos peligrosos.** Son aquellos residuos que contienen en su composición uno o varios elementos que representen un riesgo para la vida humana, los recursos naturales o el medio ambiente. Estos se pueden clasificar debido a sus propiedades las cuales pueden ser corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, patogenicidad y radiactividad. También se incluyen los elementos contenedores de estos residuos, como se puede observar en la figura 3.

Figura 3. Residuos sólidos peligrosos



Fuente: VERAS, Miguel. Residuos sólidos peligrosos. República dominicana, 2015. Disponible en internet: <<http://consultoriaempresariamaspulpias.blogspot.com.co/2015/06/residuos-solidos-peligrosos.html>>

**Residuos sólidos especiales.** Son residuos de características muy diversas que son generados en el medio urbano, dada su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, deben ser recolectados de forma especial, entre estos tipos de residuos están: restos de construcciones y demolición, vehículos, llantas, colchones, muebles, entre otros.

## 2. DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Comprende la recolección, el transporte, el tratamiento, la deposición y el aprovechamiento de residuos sólidos; estas etapas abarcan tanto residuos sólidos domésticos como industriales.<sup>††††</sup>

**Recolección.** Puede ser general, es decir, sin clasificar los diferentes tipos de residuos, o puede ser diferenciada, lo que implica que los residuos son clasificados en función de sus materiales y futuros tratamientos a realizar, para este tipo es necesario que los generadores de estos residuos hagan la disposición

---

<sup>††††</sup> CENTRE FOR ECOLOGICAL SCIENCES INDIAN INSTITUTE OF SCIENCE. Disposición de residuos sólidos. India: Centre for ecological sciences, 2008. Disponible en internet: <<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol139.htm>>

inicial en forma diferenciada; la clasificación más común es papel y cartón, envases y plásticos, cristal y vidrio, residuos orgánicos, restos y desechos, y residuos biológicos.

**Transporte.** El transporte de los residuos sólidos en vehículos de recolección comprende recolectar los residuos en las fuentes de origen y llevarlos hasta el sitio de descarga (estaciones de transbordo, plantas de tratamiento y vertederos). En todos los casos se tiene en cuenta que la distancia entre la recolección y las instalaciones de descarga no sea excesiva.

**Tratamiento.** Es imposible hacer un tratamiento universal a los residuos sólidos, porque de acuerdo a su contenido su tratamiento será diferente. La mayoría de procesos usados en los residuos sólidos son: procesos biológicos; procesos aeróbicos que comprenden una fase líquida con ventilación y una fase sólida con transformación en compost; procesos anaeróbicos que pueden ser sistemas monofásicos con reactor mixto o reactor de lecho sólidos, sistema bifásico de hidrólisis con mezcla completa o hidrólisis de lecho sólido, procesos químicos con precipitación/floculación, neutralización, oxidación, reducción, etc; procesos físicos como decantación, deshidratación, secado, ósmosis de inversión, ultra filtrado, desemulsión, etc.

**Deposición.** Es un método de eliminación final ordenada en vertederos que implica la impermeabilización de la base, el tratamiento del agua de filtración, disposición y aprovechamiento de los gases emitidos, entre otras cosas; después de finalizado los respectivos tratamientos los residuos finalmente son arrojados al vertedero.

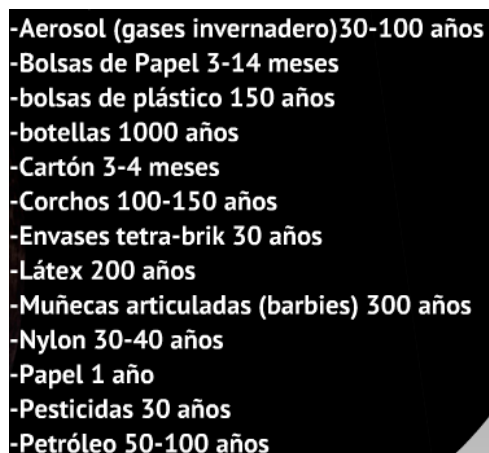
**Aprovechamiento de los residuos sólidos.** Comprende todos los métodos para la recuperación y/o reutilización de residuos útiles. Entre los más importantes se encuentran: el reciclaje de materiales como vidrio, papel, aceite, materiales

plásticos, metales; la transformación de los residuos sólidos a compost; la producción de biogás; la utilización agrícola del lodo de depuración.

### 3. IMPACTO AMBIENTAL DEBIDO A LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La problemática con los residuos sólidos es ocasionada por la gran cantidad de residuos generados por día en todos los lugares del planeta, aumentando al problema el hecho de que muchos de ellos no se descomponen o tardan mucho tiempo en hacerlo (ver figura 4) y generan una contaminación que puede ser física, química o biológica como la degradación, erosión y revenimiento de suelos y tierras; alteraciones nocivas de la topografía; perturbaciones del flujo natural de las aguas; sedimentación en los cursos y depósitos de agua; extinción o disminución de especies vegetales y animales; propagación de enfermedades y plagas; extinción o disminución de ecosistemas; generación de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono al descomponerse; generación de lixiviados.

Figura 4. Tiempo de degradación de algunos productos



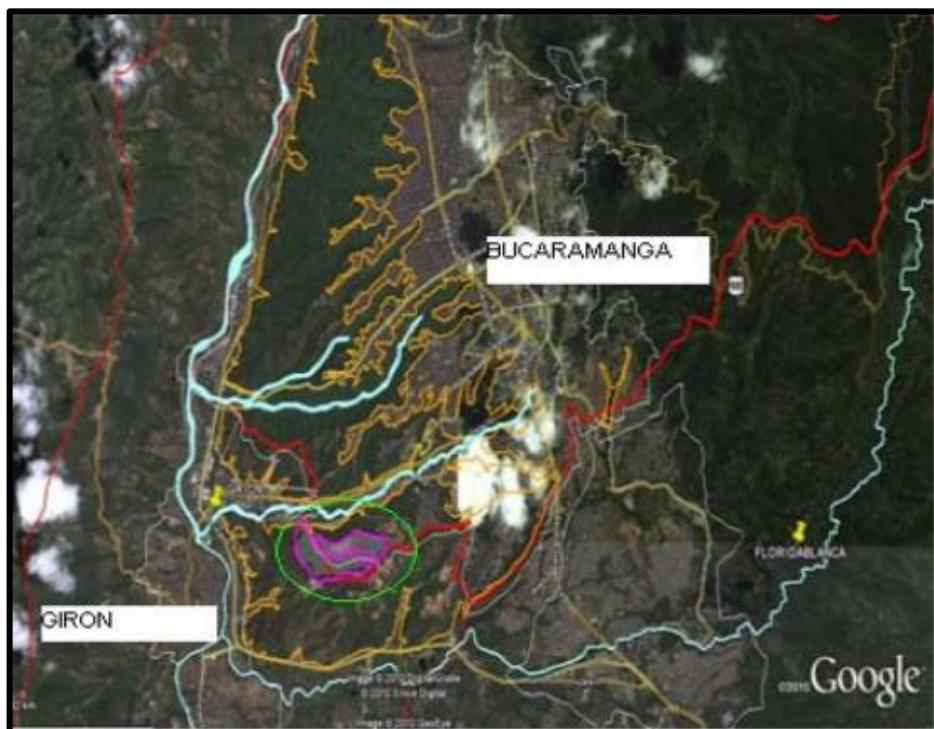
-Aerosol (gases invernadero)	30-100 años
-Bolsas de Papel	3-14 meses
-bolsas de plástico	150 años
-botellas	1000 años
-Cartón	3-4 meses
-Corchos	100-150 años
-Envases tetra-brik	30 años
-Látex	200 años
-Muñecas articuladas (barbies)	300 años
-Nylon	30-40 años
-Papel	1 año
-Pesticidas	30 años
-Petróleo	50-100 años

Fuente: PINZÓN QUINTERO, Camila. Los residuos sólidos y su impacto en el ambiente [Diapositivas]. Disponible en internet: <<https://prezi.com/bq6ifnekv9sj/los-residuos-solidos-y-su-impacto-en-el-medio-ambiente/>>

#### 4. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CARRASCO

**El Carrasco.** Sitio cuyo propósito es el destino final de los residuos sólidos de Bucaramanga y su área metropolitana, Charta, Rionegro, Surata, Cáchira, Lebrija y Barbosa. Se encuentra ubicado entre los municipios de Bucaramanga y Girón (ver figura 5) en un terreno de 92 hectáreas.

Figura 5. Ubicación geográfica del Carrasco



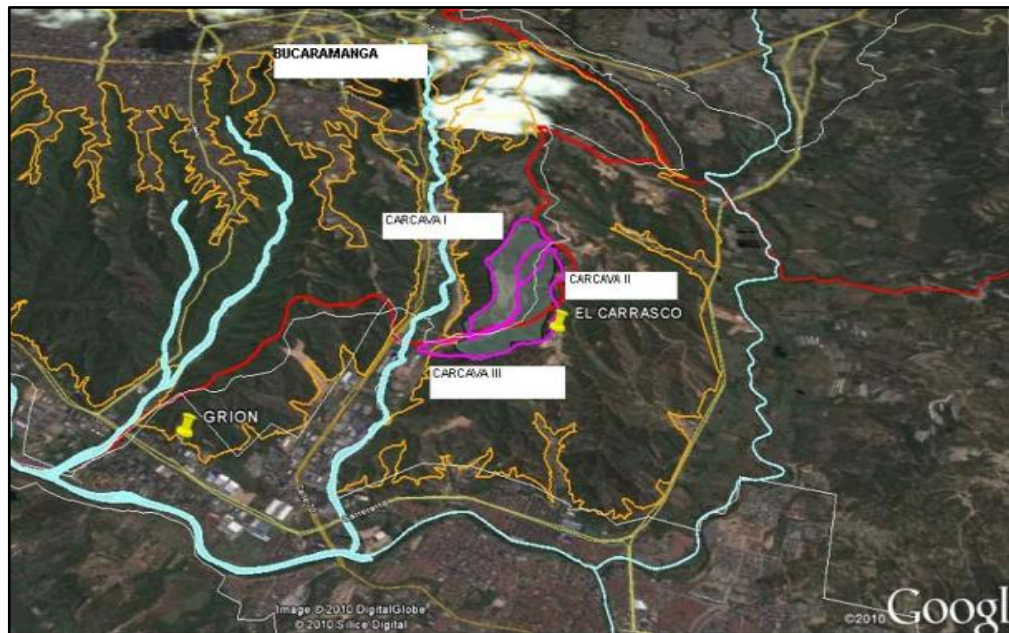
Fuente: ORDOÑEZ LOZANO, Olga. Estudio prospectivo de uso para disposición final de residuos sólidos, en un área parcial del predio "El carrasco", propiedad del AMB S.A. E.S.P. Trabajo de grado para optar al título de especialista en ingeniería ambiental. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 2010. p. 24

El Carrasco cuenta con una planta de tratamiento de lixiviados para mitigar el impacto ambiental al pasar por un proceso de sedimentación lagunar seguido por un proceso físico-químico lo que le quita un 85% de la carga contaminante al agua que se filtra desde los depósitos de basura. La planta cuenta con dos piscinas

cada una con cuatro metros de profundidad y capacidad de 500 m<sup>3</sup> de líquido. Adicionalmente, tiene una barrera ecológica con 17000 árboles entre ficus y galanes de la noche. Complementario a estos, cuenta con una planta física para el funcionamiento del sistema de reciclaje, su objetivo es erradicar la recuperación de residuos sobre las zonas de disposición para hacerlo en condiciones ambientales y técnicas más viables.

Empezó a ser utilizado en 1977 como un botadero a cielo abierto en la zona llamada hoy Cárcava II (ver figura 6), pero en 1985 se cambia el sector debido a los continuos incendios en la zona, la nueva zona es la denominada Zona I de la cárcava I, pero sigue el problema de la generación de vertimientos líquidos y emisiones de gases lo que motiva la elaboración de un plan de manejo ambiental (PMA) en 1998.

Figura 6. Ubicación de las cárcavas



Fuente: ORDOÑEZ LOZANO, Olga. Estudio prospectivo de uso para disposición final de residuos sólidos, en un área parcial del predio "El carrasco", propiedad del AMB S.A. E.S.P. Op. Cit. p. 39

**Cárcava I.** Está compuesta por dos zonas. La zona uno se encuentra clausurada después de 17 años de funcionamiento y se estima que hay 2'400.000 toneladas de basura, esta área es una zona verde como se puede apreciar en la figura 7 y cuenta con un área de aproximadamente siete hectáreas con los residuos sólidos de forma escalonada y una altura promedio de cinco metros.

Figura 7. Cárcava I



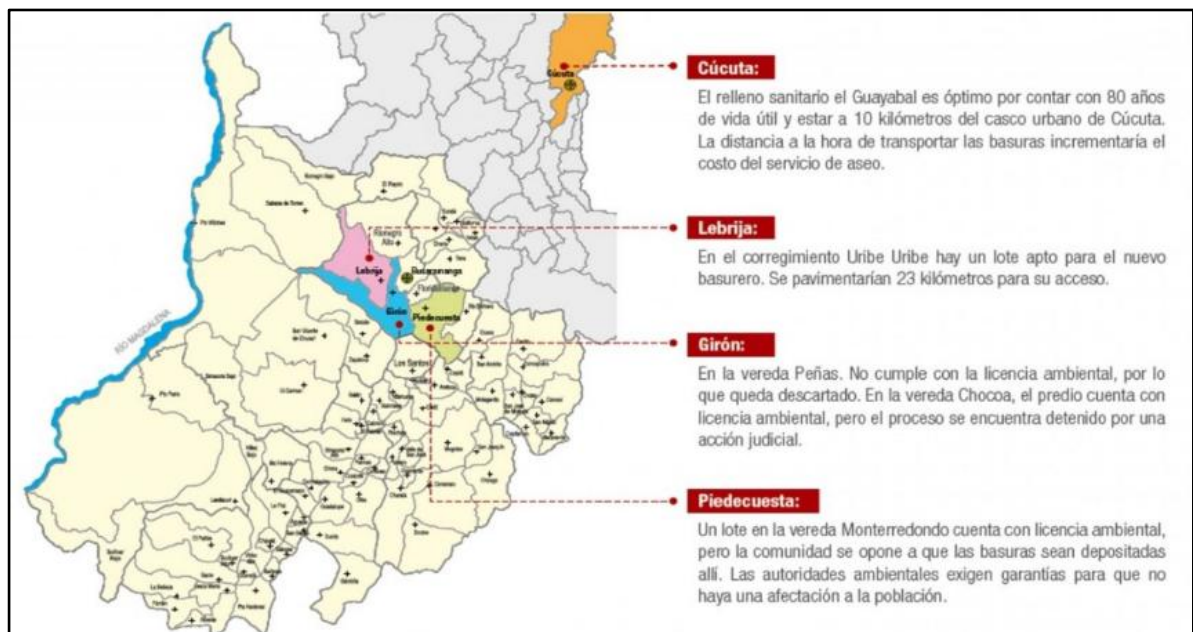
Fuente: ORDOÑEZ LOZANO, Olga. Estudio prospectivo de uso para disposición final de residuos sólidos, en un área parcial del predio "El carrasco", propiedad del AMB S.A. E.S.P. Op. Cit. p. 44

La zona dos es la usada actualmente y cuenta con un volumen de disponibilidad de 667.000 m<sup>3</sup> para disponer residuos en forma escalonada y se encuentra ubicada en su totalidad en Bucaramanga.

