

DISEÑO DE UNA MÁQUINA AGLUTINADORA PARA RECICLAJE DE BOLSAS  
PLÁSTICAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

JOSÉ LEONARDO MORALES GARZÓN

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.

2016

DISEÑO DE UNA MÁQUINA AGLUTINADORA PARA RECICLAJE DE BOLSAS  
PLÁSTICAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

JOSÉ LEONARDO MORALES GARZÓN

Proyecto integral de grado para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.

2016

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

Ing. Juan Fernando Echeverry P  
Presidente del jurado

ing. Carlos Mendoza  
Jurado 1

Bogotá D.C., agosto de 2016

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. Julio César Fuentes Arismendi

Director Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Los criterios e ideas desarrollados y expuestos en este documento, son responsabilidad única y exclusiva del autor.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios que me ha guiado e iluminado en este largo camino. A mis padres por su apoyo y colaboración incondicional, sin el cual, no hubiera sido posible la culminación de esta etapa de mi vida, gracia por la educación y ejemplo que me han brindado, también va dedicado a mis hermanos, amigos y compañeros que han estado conmigo durante la realización de este proyecto.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa "ACBA4PETS" por la confianza depositada en mí permitiéndome desarrollar el presente proyecto en sus instalaciones. A la señorita Alejandra Artunduaga por su colaboración con la revisión del presente escrito. Al Ingeniero Ricardo Forero por su guía y corrección oportuna. Al Ingeniero Edwin Rivera por sus enseñanzas y acompañamiento.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES	19
1.1 LA EMPRESA	19
1.2. REGULACIÓN EXISTENTE	20
1.3. PRODUCTO DANTE®	21
1.4. ANALISIS DE RECUPERACIÓN EMPAQUE DEL PRODUCTO DANTE®	22
1.4.1 Por qué se aglutina.	22
1.5 EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA ACTUAL	23
1.6 MATERIALES	26
1.6.1 Empaques.	27
1.6.2 Problema ambiental.	27
1.7 PROCESO DE RECUPERACION DEL PLÁSTICO.	28
1.7.1 Reciclado del plástico mecánicamente.	28
1.7.2 Pasos del reciclado mecánico	29
1.7.2.1 Separación	29
1.7.2.2 Lavado	29
1.7.2.3 Secado	29
1.7.2.4 Triturado	29
1.7.2.5 Aglutinado	29
1.7.2.6 Extrusión	29
1.8 PROCESO DE FABRICACIÓN.	30
2. PARÁMETROS BÁSICOS Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	31
2.1 REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	31
2.1.1 Economía.	31
2.1.2 Volumen de producción	31
2.1.3 Mantenimiento	31
2.2 DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE INGENIERIA	31
2.3 ESTUDIO DE LA COMPETENCIA	31
2.3.1 Evaluación del Benchmarking Vs Requerimientos del cliente	33
2.3.2 Determinación de valores objetivo	34
3. DISEÑO CONCEPTUAL Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	35
3.1 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA	35
3.1.1 PROCESOS Y SUBSISTEMAS	35
3.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	36
3.2.1 Alternativa 1.	36
3.2.2 Alternativa 2.	37
3.2.3 Alternativa 3.	38

3.3 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.	39
4. DISEÑO DETALLADO	42
4.1 DISEÑO FUNCIONAL	42
4.2 SUBSISTEMAS DE LA MÁQUINA.	43
4.2.1 Subsistema de entrada	44
4.2.2 Subsistema aglutinador	46
4.2.3 Subsistema Electrico	48
4.2.4 Subsistema Estructural	49
4.3 SISTEMA DESGARRADOR	50
4.3.1 Revoluciones de desgarramiento	50
4.3.2 Potencia en el rodillo desgarrador	51
4.3.2.1 Potencia debido a la fuerza de corte	52
4.3.2.2 Inercia	54
4.4 SISTEMA AGLUTINADOR	54
4.4.1 Revoluciones de aglutinado	54
4.4.2 Potencia en las cuchillas aglutinadoras	56
4.4.2.1 Inercia de las cuchillas.	57
4.5 POTENCIA TOTAL DE LA MÁQUINA	60
4.6 DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DEL RODILLO DESGARRADOR	60
4.6.1 Cálculo de la relación de transmisión	60
4.6.1.1 Cálculo de la potencia de diseño corregido	61
4.6.1.2 Selección de la correa	61
4.6.1.3 Cálculo y selección de las poleas	62
4.6.1.4 Determinar distancia entre ejes	62
4.6.1.5 Cálculo de la longitud primitiva de la correa	63
4.6.1.6 Determinación el arco de contacto menor	64
4.6.1.7 Potencia transmitida por correas	64
4.6.1.8 Velocidad de la correa	65
4.6.1.9 Cálculo del número de correas necesarias	65
4.6.1.10 Cantidad de correas para el desgarrador	66
4.7 DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DEL AGLUTINADOR	66
4.7.1 Cálculo de la relación de transmisión	66
4.7.1.1 Cálculo de la potencia de diseño corregido	67
4.7.1.2 Selección de la correa	67
4.7.1.3 Cálculo y selección de las poleas	68
4.7.1.4 Determinar distancia entre ejes	68
4.7.1.5 Cálculo de la longitud primitiva de la correa	68
4.7.1.6 Determinación del arco de contacto menor	69
4.7.1.7 Potencia transmitida por correas	69

4.7.1.8 Velocidad de la correa	70
4.7.1.9 Cálculo del número de correas necesarias	71
4.7.1.10 Cantidad de correas para aglutinador	71
4.8 DISEÑO DEL EJE DEL RODILLO	72
4.8.1 Material del eje	73
4.8.2 Par torsional en el eje	74
4.8.3 Fuerzas en la polea.	75
4.8.4 Fuerza del rodillo	76
4.8.5 Diámetro mínimo en el eje	79
4.9 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EJE DEL RODILLO	79
4.10 DISEÑO DEL EJE DEL AGLUTINADOR	82
4.10.1 Material del eje	83
4.10.2 Par torsional en el eje	85
4.10.3 Fuerzas en la polea.	86
4.10.4 Diámetro mínimo en el eje	90
4.11 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EJE DEL AGLUTINADOR	90
4.12 DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA	92
4.13 SELECCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD	94
4.14 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE VIGAS	95
4.15 CÁLCULO DE COLUMNAS	104
4.16 CÁLCULO DE SOLDADURAS ESTRUCTURA PRINCIPAL	106
4.17 CÁLCULO DE SOLDADURA DE LA LÁMINA	112
5. ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS	117
5.1 ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DESGARRADOR	117
5.2 ANÁLISIS ESTRUCTURA DESGARRADORA	120
6. ELABORACIÓN DE MANUALES	124
6.1 MANUAL DE INSTALACIÓN	124
6.1.1 Montaje del sistema aglutinador	124
6.1.2 Montaje de la transmisión	126
6.1.3 Sistema desgarrador	130
6.2 MANUAL OPERACIÓN	136
6.3 MANUAL DE MATENIMIENTO	138
6.4 MANUAL SEGURIDAD OCUPACIONAL	142
7. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL	144
7.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	144
7.2 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	144
7.3 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	146
7.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN	148
8. EVALUACIÓN FINANCIERA	150

8.1 COSTOS E INVERSIÓN	150
8.2 DEMANDA	151
8.3 FLUJO DE CAJA	151
8.3.1 Evaluación.	152
8.3.2 Método del VPN	153
8.3.3 Evaluación Beneficio/Costo	153
8.3.4 Evaluación TIR	154
9. CONCLUSIONES	155
10. RECOMENDACIONES	156
BIBLIOGRAFIA	1578
ANEXOS	157

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Producto DANTE®.	19
Imagen 2. Proyección de la participación del reciclaje en el PIB de economías emergentes	23
Imagen 3. Giros de plástico en el mundo	24
Imagen 4. Consumo mundial de bolsas	25
Imagen 5. Consumo de bolsas en Colombia y demanda del plástico según el sector	27
Imagen 6. Proceso de reciclaje mecánico	30
Imagen 7. Máquina alemana de marca Starlinger	32
Imagen 8. Máquina de eje vertical de marca Ecofine	32
Imagen 9. Máquina aglutinadora del mercado colombiano	33
Imagen 10. Procesos y subsistemas	35
Imagen 11. Alternativa 1	37
Imagen 12. Alternativa 2	38
Imagen 13. Alternativa 3	39
Imagen 14. Diseño de la máquina aglutinadora	42
Imagen 15. Máquina aglutinadora detallada por sistemas	43
Imagen 16. Subsistema de alimentación	44
Imagen 17. Tolva de carga	44
Imagen 18. Rodillo desgarrador	45
Imagen 19. Detalle de insertos del rodillo	45
Imagen 20. Recipiente aglutinador	46
Imagen 21. Recipiente aglutinador vista superior	47
Imagen 22. Componentes del sistema de aglutinado	47
Imagen 23 Subsistema transmisión	48
Imagen 24. Subsistema Estructural	49
Imagen 26. Rodillo desgarrador	52
Imagen 27. Cuchillas de aglutinado	58
Imagen 28. Vista superior cuchillas aglutinadoras	58
Imagen 29. Correa Desgarrador	61
Imagen 30. Selección de la sección de correa.	62
Imagen 31. Correa aglutinador	66
Imagen 32. Selección de la sección de correa.	67

Imagen 33. Rodillo desgarrador con insertos	72
Imagen 34. Medidas eje desgarrador	72
Imagen 35. Resistencia a la fatiga $S_n$	73
Imagen 36. Factores de corrección	74
Imagen 37. Fuerza sobre las bandas	75
Imagen 38. Peso del rodillo desgarrador	76
Imagen 39. Diagrama de reacciones plano Z-X	77
Imagen 40. Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector plano z-x	77
Imagen 41. Diagrama de reacciones plano Y-X	78
Imagen 42. Diagrama de momento cortante y esfuerzo flector en el plano y-x	78
Imagen 43. Eje del sistema aglutinador con sus elementos	82
Imagen 44. Medidas eje aglutinador	83
Imagen 45. Resistencia a la fatiga $S_n$	84
Imagen 46. Factores de corrección	85
Imagen 47. Fuerza sobre las bandas	86
Imagen 48. Diagrama de reacciones plano Z-X	87
Imagen 49. Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector plano z-x	88
Imagen 50. Diagrama de reacciones plano X-Y	88
Imagen 51. Diagrama de momento cortante y esfuerzo flector en el plano y-x	89
Imagen 52. Vista superior de la estructura	93
Imagen 53. Diseño ergonómico y antropometría	94
Imagen 54. Criterios de selección del factor de seguridad	95
Imagen 55. Empotramiento de vigas	96
Imagen 56. Estructura vista superior	97
Imagen 57. Diagrama de cuerpo libre viga principal	97
Imagen 58. Términos para ecuaciones	98
Imagen 59. Diagrama de esfuerzos y momentos de la estructura	99
Imagen 60. Tipos de perfilaría estructural	101
Imagen 61. Coeficientes K	105
Imagen 62. Unión estructural	107
Imagen 63. Factor geométrico para análisis de soldadura	108
Imagen 64. Esfuerzos cortantes y fuerzas sobre las soldaduras	111
Imagen 65. Tamaños mínimos de cordón	111
Imagen 66. Soldadura de las láminas	113
Imagen 67. Factor geométrico para análisis de soldadura	113
Imagen 68. Tamaño máximo de lado para soldaduras de chaflán	116
Imagen 69. Estructura desgarrador	118
Imagen 70. Simulación de desplazamiento máximo	118
Imagen 71. Esfuerzo máximo permisible	120

Imagen 72. Cargas en la estructura aglutinadora	121
Imagen 73. Desplazamiento máximo	122
Imagen 74. Esfuerzo máximo permisible	123
Imagen 75. Montaje de la caja reductora	124
Imagen 76. Montaje del acople flexible tipo araña	124
Imagen 77. Montaje de chumacera	125
Imagen 78. Montaje del eje aglutinador	125
Imagen 79. Montaje del motor	126
Imagen 80. Montaje de la transmisión	126
Imagen 81. Montaje de la polea reductor	127
Imagen 82. Montaje transmisión	127
Imagen 83. Montaje del recipiente aglutinador	128
Imagen 84. Montaje del portacuchillas	128
Imagen 85. Montaje cuchillas fijas	129
Imagen 86. Montaje de las tapas de entrada	129
Imagen 87. Montaje sistema aglutinador	130
Imagen 88. Montaje cuchilla fija	130
Imagen 89. Montaje del rodillo desgarrador	131
Imagen 90. Montaje perfil derecho	131
Imagen 91. Montaje perfil izquierdo	132
Imagen 92. Montaje eje desgarrador	132
Imagen 93. Montaje estructura desgarrador	133
Imagen 94. Montaje de tolva aglutinador	133
Imagen 95. Montaje de las tapas	134
Imagen 96. Montaje de la tolva de carga	134
Imagen 97. Sistema desgarrador	135
Imagen 98. Sistema desgarrador fijo en la estructura principal	135
Imagen 99. Montaje de la correa del desgarrador	136
Imagen 100. Sistema Energético	137
Imagen 101. Pasos para operar la máquina	138
Imagen 102. Elementos de seguridad	142
Imagen 103. Proceso de soldadura	146