**Cárcava II.** Este sitio acogió los residuos a cielo abierto desde 1977 a 1985 y sin ningún método de disposición dando origen a muchos incendios y gran contaminación. Su área es de 57.234,7 m<sup>2</sup> ubicados en Bucaramanga y Girón, sobre un drenaje natural de aguas lluvias conocido como la quebrada El carrasco, la zona albergan 800.000 toneladas de desechos.

**Problemática actual.** Por orden del tribunal administrativo de Santander el actual sitio de disposición de basuras El Carrasco debía finalizar operaciones hace seis años, ya que la cárcava actual (cárcava I zona 2) no tiene capacidad para alojar más toneladas de basura, a pesar de esto, esta continua en operaciones gracias a la declaratoria de varias emergencias sanitarias, la última de ellas decretada en septiembre de 2015, la cual tiene un plazo de 24 meses. En los últimos siete años los alcaldes del área metropolitana, la CDMB, la EMAB, el Área Metropolitana y la Defensoría han realizado estudios y propuesto el desarrollo de un nuevo depósito de basuras en las veredas Chocóa y Peñas, en Girón; en Monterredondo, Piedecuesta; en el corregimiento Uribe Uribe, en Lebrija, y en El Guayabal, en Cúcuta (ver figura 8).

Figura 8. Posibles ubicaciones del nuevo depósito



Fuente: ESPINOSA, Laura y BONILLA, Tatiana. El carrasco, una bomba de tiempo. Bucaramanga: PlataformaUPB, 2015. Disponible en internet: < <http://plataformaupb.com/publicaciones/179-el-carrasco-una-bomba-de-tiempo>>

## Anexo B. Clasificación de los Termoplásticos

**Tereftalato de polietileno (PET).** Este material es un polímero termoplástico lineal, que tiene un alto grado de cristalinidad, puede ser manufacturado para diferentes bienes mediante la inyección, soplado, extrusión y termoconformado.

Entre sus usos comerciales están: fibras textiles, botellas de bebidas, bolsas de dormir, entre otros. Se han creado diversas formas para reciclar el PET, entre las cuales se encuentra el reciclado mecánico, químico y otros métodos de reutilización para disminuir su impacto ambiental, de este se obtiene principalmente fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas. Las propiedades características del PET son:

- Alta transparencia, admite colorantes.
- Alta resistencia.
- Buena barrera al CO<sub>2</sub> y a la humedad.
- Compatible con otros materiales.
- Reciclable.
- Impermeable.
- Uso aprobado para contacto con alimentos.

**Polietileno de alta densidad (HDPE).** Es un polímero termoplástico que está conformado por unidades repetitivas de etileno, este se puede abreviar como HDPE o PEAD, es de gran utilidad para diferentes aplicaciones, esto es debido a que puede ser muy rígido o ser muy flexible, comercialmente se puede encontrar en productos como: tuberías para distribución de agua potable, envases de alimentos, artículos para el hogar, juguetes, dispositivos protectores, entre otros. Las formas de reciclarlo son iguales a los demás termoplásticos, pero es mejor para el reciclaje mecánico y térmico, sus principales propiedades son:

- Gran resistencia térmica y química.
- Buena resistencia al impacto.
- Flexible, pero con rigidez.
- Facilidad de procesar.
- Muy ligero
- Es sólido, incoloro, translucido, casi opaco.

**Cloruro de polivinilo (PVC).** Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para el desarrollo y su confort, esto es debido a su gran versatilidad siendo utilizado en áreas diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros. El PVC es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policlorilo de vinilo, algunas de sus aplicaciones pueden ser: tuberías eléctricas, tuberías de agua, empaque de productos pesados, puertas, ventanas, entre otros. Las principales propiedades de este material son:

- Puede ser muy rígido como flexible, según su proceso de producción.
- Dúctil, tenaz y alta resistencia ambiental.
- Baja densidad, alta resistencia a la abrasión y al impacto.
- Resistente a la corrosión.
- Estable e inerte

**Polietileno de baja densidad (LDPE).** Es un polímero termoplástico que está conformado por unidades respectivas de etileno pero de una cadena ramificada, por lo cual su densidad es más baja, se puede reconocer como LDPE por sus siglas en inglés o por PEBD por sus siglas en español. Se puede procesar por los métodos de conformado para los termoplásticos como por ejemplo: moldeo por inyección y extrusión, sus principales aplicaciones pueden ser: bolsas

transparentes, bolsas de leche, mangueras de conductos de agua, tapas, entre otros. Algunas de sus principales características son:

- Resistencia a los impactos.
- Facilidad de procesar.
- Flexibilidad, mejor que el PEAD.
- Alta resistencia química y térmica.

**Polipropileno (PP).** Es un termoplástico que resulta de la polimerización del propileno, este polímero se puede adaptar a la aplicación individual en tres tipos: homopolímero, copolímero y el copolímero de alto impacto. Este material puede ser transformado de diversas formas algunas son: moldeo por inyección, moldeo por soplado, termoformado, extrusión, entre otras. El polipropileno es utilizado en diferentes aplicaciones que pueden ser: pañales desechables, utensilios domésticos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes motrices, entre otras. Sus principales características son:

- Resistente al uso.
- Resistencia a los agentes químicos.
- Resistente a cargas.
- Buena estabilidad térmica.
- Bajo costo, fácil de moldear y colorear.

**Poliestireno (PS).** Este polímero es un termoplástico el cual se obtiene de la polimerización del estireno monómero. El poliestireno se divide en cuatro grupos principales: el PS cristal o GPPS, el PS de alto impacto o HIPS, el poliestireno expandido o EPS y el poliestireno extruido. La forma expandida y extruida se emplean como aislantes térmicos en construcción. Se pueden encontrar principalmente en: utensilios desechables, envases para jabón, cajas de cd,

empaques térmicos, entre otros. Las principales características del poliestireno son:

- PS cristal: es un sólido transparente, duro y frágil.
- PS de alto impacto: es fuerte y resistente, no quebradizo y puede aguantar impactos sin romperse.
- PS expandido: frágil y muy ligero; útil como aislante y como embalaje de diversos productos.
- PS extruido: es similar al PS expandido, pero tiene la ventaja de ser impermeable.

**Otros plásticos.** En esta clasificación entran los polímeros que generalmente no son reciclables, están compuestos por resinas de diferentes tipos, algunos de estos polímeros son: metacrilato, teflón, celofán, nailon o poliamida (PA), entre otros.

## Anexo C. Reciclaje de polímeros

**1. La regla de las cuatro erres.** Se ha creado un método para el debido tratamiento de los residuos sólidos, lo cual incluye la participación de la ciudadanía, es por esto que con esta iniciativa se busca crear conciencia ecológica a las personas, creando responsabilidad ante los actos en contra del bienestar del medio ambiente y el planeta, para ello se propone seguir la regla de las cuatro erres<sup>####</sup>.

**Reducir.** Consiste en elegir los productos que tengan menos envoltorios, sobre todo los que utilicen materias reciclables, y emplear menos bolsas de plásticos para la compra, tratando de utilizar solo lo necesario en menores cantidades.

**Reutilizar.** Evitar desechar cualquier producto antes de aprovechar al máximo sus cualidades, así se evita un consumo inadecuado de los elementos, un ejemplo de esto son las botellas plásticas se pueden reutilizar después de lavar debidamente, entre otras.

**Reciclar.** La mayoría de los materiales de los que están hechos los productos de la vida cotidiana son reciclables, en general para los plásticos existe una categorización de estos los cuales facilitan la identificación de cómo se deben disponer estos elementos, tratando de devolverlos al ciclo productivo, reduciendo así el consumo de materias primas y el consumo energético.

**Recuperación energética.** Este paso consiste en procesar los materiales mediante una combustión controlada con el fin de producir energía, todos los

---

#### LEGANÉS AYUNDAMIENTO. La regla de las 4 R. España: Ministerio de industria, turismo y comercio, 2016. Disponible en internet: <[http://www.leganes.org/portal/contenedor\\_ficha.jsp?seccion=s\\_fdes\\_d4\\_v1.jsp&contenido=829&nivel=1400&tipo=6&codMenuPN=49&codMenuSN=218&codMenuTN=372&codMenu=375](http://www.leganes.org/portal/contenedor_ficha.jsp?seccion=s_fdes_d4_v1.jsp&contenido=829&nivel=1400&tipo=6&codMenuPN=49&codMenuSN=218&codMenuTN=372&codMenu=375)>

materiales que no sean aceptados en los pasos anteriores pueden incluirse en este procedimiento.

## **2. Ventajas del reciclaje mecánico.**

- El proceso de reciclado mecánico no conlleva contaminación del medio ambiente, con el tratamiento adecuado de los fluentes líquidos se puede controlar el impacto de este.
- El reciclado mecánico genera un producto de mayor valor agregado y es materia prima para la producción de elementos de uso final, generando fuentes de trabajo en toda la cadena de reciclado.
- Existe una gran demanda del material plástico granulado en la industria para utilizarlo como materia prima, haciendo que este método sea más viable y rentable.

## **3. Procesos para el reciclaje químico.**

- **Pirolisis:** es la rotura de las moléculas por calentamiento en vacío, este proceso genera hidrocarburos líquidos y sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías, es decir, genera combustibles para reintroducir en la cadena energética.
- **Hidrogenación:** consiste en tratar los plásticos con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son craqueadas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.
- **Gasificación:** este método consiste en calentar los plásticos con aire o con oxígeno. El material resultado de este proceso puede ser utilizado para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.
- **Chemolysis:** este proceso se aplica a poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas. Requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas. Consiste

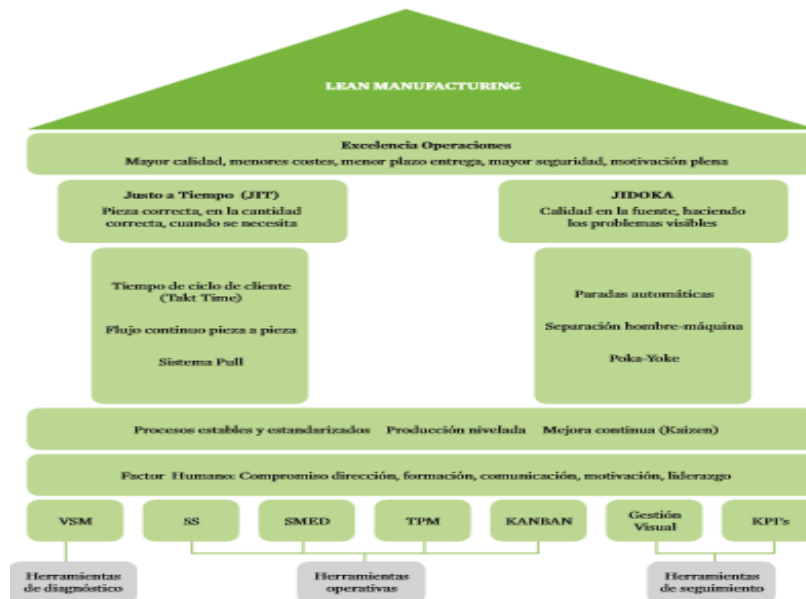
en la aplicación de procesos solvolíticos como hidrólisis, glicólisis o alcoholisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos.

- **Metanólisis:** es un método avanzado, el cual consiste en aplicarle metanol al PET, este es descompuesto en sus moléculas básicas, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen.

## Anexo D. Técnicas Lean

La manufactura esbelta es una de las herramientas más importantes para la mejora continua de los procesos, basando su filosofía de trabajo en las personas que influyen en la cadena de valor de los productos, esta se enfoca en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, los cuales se presentan en aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los que son necesarios. Esta herramienta ayuda a visualizar los diferentes desperdicios que se pueden presentar en cualquier proceso como: sobreproducción, exceso en los transportes de los productos, los reprocesos de materias primas, exceso de inventarios, falta de calidad, entre otros. Para lograr mejorar estos procesos, la manufactura esbelta (Lean Manufacturing) hace utilidad de unos métodos los cuales cubren la totalidad de las áreas operativas de fabricación como son: organización de puestos de trabajo, flujo interno de producto, mantenimiento, gestión de calidad, gestión de la cadena de suministro.

Figura 1. Adaptación actualizada de la Casa Toyota



Fuente: HERNÁNDEZ, Juan Carlos y VIZÁN, Antonio. Lean manufacturing, Conceptos, técnicas e implementación. Madrid: Fundación EOI, 2013. p. 18

## 1. Definición de las 5's

La historia de este método inicia en Japón, de hecho, su nombre viene designado por la inicial de cada una de sus cinco etapas en japonés. Se inicia con Toyota en los años 60 para tener lugares de trabajo más limpios, ordenados y organizados. Surgió después de la segunda guerra mundial por la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros con el objetivo de mejorar la calidad y eliminar obstáculos a la producción eficiente. Al principio este método se utilizó para el montaje de automóviles, pero en la actualidad tiene aplicación en los diferentes sectores de la industria

**Seiri (seleccionar o clasificar).** La primera etapa del método de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inservibles en dicha área. Las preguntas claves que se deben realizar cuando se esté ejecutando esta etapa es: ¿es necesario este elemento?, ¿es necesario tener esta cantidad?, ¿tiene que estar localizado aquí?, consiste en separar lo que es necesario de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc. Al realizar la clasificación de los lugares de trabajo se preparan para dar más seguridad y productividad, siendo los principales beneficios:

- Espacios libres de elementos innecesarios y limpios.
- Facilidad para disponer de cualquier elemento necesario en el proceso de producción.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioren por largos plazos de almacenamiento en lugares inadecuados.
- Genera un mayor control del área de trabajo.
- Prepara las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento.

**Seiton (ordenar).** La organización consiste en saber dónde colocar los elementos que sean importantes en el proceso productivo, hacer un estudio antes de decidir dónde debe ir cada cosa, para de esta manera saber dónde encontrar cada cosa en el momento que sea necesario. Para la realización de esta etapa se debe preguntar: ¿es fácil encontrar lo que se busca?, hay que tener en cuenta lo que se utiliza constantemente, lo que se utiliza de vez en cuando y quien utiliza cada cosa, dando así un lugar específico donde se debe encontrar todo y a donde se debe devolver. Esta fase brinda los siguientes beneficios:

- Reduce el tiempo de localización de elementos.
- Incrementa la productividad personal.
- Reduce tiempos de preparación de las maquinas.
- Elimina la frustración causada por buscar.
- Mejora la seguridad en la planta.
- Menor necesidad de controles de producción y gestión de stock.

**Seiso (limpieza).** Esta tercera etapa trata sobre la limpieza en la empresa, asignando a cada persona una zona del lugar de trabajo de la que se encargara de mantener limpia bajo su responsabilidad, tratando de eliminar el polvo y suciedad de los diferentes lugares de trabajo, incluyendo ideas para evitar o disminuir la suciedad haciendo más seguros los ambientes de trabajo, se debe tener claro que el lugar más limpio no es el que más se asea, si no el que menos se ensucia. Los principales beneficios de esta etapa son:

- Mejora la imagen interna y externa de la empresa.
- Aumenta la vida útil de los equipos e instalaciones.
- Crea un mejor ambiente de trabajo.
- Disminuye los riesgos potenciales de accidentes.
- Mejora la calidad de los productos.

**Seiketsu (estandarizar).** Esta etapa consiste en mantener los resultados de los procesos anteriormente tratados, para ofrecer una mayor seguridad y calidad en la empresa. En la estandarización es fundamental mantener las otras 3 etapas con gran disciplina, apoyado con listas de verificación para mantener la empresa ordenada, limpia, segura y eficiente. Los principales beneficios de esta etapa son:

- Asegurar que no se deteriore el programa de 5S.
- Hacer de las 3S anteriores un hábito.
- Preparar al personal para asumir mayores responsabilidades.
- Aumentar la productividad de la empresa al disminuir tiempos en los procesos.

**Shitsuke (disciplina).** La última etapa de esta metodología, consiste en la disciplina y compromiso de los involucrados en la aplicación de las 5S. La disciplina es la voluntad de hacer las cosas como se deben hacer, teniendo buenos hábitos, comprometiéndose con una mejora continua. Busca crear hábitos en base a todas las etapas anteriores. Los beneficios obtenidos por esta etapa son:

- Fomentar un respeto por las normas que regulan el funcionamiento de la empresa.
- Permitir cambiar hábitos, aumentando el seguimiento de estándares.
- Aumentar los niveles de satisfacción de los clientes.
- Crear actividades basadas en la mejora continua.

**2. Control visual.** Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora.

**3. Jidoka.** Es un término japonés, que significa automatización con un toque humano. Esta palabra, que no debe confundirse con automatización, define el sistema de control autónomo propuesto por el Lean Manufacturing. Bajo la perspectiva Lean, el objetivo radica en que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad, de forma que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá, ya sea automática o manualmente por el operario, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Dado que sólo se producirán piezas con cero defectos, se minimiza el número de piezas defectuosas a reparar y la posibilidad de que éstas pasen a etapas posteriores del proceso.

**4. Heijunka.** es la técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un periodo de tiempo, normalmente un día o turno de trabajo. Evidentemente, esta herramienta no es aplicable si hay nula o poca variación de tipos de producto. La gestión práctica del Heijunka requiere un buen conocimiento de la demanda de clientes y los efectos de esta demanda en los procesos y, a su vez, exige una estricta atención a los principios de estandarización y estabilización. Los pedidos de los clientes son relativamente constantes si se consideran en promedio dentro de un período suficientemente grande de tiempo, pero son impredecibles si se analizan con un rango de tiempo pequeño y fuera de un programa pactado.

**5. Takt time.** Sirve para determinar que tiempo se debe emplear para manufacturar cierto tipo de producto en base a la demanda del cliente, convirtiéndose en un número de referencia que da una sensación del ritmo al que hay que producir. Se calcula dividiendo el tiempo disponible de producción por la demanda del cliente, todo ello en un periodo dado.

**6. Just in time.** Se basa en la filosofía de “la cantidad exacta, del producto exacto, en el momento exacto” desde las áreas de la planta hasta los proveedores deben estar integrados de manera que los procesos no deban detenerse nunca y que

sea el siguiente punto de la cadena el que “alar” (pull) el producto de estación en estación, eliminando el cuello de botella.

**7. Poka yoke.** Se utiliza para prevenir transferencia de piezas defectuosas al proceso siguiente, se instalan dispositivos para detectar errores, parar la producción y alertar al operario, se utilizan métodos sencillos que se adapten al problema en cuestión, mejorando el control de la calidad en la empresa.

## Anexo E. Ayudas visuales de TPM



Comercializadora de Reciclaje  
**MAPRES**

**Lección de un punto: Levantamiento de bultos y/o recipientes pesados**

Seguridad

Conocimiento general

Mejora







Dirigida a: Toda la zona de producción

Socialización a cargo de:

Personal capacitado:

-	_____	-
-		
-		





Comercializadora de Reciclaje  
**MAPRES**

**Lección de un punto: Almacenamiento de sacos con material**

Seguridad

Conocimiento general

Mejora

Dirigida a: Toda la zona de producción

Socialización a cargo de:

Personal capacitado:

-	_____	-
-		
-		

Lección de un punto: Acople de cajas

- Seguridad
- Conocimiento general
- Mejora



Dirigida a: Zona de acogida

Socialización a cargo de:

Personal capacitado: 


Lección de un punto: Cantidad correcta de canastas a transportar

- Seguridad
- Conocimiento general
- Mejora



Dirigida a: Zona de almacenamiento

Socialización a cargo de:

Personal capacitado: 




Lección de un punto: Tamaño correcto de grano

- Seguridad
- Conocimiento general
- Mejora



Dirigida a: Zona de Triturado

Socialización a cargo de:

Personal capacitado:

-	_____	-
-		-
-		-



Lección de un punto: Uso de gafas de seguridad, casco, delantal, guantes y tapa oídos

- Seguridad
- Conocimiento general
- Mejora



Dirigida a: Zona de Triturado

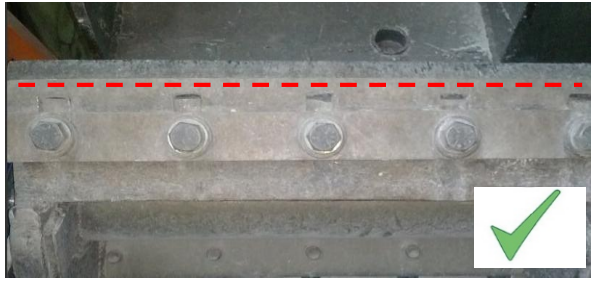
Socialización a cargo de:

Personal capacitado:

-	_____	-
-		-
-		-

**Lección de un punto: Tolerancia de las cuchillas**

- Seguridad
- Conocimiento general
- Mejora



Dirigida a: Zona de Triturado

Socialización a cargo de:

Personal capacitado:

## Anexo F. Metodología del juego SMED

### 1. Prologo – Condiciones de uso del juego SMED

**Participantes:** no es conveniente contar con más de 4 o 5 participantes durante las sesiones de entrenamiento. Si por casualidad el número de personas que participan en las sesiones de entrenamiento es más grande, se deben utilizar dos cajas para realizar el juego. Esto, además, generaría una emulación sana entre los 2 grupos, lo cual sería una ventaja.

El objetivo de la sesión de entrenamiento consiste en iniciar un <taller de SMED>, justo antes del juego, debe estar claro que los participantes tienen que ser los miembros del grupo de trabajo <SMED>.

**Duración de la sesión de entrenamiento:** esto dependerá del uso de los videos. Se puede prever un día entero si se utiliza un video o, en el caso contrario, un día y medio.

El uso del video permitirá un análisis más profundo del trabajo. Cada cambio de grupo se registra y podría ser el objeto de los futuros exámenes. (Con el tiempo de las distintas operaciones básicas que fueron ejecutadas por el operador, etc.)

Esto va a acercarnos a los casos reales que ocurren en la planta, por lo que el uso del video es casi obligatorio para alcanzar una solución óptima.

Sin embargo, un simple periodo de sesiones de medio día (es decir, sin necesidad de utilizar el video) ya permite a los participantes tener un buen conocimiento del método.

La siguiente guía ha sido elaborada para una aplicación <sin video>. En el caso contrario, su adaptación se puede realizar sin ninguna dificultad.

**2. Presentación del juego.** Este juego es una demostración del <enfoque SMED>, poniendo a los participantes en una situación de cambio real de elementos. Sin embargo, con una buena disposición de los participantes, se puede realizar una presentación introductoria del <método SMED>. Este enfoque teórico puede ser corto (breve y preciso). Las diferentes fases del método SMED se presentarán y describirán a continuación, durante el desarrollo de los juegos.

Es el organizador quien debe elegir el mejor método que se adapte a los diferentes mensajes que se quieran transmitir. Después de dar una agradable bienvenida a los participantes, el organizador comienza su presentación:

**a. Material usado durante el juego:** la maquina está representada por un montaje que tiene un ajuste de altura “brida”. Las herramientas están representadas por cilindros divididos en 2 partes (superior e inferior).

- Para cada cambio de elementos, se procederá a cambiar el buje interno de goma, que simboliza entonces, la parte que necesita una intervención de mantenimiento.

Las materias primas están representadas por las arandelas que se colocan sobre una máquina. Parámetros de la maquinaria – condiciones de inicio, (ajustes y dimensiones a respetar).

**b. Objetivos del juego**

- Poder ilustrar el método SMED.
- Demostrar las diferentes etapas de desarrollo.
- Demostrar los beneficios potenciales y la importancia del rigor metodológico para alcanzarlos.
- subrayar el impacto de los beneficios en el tamaño de la producción.

**c. Especificaciones del ensamblaje y ajuste de los parámetros**

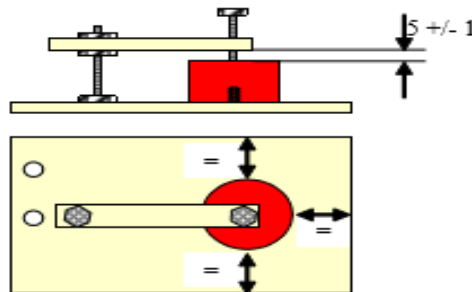
El juego trata de un cambio de piezas, respetando las condiciones del montaje (véase más adelante) y el cambio de las materias primas (8 discos en el almacén <maquina>).

Los parámetros de ajuste son:

- Dimensión de 5 mm(+1 mm) entre la boca de la herramienta y la parte inferior de la brida.

- Herramienta centrada (distancia idéntica desde los 3 bordes +-1mm).

La herramienta debe ser fijada (el tornillo se debe apretar con la llave adecuada).



#### **d. Papel de cada participante**

- El organizador desempeña el papel del almacenista.

- El operador realiza el cambio de acuerdo a las especificaciones del montaje y ajuste, lo que se les dijo en el comienzo del juego. También puede preguntar a el organizador por cualquier necesidad o duda que pueda tener.

- El inspector, interviene tan pronto como el operario anuncia que el cambio a finalizado y debe comprobar el posicionamiento de la herramienta de los bordes (3 veces la misma distancia) y la dimensión por debajo de la brida.

- Si se encuentra una diferencia de más de 1 mm por encima de cualquiera de las 4 especificaciones al ser inspeccionado, será necesario que el operador repita el ajuste (el cronometro todavía está corriendo). Si ocurre lo contrario, le da a las maquinas el comienzo de la producción (por tanto, el cronometro se detiene).

- El cronometrador mide el tiempo total del cambio.

- El observador (s) da seguimiento de las operaciones en los cambios y tiene en cuenta cualquier cosa que parezca anormal.

### **3. Definición de la situación inicial.**

#### **(1er momento- El cambio no está preparado)**

Dar a los participantes:

- La máquina con los diámetros pequeños de herramienta, ya montado.
- 8 pequeñas arandelas con el remache metálico (materia prima del almacén).
- El cronometro.
- La nueva herramienta de diámetro grande que tiene que ser montado, separada en 2, con una junta de goma.
- La nueva materia prima (grandes arandelas).
- Una bolsa de herramientas que contenga:
  - El juego de llaves planas.
  - El conjunto de 6 llaves hexagonales.
  - Regla metálica.
- Un destornillador, que fue retirado voluntariamente por el organizador de la bolsa de herramientas en el comienzo del juego para crear un obstáculo.
- Una vez que el destornillador está en su posesión, el operador pone de nuevo la herramienta con la nueva junta de goma.
- Busca la llave inglesa "13", que libera la brida, la levanta y aproximadamente posiciona la nueva herramienta.
- Interviene ahora la operación de ajuste, apriete de la brida y la herramienta. Estas operaciones pueden tomar un tiempo que varía, en general, de largo y con un gran número de manipulación inútil y ajustes.
- Entonces, el operador cambia la materia prima en la <maquina> (remache).
- Y finalmente llama al inspector para comprobar los parámetros de ajuste.

- Si el inspector observa una diferencia de más de 1 mm en una de las especificaciones, el operador tendrá que repetir los ajustes hasta que el trabajo está bien hecho (el cronómetro sigue funcionando).

Si todas las especificaciones de ajuste son correctas, se da permiso para iniciar la producción, y se hace detener el cronómetro.

A continuación, dejar a los participantes durante unos minutos, para que tengan contacto con el juego.

### **Este primer cambio se llevará a cabo sin preparación.**

Cuando los participantes están listos, se le da el “comienzo” al operador y el cronometrador inicia a tomar el tiempo.

- El operador busca las herramientas que va a necesitar de la bolsa de herramientas.
- El busca la llave “10”, libera la herramienta y evacua la máquina.
- El agarra la nueva herramienta.
- Se da cuenta de que la nueva herramienta no está lista—tiene que sustituir la junta de goma, cierra la herramienta y aprieta con un destornillador.
- Se da cuenta que no hay destornillador.
- Luego le pide el destornillador al encargado del almacén (organizador).

## **4. Análisis de la situación inicial y la preparación de la fase 1 mejorada: organización**

### **(2do momento - Cambio Preparado)**

La primera etapa o fase del método SMED consiste en trabajar en la organización de la transición. Esto permite obtener grandes beneficios sin inversión.

#### **4.1 Análisis del desarrollo del cambio**

Para hacer que el grupo piense en lo que acaba de pasar, pida a los participantes que describan el desarrollo de cambio, para dar una «respuesta instantánea» acerca de la experiencia que acaban de tener y sus percepciones (organización de cambio, cronología operaciones, herramientas, preparación, 5S, etc) (se puede escribir estas observaciones sobre en un papel y comentar sobre ellas).

Ahora, usted debe preguntar a los participantes como clasificar todas estas operaciones básicas «internas» y operaciones «externas».