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Información de bolsas	21
Cuadro 2. Costo por kilogramo de recuperado de polietileno de baja densidad	22
Cuadro 3. Requerimientos	31
Cuadro 4. Valor comparativo	33
Cuadro 5. Unidades de DATUM	34
Cuadro 6. Parámetros iniciales	34
Cuadro 7. Matriz de criterios	40
Cuadro 8. Método de score	40
Cuadro 9. Selección del mínimo diámetro de polea	62
Cuadro 10. Factor de corrección C2	64
Cuadro 11. Factor de corrección arco de contacto de la correa y las poleas.	65
Cuadro 12. Selección del mínimo diámetro de polea	68
Cuadro 13. Factor de corrección C2	70
Cuadro 14. Factor de corrección arco de contacto de la correa y las poleas.	71
Cuadro 15. Horas de uso según la aplicación del rodamiento	81
Cuadro 16. Horas de uso según la aplicación del rodamiento	92
Cuadro 17. Descripción de los pesos de la máquina	96
Cuadro 18. Descripción de las fuerzas aplicadas	97
Cuadro 19. Propiedades tubería.	103
Cuadro 20. Perfiles cuadrados colmena.	112
Cuadro 21. Rutina diaria de inspección	139
Cuadro 22. Rutina diaria de inspección	140
Cuadro 23. Mantenimiento programado	141
Cuadro 24. Formato hoja de vida	141
Cuadro 25. Señales de riesgo	143
Cuadro 26. Nivel de impacto ambiental	147
Cuadro 27. Matriz de evaluación del impacto ambiental	148
Cuadro 28. Costos	150
Cuadro 29. Demanda de máquinas e ingreso anual	151
Cuadro 30. Flujo de Caja del Proyecto	152
Cuadro 31. Flujo descontado por la TIO	153

## RESUMEN

Este proyecto empezó con una investigación del polietileno de baja densidad material de las bolsas a reciclar, con toda la información recopilada se plantearon diferentes alternativas de solución a la problemática y mediante un sistema de evaluación se eligió la alternativa más conveniente, el diseño conceptual de la máquina consta de un sistema desgarrador horizontal y un sistema aglutinador de forma vertical con transmisión por correas, los componentes estructurales se analizaron por el método de elementos finitos, se entregaron planos de fabricación, instalación y mantenimiento, evaluación financiera y el impacto ambiental del proyecto.

**PALABRAS CLAVES:** Diseño, Polietileno de Baja Densidad, Reciclaje, Aglutinado.

## INTRODUCCIÓN

La empresa “ACBA4PETS” bajo su responsabilidad social, buscando implementar la norma ISO 14000 en sus procesos, tiene la intención de generar un plan de acción con el cual se pueda recuperar y reaprovechar el desperdicio plástico generado a partir del producto alimenticio para mascotas “DANTE®”.

“DANTE®” es un producto alimenticio para mascotas, cuya presentación no es en croquetas (sólidas, seca y de varias porciones), si no es blanda, húmeda y por ración, es una preparación que consta de carnes blancas, huesos, verduras y otros ingredientes, asemejando la alimentación humana en crudo. Debido a esto el producto es empacado en porciones por ración, generando como desecho el empaque, cada vez que se suministra el alimento a la mascota.

En este orden de ideas, “ACBA4PETS” requiere un plan que parta de la educación del cliente para la recolección del empaque y generar el proceso paralelo de reciclaje para darle redirección al desperdicio plástico y así, cumplir una labor ambiental que satisfaga los requerimientos de la norma antes nombrada y logrando de igual forma atraer y comprometer a sus clientes con el medio ambiente.

ACBA4PETS se encarga de producir alimentos para mascotas, por lo cual el producto del actual proyecto debe dar para la generación de una empresa o división paralela que reciba el desecho recuperado, lo procese y lo comercialice a terceros donde se pueda utilizar materiales recuperados, ya que la empresa “ACBA4PETS” por la naturaleza de su producto no puede reaprovechar ese material en su línea de producción.

Para el presente proyecto, se puede decir que el problema a solucionar es la forma de fraccionar el empaque en polietileno de baja densidad resultado del producto nombrado, teniendo en cuenta que las bolsas y en general los empaques flexibles, son livianos y de grandes superficies, se planteó que la mejor forma de lograr su fraccionamiento es desarrollando una aglutinadora, que genere un material apropiado para el proceso de extrusión o de inyección de productos secundarios.

Así el objetivo general del presente proyecto es el de diseñar una máquina aglutinadora de bolsas de polietileno de baja densidad para la empresa “ACBA4PETS”.

Para cumplir el objetivo antes nombrado se plantearon los siguientes objetivos específicos.

- Explicar la situación actual del proceso de reciclaje de bolsas plásticas en Colombia
- Establecer los parámetros básicos y los requerimientos funcionales de la aglutinadora
- Establecer alternativas de diseño de la aglutinadora
- Elaborar el diseño conceptual de la aglutinadora
- Diseñar los subsistemas y componentes de la aglutinadora para bolsas
- Verificar los resultados con el modelamiento estructural de piezas críticas por el método de elementos finitos
- Elaborar planos de detalle, conjunto, ensamble, montaje, ubicación
- Elaborar los manuales de montaje, operación y mantenimiento
- Evaluar el impacto ambiental de la aglutinadora para bolsas y/o su producto
- Evaluar financieramente el proyecto

De esta manera, el alcance del presente proyecto fue el diseño, modelamiento y la simulación de una máquina aglutinadora para la empresa ACBA4PETS, que fracciona bolsas de polietileno de baja densidad, por lo cual, no se elaboró ningún prototipo físico del equipo, ni se adelantó la construcción de la máquina, pero si se realizaron los cálculos y planos suficientes para su construcción, los cuales quedan en el presente documento y a disposición de la empresa.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 LA EMPRESA

ACBA4PETS es una empresa ubicada en la ciudad de Bogotá, nació con el fin de producir alimentos que mejoraran la condición nutricional de las mascotas, ya que por experiencias propias de los socios, observaron una oportunidad de negocio a partir de la deficiente calidad de los productos existentes en el mercado, más conocidos como “concentrados”; producto que desarrollaron a partir también de un proyecto de grado para la obtención del título de Ingeniero de Alimentos, de la Universidad Jorge Tadeo Lozano de la ciudad de Bogotá D.C.

Imagen 1. Producto DANTE®.



Fuente: ACBA4PETS [<http://www.heydante.com/>]

En dicho trabajo realizaron lo concerniente con pruebas de laboratorios, formulaciones, ensayos, dosificaciones y demás elementos que permitieron a ACBA4PETS desarrollar su producto principal. Cuya receta actual consiste en una presentación individual por ración, con consistencia húmeda que se comercializa bajo el nombre de “DANTE®” (ver imagen 1), producto diseñado específicamente para el consumo de mascotas caninas, aprobado por el ICA con Resolución No. 11693 tipo SL con su respectivo estudio bromatológico aportado por el proyecto de grado de uno de los socios de la compañía.

En la actualidad, la empresa ofrece un producto personalizado y detallado para cada consumidor empacado en bolsas al vacío de 70 micras de espesor y diferentes dimensiones, dependiendo la edad o etapa de la mascota, quien es el consumidor final del producto.

Como toda compañía en sus inicios contó con pocos clientes y una presentación común en bolsas tipo ziploc®, a partir del bajo volumen en ventas, luego de esto e implementando un mercadeo “voz a voz” fueron incrementando sus ventas y a partir de esto su producción, realizando contratos con veterinarias y guarderías lo que llevó a la compañía a un crecimiento sostenido, que demandó el incremento de la fuerza operacional, de adquisición de materias primas, de empaques y por ende del material residuo del consumo del producto, por el cual y junto al interés de la empresa de propender por la implementación y cumplimiento de la norma ISO 14000 en sus procesos y productos, se genera la necesidad del desarrollo del presente proyecto, con el cual se busca diseñar un equipo con el cual se pueda fragmentar y reprocessar el empaque.

## 1.2 REGULACIÓN EXISTENTE

A lo largo del año 2016 se ha difundido por parte de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia “ANDI”, el Proyecto de Ley por medio del cual se impulsa el uso de bolsas reutilizables y se compromete a toda la cadena de producción, utilización y post-consumo a desmontar paulatinamente el uso de bolsas plásticas de único uso, inútiles y no reciclables, presentado por los honorables congresistas Señor Mauricio Gómez Amín (Representante a la Cámara) y Antonio Guerra de la Espriella (Senador de la República), donde se plantea la problemática que generan las bolsas plástica a nivel ambiental y el compromiso por disminuir su impacto.

Si bien, se está estudiando aprobar el proyecto de ley en Colombia; en el mundo la desestimación en su uso ya es más que una política, un estilo de vida, como por ejemplo en la Comunidad Europea y en los Estados Unidos de América, en cuyos países no está permitido la implementación de plástico en empaques de transporte de productos, y que incluso está llevando a otros sectores a pensar que va a pasar con sus empaques en un futuro no muy lejano.

Además del proyecto de Ley, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, generó en el año 2004 la guía ambiental para el Sector Plásticos, donde se habla de los principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y sobre el Manejo, aprovechamiento y disposición de los

residuos plásticos post-consumos, donde ya se advertía sobre la incidencia de las bolsas dentro de los materiales con mayor impacto ambiental como residuo urbano, por su volumen, su peso y corta vida útil.

### 1.3 PRODUCTO DANTE®

DANTE® es el producto principal de la compañía ACBA4PETS, como se dijo anteriormente es un producto en base húmeda, a partir de una balanceada formulación de elementos alimenticios que hacen de DANTE® el alimento ideal para las mascotas.

Teniendo en cuenta la curva de vida del producto desde la fabricación pasando por el punto de venta, transporte y llegando al consumo final, se estimó un tiempo de 360 horas como tiempo de vida (15 días). El único desecho que queda como residuo de DANTE® cuando el canino ha consumido su ración alimenticia es el empaque, elaborado a partir de Polietileno de Baja Densidad (PELD), es decir, sí la mascota está en etapa Cachorros debe consumir su alimento 3 veces al día y sí está en etapa Adultos deberá hacerlo tan solo en 2 oportunidades.

Cuadro 1. Información de bolsas

TIPO	RACIÓN [g]	PESO EMPAQUE [g]	COSTO EMPAQUE [\$ Col]
A	150	5	\$58
B	200	6	\$62
C	250	6	\$63
D	300-400	7	\$70
E	450	7	\$72
F	500-550	8	\$78
G	600-650	9	\$80
H	700-900	10	\$98
I	1000	14	\$136

Fuente ACBA4PETS

En el Cuadro 1, se muestran los tipos de presentación del producto DANTE® de donde se puede obtener que el promedio en peso de los empaques es 8 g, la empresa tiene como objetivo recoger el 70% del residuo total generado por sus clientes, que para el momento del desarrollo del presente proyecto es de 320 caninos, que a partir del promedio determinado equivalen a 2560 g de desecho por ración. De acuerdo a esto y suponiendo que todo los caninos consumirán solo dos

raciones, el peso de los empaque semana sería de 35.840 g, que aplicando el 70% de recuperación esperado por la compañía arroja un peso en empaques de 25.088 g, es decir, se estima una recolección semanal (7 días) de 25 Kg de empaques plásticos del producto DANTE®.

#### 1.4 ANALISIS DE RECUPERACIÓN EMPAQUE DEL PRODUCTO DANTE®

Mediante el reciclaje se aumenta el valor del producto dependiendo la presentación que se entregue, ya sea la misma bolsa recolectada, molido en presentación de crispetas después de hacer el proceso de aglutinado, pelletizado o producto

Costo del material recuperado por kilogramo en el mercado Colombia según sondeos realizados en el sector.

Cuadro 2. Costo por kilogramo de recuperado de polietileno de baja densidad

RECOLECTOR [Kg]	AGLUTINADO [Kg]	PELLETIZADO [Kg]	PROCESADO [Kg]
\$1.000	\$3.000	\$5.000	\$8.000

Fuente: Asociación de Recicladores Bogotá.

1.4.1 Por qué se aglutina. El proceso de aglutinado se realiza porque el material de la bolsa no se puede romper por impacto ya que es muy flexible, este abraza la cuchilla y girara con los mecanismos sin romperse como si se cortara una bolsa con tijeras, se debe tensar la bolsa para poder cortar la bolsa, el aglutinado desgarrar y así se reduce el tamaño de la partícula luego de esto se necesita darle peso para rebajar la partícula y homogenizarla, con un rocío de agua.