Pregúnteles además que representan para ellos las siguientes 3 preguntas para cada operación básica:

1. ¿Es necesaria esta operación?
2. En caso afirmativo, ¿puede ser una operación externa? (Sin inversión).
3. Si no puede ser una operación externa, ¿cómo puede ser simplificada?

Es necesario que resuelva esto, utilizando la hoja de trabajo y solución ° (Frm01sol) y hacer las observaciones necesarias. Es importante recordar (subrayado) que esta primera etapa se lleva a cabo sin ningún tipo de inversión.

#### **4.2 Cambio del modo de funcionamiento**

Hacer ver a los participantes que, para no olvidar nada, es necesario registrar cada operación relacionada con el cambio. En primer lugar, es necesario:

- Hacer una lista de control de todas las cosas, pida que lo haga antes de cambiar los elementos.
- Definir la cronología exacta de las operaciones internas y externas = al estándar de trabajo.

Dar el comienzo del juego y se deben seguir las mismas reglas que se dieron en la primera etapa del mismo.

## **5. El análisis realizado del cambio y preparación de la fase de mejora 2º: Las modificaciones técnicas a bajo costo y rápida ejecución (Prioridad N ° 1) (3er momento)**

### **5.1 análisis anterior del cambio**

- El tiempo medio interno de la transición era aproximadamente 120 segundos. El juego que obtuvimos en relación con el tiempo inicial es de aproximadamente 60%.
- Escribir en el formato los resultados demuestran los tiempos que se indican en el modo de funcionamiento, se respetan y se mejoran a medida que ganamos experiencia.
- Demostrar que con la organización se puede comenzar de buena manera la acción del grupo y que puede proporcionar algunas mejoras importantes y rápidas.
- Recordemos que esas ganancias representan 50 a 60% del tiempo inicial y que se lograron sin inversión.

Sin embargo, subsiste siempre un tiempo de preparación de las herramientas, el equipo y las materias primas, que no es despreciable.

Ahora, les hacen pensar (con una lluvia de ideas) acerca de las ideas de mejora que se pueden ejecutar y la forma de la Evaluación de los beneficios correspondientes, teniendo cada operación básica y pidiendo a las siguientes preguntas, en el orden respectivo:

1. ¿Es necesaria la operación?
2. En caso afirmativo, ¿puede ser una operación externa?
3. Sí no puede ser una operación externa, ¿cómo puede simplificarse?

Tenga cuidado de anotar "cada idea". Una selección se realizará más adelante.

## **5.2 La ejecución de las modificaciones técnicas de bajo costo**

Después de hacer algunas ganancias organizando número de piezas cambiadas, vamos a continuar con la reducción del tiempo total del cambio, haciendo las primeras modificaciones técnicas

Para definir estas inversiones prioritarias, proceda de la siguiente manera:

- Numere todas las ideas.
- Presentar la hoja de trabajo, en la que tenemos que:
  - ✓ Calcular el costo de cada idea
  - ✓ Estimar los avances en los tiempos de cambio
  - ✓ Calcular la relación «costo / segundo ganado»
- Explique que este método permite organizar de una manera jerárquica las soluciones o ideas que deben ser ejecutadas.
- De esta manera, definimos las ideas prioritarias N° 1, que serán las ejecutadas por ahora
- Los costos y los beneficios del tiempo indicado en la hoja de trabajo N° 4 del organizador, tienen como objetivo indicar el orden de magnitud, que son relativas y pueden ser modificados.

## **5.3 Aplicación (3er momento)**

Este cambio se llevará a cabo con la preparación requerida y con el nuevo modo de funcionamiento, que se definió después de la ejecución del «N° 1» de ideas de prioridad. Teniendo en cuenta estas ideas se procede a aplicarlas en el juego y a realizar los pasos que anteriormente se habían realizado.

## Anexo G. Catalogos de las maquinas seleccionadas

### 1. Trituradora



GELGOOG

Henan Gelgoog Machinery Co., LTD

Tel: 0086-371-86110690

Fax: 0086-371-86110692

To: Mrs. Luisa Fernanda, Colombia

Email: [luisabarbosaangarita@hotmail.com](mailto:luisabarbosaangarita@hotmail.com)

Tel:

Date: January, 5, 2016

**Small model Metal Crusher Machine (Have a dust removal function)**



**Rango de aplicación:**

**1. Range of application:**

All kinds of scrap cans crusher, Red Bull irrigation, beverage cans, beer cans, Red Bull cans, cans bottles, paint bucket, thin scrap metal, scrap metal slag, moon cake boxes, cans, steel tile, bike racks, motorcycle racks and other thin materials broken into groups like particles, thus reducing transport costs and improve the speed of scrap cast furnace.

**Principio de Operación:**

**2. Operating principle:**

Cans grinder its core principle is to use a hammer (or blade) hit material, high-speed high-torque motor driven hammer on the rotor turns hitting the host into the crushing chamber materials to be crushed by the hammer of the liner and the space between the

Contact: Ms Daisy

Mobile: 0086-18790255066



## Henan Gelgoog Machinery Co., LTD

Tel: 0086-371-86110690

Fax: 0086-371-86110692

formed material to be broken in the crushing cavity full and effective crushing, crushed material will be torn into conforming to specifications detritus.

Crushed material sorting system maneuver through the air, the cans and non cans (plastic, patent leather, paper and other debris) is separated from the other dust removal device is equipped with the entire system, the dust pollution hazards in the production process to a minimum.

Cans after pulverized particles from the discharge port to the discharge out through a delivery Fe-Al separator, magnetic separation of iron and aluminum in principle be completely separated.

Model	GG400
Power (kw)	18.5
Motor speed (r/min)	1440
Capacity(kg/h)	300-500
Grinding fineness(mm)	3-40
land area (m <sup>2</sup> )	5
Size (m)	1.85×1.2×0.92
EXW Price	2990-USD <b>9650,000 COP</b>

### Registration and CE



### 11T Canton Fair and Our Company



### Our manager in Nigeria



### 19th Canton Fair



### Our boss and Nigeria Cross River State Governor



Contact: Ms Daisy

Mobile: 0086-18790255066



GELGOOG

## Henan Gelgoog Machinery Co., LTD

Tel: 0086-371-86110690

Fax: 0086-371-86110692

<p><b>Delivery time:</b> 7-15 working days after received 40% of the whole payment.</p>
<p><b>Payment term:</b> 40% as prepayment by T/T, after seen the copy of the copy of the B/L sent by fax, the balance of 60% should be effected.</p>
<p><b>Valid time:</b> This quotation is valid for Seven days.</p>
<p><b>Quality Guarantee Terms:</b> Quality guarantee term is for one year. Malfunctions which are caused by machine-self and quality will be responsible for our manufacturer. Other malfunctions which are caused by operation mistakes, man-made problems, etc will be responsible for clients-self.</p>
<p><b>V.Contact details:</b> Contact person: Ms.Daisy Email:Daisy@gelgoog.com.cn Skype: gelgoogg WhatsApp:0086-15713695302 Tel: 0086-371-86110690 Fax: 0086-371-86110692</p>

Contact: Ms Daisy

Mobile: 0086-18790255066

## 2. Lavadora.



## Ruian Chuangli Machinery Factory

No.168, Xiachang Industrial Area, Felyun Town, Rulan City, Zhejiang, China.

Tel: 86-577-66601672

Fax: 86-577-65907012

Mobile/WhatsApp: 86-13282718181

E-mail: [clmachinery9@hotmail.com](mailto:clmachinery9@hotmail.com)

No.: CL160105Q-2

Date: Jan 5, 2016

### Quotation

No.	Name	Type	Quantity (Set)	Unit Price (USD)	Amount (USD)
1	PP/PE Flakes Crushing Washing and Drying Line with Capacity of 400-500kg/h	SJ-500	1	28000	28000

#### Remarks:

- 1). All the above prices are based on USD FOB WENZHOU CHINA.
- 2). Payment: By T/T.
- 3). Delivery time: Within 30 days after receiving the deposit.
- 4). Packaging: In bulk.
- 5). Engineer service and after sale service: we will send one technician to install the machines in your factory, and train your workers how to operate the machines, but you will be in charge of the technician's plane ticket, visa, accommodation, food, living and salary(USD60/day) or other living expense.
- 6). We guarantee the quality of the machines for one year, and the after sale service is lifelong.

### The technical parameters for the machines as follows

- 1). SJ-500 PP/PE Flakes Crushing Washing and Drying Line with Capacity of 40-500kg/h



Capacity of the line: 400-500kg/h

### 3. Film Friction Washing Machine and Loader

Motor: 11kw  
Screw:  $\phi$ 300mm  
Screw Rotating Speed: 140rpm  
Length: 2500mm  
Loader length: 3000mm  
Weight: 600kg  
This machine has the self dirt-draining function.  
The screen filter is made of stainless steel.  
Working Principle: With the high rotating speed screw, the sand and soil dirt could be separated.



### 4. Film Friction Washing Machine and Loader

Motor: 11kw  
Screw:  $\phi$ 300mm  
Screw Rotating Speed: 140rpm  
Length: 2500mm  
Loader length: 3000mm  
Weight: 600kg  
This machine has the self dirt-draining function.  
The screen filter is made of stainless steel.  
Working Principle: With the high rotating speed screw, the sand and soil dirt could be separated.



### 5. Film Dewatering Machine

Motor: 5.5kw  
Rotating Speed: 1440rpm  
Dimension(L\*W\*H): 1300mm\*800mm\*1000mm  
Weight: 300kg  
1. The screen filter inside is made of stainless steel  
2. The water outlet is at the bottom



3. Secadora.



Anhui Province Kai Feng Plastic Machinery Co., Ltd.

<h1>Price List</h1>				
Quotation Date: 1.9.2016				
Supplier	Anhui Province Kai Feng Plastic Machinery Co., Ltd.			
Address	No. 8, high tech Zone, Anqing City, Anhui Province			
Contacts	Vivian			
Tel	+86 0556 5057601			
Fax	+86 0556 5057600			
Mobile	+86 18297768300			
E-mail	kfsuliaojixie@163.com			
Website	<a href="http://ahkf.en.alibaba.com">http://ahkf.en.alibaba.com</a>			
Approvals	ISO9001 CE			
Item No.	Product name	Product model	Quantity	CIF Santa Marta (cost+carriage) USD
01	dryer	KF-G400KG	1	900USD+770USD=1670USD
02	dryer	KF-G500KG	1	1100USD+850USD=1950USD

BUENAVENTURA port

Item No.	Product name	Product model	Quantity	CIF BUENAVENTURA (cost+carriage) USD
01	dryer	KF-G400KG	1	900USD+80USD=980USD
02	dryer	KF-G500KG	1	1100USD+90USD=1190 USD

### Parameters of plastic dryer

Model	Electric heating power	Fan power	Bucket diameter	External dimensions
KF-G25KG	3.5 KW	90 W	φ 350 MM	76×50×90 CM
KF-G50KG	4.8 KW	200 W	φ 430 MM	84×54×103 CM
KF-G75KG	5.1 KW	200 W	φ 468 MM	95×60×114 CM
KF-G100KG	7.8 KW	250 W	φ 550 MM	108×70×125 CM
KF-G150KG	8.8 KW	250 W	φ 630 MM	112×76×130 CM
Model	Electric heating power	Fan power	Bucket diameter	External dimensions
KF-G200KG	10 KW	400 W	φ 700 MM	125×85×148 CM
KF-G300KG	15 KW	750 W	φ 750 MM	130×92×174 CM
KF-G400KG	20 KW	750 W	φ 800 MM	140×104×178 CM
KF-G500KG	20 KW	750 W	φ 800 MM	145×110×180 CM
KF-G600KG	27 KW	960 W	φ 990 MM	160×115×215 CM
KF-G800KG	32 KW	960 W	φ 1090 MM	170×133×268 CM

### Product image



## Anexo H. Selección del transportador por tornillo sin fin

**4.1.1 Factores conocidos.** Las características de material utilizado para el diseño (figura 1) a partir de estos valores se seleccionará todas las dimensiones del tornillo y los valores conocidos se pueden observar en la tabla 1.

Figura 1. Características del material

Material	Weight lbs. per cu. ft.	CEMA Material Code	Angle of Repose (Loose)	Recommended Angle of Max. Inclination (Conveyor)	Intermediate Bearing Selection	Component Series	HP Factor $F_w$	Trough Loading
Plumbago (See Graphite)								
Polyethylene, Pellets	35	35B,25PQ	23					
Polyethylene, Resin, Pellets	30-35	33C,45Q	23		L-S	1	.4	30A
Polystyrene, Beads/Pellets	40	40B,35PQ	23		S	1	.4	30A
Polyvinyl Chloride, Pellets	20-30	25E45KPQT	45		S	1	.6	30A

Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.23

En la clasificación del material se agrega la característica de polvoriento y se modifica el tamaño real de la partícula, haciendo más exactos los cálculos.

Tabla 1. Factores conocidos

Material a transportar	Poliestireno
Tamaño máximo de la partícula	40 [mm]
Peso específico	40 [lb/ft <sup>3</sup> ]
Capacidad requerida	27,5 [ft <sup>3</sup> /h]
Distancia de transporte	4 [m]
Clasificación del material	40D3-35PQL

**4.1.2 Capacidad de diseño, diámetro y velocidad del tornillo.** Se selecciona un helicoidal sencillo de paso estándar por la aplicación requerida bajo los criterios de aplicación de Martin Sprocket & GEAR<sup>§§§§§</sup> y por lo tanto la capacidad equivalente es la misma requerida ya que todos los factores de capacidad son 1 (ver figura 2)

§§§§§ MARTIN SPROCKET & GEAR. catálogo-4000-2. Martin Sprocket & Gear. Arlinton, Texas: 2013. p. 78

$$Capacidad\ equivalente\ \left[\frac{ft^3}{h}\right] = \left(Capacidad\ requerida\ \left[\frac{ft^3}{h}\right]\right) * CF_1 * CF_2 * CF_3$$

Figura 2. Factores de capacidad

<b>Tabla 1-3</b>			
Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF <sub>1</sub>			
Paso	Descripción	CF <sub>1</sub>	
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1.00	
Corto	Paso = ½ Diámetro del Helicoidal	1.50	
Medio	Paso = ¼ Diámetro del Helicoidal	2.00	
Largo	Paso = 1½ Diámetro del Helicoidal	0.67	

<b>Tabla 1-4</b>			
Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial CF <sub>2</sub>			
Tipo de Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal con Corte	1.95	1.57	1.43
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	3.75	2.54
Helicoidal de Listón	1.04	1.37	1.62

\*No se recomienda.  
 \*Si no se utilizan ninguno de los tipos anteriores de helicoidal: CF<sub>2</sub> = 1.0.

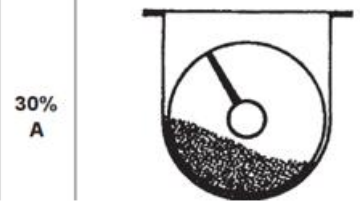
<b>Tabla 1-5</b>					
Capacidad para Transportador con Paletas Mezcladoras CF <sub>3</sub>					
Paletas Estándar de Paso Invertido a 45°	Paletas por Paso				
	Ninguna	1	2	3	4
Factor CF <sub>3</sub>	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32

Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 18

Con la carga de la artesa seleccionada en la figura 1 y la capacidad, sabiendo que las revoluciones por minuto del helicoidal no deben ser mayor a la velocidad máxima recomendada se encuentra el diámetro del helicoidal con la tabla 1.6 de Wamgroup basados en CEMA (ver figura 3)

$$N = \frac{Capacidad\ requerida\ en\ pies\ cúbicos\ por\ hora}{Pies\ cúbicos\ por\ hora\ @\ 1\ rpm} = \frac{27,5}{0,41} = 67\ rpm$$

Figura 3.Capacidad según su velocidad

Trough Loading	Screw Dia. Inch	Capacity Cubic Feet Per Hour (Full Pitch)		Max.Recommended RPM
		At One RPM	At Max RPM	
 30% A	30	323.00	29070	90
	4	0.41	53	130
	6	1.49	180	120
	9	5.45	545	100
	10	7.57	720	95
	12	12.90	1160	90
	14	20.80	1770	85
	16	31.20	2500	80
	18	45.00	3380	75
	20	62.80	4370	70

Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.28

Se procede a revisar el diámetro mínimo del helicoidal obtenido anteriormente debido al porcentaje de tamaño de partícula: en la tabla 1 encontramos que el polietileno tiene un código de material 40D3-35PQL, lo que significa que tiene una densidad de  $40 \left[ \frac{lb}{ft^3} \right]$ ; D3 nos indica que el tamaño de partícula es de 1/2" a 3" \*\*\*\*\* . De las especificaciones reales del polietileno sabemos que este tiene un tamaño máximo de partícula de 1 1/2" y que solo el 25% de las partículas son de 1 1/2" lo que lo convierte en tamaño clase 2 (figura 4)

Figura 4.Tamaño máximo de partícula

Maximum Lump SizeTable					
Screw Diameter Inches	Pipe O.D. Inches	Radial Clearance Inches**	Class I 10% Lumps Max.Lump, Inch	Class II 25% Lumps Max. Lump, Inch	Class III 95% Lumps Max. Lump, Inch
6	2 3/8	2 5/8	1 1/4	3/4	1/2
9	2 3/8	3 3/8	2 1/4	1 1/2	3/4

Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.29

Siendo entonces el diámetro requerido de 9" para el tornillo helicoidal cuyo criterio concluyente fue por tamaño de partículas. Haciendo nuevamente el cálculo de la velocidad obtenemos N=6 [rpm].

\*\*\*\*\* WAM GROUP. Cema® Screw conveyors, Tabla 1-1. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.14

**4.1.3 Potencia.** La potencia requerida es la suma de la potencia necesaria para vencer la fricción ( $HP_f$ ) y la potencia necesaria para mover el material dentro del transportador a la capacidad especificada ( $HP_m$ ) multiplicada por el factor de sobrecarga  $F_o$  y dividido entre la eficiencia total de la transmisión. A continuación, se hallarán los factores necesarios para hallar la potencia (figura 1, 5,6,7 y 8):

Figura 5. Factor del diámetro del helicoide  $F_d$

Conveyor Diameter Factor, $F_d$			
Screw Diameter Inches	Factor $F_d$	Screw Diameter Inches	Factor $F_d$
4	12.0	16	106.0
6	18.0	18	135.0
9	31.0	20	165.0
10	37.0	24	235.0

Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.33

Figura 6. Factor por porcentaje de carga  $F_f$

Flight Type	$F_f$ Factor for Percent Conveyor Loading			
	15%	30%	45%	95%
Standard	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.34

Figura 7. Factor por paletas  $F_p$

Paddle Factor $F_p$					
Standard Paddles per Pitch, Paddles Set at 45° Reverse Pitch					
Number of Paddles per Pitch	0	1	2	3	4
Paddle Factor- $F_p$	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.34

Figura 8. Factor por el material del buje  $F_b$

Hanger Bearing Selection				
Bearing Component Groups	Bearing Typos	Recommended Coupling Shaft Material**	Max. Recommended Operating Temperature	$F_b$
S	Nylatron	Standard	250°F	2.0
	Nylon	Standard	160°F	
	Teflon	Standard	250°F	

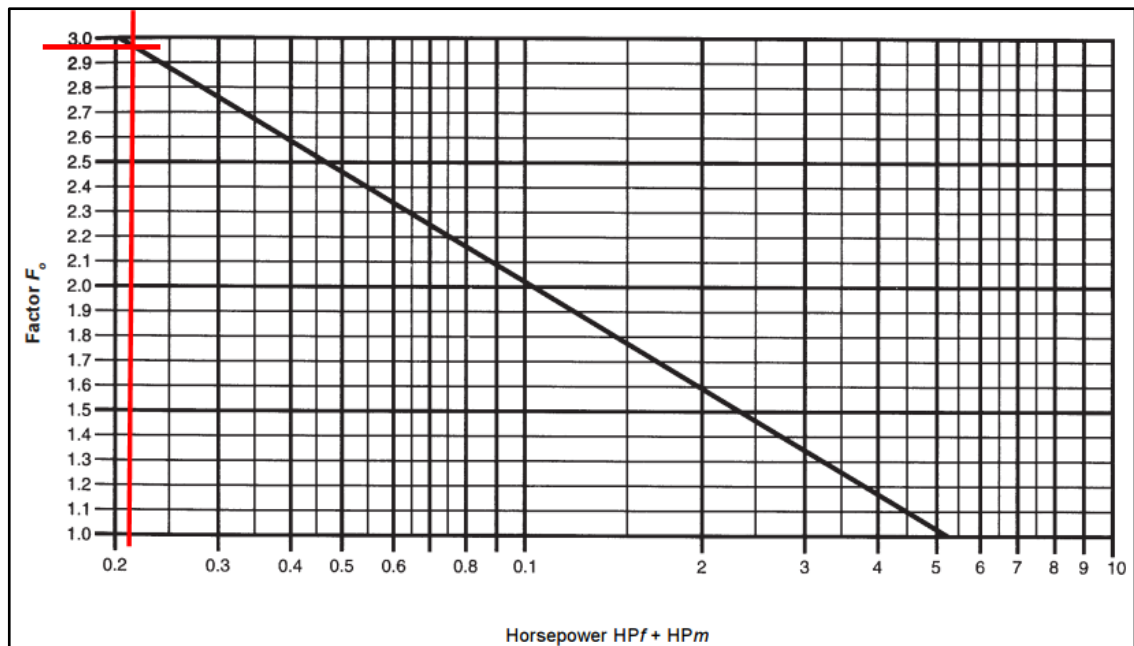
Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.32

$$HP_f = \frac{LNF_d F_b}{1000000} = \frac{4,02 * 6 * 31 * 2}{1000000} = 0,0015 [Hp]$$

$$HP_m = \frac{CLWF_f F_m F_p}{1000000} = \frac{27,5 * 4,02 * 40 * 1 * 4 * 1}{1000000} = 0,02 [Hp]$$

$$HP_f + HP_m = 0,0215$$

Figura 9. Factor de sobrecarga Fo



Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.25

La transmisión seleccionada es de tipo reductor para transportador helicoidal ya que el reductor se monta en la tapa del transportador y se conecta directamente al helicoidal, esto facilita el montaje que presenta dificultad en la parte inferior por dimensiones de la línea. El reductor incluye rodamientos de empuje integrales, sello y eje motriz. El motor se puede instalar en cualquier posición que se desee (superior, lateral o inferior). Su ventaja frente a las otras opciones<sup>+++++</sup> es que no requiere utilizar eje motriz, unidad de empuje, rodamiento de empuje o sello adicionales, ni es necesario instalarlo en el piso. Con este dato se encuentra la

<sup>+++++</sup> Ibid., p. 47.



$$Torque = \frac{63,025 * HP}{RPM} = \frac{63,025 * 0,73}{6} = 7,67 [lb - in]$$

El diseño general de los transportadores helicoidales está limitado por el torque que pueden soportar los tubos, los ejes y los pernos de acoplamiento. En la figura 12 se puede apreciar que la capacidad de torsión para el diámetro de eje seleccionado es mayor al necesario (7,67 lb-in), el diámetro del perno es 5/8" y se hace necesario el uso de 3 pernos grado 2 debido a la resistencia de los pernos al torque, la resistencia de los barrenos para 3 cortes es mucho mayor a la necesaria.

Figura 12. Capacidad de torsión

Coupling	Pipe		Couplings	Bolt Dia. Inches	Bolts			
	Sch. 40		Torque In Lbs.*		Bolts In Shear In Lbs.**		Bolts In Bearing In Lbs.	
	Size Inches	Torque In.Lbs.	CEMA Std. (C-1045)		No. of Bolts Used		No. of Bolts Used	
					2	3	2	3
1	1½	3,140	999	¾	1,380	2,070	1,970	2,955
1½	2	7,500	3,727	½	3,660	5,490	5,000	7,500
2	2½	14,250	9,233	5/8	7,600	11,400	7,860	11,790
2¾	3	23,100	18,247	¾	9,270	13,900	11,640	17,460

Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.36

Ahora se verifica que la potencia que pueda ser transmitida con seguridad por los tubos, los ejes y los pernos de acoplamiento. La potencia transmitida a 1 rpm debe ser menor a cada valor de los elementos que se aprecian en la figura 13.

$$HP@1 RPM = \frac{0,75 HP}{6 RPM} = 0,125$$

Figura 13. Potencia por cada RPM

Coupling Shaft Dia. Inches	Pipe		Couplings H.P. per R.P.M. Cema Std. (C-1045)	Bolt Dia. Inches	Bolts			
	Size Inches	H.P. per R.P.M.			Bolts in Shear H.P. per R.P.M.**		Bolts in Bearing H.P. per R.P.M.	
			No. of Bolts Used		No of Bolts Used			
					2	3	2	3
1	1¼	.49	.016	¾	.021	.032	.031	.046
1½	2	.119	.058	½	.058	.087	.079	.119
2	2½	.226	.146	5/8	.120	.187	.124	.187
27/16	3	.366	.289	5/8	.147	.220	.184	.277
3	3½	.509	.546	¾	.260	.390	.246	.369
3	4	.682	.546	¾	.260	.390	.396	.595
37/16	4	.682	.818	7/8	.406	.609	.345	.518

Fuente: WAM GROUP. Cema® Screw conveyors. WAMGROUPE. Georgia: 2002. p.37

En la figura 13 se observa que 0,125 es menor que el valor más bajo para ejes de 2" con 3 pernos (0,125<0,146) por lo que podemos usar ejes de 2".

**4.1.4 Selección de componentes.** Como se aprecia en la figura 1 pertenece al grupo de componentes 1. Con el diámetro del helicoidal y del eje seleccionamos (figura 14)

Figura 14. Selección de componentes

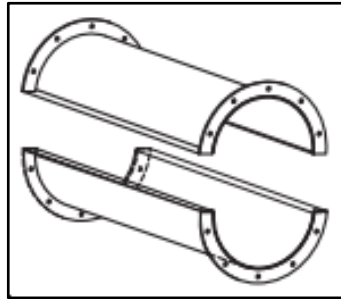
Grupo de Componentes 1					
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Diámetro del Eje (Pulgadas)	Número de Helicoidal		Espesor, Calibre Americano Estándar (Pulgadas)	
		Helicoidales Continuos	Helicoidales Seccionales	Artesa	Cubierta
6	1½	6H304	6S307	Calibre 16	Calibre 16
9	1½	9H306	9S307	Calibre 14	Calibre 14
9	2	9H406	9S409	Calibre 14	Calibre 14

Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 22

Al seleccionar la artesa para el transportador se decide una artesa tubular con ceja formada (figura 15) ya que esta ofrece las características apropiadas para nuestra aplicación: minimiza el regreso del material, se desensambla fácilmente para su

mantenimiento y se puede sellar con empaque para confinamiento a prueba de polvo.#####

Figura 15. Artesa tubular con ceja formada



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlintong, Texas: 2013. p. 53

Las dimensiones de la artesa tubular bipartida con ceja y su peso se observan en la figura 16.

Figura 16. Dimensiones de la artesa

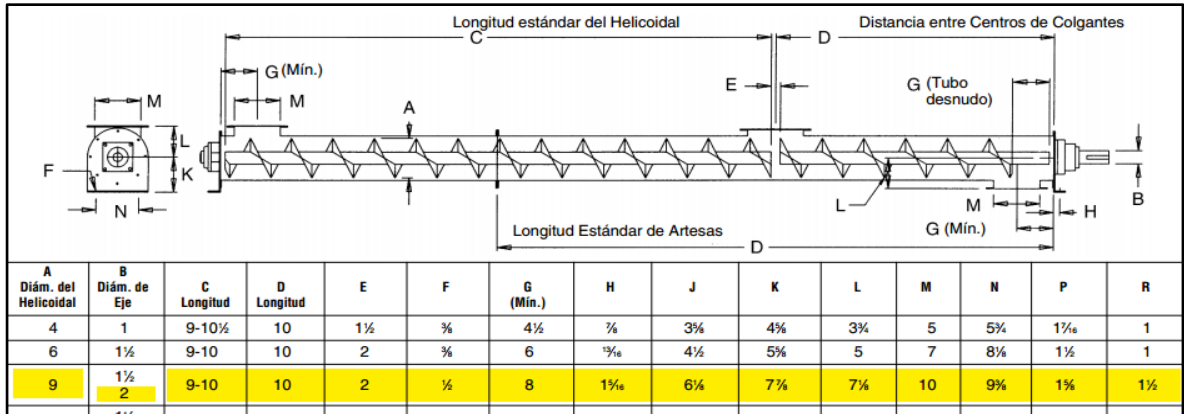
Diámetro del Trans-portador	Espesor de la Artesa	Artesa Tubular		Ceja Formada		A	B	C		
		No. de Parte	Peso lb		No. de Parte					Peso 10' lb
			Largo 10'	Largo 5'						
9	16 Cal.	9CHT16	72	39	9CHT16-F	84				
9	14	9CHT14	89	47	9CHT14-F	104		12%		
9	12	9CHT12	122	64	9CHT12-F	143		12%		
9	10	9CHT10	155	80	9CHT10-F	182	10	12%		
9	3/4	9CHT7	208	107	9CHT7-F	245		12%	1 1/4	

Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlintong, Texas: 2013. p. 55

Al seleccionar la artesa tubular, con el diámetro del eje y del helicoidal se obtienen las medidas del arreglo del sistema (ver figura 17) y en la figura 18 se aprecian los patrones de los barrenos necesarios para la brida y para la alimentación y descarga.