La compañía entrará en la cadena de valor de recuperación del material, recibiendo las bolsas y mediante el proceso de aglutinado le da valor agregado, se necesita moler para compensar el descuento que se le dará al cliente con el fin de hacer atractivo la devolución de las bolsas de manera limpia.

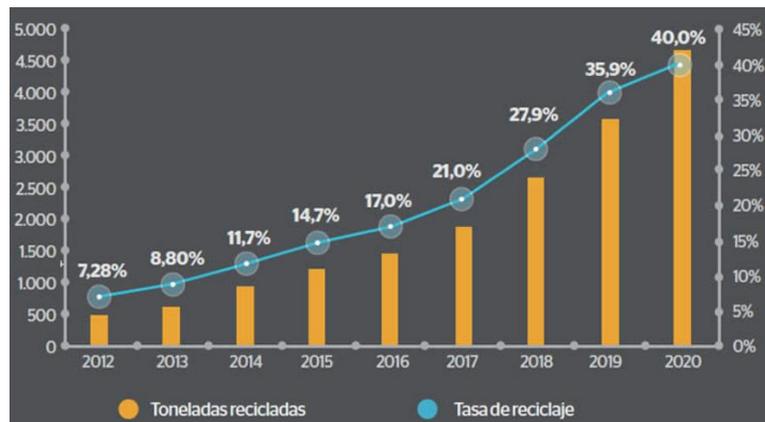
$$\text{Descuento} = \frac{\text{valor del kilo de aglutinado} - \text{valor del recuperado}}{\text{cantidad de kilogramos}}$$

Es necesario determinar el costo de la bolsa como insumo de la empresa y costo del material recuperado dando un valor que suplirá el descuento que se le dé al cliente y el costo de operación.

## 1.5 EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA ACTUAL

El sector del reciclaje en todos los países ha tenido un crecimiento notable en el PIB de países desarrollados, esta tendencia se ha transmitido a las economías emergentes de Suramérica y detallaremos el proceso a Colombia, y está proyectando una curva ascendente en el futuro cercano mostrado en la siguiente imagen.

Imagen 2. Proyección de la participación del reciclaje en el PIB de economías emergentes



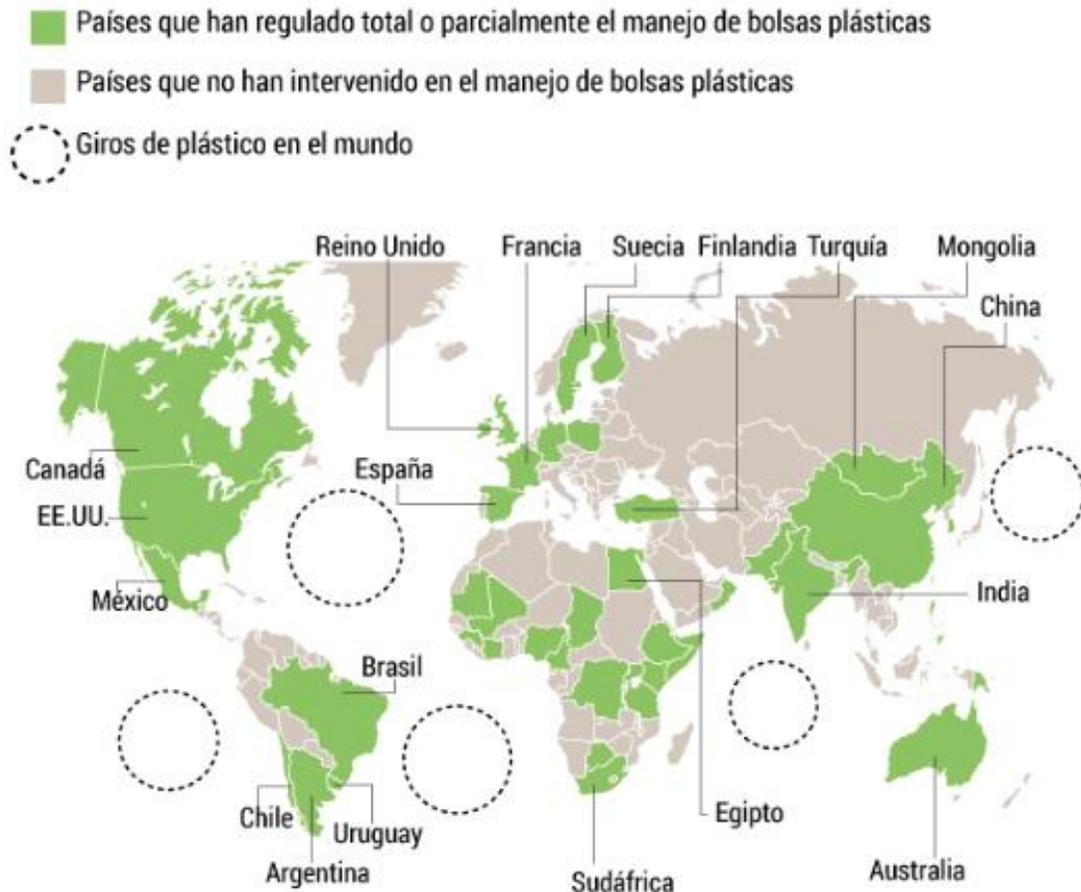
Fuente: FONDO MONETARIO INTERNACIONAL: perspectivas de la economía mundial. [En línea] 2015. [Citado 11-Abril-2016] <https://www.imf.org/external/spanish/pubs/ft/weo/2015/01/pdf/texts.pdf>

El beneficio ecológico del plástico reciclado es darle mayor tiempo de uso al material, pasando de ser una bolsa de empaque que su vida útil no es mayor a 8 días, o en el peor de los casos una bolsa de mercado que su vida útil no es mayor a 3 horas, se realiza un conjunto de operaciones para llevar el plástico en presentación de bolsa a material pelletizado para su posterior calentamiento y transformación en pellets.

Es importante entender que se tiene a favor un problema gigante al cual llamaron giros de plástico, El giro de plástico, como lo llamó Moore en 1997, es un remolino que se ubica en el Pacífico Norte y concentra múltiples desechos de este material que llegan allí por las corrientes marinas. Y aunque con el tiempo el efecto de la sal

y el sol logran que el plástico empiece a deshacerse, las partículas de microplástico quedan suspendidas durante cientos de años.

Imagen 3. Giros de plástico en el mundo



Fuente: ASOCIACION DE RECICLADORES DE BOGOTA: giros de plástico en el mundo [En línea] 2015. [Citado 11-Abril-2016] <https://www.imf.org/external/spanish/pubs/ft/weo/2015/01/pdf/texts.pdf>

A pesar de que se alertó sobre el problema hace más de 15 años, las cifras parecen indicar que el plástico no ha dejado de invadirnos. Según advirtió un estudio publicado por la Universidad de Georgia (Estados Unidos), sólo en 2010 se vertieron al mar 8.000 toneladas de plástico, y se teme que la cantidad acumulada para 2025 pueda alcanzar los 155 millones de toneladas. Los giros de plástico, como el que encontró Moore mientras navegaba, hoy son cinco, como lo muestra la anterior imagen.

Imagen 4. Consumo mundial de bolsas

## Un mundo inundado en bolsas de plástico



Fuente: ASOCIACION DE RECICLADORES DE BOGOTA: mundo inundado de bolsas plásticas En línea] 2015. [Citado 11-Abril-2016] <https://www.imf.org/external/spanish/pubs/ft/weo/2015/01/pdf/texts.pdf>

En Bogotá, por ejemplo, la Secretaría Distrital de Ambiente reportó un promedio de distribución de 491 millones de bolsas en 12 cadenas de grandes superficies y, según datos de Fenalco, de las más de 6.000 toneladas de residuos que llegan al relleno de Doña Juana, aproximadamente 840 toneladas son plásticos, entre las cuales se incluyen bolsas de plástico.<sup>1</sup>

Según explicó el ministro de Ambiente, Gabriel Vallejo, en Colombia cada persona usa seis bolsas de plástico a la semana, lo que significa que en un promedio de vida de 77 años consume el total de 22.000 bolsas de plástico. Esto teniendo en cuenta que sólo el 5% son reutilizadas<sup>2</sup>.

Tomando los datos anteriores, este proyecto tiene materia prima para trabajar por los próximos 28 años sin parar con solo el 5% de las bolsas que se utilizan.

<sup>1</sup> Fuente: <http://asociacionrecicladoresbogota.org/?p=1822#more-1822>

<sup>2</sup> <http://www.elspectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-regulara-el-uso-de-bolsas-de-plastico-articulo-626705>

En el país se ha venido presentando dinámicas favorables a lo largo del último año en la tendencia de darle un segundo uso con mayor vida a los plásticos, ahora con el fin de enfocar el tema se hablara de polietileno de baja densidad material de la bolsas plásticas, esto no solo aplica al polietileno de baja densidad, pero para este proyecto nos enfocaremos solo en este material, así mismo como la ubicación de la empresa es Bogotá, se mostraran los siguientes datos obtenidos.

Entre los distintos objetos de plástico que se producen, tal vez las bolsas son las que más polémica han desatado. En el mundo se consumen entre 500 billones y un trillón de bolsas plásticas al año, pero sólo se recicla el 5%, según datos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Su tiempo de degradación oscila entre 50 y 1.000 años, ya que su resistente estructura química las hace casi inmunes a los medios naturales, mientras erradicarlas, en principio, parte de una idea tan sencilla como lo es llevar una bolsa de lona al mercado.<sup>3</sup>

## 1.6 MATERIALES

Los polímeros son un tipo de material así como existen los metales y los cerámicos cuya principal características es que son grandes cadenas macromoleculares donde sus principales elementos son carbonos e hidrógenos, estos polímeros cuando son procesados, aditivados y conformados con una geométrica que genera un producto que se utiliza en el medio se denominan plásticos. Se clasifican en tres grupos, según la disposición de las macromoléculas que los constituyen. Son los termoplásticos, los termoestables y los elastómeros, donde los termoplásticos tienen la característica que se pueden recuperar mientras que los otros no.

Los termoplásticos pueden tener diferentes nichos de mercado dependiendo el sector. Como se muestra en la imagen siguiente el 55% de los usos del plástico lo demanda el sector de empaques y es el caso más crítico porque es el que menos tiempo de vida del producto tiene.

---

<sup>3</sup> [https://www.minambiente.gov.co/images/57-Resolucion\\_No.\\_0668-2016.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/57-Resolucion_No._0668-2016.pdf)

Imagen 5. Consumo de bolsas en Colombia y demanda del plástico según el sector



Fuente: ASOCIACION DE RECICLADORES DE BOGOTA: consumo y demanda en Colombia de bolsas plásticas [En línea] 2015. [Citado 11-Abril-2016]

<https://www.imf.org/external/spanish/pubs/ft/weo/2015/01/pdf/texts.pdf>

1.6.1 Empaques. Las materias primas para la fabricación de empaques son principalmente polietileno y polipropileno, en este caso específico serán de polietileno de baja densidad. Son denominados empaques flexibles, generalmente son de polipropileno (PP), y están formados por una o varias láminas de papel, celofán, aluminio o plástico con presentaciones en rollos, bolsas, hojas o etiquetas. Estos empaques son empleados para papas fritas, frutos secos, pescado congelado, pollo, verduras, frutas deshidratadas, cereales, granos, semillas, dulces, galletas, pastas, alimentos para mascotas y muchos otros productos. El uso de este tipo de empaques para productos alimenticios es muy común, porque tienen una barrera contra la luz, el oxígeno y la humedad, además que se garantiza que el producto esté protegido por su buena resistencia y que es fácil de transportar.

1.6.2 Problema ambiental. El principal impacto ambiental de los empaques de mecatro se presenta en su disposición final, pues al no ser biodegradables permanecen en el medio ocasionando contaminación visual (deterioro estético) por su acumulación y aspecto. Así mismo, como impactos ambientales secundarios puede mencionarse que la disposición en masa de estos residuos puede generar difusiones de materia orgánica en líquidos, cuando por efecto de la lluvia se disuelven restos de comida contenida en dichos empaques y migran hasta los

cuerpos de agua. Adicionalmente, si se presenta quema de los residuos de estos empaques a cielo abierto, se pueden generar gases, partículas en suspensión, malos olores y transportar cenizas por el aire a los recursos hídrico

Después del proceso de reutilización de estos empaques, el material se reutilizará principalmente en el sector de las artesanías y en el sector de la construcción. Este último los emplea para la fabricación de bloques similares a ladrillos.

## 1.7 PROCESO DE RECUPERACION DEL PLÁSTICO

El material plástico está mal visto desde el punto del individuo común ya que carece de información, se desconoce los usos posteriores, y toda la generación económica a raíz de este proceso, el escaso conocimiento sobre los usos del plástico, sus aplicaciones y los métodos de reciclaje de este.

Además de su importancia como actividad económica e industrial, el reciclado lleva asociados beneficios adicionales que le dan aún más razón de ser evaluado, desarrollado, implementado y remunerado, también es de resaltar la protección del medio ambiente a través de la reducción del consumo de recursos (materias primas y energía) pues si le da mayor tiempo de vida a este material, la disminución de los impactos en suelos, aguas y aire (emisiones y vertidos) será notablemente satisfactoria, además de estos beneficios la protección de la salud de los seres humanos evitando la dispersión de contaminantes.

1.7.1 Reciclado del plástico mecánicamente. Los plásticos que son reciclados mecánicamente provienen de dos grandes fuentes:

Los residuos plásticos proveniente de los procesos de fabricación, es decir, los residuos que quedan al pie de la máquina, tanto en la industria petroquímica como en la transformadora. A esta clase de residuos se la denomina scrap. El scrap es más fácil de reciclar porque está limpio y es homogéneo en su composición, ya que no está mezclado con otros tipos de plásticos. Algunos procesos de transformación (como el termoformado) generan el 30-50% de scrap, que normalmente se recicla.

Los residuos plásticos proveniente de la masa de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Estos se dividen a su vez en tres clases:

A) Residuos plásticos de tipo simple: han sido clasificados y separados entre sí los de distintas clases.

B) Residuos mixtos: los diferentes tipos de plásticos se hallan mezclados entre sí.

C) Residuos plásticos mixtos combinados con otros residuos: papel, cartón, metales.

#### 1.7.2 Pasos del reciclado mecánico.

1.7.2.1 Separación. Preparación en una cinta transportadora de los diferentes tipos de plásticos de acuerdo con la identificación o con el aspecto visual. En esta etapa también se separan rótulos de materiales diferentes, tapas de botellas y productos compuestos por más de un tipo de plástico, envases metalizados, broches, etc. Por ser una etapa manual, la eficiencia depende directamente de la práctica de las personas que ejecutan esta tarea. Otro factor determinante de la calidad es la fuente de material a ser separado, dado que el que proviene de la recolección selectiva es más limpio comparado con el material proveniente de los basurales a cielo abierto.

1.7.2.2 Lavado. Después de separado, el plástico pasa por una etapa de lavado para eliminar la suciedad. Es preciso que el agua de lavado reciba un tratamiento para su reutilización o emisión como efluente.

1.7.2.3 Secado. En esta etapa se retira el exceso de agua por centrifugado

1.7.2.4 Triturado. En esta etapa del proceso, el plástico reduce su tamaño de presentación con el fin de no ser atrapado en el siguiente proceso, si este es el aglutinado, en el caso de ser otro tipo de plástico, terminar aquí

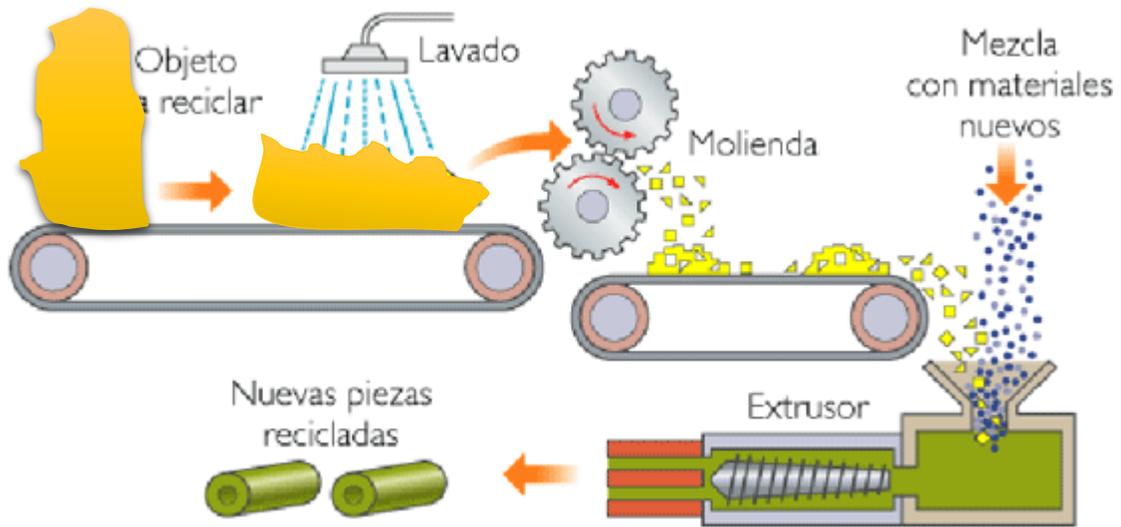
1.7.2.5 Aglutinado. Además de completar el secado, el material es compactado, reduciéndose así el volumen que será enviado a la extrusora. La fricción de los fragmentos contra la pared del equipo rotativo provoca el aumento de la temperatura, formándose una masa plástica. El aglutinador también se utiliza para la incorporación de aditivos, tales como cargas, pigmentos y lubricantes.

1.7.2.6 Extrusión. La extrusora funde y vuelve a la masa plástica homogénea. A la salida de la extrusora se encuentra el cabezal, del cual sale un “espagueti” continuo que es enfriado con agua. En seguida, el “espagueti” es picado en un granulador y transformado en pellet (granos plásticos).<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Información tomada de [http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado\\_auto/tiposdereciclado.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado_auto/tiposdereciclado.htm)

Imagen 6. Proceso de reciclaje mecánico



Fuente: reciclaje du bonista [En línea] 2012 [Consultado 22-Oct-2015]. Disponible en línea: <http://reciclajedubonista.blogspot.com.co/2015/07/el-reciclaje-es-un-proceso-cuyo.html>

### 1.8 PROCESO DE FABRICACIÓN

El primer paso es la limpieza del material a introducir en el recipiente aglutinador, donde un motor muy robusto desgarrar el material. Previo a este proceso se debe cortar en trozos para que la bolsa no entre el cilindro y se quede girando en la máquina sin ser procesado, después de cortar el material por tiempo prolongado el operario se da cuenta que el amperaje de la máquina se eleva, ya que la bolsa se transformó en un material de mayor viscosidad y exige mayor trabajo del motor, ya teniendo el material en esta presentación es necesario que el operario agregue agua, para así generar la crispeta, que es la presentación final del producto, cuando se tiene el material en esta presentación, es tiempo de permitir el paso sin parar el motor que empuja el eje y este por la centrífuga dejará salir el material por el canal de escape.

Cuando se tiene el material en presentación de crispeta, ya está listo para venderse a quien realice el proceso de extrusión y genere pellets, estos ya en condición de uso para cualquier proceso. Así minimiza las incidencias frente al medio ambiente, conservando propiedades del material para su futura comercialización, evitando pérdidas del producto y eliminando procesos innecesarios.

## 2. PARÁMETROS BÁSICOS Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Los siguientes parámetros además del proceso anterior y los datos salieron de una entrevista con el cuerpo directivo de la compañía conformado principalmente por gerente, jefe de producción y mercadeo.

### 2.1 REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

Los requerimientos del cliente para el diseño de la máquina van encaminados a la practicidad del diseño.

2.1.1 Economía. Debe tener el menor consumo de energía posible

2.1.2 Volumen de producción. Cantidad por día de bolsas de empaque

2.1.3 Mantenimiento. Debe tener un mantenimiento simple, no recurrente y no dispendioso.

2.1.4 Ergonomía. Seguridad. En el diseño de la máquina uno de los factores que más se tiene en cuenta, es la velocidad a la que está desgarrando y aglutinando los material plásticos, teniendo en cuenta que los operarios pueden cometer errores y están frente a cuchillas y velocidades considerables.

### 2.2 DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE INGENIERIA

La siguiente imagen muestra los requerimientos del cuerpo administrativo de la compañía pasados a requerimientos de ingeniería, donde se puede determinar los requerimientos de la máquina y así garantizar que el diseño cumpla con lo que la compañía necesita.

Cuadro 3. Requerimientos

REQUERIMIENTO CLIENTE	REQUERIMIENTO INGENIERIA	REQUERIMIENTO FUNCIONAL	GRADO DE IMPORTANCIA
CONSUMO	GASTO ENERGETICO	KW	5
CANTIDAD DE BOLSAS A PROCESAR	PRODUCCION	Kg/día	4
CONSERVACION DE LA MAQUINA	MANTENIMIENTO	HORAS DE PRODUCCION	4
ERGONOMÍA	FACILIDAD DE PRODUCCION	HORAS DE OPERACIÓN	3

### 2.3 ESTUDIO DE LA COMPETENCIA

Se busca 3 productos de máquinas existentes en el mercado que sirvan para aglutinar

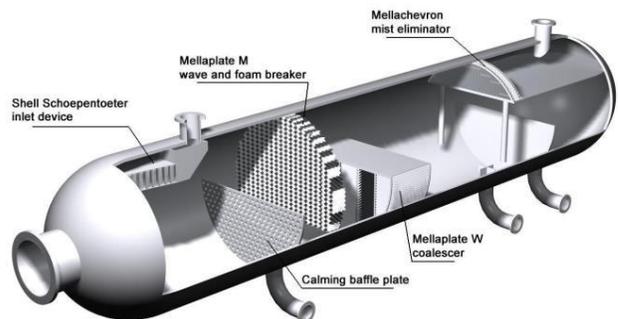
Imagen 7. Máquina alemana de marca Starlinger



Fuente: STARLINGER. [En línea] 2015 Citado [6-oct-2015]. Disponible en Internet: <http://www.starlinger.com/es/>

La máquina de starlinger contiene todo el ciclo de reciclaje desde el molido hasta el pelletizado, funcionan con una banda transportadora que eleva el material hasta el rodillo desgarrador donde se aglutina y posteriormente es llevado a otro proceso dentro de la misma máquina, se evaluará únicamente el proceso donde se pretende entrar en la cadena de valor del recuperación del plástico es decir el aglutinado, el costo es de 600 millones de pesos.

Imagen 8. Máquina de eje vertical de marca Ecofine



Fuente: Ecofine. Aglutinadora de buques horizontal [En línea] 2015 Citado [6-oct-2015]. Disponible en Internet: <http://www.sulzer.com/br/Products-and-Services/Separation-Technology/Coalescers/Sulzer-Mellaplate>

La máquina de Ecofine es una aglutinadora de eje horizontal y cuchillas móviles a lo largo del cilindro pasando por filtros de volumen, la transmisión de la máquina está dada por correas y poleas con motores robustos con más de 10hp, el costo de la máquina esta entre 20 a 25 millones de pesos colombianos

La tercera máquina a comparar es Colombia de eje horizontal

Imagen 9. Máquina aglutinadora del mercado colombiano



La máquina Colombia funciona con un eje vertical donde se acoplan cuchillas móviles, dentro de un cilindro con cuchillas fijas, la transmisión de esta máquina está dada por correas y poleas con un motor robusto de 15 a 20 Hp el costo de la máquina esta entre 8 a 12 millones de pesos colombianos

### 2.3.1 Evaluación del Benchmarking Vs Requerimientos del cliente

El equipo de se fabrique no debe sacar a la empresa del sector en el que se encuentra que es alimentos.

Cuadro 4. Valor comparativo

RC	B1	B2	B3
RC1	1	2	3
RC2	5	3	2
RC3	4	3	3
RC4	1	2	5
	11	10	13

Se compararon las máquinas del mercado con los requerimientos del cliente y el valor más alto es el de la comercializada en Colombia, determinando el enfoque que se le da al proyecto.

RC Requerimientos del cliente

B competencia

### 2.3.2 Determinación de valores objetivo

Cuadro 5. Unidades de DATUM

RF	DATUM
CONSUMO	7450Kw/h
CANTIDAD DE BOLSAS A PROCESAR	1k/bache
CONSERVACION DE LA MÁQUINA	4h
ERGONOMÍA O ESPACIO	4H
ESPACIO	2M <sup>3</sup>

RF Requerimientos funcionales

DATUM competencia al cual se debe superar.

Cuadro 6. Parámetros iniciales

RF	DATUM	ESTE PROYECTO
CONSUMO	7450Kw/h	Menor posible
CANTIDAD DE BOLSAS A PROCESAR	1 kg/bache	5 kg/bache
CONSERVACION DE LA MÁQUINA	4H	4H
ERGONOMÍA O ESPACIO	4H	4H
ESPACIO	2M3	2M3

### 3. DISEÑO CONCEPTUAL Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Para el diseño de esta máquina, existe variedad de posibilidades, de acuerdo a los subsistemas y requerimientos mencionados con anterioridad, por lo cual se efectuó un análisis de las posibles soluciones y alternativas, que pueden presentarse en el diseño.