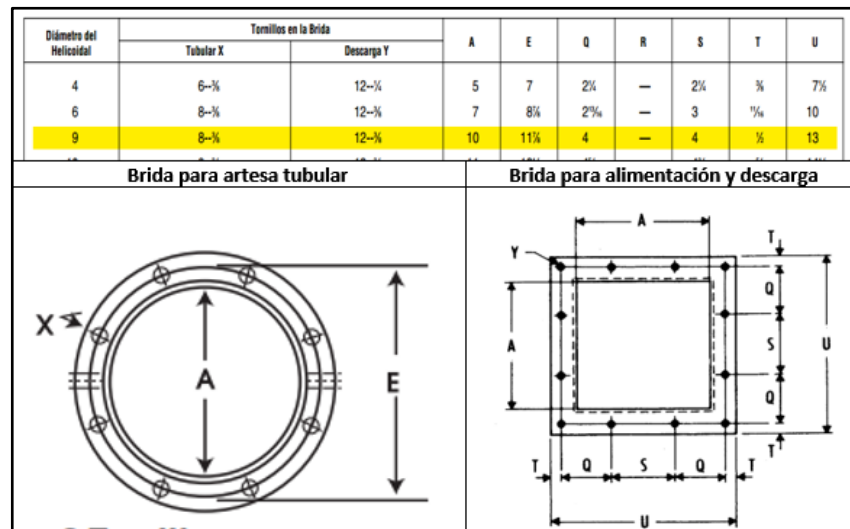
##### MARTIN SPROCKET & GEAR. catálogo-4000-2. Martin Sprocket & Gear. Arlintong, Texas: 2013. p. 53

Figura 17. Arreglo del transportador



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 41

Figura 18. Patrón de los barrenos



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 43

El alimentador para el helicoidal de paso regular será cónico debido al tamaño considerable de las partículas que fluirán por él, el material será transportado uniformemente a todo lo largo de la alimentación, lo que elimina áreas muertas del material. El tipo de alimentador será SF1C con una alimentación estándar (figura 19)

Figura 19. Alimentador cónico

Diámetro del Alimentador A	Tamaño Máximo de Partículas	Velocidad Máxima RPM	Capacidad Pies Cúbicos por Hora		B	C	D	E	Diámetro de la Extensión del Helicoidal		
			A Un RPM	A RPM Máximo					Carga de Artesa %		
			15	30					45		
6	¾"	70	4.8	336	36	12	7	14	12	9	9
9	1½"	65	17	1105	42	18	9	18	18	14	12
12	2"	60	44	2640	48	24	10	22	24	18	16

Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 43

El confinamiento que se usará es clase IIE ya que proporcionan el mayor grado de protección contra el polvo, siendo este factor crítico para la seguridad de los empleados, teniendo este dato se obtienen las características de la construcción de la artesa (figura 20), cubierta (figura 21), empaques (figura 22) y sellos (figura 23).

Figura 20. Construcción de la artesa

Construcción de Confinamientos				
Clasificación de Componentes	Clasificación de Coberturas			
	I E	II E	III E	IV E
<b>CONSTRUCCIÓN DE LA ARTESA</b>				
Ceja Formada y Ceja de Ángulo				
1. Bridas de Artesa Tipo Placa				
a. Soldadura continua de arco	X	X	X	X
b. Soldadura continua de arco en la parte superior de la brida y en el riel superior de la artesa.	X	X	X	X
2. Ángulos en el Riel Superior de la Artesa (sólo para el ángulo superior de la artesa)				
a. Soldadura alternada e intermitente de arco y soldadura por puntos.	X			
b. Soldadura continua de arco en la parte superior del ángulo y en la parte interior de la artesa y soldadura intermitente de arco en la parte inferior del ángulo y en la parte exterior de la artesa.	X	X	X	
c. Soldadura alternada e intermitente de arco en la parte superior del ángulo y soldadura intermitente de arco en la parte inferior del ángulo y en la parte exterior de la artesa o soldadura por puntos cuando se utilice silicón o materiales similares entre el ángulo y la lámina de la artesa.		X	X	X

Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 37

Figura 21. Cubiertas

Construcción de Confinamientos				
Clasificación de Componentes	Clasificación de Coberturas			
	IE	II E	III E	IV E
<b>CONSTRUCCIÓN DE LAS CUBIERTAS</b>				
1. Cubierta Plana				
a. Sólo a tope cuando el colgante está en la unión de las cubiertas. ....	X			
b. Traslapada cuando el colgante no está en la unión de las cubiertas. ....	X			
2. Cubierta Semiformada				
a. Sólo a tope cuando el colgante está en la unión de las cubiertas. ....	X	X	X	X
b. Traslapada cuando el colgante no está en la unión de las cubiertas. ....	X			
c. <b>Con placa de traspape cuando el colgante no está en la unión de la cubierta.</b> .....		X	X	X
3. Cubierta Formada				
a. Sólo a tope cuando el colgante está en la unión de la cubierta. ....		X	X	X
b. <b>Con placa de traspape cuando el colgante no está en la unión de la cubierta.</b> .....		X	X	X
4. Cubiertas a dos Aguas				
a. Extremos con conexión de placas de traspape. ....				X
<b>SUJETADORES PARA CUBIERTAS DE CALIBRE ESTÁNDAR</b>				
1. De resorte, de tornillo, de lengüeta o de pernos				
a. Separación máxima para cubiertas planas. ....	60"			
b. Separación máxima para cubiertas semiformadas. ....	60"	30"	18"	18"
c. <b>Separación máxima para cubiertas formadas y a dos aguas.</b> .....		40"	24"	24"

Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 37

Figura 22. Empaques

Construcción de Confinamientos				
Clasificación de Componentes	Clasificación de Coberturas			
	IE	II E	III E	IV E
<b>EMPAQUES</b>				
1. Cubiertas				
a. Hule rojo o fieltro hasta 230° F. ....		X	X	
b. <b>Neopreno, cuando la contaminación sea un problema.</b> .....		X	X	
c. Hule espuma de celdas cerradas adecuado a la temperatura del empaque. ....		X	X	X
2. Tapas de Artesa				
a. Componentes del tipo del silicón. ....		X	X	X
b. Hule Rojo hasta 230° F. ....		X	X	X
c. <b>Neopreno, cuando la contaminación sea un problema.</b> .....		X	X	
d. Hule espuma de celdas cerradas adecuado a la temperatura del empaque. ....		X	X	X

Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 37

Figura 23. Sellos

Construcción de Confinamientos				
Clasificación de Componentes	Clasificación de Coberturas			
	IE	II E	III E	IV E
<b>SELLOS PARA LOS EJES EN LAS TAPAS DE ARTESA*</b>				
1. <b>Quando se manejan materiales no abrasivos.</b> .....			X	X
2. Cuando se manejan materiales abrasivos. ....	X	X	X	X
* Sellos con retén para materiales no abrasivos. Sellos de fieltro para materiales medianamente abrasivos. Sellos de caja con estopa para materiales muy abrasivos. Sellos de caja con estopa para materiales medianamente abrasivos. Sello <del>Wipac</del> Super Pack con purga de aire para materiales extremadamente abrasivos.				

Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 37

El tamaño del tubo, sus dimensiones y peso se aprecian en la figura 24.

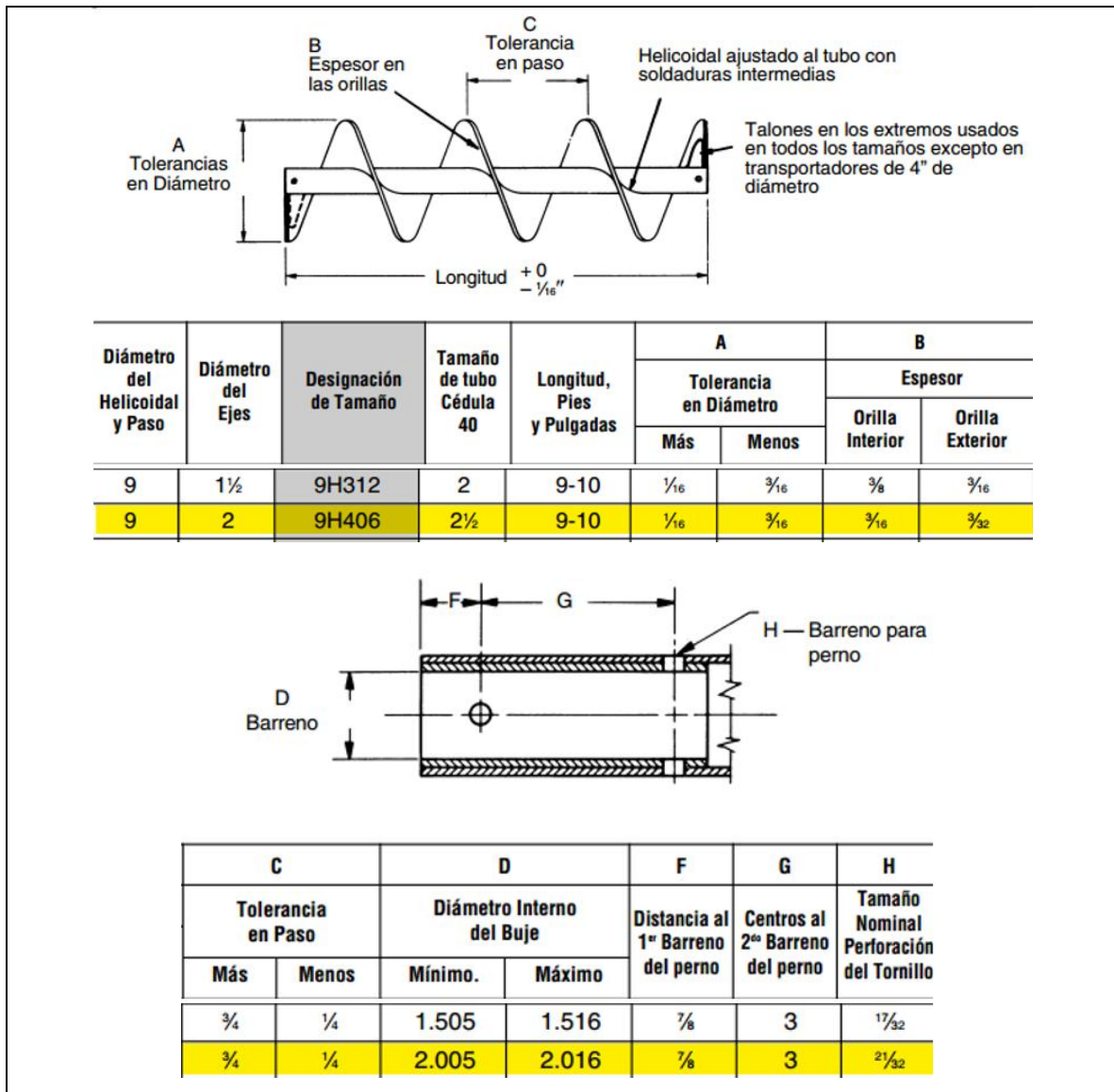
Figura 24. Características del tubo

Tamaño Nom. del Tubo (Pulgadas)	Diámetro Exterior (Pulgadas)	Cédula I.P.S.	Pared (Pulgadas)	Diámetro Interior (Pulgadas)	Peso/Pie lb
2	2.375	5S	.065	2.245	1.604
		10S	.109	2.157	2.638
		40 40S Estándar	.154	2.067	3.653
		80 80S Extra Pesado	.218	1.939	5.022
		160	.343	1.689	7.444
		XX Pesado	.436	1.503	9.029

Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 46

Según los estándares de CEMA y de acuerdo a la clasificación obtenida en la figura 14 se obtiene las dimensiones del helicoidal continuo (ver figura 25).

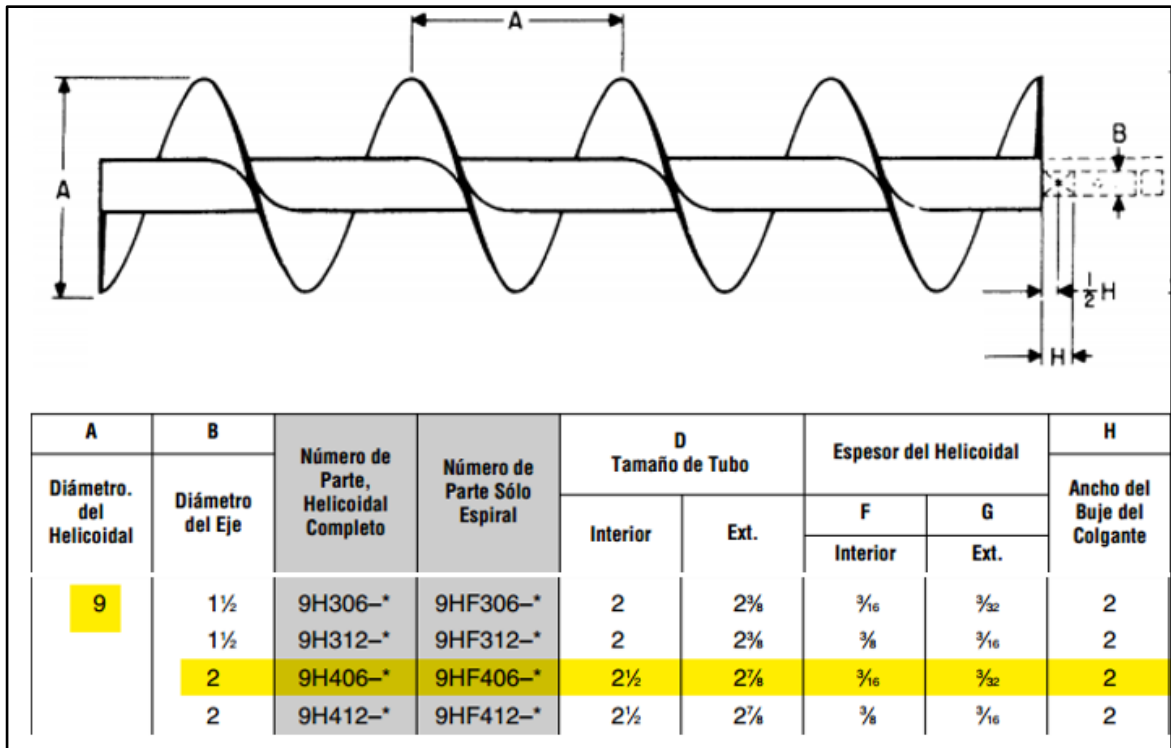
Figura 25. Dimensiones del helicoidal



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 48

El transportador 9H406 indica que es de 9" de diámetro, helicoidal continuo, para ejes de 2" de diámetro, con espesor 3/32" en el extremo exterior, y por ser un helicoidal continuo tiene la sección transversal cónica con el espesor del extremo interior de aproximadamente el doble del espesor del extremo exterior (1/16"), las dimensiones completas pueden observarse en la figura 26.