#### 3.1 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA

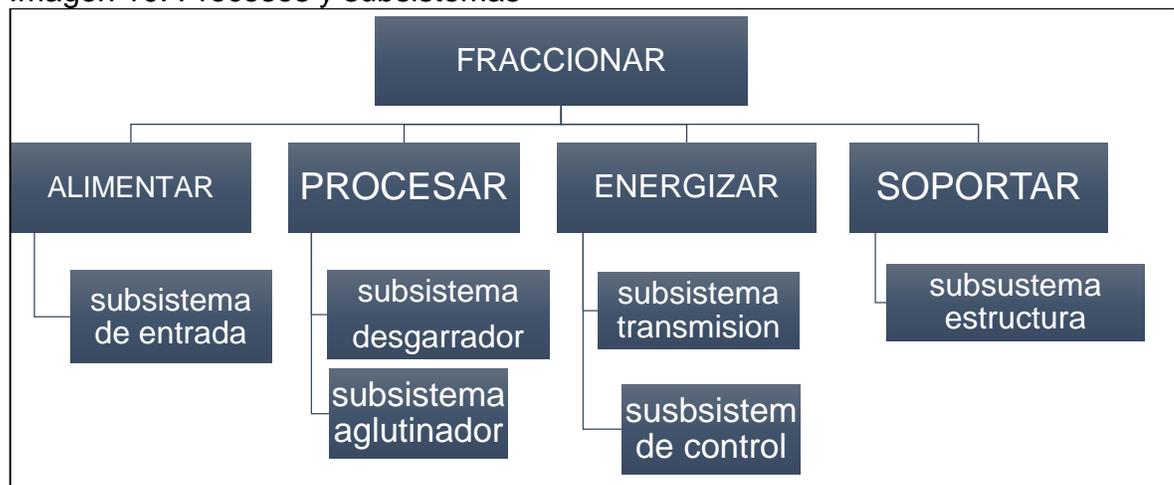
El diseño conceptual y el planteamiento de las alternativas, se basaron en los requerimientos básicos de funcionamiento y las sugerencias que hizo la empresa respecto a lo que se deseaba como producto final.

Requerimientos básicos y sugerencias de la empresa:

- ✓ La máquina debe ser capaz de realizar crispetas de plástico aglutinado.
- ✓ La máquina debe fabricar 5 kilos por día.
- ✓ La máquina debe entregar el producto final de una manera limpia y estética.
- ✓ La máquina debe ser segura tanto para entregar el producto final como para el operario.
- ✓ La máquina debe ser de fácil mantenimiento.
- ✓ La máquina debe consumir la menor energía posible.

##### 3.1.1 Procesos y Subsistemas

Imagen 10. Procesos y subsistemas



Los elementos de entrada según el tipo de alimentación siendo no forzada serán:  
Sistema tornillo sin fin  
Banda transportadora  
Alimentación manual por gravedad

Según la cantidad de kilogramos que se procesaran diarios según los requerimientos de la empresa y buscando hacer el diseño de manera económica y sencilla la alimentación de que usara será manual por gravedad.

El subsistema de soporte será una estructura que no pase los 2m3 según el requerimiento de ergonomía y espacio del cliente

El subsistema de control y eléctrico será un interruptor de on off cumpliendo con el requerimiento del cliente será económico y sencillo.

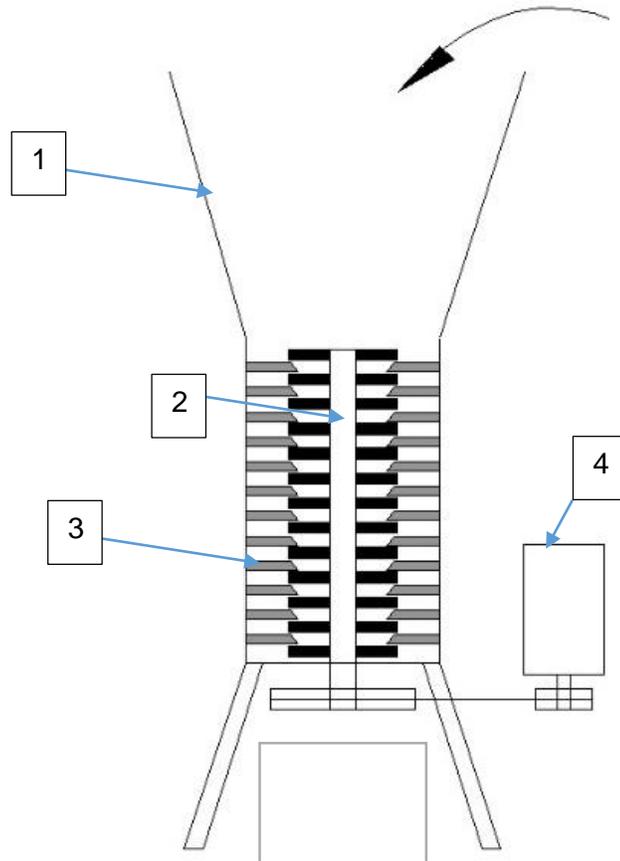
El subsistema de desgarrado será un proceso de disminuir el tamaño del material seguido inmediatamente del subsistema aglutinador, donde se le dará la presentación final a la materia.

### 3.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

El diseño de la máquina para aglomerar plástico de baja densidad puede ser de diferentes maneras, de acuerdo a la caracterización y planteamiento de los subsistemas mencionados, por lo cual se va a realizar un análisis de los posibles diseños finales respecto a los requerimientos de la máquina.

3.2.1 Alternativa 1. Esta alternativa pretende mejorar la máquina ya existente así: alargar el eje y colocar más cuchillas a lo largo de este, así mismo colocar más cuchillas fijas conforme estén las cuchillas móviles a lo largo de la camisa del recipiente, aumentar la tolva de seguridad, para prevenir accidentes. La transmisión es vertical al igual que la de la máquina DATUM comercializada en Colombia, cuenta con una plataforma elevada, con acceso por escalera.

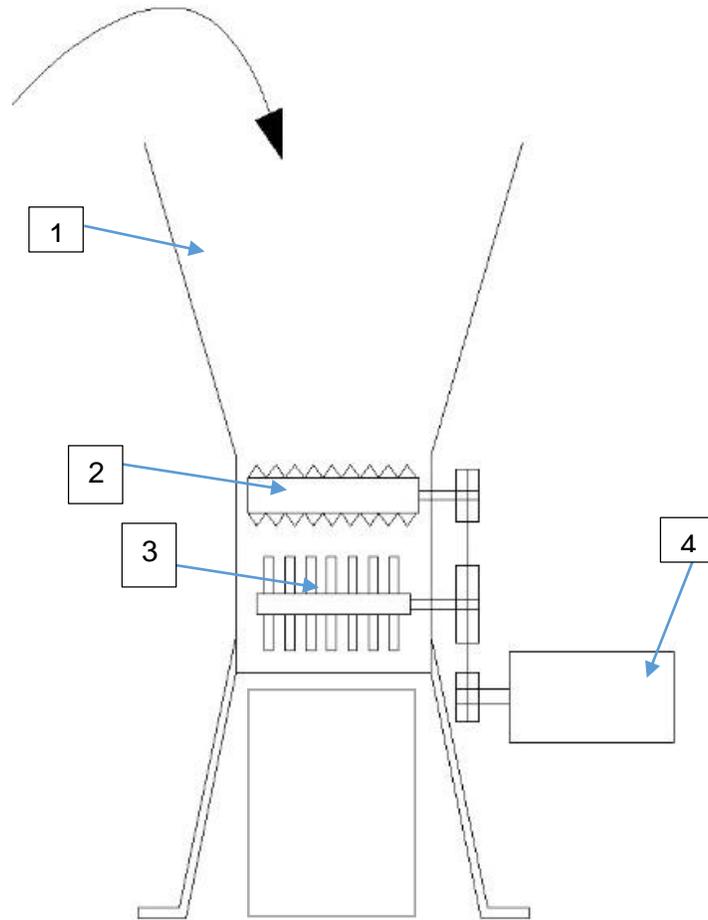
Imagen 11. Alternativa 1



1. Tolva 2. Eje cuchillas Móviles 3. Cuchillas Fijas 4. Motor

3.2.2 Alternativa 2. Esta alternativa cuenta con dos pares de ejes horizontales enfrentados y consecutivos, el primer par cumple la función de atrapar el material y garantizar que no se quede flotando en el recipiente, lo abraza desgarrándolo y arrojando al siguiente proceso, donde el segundo par de ejes taja el material, lo aglutina y lo deja en una presentación acorde al crispeta, esta solución cuenta con patas de soporte y tolva de seguridad el material entra por la parte superior como lo indica la flecha siendo suministrada por el operario y después del proceso de los mecanismos sale por la parte inferior de la máquina y el recibido en una caneca, la transmisión se realiza mediante correas y poleas.

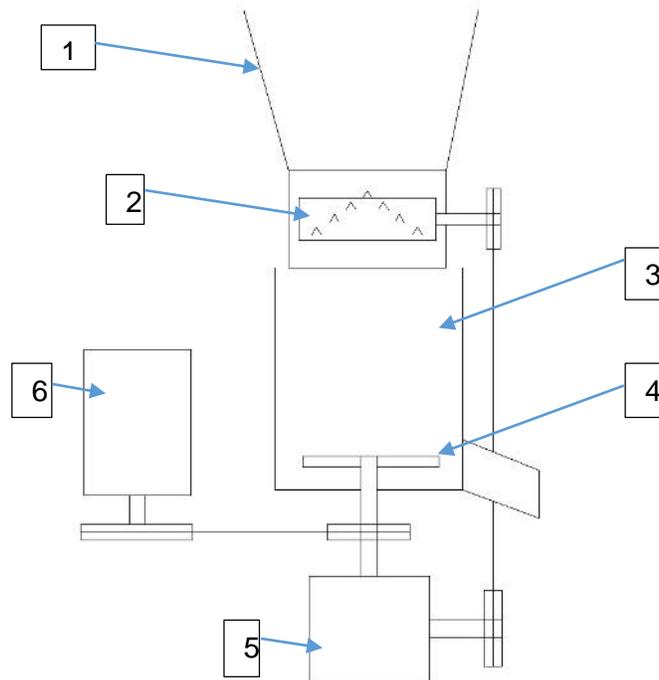
Imagen 12. Alternativa 2



1. Tolva 2. Rodillo desgarrador 3.Cuchillas aglutinadoras 4.Motor

3.2.3 Alternativa 3. Esta alternativa surgió del estudio de la competencia de máquina alemana de starlinger , en donde usan un rodillo desgarrador y luego aglutinan el material, garantizando el proceso y evitando mayor número de operarios así El material entra en la tolva de seguridad, alimentado por el operario, pasa por el rodillo desgarrador que minimiza el tamaño del material, este sigue su camino por gravedad y entra en el recipiente aglutinador que funciona al igual que una máquina de aglutinado común, dejando salir el material a determinado momento después de hacer la crispeta presentación final del producto.

Imagen 13. Alternativa 3



1. Tolva 2. Rodillo desgarrador 3. Recipiente aglutinador 4. Cuchillas móviles 5. Caja reductora 6. Motor

### 3.3 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la evaluación y selección de las alternativas, se procede a realizar un sistema de ponderación al cual se le asignarán los requerimientos más estrictos de la empresa y otros que tienen que hacerse para garantizar el diseño de la máquina.

Se le asignará el respectivo puntaje de ponderación de 1 a 5 a los criterios de la siguiente manera:

- 5. indispensable
- 4. muy importante
- 3. importante
- 2. regularmente importante
- 1. nada importante

Cuadro 7. Matriz de criterios

	<b>Criterios</b>	<b>Ponderación</b>
<b>1</b>	Costo/Beneficio	5
<b>2</b>	Rata de flujo	4
<b>3</b>	Ergonomía	3
<b>4</b>	Mantenimiento	4
<b>5</b>	Consumo	5
<b>Score</b>		

Definición de cada criterio

Costo/Beneficio: Este criterio evalúa el valor del diseño de la máquina contra la rentabilidad del producto final.

Rata de flujo: Este criterio evalúa cantidad de material que se puede procesar en un bache de tiempo.

Ergonomía: Este criterio evalúa la facilidad de operación para quien ejecute el proceso.

Mantenimiento: Este criterio evalúa la cantidad y complejidad de tareas necesarias para desarrollar el mantenimiento.

Consumo: Este criterio evalúa los costos operacionales y costos de consumibles necesarios para realizar el proceso.

Cuadro 8. Método de score

	<b>Criterios</b>	<b>Ponderación</b>	A1	A2	A3
<b>1</b>	Costo/Beneficio	5	7	8	8
<b>2</b>	Rata de flujo	4	5	7	9
<b>3</b>	Ergonomía	3	9	8	8
<b>4</b>	Mantenimiento	4	4	6	7
<b>5</b>	Consumo	5	4	7	9
<b>Score</b>			110	137	156

El resultado de esta matriz de ponderación se da multiplicando cada valor de la alternativa por el valor del criterio evaluado, el valor va de 1 a 9 siendo 1 el nivel inferior y 9 el más alto, de acuerdo al cumplimiento de los criterios evaluados.

De acuerdo a la matriz de ponderación, siguiendo los requerimientos de la empresa y del diseño, la alternativa ganadora es la número 3 ya que desarrolla el proceso de producción con el menor consumo y acorde a su distribución de mecanismos no necesita gran potencia, así mismo tiene la capacidad de mayor rata de flujo en comparación a las demás, demostrado en números con el valor de 156, valor muy superior a las demás.

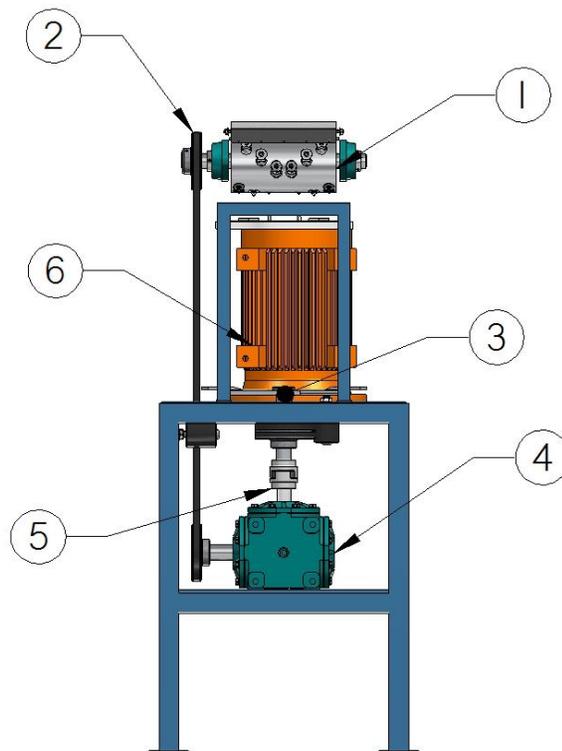
## 4. DISEÑO DETALLADO

Como es claro en el capítulo anterior, la alternativa óptima es la número 3 “máquina de doble eje uno horizontal de desgarrar y otro vertical de aglutinado”. Ya que según los requerimientos de la empresa y los del diseño, esta es la alternativa que será diseñada, a continuación se describe de una manera general cómo se desarrollará el diseño y posterior orden de los cálculos que se implementarán en este capítulo.

### 4.1 DISEÑO FUNCIONAL

Se realiza el diseño general de la máquina para aglutinar bolsas de plástico de polietileno de baja densidad como se muestra en la imagen 7, para así poder entender de manera gráfica lo que se explicará.

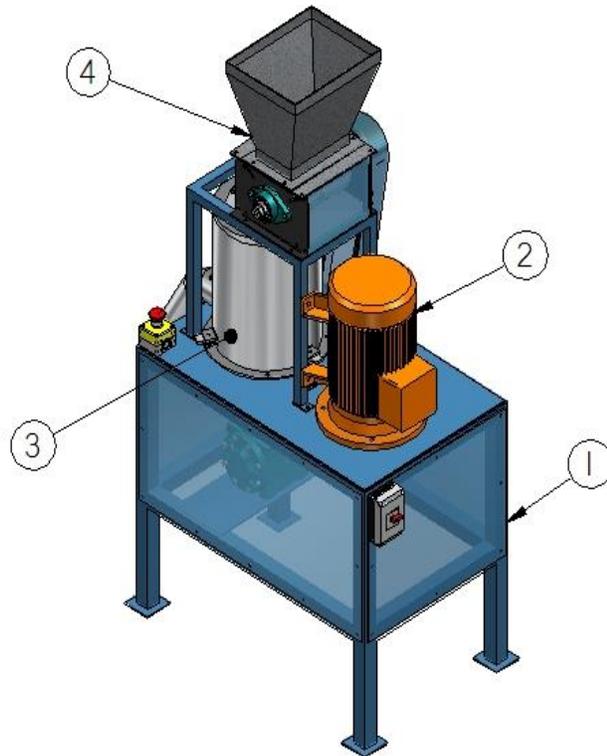
Imagen 14. Diseño de la máquina aglutinadora



1. Rodillo desgarrador, 2. Transmisión por correas, 3. cuchillas recipiente aglutinador, 4. Caja reductora, 5. Acople, 6. Motor

## 4.2 SUBSISTEMAS DE LA MÁQUINA

Imagen 15. Máquina aglutinadora detallada por sistemas



La máquina aglutinadora se divide en cuatro subsistemas, por los procesos que realiza en sus diferentes partes. Como se evidencia en la Imagen 15, el ítem 1 hace referencia al subsistema que le dará soporte a la máquina, el ítem 2 hace referencia al subsistema que le dará la potencia a la transmisión de la máquina el ítem 3 muestra el recipiente aglutinador que toma material del primer proceso y lo transforma en la presentación final y el ítem 4 explica la parte del recipiente desgarrador y su tolva de entrada del material, donde este se fracciona en trozos más pequeños.

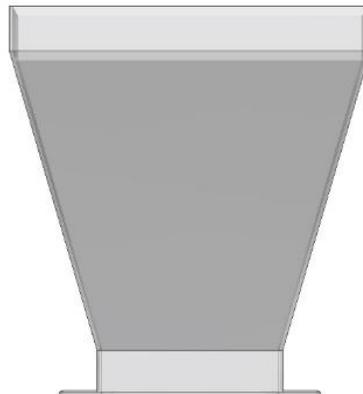
#### 4.2.1 Subsistema de entrada

Imagen 16. Subsistema de alimentación



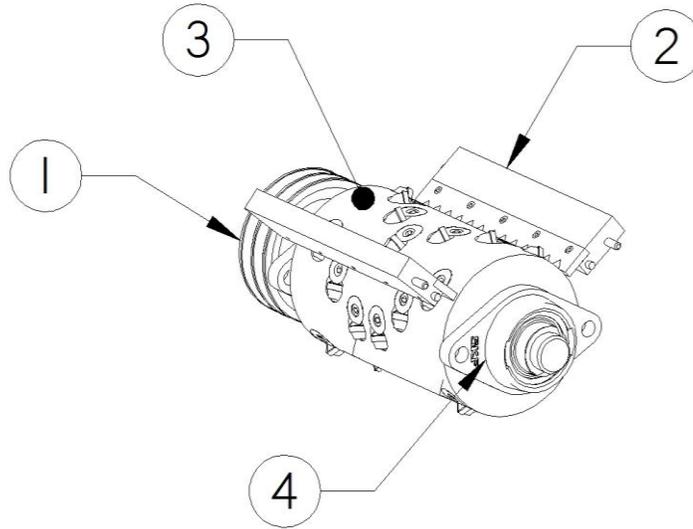
El conjunto que forma el subsistema de alimentación está dado por los siguientes elementos que se explicaran con imágenes así:

Imagen 17. Tolva de carga



Esta imagen muestra de manera clara el comienzo del proceso: de forma segura el material entra al primer proceso de corte por gravedad, que lo realizará el rodillo desgarrador.

Imagen 18. Rodillo desgarrador



1. Polea rodillo, 2. Cuchilla fija, 3. Rodillo desgarrador, 4. Rodamiento  
FYT30TF

El rodillo desgarrador es un cilindro con insertos, radialmente distribuidos de forma geométrica, en este proceso el material cambia su tamaño, con el fin de garantizar la eficacia al hacer que el material no se entrape en el proceso consecutivo.

Imagen 19. Detalle de insertos del rodillo

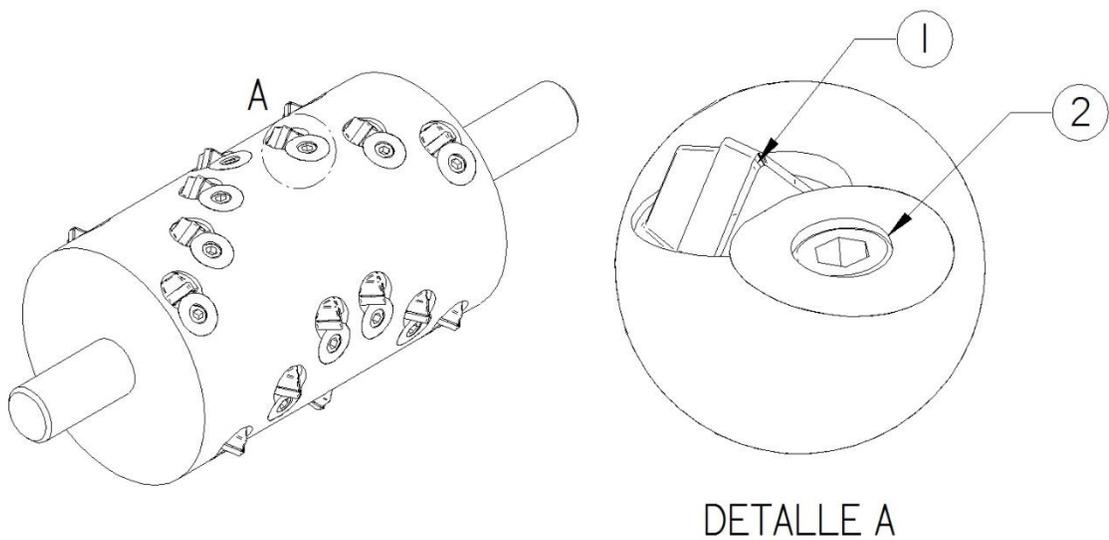


Imagen 19. (Continuación)



Fuente: STARLINGER. Rodillo desgarrador [En línea] 2015 Citado [6-oct-2015]. Disponible en Internet: <http://www.starlinger.com/es/>

#### 4.2.2 Subsistema aglutinador

Imagen 20. Recipiente aglutinador



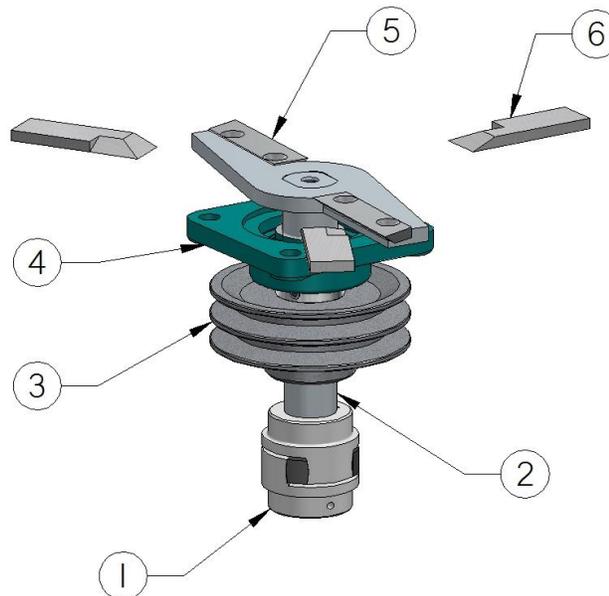
Después de que el material se encuentra en una presentación con menor tamaño ya es adecuado introducirlo en el tarro aglutinador, el material bajará por gravedad, entra por el agujero superior y saldrá en la presentación final por el codo que se muestra en la imagen a la izquierda.

Imagen 21. Recipiente aglutinador vista superior



En esta vista superior se evidencia la distribución de las cuchillas fijas y el acople del eje con la cuchillas móviles, las cuales se encargan de rasgar el material y desarrollar la presentación final.