Figura 26. Dimensiones del helicoidal

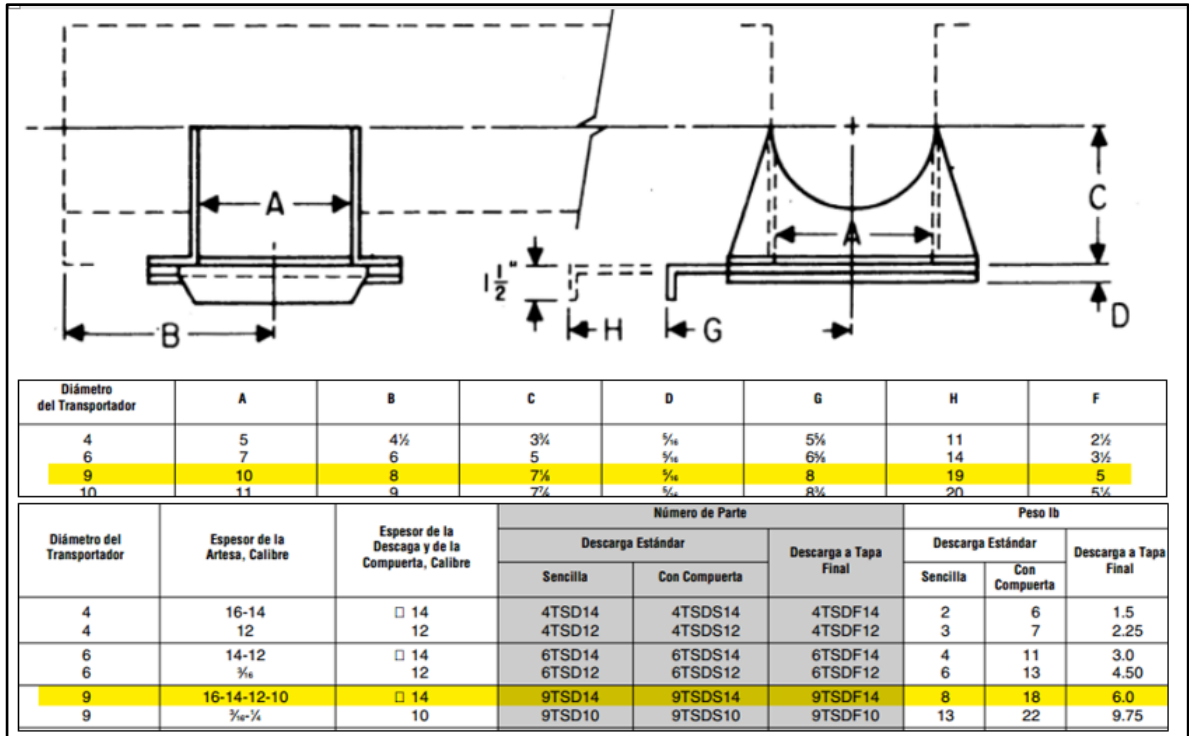


Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlintong, Texas: 2013. p. 80

Para la descarga se selecciona una descarga estándar compuerta manual §§§§§§, siendo esta la más económica y practica de acuerdo a la necesidad de controlar la distribución del material, las características se aprecian en la figura 27. Esta compuerta tendrá como nomenclatura 9-TSDS-14.

§§§§§§ Ibid., p. 57

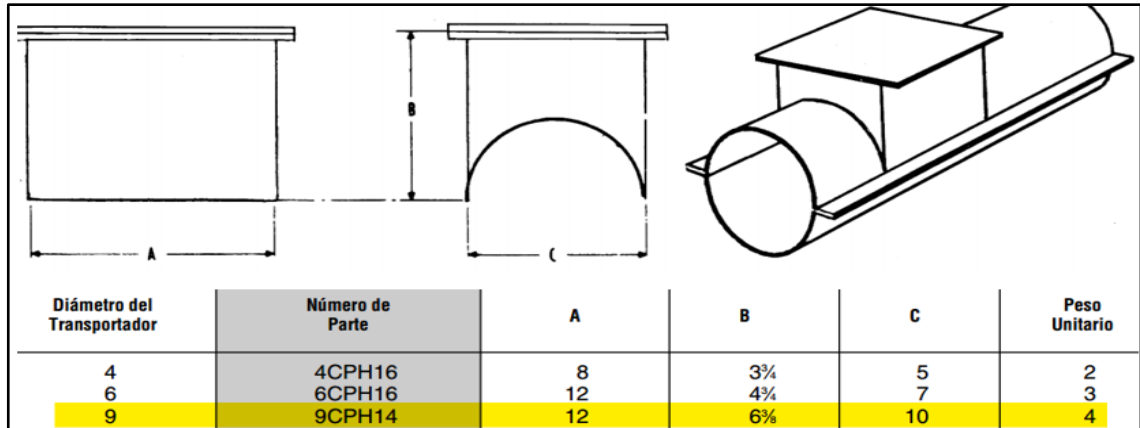
Figura 27. Descarga con compuerta



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 58

Las bolsas para colgante se utilizan con las artesas tubulares que seleccionamos, se montan en la artesa en el punto donde se requiere colocar un colgante. La bolsa para el colgante, forma por una corta distancia una sección de artesa en “U”, lo que permite el uso de colgantes estándar y el acceso fácil a ellos, sus dimensiones se aprecian en la figura 28.

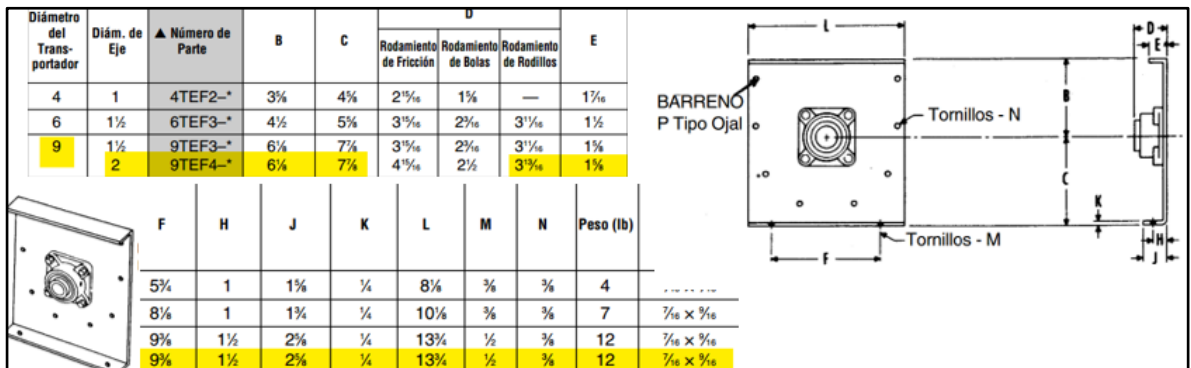
Figura 28. Bolsa para colgante



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 62

Las tapas de artesa seleccionadas son exteriores con pie debido a que incluye el soporte de la artesa y son las de uso estándar en la industria, sus dimensiones y características se aprecian en la figura 29.

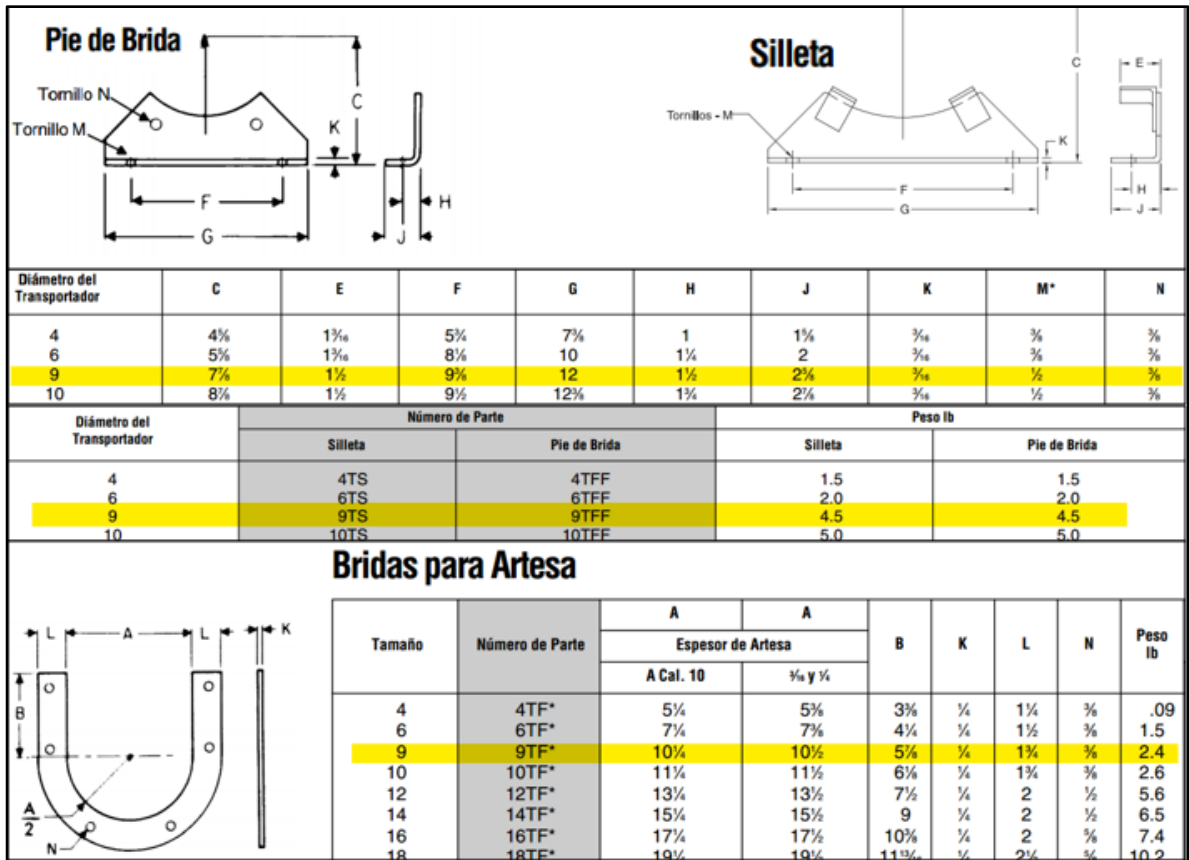
Figura 29. Tapas de la artesa



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 64

El pie de brida se usa para apoyar el transportador en las uniones de las artesas, y las siletas se utilizan para apoyar los transportadores (ver figura 30).

Figura 30. Pie de brida, silleta y brida para artesa



Fuente: Martin Sprocket & Gear. catálogo-4000-2. Martin Sprocket. Arlinton, Texas: 2013. p. 70

## Anexo I. Auditoria

Tabla 1. Auditoria a los métodos y sistemas de trabajo

II. Métodos y sistemas de trabajo	No	Poco	Medio	Aceptable	Si	Puntuación
1. ¿Disponen de un sistema de planificación y preparación para los procesos de trabajo a realizar?	0					0
2. ¿Para el personal de trabajo, es fácil la identificación de la materia prima con la cual se trabaja?				15		15
3. ¿Hay acciones que lleven a organizar las máquinas y unidades de trabajo?			10			10
4. ¿Es fácil la ubicación de elementos que interfieran en los procesos de producción (herramientas, elementos de seguridad, materia prima, etc)?		5				5
5. ¿En la realización de un proceso no se genera suciedad en la planta?	0					0
6. ¿Se tiene un orden adecuado en la recepción y almacenaje de la materia prima?				15		15
7. ¿No se presentan fallas frecuentes en la maquinaria presente en el proceso de producción?				15		15
8. ¿Los tiempos de puesta a punto de las maquinas son cortos y de poco desgaste para el personal?	0					0
9. ¿Usualmente se tiene espacio suficiente en la planta?		5				5
10. ¿Se entregan a tiempo los pedidos a los respectivos clientes?				15		15
Máximo puntaje: 200	Puntaje obtenido					80

Tabla 2. Auditoria a la gestión de carga de trabajo

III. Gestión de carga de trabajo	No	Poco	Medio	Aceptable	Si	Puntuación
1. ¿Disponen de una planeación periódica de distribución de los trabajos?	0					0
2. ¿Los trabajadores tienen la capacidad de hacer una rotación en las labores que realizan en la empresa?			10			10
3. ¿Se planifica la cantidad de recorridos y movimientos de las personas, materiales y utillajes?		5				5
4. ¿Se tiene establecido los tiempos adecuados para los diferentes procesos a realizar?	0					0
5. ¿Se manejan instrucciones sencillas en cada etapa del proceso de producción?					20	20
6. ¿El personal de producción tiene instrucciones para llevar a cabo operaciones de mantenimiento de primer nivel y las ejecutan?		5				5
7. ¿Se tienen los elementos adecuados para la seguridad del personal en cada etapa del proceso?				15		15
8. ¿Existe un sistema de registro de las demandas o solicitudes de trabajo?	0					0
9. ¿Se tiene la cantidad adecuada de trabajadores para las actividades que se realizan en la empresa?					20	20
10. ¿El personal presenta desinterés en el área de trabajo donde se desempeña?			10			10
Máximo puntaje: 200					Puntaje obtenido	85

Tabla 3. Auditoria a la distribución de planta

IV. Distribución de planta	NO	Poco	Medio	Aceptable	SÍ	Puntuación
1. ¿Es suficiente el espacio asignado para cada departamento?	0					0
2. ¿Tiene el personal un lugar de esparcimiento para sus descansos?		5				5
3. ¿Las estaciones de trabajo son cercanas de acuerdo a la línea de manufactura?				15		15
4. ¿Las zonas destinadas a recepción de materias primas, producto triturado y producto final se encuentran delimitadas y correctamente identificadas?			10			10
5. ¿Existe una persona encargada de mantener en orden todos los espacios de la planta?					20	20
6. ¿Todas las zonas en la planta zonas de fácil acceso?					20	20
7. ¿Las herramientas y elementos necesarios para desarrollar las actividades tienen su sitio asignado y tienen letreros que facilitan su visualización?				15		15
8. ¿Existen espacios sin utilizar en la planta?	0					0
9. ¿Existen zonas inseguras para el personal aisladas o con elementos que avisen al personal?		5				5
Máximo puntaje: 180	Puntaje obtenido					90