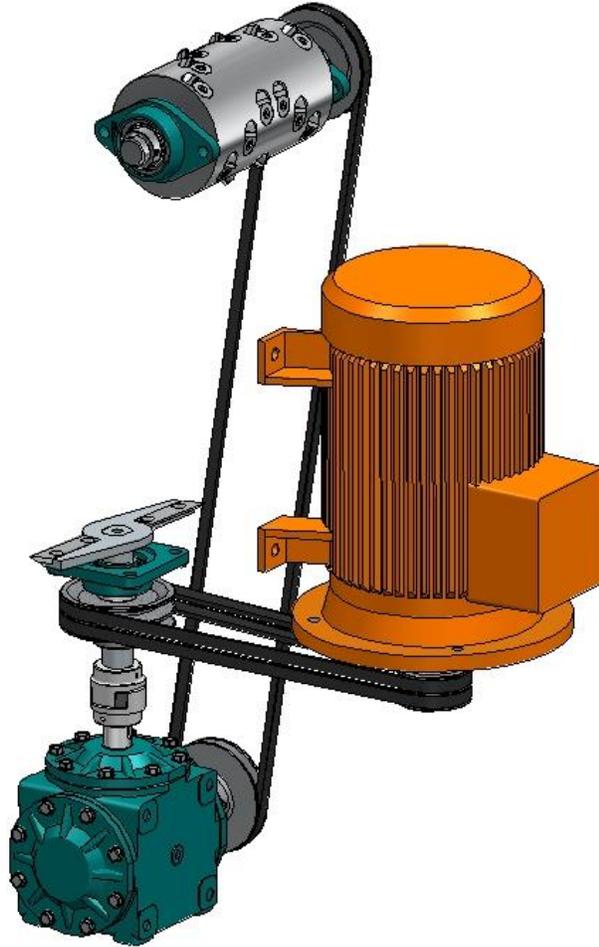
Imagen 22. Componentes del sistema de aglutinado



- |  |
|--|
| <p>1. Acople flexible tipo araña 2.eje aglutinador 3. Polea aglutinador 4. Rodamiento FY30TF 5. Cuchillas móviles 6. Cuchillas fijas</p> |
|--|

### 4.2.3 Subsistema Eléctrico

Imagen 23 Subsistema transmisión

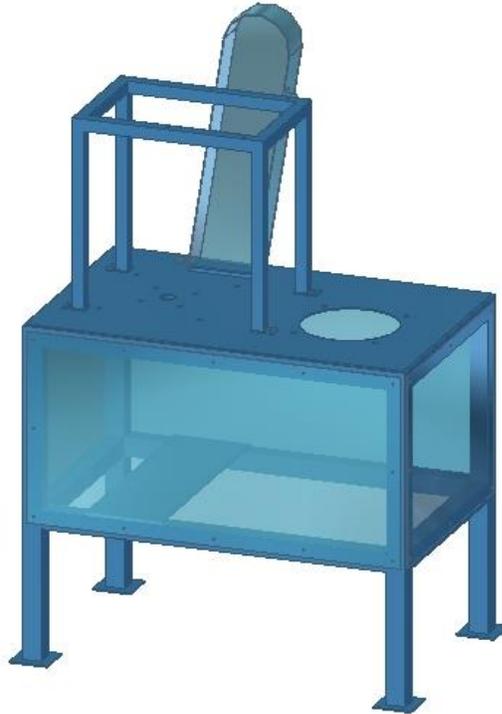


En la imagen anterior se muestra el desarrollo de los elementos que le dan a la máquina energía movimiento y control

En esta imagen se puede ver cómo es el proceso, acorde a la transmisión, arrancando desde el motor de color naranja, con 1800 rpm transmitidas por un par de correas y poleas, llegando al sistema de aglutinado con las rpm y el torque necesario para garantizar el adecuado proceso, donde se da fin al proceso, de manera seguida verticalmente, mediante un acople al reductor con relación que garantice y arroje las rpm necesarias al proceso final, sube por la polea del fondo hasta entregar el torque y la velocidad al rodillo desgarrador.

4.2.4 Subsistema Estructural. En la siguiente imagen se muestra los perfiles y láminas que le darán forma a la mesa que soportara la máquina.

Imagen 24. Subsistema Estructural



Para explicar el funcionamiento de la máquina para aglutinar bolsas de plástico de baja densidad, es necesario para conocer los sistemas y subsistemas que se calcularán a continuación y de esta manera poder llevar un orden tanto para los cálculos como para la explicación que se realiza a continuación.

Para detallar el diseño es necesario:

Datos de entrada, es necesario conocer cuáles son primordiales para este diseño, ya que sin ellos no se podrá conocer los tamaños de la tolva, rodillos y recipiente, se necesita primero conocer la densidad del material, para este caso específico es polietileno de baja densidad, luego se calcula los tamaños de cilindro y recipiente para poder garantizar siempre el suministro de entrada y el aglutinado del producto.

- Cálculo de la potencia necesaria para realizar el proceso, este cálculo será el más grande del proyecto, ya que para llegar a este se tendrán en cuenta: las velocidades, torques, inercias, dimensiones, esfuerzos y demás factores necesarios para conocer el valor requerido de potencia.

- Cálculo de la estructura, se procede a realizar la estructura la cual soportará el peso de la máquina, se seleccionará el perfil de acuerdo a la carga y se garantizará que el material y la forma de la estructura soporten el peso de la máquina.
- Soldaduras, para que la estructura esté completa se debe conocer qué tipo de soldadura usar y también conocer el grueso del cordón y dependiendo de los perfiles que se seleccionen en la estructura se realizará el respectivo cálculo para saber la carga crítica y que la máquina sea segura.

#### 4.3 SISTEMA DESGARRADOR

4.3.1 Revoluciones de desgarramiento. La velocidad angular necesaria para el proceso de aserrado es de 1000 a 2000<sup>5</sup> m/min y la fuerza promedio de desgarre que se necesita para el polietileno de baja densidad es de 12 kgf.<sup>6</sup>

Teniendo la velocidad recomendada para el proceso de aserrado del polietileno de baja densidad, se tomará como dato inicial la velocidad mínima de corte así:

$$V_c = \frac{\text{velocidad recomendada para aserrado [m/min]}}{\text{cantidad de insertos activos en el proceso}}$$

Dónde:

V<sub>c</sub>= velocidad de corte.

Se toma la velocidad recomendada para el proceso de aserrado que es de 1000 m/min y se divide en el número de insertos activos en el proceso, por geometría del diseño son 26 insertos distribuidos en el perímetro del rodillo así; dos filas de 7 y dos de 6. Se tomará como dato 6.5 insertos activos.

$$V_c = \frac{1000 \text{ m/min}}{6.5}$$

V<sub>c</sub>= 153.84 m/min

---

<sup>5</sup> Fuente: Anexo A Velocidad recomendada proceso de acerrado materiales no ferrosos

<sup>6</sup> Fuente: Métodos de conformación de plásticos. [En línea] 2011 [Citado: 24-feb-2016] Disponible en: file:///F:/tesis/Metodos-de-Conformacion-de-los-plasticos.pdf

Teniendo la velocidad de corte, y el número de insertos activos en el proceso, se ajusta el diámetro del rodillo, por geometría el diámetro del rodillo es de 127mm.

$$P = \pi * \varnothing$$
$$P = \pi * 127mm$$
$$Perimetro = 398.98mm = 0.398m$$

Con el perímetro y la velocidad de corte se obtiene las rpm necesarias así:

$$Rpm = \frac{Vc}{P}$$

Dónde:

Vc= velocidad de corte 153.84 (m/min)

P=perímetro 0.398 (m)

Reemplazando:

$$Rpm = \frac{153.84m/min}{0.398m}$$

$$Rpm = 386.53$$

Como la velocidad Vc es la velocidad recomendada para corte de polietileno de baja densidad se ajusta las rpm a 400 y se recalcula la Vc para tener el dato Vt.

$$Vt = P * Rpm$$
$$Vt = 0.398m * 400rpm$$
$$Vt = 159.2m/min$$

4.3.2 Potencia en el rodillo desgarrador. Se calculará el torque necesario para realizar el proceso y mover todos los elementos así:

$$Pt = Pc + Ps$$

Dónde:

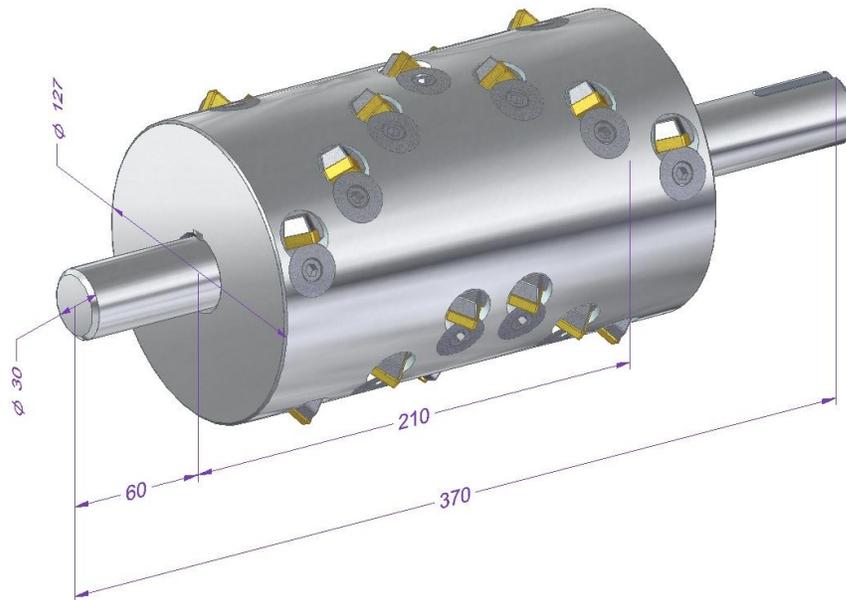
Pt = Potencia total

Pc= Potencia de corte

Ps =Potencia del sistema

4.3.2.1 Potencia debido a la fuerza de corte. Se calcula la potencia necesaria para desgarrar el plástico.

Imagen 25. Rodillo desgarrador



$$Fm = 12Kgf$$

$$Fc = Fm * g$$

$$Fc = 12 Kg * 9,8 \frac{m}{s^2} = 117,6N$$

Como la fuerza necesaria de corte se da en función del área de corte se dividirá la fuerza en los insertos que actúan. Se tomará como dato 6.5

$$Fc = \frac{117,6}{6.5} = 18.09N$$

Ahora con la fuerza de corte necesaria, y el diámetro del rodillo se determina el torque así:

$$T = Fc * (D/2)$$

Dónde:

T= torque

Fc = fuerza de corte

D = diámetro

Reemplazando:

$$T = 18.09N * (0.127/2)m$$

$$T = 1.14 Nm$$

Potencia de corte:

$$Pc = T * wr$$

Dónde:

Pc=potencia de corte (w)

T=torque (N m)

Wr=velocidad angular del rodillo desgarrador (rad/s)

Reemplazando:

$$Pc = 1.14 N * 41.88 rad/s$$

$$Pc = 48.11 w$$

$$Pc = 0.0645 Hp$$

Potencia del sistema

$$Ps = M * w$$

Dónde:

Ps= Potencia del sistema

M= Momento o torque (par motor) N\*m

W= Velocidad angular rad/s

El momento o torque está en función de la inercia total  $I_T$  y la aceleración angular

$$M = I_T \alpha$$

$$\alpha = \frac{W}{t}$$

Reemplazando, en la ecuación anterior:

$$Ps = I_T \frac{W}{t} * W$$

$$Ps = I_T \frac{W^2}{t}$$

Se debe tomar el tiempo promedio en el que un motor eléctrico tarda en arrancar y alcanzar su par máximo en este caso será igual a 1 segundo, dato de las características del motor.

4.3.2.2 Inercia. El cálculo de la inercia en el rodillo se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{1}{2} M r^2$$

$$I = \frac{1}{2} * 22.3 * 0.0635^2$$

$$I = 0.4496 \text{ kgm}^2$$

Dónde:

M = masa del rodillo

Reemplazando la inercia en la ecuación de la potencia:

$$P_s = 0.04496 \text{ kgm}^2 \frac{(41.88 \text{ rad/s})^2}{1 \text{ s}}$$

$$P_s = 78.8 \text{ w} = 0.105 \text{ Hp}$$

Potencia total del proceso de desgarramiento:

$$P_t = P_c + P_s$$

$$P_t = 0.0645 \text{ Hp} + 0.105 \text{ Hp}$$

$$P_t = 0.17 \text{ Hp}$$

#### 4.4 SISTEMA AGLUTINADOR

4.4.1 Revoluciones de aglutinado. Al igual que en el cálculo anterior, se determinarán las rpm según la velocidad de corte recomendada, luego se ajusta las rpm y se recalcula la velocidad de corte que será la velocidad tangencial.

$$V_c = \frac{\text{velocidad recomendada para aserrado [m/min]}}{\text{cantidad de cuchillas activas en el proceso}}$$

Dónde:

$V_c$  = velocidad de corte.