Tabla 4. Auditoría al personal y formación

V. Personal y Formación	NO	Poco	Medio	Aceptable	SÍ	Puntuación
1. ¿El ambiente de trabajo es en general positivo?					20	20
2. ¿Se examinan en grupo los problemas a menudo, incluyendo también a los operarios (círculos de calidad, grupos de progreso)?		5				5
3. ¿Dirigen y supervisan correctamente los manejos intermedios los trabajos efectuados por los operarios bajo su responsabilidad?			10			10
4. ¿Se llevan a cabo encuentro periódicos de apreciación entre personal directivo y el operario?			10			10
5. ¿El personal administrativo y de planta tiene disponibilidad horaria extra si se necesitara?					20	20
6. ¿Consideran Uds. en general que la formación técnica de su personal es satisfactoria?		5				5
7. En el trabajo diario, ¿estiman Uds. que el personal tiene la iniciativa necesaria?				15		15
8. ¿Sus mandos intermedios aseguran de forma regular el perfeccionamiento del personal en materias técnicas?				15		15
9. ¿No se presentan pérdidas importantes de tiempo productivo debido a retrasos, ausencias?	0					0
10. ¿Se brindan capacitaciones al personal para el mejoramiento del proceso productivo y seguridad personal?					20	20
Máximo puntaje: 200					Puntaje obtenido	120

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. España: Fundación CONFEMETAL, 2004. p.113 ISBN 9788496169364

Tabla 5. Auditoria al control de la actividad

VI. Control de la Actividad	NO	Poco	Medio	Aceptable	SÍ	Puntuación
1. ¿Se dan informes regulares del control de las horas y los costos de mano de obra?	0					0
2. ¿Se controla la eficacia, sobreproducción y tiempos muertos?	0					0
3. ¿La carga de trabajo en la empresa está distribuida uniformemente y es cumplida por los empleados?	0					0
4. ¿Emiten ustedes de forma regular un informe de la actividad?					20	20
5. ¿Tienen autonomía a la hora de negociar nuevas actividades, mejorar rendimientos, cambiar procesos, etc.?		5				5
6. ¿Se hacen chequeos entre estaciones de trabajo?			10			10
7. ¿Las actividades se encuentran estandarizadas?	0					0
8. ¿Disponen de los costos de manufactura del producto?						
9. ¿Son conscientes de las actividades que no y las que si aportan valor a su producto?					20	20
10. ¿Tienen planes de contingencia para cuando la producción o el personal no es el deseado?				15		15
11. ¿Los activos y procesos de la empresa se encuentran almacenadas en un archivo digital?			10			10
Máximo puntaje: 220					Puntaje obtenido	80

## Anexo J. Evaluación de las herramientas de manufactura esbelta

Tabla 1. Herramientas para los métodos y sistemas de trabajo

Falencias		Herramientas de manufactura esbelta								
		5'S	SMED	TPM	Control visual	Jidoka	Heijunka	Kanban	Poka yoke	Kaizen
Métodos y sistemas de trabajo	No existe un sistema de planificación para preparar los procesos	10	10	10	2	0	5	0	3	0
	Se presenta baja organización de trabajo	10	10	10	0	0	10	10	2	5
	Poca organización de los elementos-herramientas que interfieren en los procesos de producción	10	10	2	0	0	0	10	0	0
	Alto nivel de suciedad	10	7	5	0	0	2	3	0	10
	Largos tiempos de puesta a punto de la maquinaria	8	10	5	0	0	4	0	3	7
	En los periodos de producción altos es insuficiente el espacio en la planta	10	0	0	0	0	0	2	0	2
	<b>Puntuación</b>	<b>58</b>	<b>47</b>	<b>32</b>	2	0	21	<b>25</b>	8	24

Tabla 2. Herramientas para la gestión de carga de trabajo

Falencias		Herramientas de manufactura esbelta								
		5'S	SMED	TPM	Control visual	Jidoka	Heijunka	Kanban	Poka yoke	Kaizen
Gestión de carga de trabajo	La distribución de los trabajos no está debidamente planificada.	5	8	8	0	0	5	10	0	0
	Algunos trabajadores no son capaces de realizar una rotación en los puestos de trabajo.	0	5	10	0	0	5	2	6	2
	Los recorridos de las personas materiales y utillajes son poco planificados.	10	5	5	0	0	5	5	0	8
	Los tiempos de los diferentes procesos no están previamente establecidos.	5	10	5	5	10	3	0	0	0
	Las operaciones de mantenimiento de primer nivel de las maquinas no están debidamente planteadas.	5	0	5	0	0	0	0	0	0
	Las solicitudes de trabajo no son diligenciadas correctamente.	5	0	10	0	0	8	10	0	5
	El interés en el área de trabajo por parte del personal no es el adecuado.	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Puntuación</b>	<b>40</b>	<b>28</b>	<b>43</b>	5	10	26	<b>27</b>	6	15

Tabla 3. Herramientas para distribución de planta

Falencias		Herramientas de manufactura esbelta								
		5'S	SMED	TPM	Control visual	Jidoka	Heijunka	Kanban	Poka yoke	Kaizen
Distribución de planta	El espacio asignado para cada departamento de la empresa es inadecuado.	10	4	2	0	0	5	8	0	2
	El espacio para el esparcimiento del personal es minimo.	3	0	0	0	0	0	0	0	5
	Falta de una buena delimitación de las zonas destinadas a la recepción de materias primas, productotriturado y producto final	10	6	0	10	0	3	8	5	5
	No se respetan los espacios de cada sección en la planta cuando hay mucha producción.	10	7	5	0	0	3	10	0	0
	Se presentas espacios que pueden generar riesgos al personal mientras realizan sus labores.	10	5	8	10	0	2	0	0	2
	<b>Puntuación</b>	<b>43</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>32</b>	<b>5</b>	<b>14</b>

Tabla 4. Herramientas para el control de la actividad

Falencias		Herramientas de manufactura esbelta								
		5'S	SMED	TPM	Control visual	Jidoka	Heijunka	Kanban	Poka yoke	Kaizen
Control de la actividad	Es inexistente la realización de informes de control de horas y mano de obra	7	4	8	3	5	4	10	0	5
	No hay control sobre la eficacia, sobreproducción y tiempos muertos	4	6	4	2	7	2	10	0	4
	La carga laboral de los empleados no está distribuida uniformemente	4	2	2	0	0	0	3	0	6
	Entre estaciones de trabajo se realizan pocos chequeos de calidad	4	4	4	7	0	0	5	2	0
	No hay estandarización en ningún proceso	10	3	8	0	0	0	4	3	6
	No disponen de los costos de manufactura del producto	0	2	4	0	0	0	7	0	2
	La información digital de activos y procesos es escasa	4	4	4	0	4	3	7	0	0
	<b>Puntuación</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	12	16	9	<b>36</b>	5	23

### Anexo K. QFD de las nuevas maquinarias

Tabla 1. Quality Function Deployment para separador magnético (QFD)

Requerimientos del cliente Vs. Requerimientos ingeniero	Consumo energético		Condiciones de trabajo ante el ambiente		Capacidad de producción		Repuestos en el mercado		Mantenibilidad		Costo del equipo		Tamaño del metal		Seguridad de operación		Dimensiones máquina		
Cantidad de producción	12	10	120	1	12	10	120	0	0	4	48	10	120	1	12	1	12	10	120
Precio	11	10	110	4	44	10	110	10	110	10	110	10	110	10	110	0	0	10	110
Eficiencia energética	10	10	100	10	100	10	100	4	40	1	10	10	100	10	100	4	40	10	100
Peso	9	10	90	1	9	10	90	0	0	4	36	10	90	4	36	1	9	10	90
Cantidad de espacio	8	4	32	1	8	10	80	0	0	1	8	10	80	10	80	1	8	10	80
Fácil uso	7	1	7	1	7	0	0	4	28	0	0	10	70	0	0	0	0	4	28
Mantenibilidad	6	1	6	4	24	0	0	10	60	10	60	10	60	0	0	1	6	1	6
Seguridad industrial	5	0	0	10	50	1	5	1	5	1	5	4	20	0	0	10	50	0	0
Efectividad	4	10	40	4	16	10	40	1	4	1	4	10	40	10	40	1	4	0	0
Facilidad de operación	2	0	0	4	8	1	2	0	0	4	8	10	20	0	0	1	2	4	8
Manual de mantenimiento y funcionamiento	1	0	0	0	0	0	0	4	4	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>			<b>505</b>		<b>278</b>		<b>547</b>		<b>251</b>		<b>299</b>		<b>710</b>		<b>378</b>		<b>131</b>		<b>542</b>

Tabla 2. Quality Function Deployment para lavadora

Requerimientos del cliente Vs. Requerimientos ingeniero	Consumo energético		Facil uso		Capacidad de producción		Repuestos en el mercado		Mantenibilidad		Costo del equipo		Tamaño alime		Seguridad de operación		Dimensiones máquina		
Cantidad de producción	12	10	120	0	0	10	120	0	0	1	12	10	120	1	12	0	0	10	120
Precio	11	10	110	4	44	10	110	10	110	10	110	10	110	10	110	10	110	10	110
Eficiencia energética	10	10	100	0	0	4	40	0	0	1	10	10	100	0	0	1	10	10	100
Fácil alimentación	9	1	9	10	90	10	90	10	90	1	9	4	36	10	90	10	90	10	90
Cantidad de espacio	8	4	32	4	32	10	80	4	32	10	80	10	80	10	80	1	8	10	80
Fácil uso	7	1	7	10	70	1	7	1	7	4	28	4	28	10	70	10	70	4	28
Mantenibilidad	6	1	6	10	60	0	0	10	60	10	60	10	60	4	24	1	6	1	6
Seguridad industrial	5	0	0	10	50	1	5	0	0	0	0	4	20	10	50	10	50	0	0
varios tipos de plastico	4	4	16	0	0	1	4	0	0	0	0	10	40	0	0	1	4	0	0
Manual de mantenimiento y funcionamiento	1	0	0	10	10	0	0	4	4	10	10	4	4	0	0	0	0	0	0
Total			400		356		456		303		319		598		436		348		534

Tabla 3. Quality Function Deployment para secadora (QFD)

Requerimientos del cliente Vs. Requerimientos ingeniero	Consumo energético		Condiciones de trabajo ante el ambiente		Capacidad de producción		Repuestos en el mercado		Mantenibilidad		Costo del equipo		Velocidad del rotor		Seguridad de operación		Dimensiones máquina		
Cantidad de producción	12	10	120	1	12	10	120	1	12	4	48	10	120	10	120	4	48	10	120
Precio	11	10	110	4	44	10	110	4	44	10	110	10	110	10	110	4	44	10	110
eficiencia energetica	10	10	100	10	100	10	100	4	40	1	10	10	100	10	100	4	40	4	40
Peso	9	4	36	1	9	10	90	0	0	4	36	10	90	1	9	1	9	10	90
Cantidad de espacio	8	4	32	1	8	10	80	0	0	1	8	10	80	0	0	1	8	10	80
Capacidad de secado	7	10	70	1	7	10	70	0	0	0	0	10	70	10	70	1	7	4	28
Fácil uso	6	4	24	1	6	0	0	10	60	10	60	10	60	0	0	10	60	1	6
Mantenibilidad	5	0	0	10	50	4	20	10	50	10	50	10	50	0	0	4	20	1	5
Seguridad industrial	4	0	0	10	40	4	16	4	16	4	16	10	40	4	16	10	40	1	4
Facilidad de operación	2	0	0	4	8	1	2	1	2	4	8	10	20	0	0	4	8	4	8
Manual de mantenimiento y funcionamiento	1	0	0	0	0	1	1	4	4	10	10	0	0	0	0	4	4	0	0
Total			492		284		609		228		356		740		425		288		491

Tabla 4. Quality Function Deployment para la empacadora (QFD)

Requerimientos del cliente Vs. Requerimientos ingeniero	Consumo energético		Facilidad de empaçado		Capacidad de producción		Repuestos en el mercado		Mantenibilidad		Costo del equipo		Peso por empaque		Seguridad de operación		Dimensiones máquina		
Cantidad de producción	12	10	120	10	120	10	120	4	48	4	48	10	120	10	120	4	48	4	48
Precio	11	10	110	4	44	10	110	4	44	10	110	10	110	4	44	4	44	10	110
Eficiencia energética	10	10	100	4	40	10	100	1	10	1	10	10	100	4	40	4	40	4	40
Peso	9	4	36	4	36	10	90	0	0	4	36	10	90	10	90	1	9	10	90
Cantidad de espacio	8	4	32	4	32	10	80	0	0	1	8	10	80	4	32	1	8	10	80
Fácil uso	7	1	7	10	70	4	28	4	28	0	0	10	70	1	7	1	7	4	28
Mantenibilidad	6	1	6	0	0	0	0	10	60	10	60	10	60	0	0	10	60	4	24
Seguridad industrial	5	0	0	4	20	1	5	4	20	1	5	4	20	0	0	10	50	1	5
Efectividad	4	4	16	10	40	10	40	4	16	1	4	10	40	10	40	1	4	0	0
Facilidad de operación	2	0	0	10	20	1	2	1	2	4	8	10	20	4	8	4	8	10	20
Manual de mantenimiento y funcionamiento	1	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			427		422		575		238		299		710		381		278		445

## Anexo L. Fórmulas financieras

Amortización = Valor del bien de uso depreciable / años de vida útil

Costo de ventas anual = Kilogramos de MP mes \* 12 meses \* Valor kilogramo de MP

Devolución del préstamo anual = Valor de la cuota mensual + interés mensual \* 12 meses

Egresos operativos = Total egresos operativos – Devolución del préstamo

Intereses anuales = Valor del préstamo \* interés anual en %

Interés mensual = Interés anual / 12 meses

Tiempo total por desperdicios (horas)

Kilogramos adicionales totales = -----

Tiempo de producción de 1 kg/h de producto

Kilogramos de producto mes = Kilogramos de producción día \* 5 días \* 4 semanas

Relación costo beneficio = VPN Ingresos / VPN Egresos

TIR resulta de:  $VPN = \sum (\text{Flujo de fondos del año } i / (TIR + 1)) ^ i = 0$

$VPN = - \text{Inversión} + \sum (\text{Flujo de fondos del año } i / (TREMA + 1)) ^ i$

VPN Egresos = Inversión en el año 0

$VPN \text{ Ingresos} = \sum (\text{Flujo de fondos del año } i / (TREMA + 1)) ^ i$

Valor con inflación anual = Valor \* (100% + inflación en %)

Valor de la cuota mensual = Valor del préstamo / Número de cuotas

Valor incremento en demanda = Valor \* (100% + incremento en demanda en %)

Valor promedio hora de trabajo = Sueldo base/horas laboradas mes

Ventas anuales = Kilogramos de producto mes \* 12 meses \* Valor de venta kilogramo de producto

### **Anexo M. Planos de las maquinas seleccionadas**

En la carpeta adjunta de anexos se encuentran los planos de las máquinas seleccionadas para el diseño de la línea 2 en el siguiente orden:

1. Planos de la trituradora
2. Planos de la lavadora
3. Planos de la secadora