Se toma la velocidad promedio recomendada para el proceso de aserrado, 1500 m/min, y se divide en el número de cuchillas activas en el proceso. Por geometría del diseño, son 2 cuchillas activas, aunque dentro del recipiente hay 5 cuchillas, 3 fijas y dos móviles. Se tomarán 2 cuchillas como dato.

$$V_c = \frac{1500 \text{ m/min}}{2}$$

$V_c = 750 \text{ m/min}$

Teniendo la velocidad de corte, y el número de cuchillas activas en el proceso, se ajusta el diámetro del cilindro por geometría; el diámetro del recipiente es de 250 mm, y se tomará el diámetro de giro de las cuchillas que es 237 mm

$$P = \pi * \phi$$

$$P = \pi * 237 \text{ mm}$$

$$\text{Perímetro} = 744. \text{ mm} = 0.744 \text{ m}$$

Con el perímetro y la velocidad de corte se obtiene las rpm necesarias así:

$$Rpm = \frac{V_c}{P}$$

Dónde:

$V_c$  = velocidad de corte 666.66 (m/min)

$P$  = perímetro 0.691 (m)

Reemplazando:

$$Rpm = \frac{750 \text{ m/min}}{0.744 \text{ m}} = 1008.06$$

Como la velocidad  $V_c$  es la velocidad recomendada para corte de polietileno de baja densidad se ajusta las rpm a 1200 y se recalcula la  $V_c$  para tener el dato  $V_t$ .

$$V_t = P * Rpm$$

$$V_t = 0.744 \text{ m} * 1200 \text{ rpm}$$

$$V_t = 892.8 \text{ m/min}$$

4.4.2 Potencia en las cuchillas aglutinadoras. Se calculará el torque necesario para realizar el proceso y mover todos los elementos así:

$$Fm = 12 \text{ Kgf}$$

$$Fc = Fm * g$$

$$Fc = 12\text{Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 117,6 \text{ N}$$

Como la fuerza necesaria de corte se da en función del área de corte se dividirá la fuerza en las 2 cuchillas que actúan.

$$Fc = \frac{117,6}{2} = 58.8 \text{ N}$$

Ahora con la fuerza de corte necesaria, y el diámetro de aglutinado se determina el torque así:

$$T = Fc * (D/2)$$

Dónde:

T= torque

Fc = fuerza de corte

D = diámetro

Reemplazando:

$$T = 58.8 \text{ N} * 0.237/2 \text{ m}$$

$$T = 6.96 \text{ Nm}$$

Potencia de corte:

$$Pc = T * wr$$

Dónde:

Pc = potencia de corte (w)

T= torque (N m)

Wr =velocidad angular del rodillo desgarrador (rad/s)

Reemplazando:

$$P_c = 6.96 \text{ N} * 125.66 \text{ rad/s}$$

$$P_c = 875.57 \text{ w} = 1.17 \text{ Hp}$$

Potencia del sistema

$$P_s = M * w$$

Dónde:

Ps= Potencia del sistema

M= Momento o torque (par motor) N\*m

W= Velocidad angular rad/s

El momento o torque está en función de la inercia total  $I_T$  y la aceleración angular

$$M = I_T \alpha$$

$$\alpha = \frac{W}{t}$$

Reemplazando, en la ecuación anterior:

$$P_s = I_T \frac{W}{t} * W$$

$$P_s = I_T \frac{W^2}{t}$$

$$P_s = I_T \frac{W^2}{t}$$

Se debe tomar en cuenta el tiempo promedio en el que un motor eléctrico tarda en arrancar y alcanzar su par máximo en este caso será igual a 1 segundo, dato de las características del motor.

4.4.2.1 Inercia de las cuchillas. Se calculará la inercia así:

Se selecciona el material de la cuchilla que realizará el corte de las fundas, el más adecuado es de marca calmax de fácil acceso en el mercado nacional.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Fuente: información tomada de <http://www.axxocol.com/DwPortal/386/default.aspx?tabID=0>

$$\rho = 7700 \frac{Kg}{m^3}$$

Imagen 26. Cuchillas de aglutinado

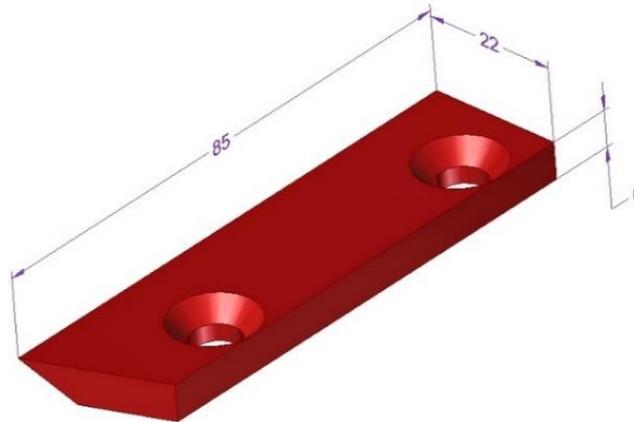
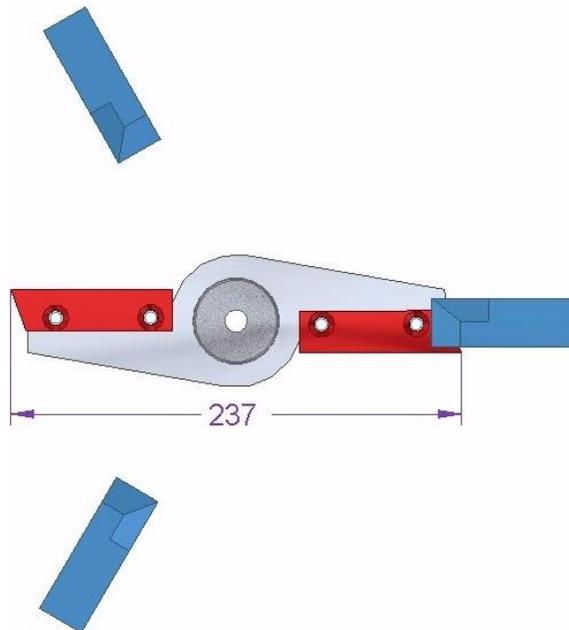


Imagen 27. Vista superior cuchillas aglutinadoras



El cálculo de la inercia en el rodillo se determina de la siguiente manera:

Lo primero es conocer la masa de las cuchillas, para esto se conoce el material y la densidad de este, con las dimensiones, se determina el volumen así:

$$M_c = \rho * V$$

$$V = a * b * c = (0.006 * 0.022 * 0.237) m^3$$

Después de conocer el volumen de las cuchillas se determina la masa así:

$$M_c = 7700 \frac{Kg}{m^3} * (0.006 * 0.022 * 0.237) m^3$$

$$M_c = 0.24 Kg$$

Dónde:

$M_c$ =masa de las cuchillas

Ahora se reemplaza la masa en la ecuación de la inercia de las cuchillas

$$I = \frac{1}{12} M_c (a^2 + c^2)$$

$$I = \frac{1}{12} 0.24 (0.006^2 + 0.237^2)$$

$$I_c = 1.199E^{-6}$$

Reemplazando los datos obtenidos, la potencia para mover las cuchillas o potencia del sistema:

$$P_s = 1.199E^{-6} Kg m^2 \frac{(125.66 rad/s)^2}{1s}$$

$$P_s = 0.018w = 2.53E^{-5} Hp$$

Potencia total del proceso de desgarramiento:

$$P_t = P_c + P_s$$

$$P_t = 1.175Hp + 2.53E^{-5} Hp$$

$$P_t = 1.175 Hp$$

#### 4.5 POTENCIA TOTAL DE LA MÁQUINA

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_{tm} = P_d + P_a$$

Dónde:

$P_{tm}$ = Potencia total de la máquina

$P_d$ = potencia de desgarramiento

$P_a$ = potencia de aglutinado

Reemplazando los valores obtenidos:

$$P_{tm} = 0.0645 + 1.175 = 1.24 \text{ Hp}$$

Con este valor se conoce la potencia necesaria para cumplir el proceso y se aproxima al entero superior. Tomando como valor para la potencia del motor 2 Hp<sup>8</sup>

#### 4.6 DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DEL RODILLO DESGARRADOR

##### 4.6.1 Cálculo de la relación de transmisión.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{400}{400} = 1$$

Dónde:

$i$  = Relación de transmisión = 1

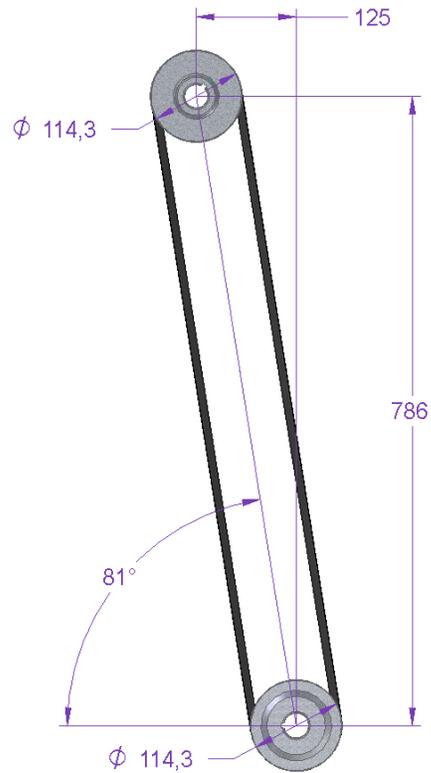
$n_2$  = Velocidad angular de la polea conducida= 400 [RPM]

$n_1$  = Velocidad angular de la polea motriz= 400 [RPM]

---

<sup>8</sup> Anexo E catalogo siemens motores

Imagen 28. Correa Desgarrador



#### 4.6.1.1 Cálculo de la potencia de diseño corregido.

$$Pd = Pr * C1$$

$$Pd = 0.17 * 1.2 = 0.2Hp$$

Dónde:

Pd = Potencia de diseño corregido.

Pr = Potencia del rodillo.

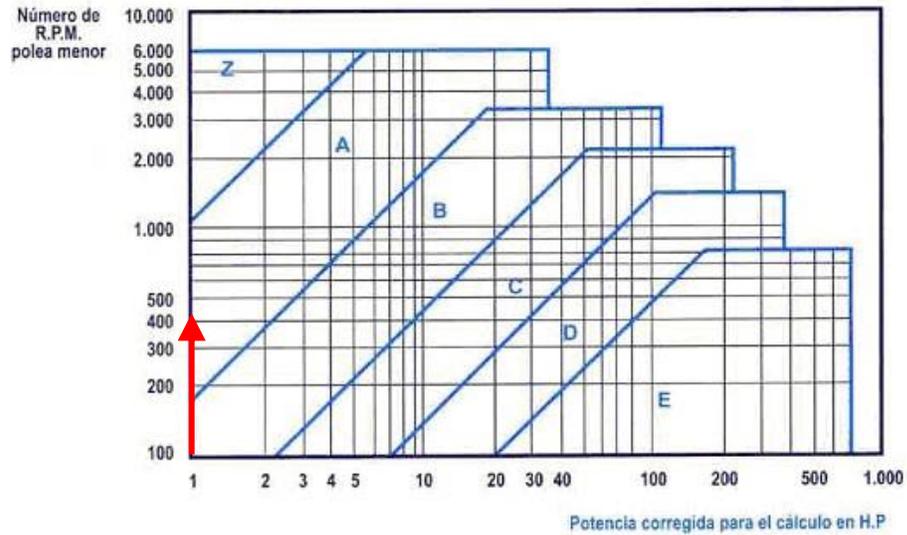
C1 = 1.2<sup>9</sup>

#### 4.6.1.2 Selección de la correa.

---

<sup>9</sup> Anexo B Factor de servicio C1

Imagen 29. Selección de la sección de correa.



Fuente: correas de transmisión cálculo y diseño. [En línea] 2012 [Consultado 26-feb-2016]. Disponible en línea:

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

La selección de la correa según la potencia corregida y el número de rpm es de tipo A

Cuadro 9. Selección del mínimo diámetro de polea

Sección	A	B	C	D	E
Diámetro primitivo mínimo [mm]	63	100	160	280	400

4.6.1.3 Cálculo y selección de las poleas. Del cuadro 7, sale el diámetro primitivo sugerido para la polea del eje reductor correspondiente a la sección A y es  $D_{p1} = 63\text{mm}$  como valor mínimo y  $100\text{mm}$  como valor máximo, se tomará  $76.2\text{mm}$ . Con esto y la relación de transmisión se puede calcular el otro diámetro de la polea así:

$$D_{p2} = D_{p1} * i = 76.2 * 1 = 76.2\text{mm}$$

Dónde:

$i$  = Relación de transmisión

$d_p$  = Diámetro en mm de la polea motriz

$D_p$  = Diámetro en mm de la polea mayor conducida.

4.6.1.4 Determinar distancia entre ejes.

Para  $i$  entre 1 a 3

$$C \geq \frac{(i + 1)dp}{2} + dp$$

Para i mayor a 3

$$C \geq Dp$$

Dónde:

C = Distancia entre ejes

Dp = Diámetro de la polea menor-motriz

$$\frac{(1 + 1) * 76.2}{2} + 76.2 = 152.4 \text{ mm (MIN)}$$

C=795mm

4.6.1.5 Cálculo de la longitud primitiva de la correa. Con estos valores se puede calcular el largo L aproximado de la correa que se necesita.

$$L = (2 * C) + (1.57 * (Dp + dp)) + \frac{(Dp - dp)^2}{4C}$$

$$L = (2 * 795) + (1.57 * (76.2 + 76.2)) + \frac{(76.2 - 76.2)^2}{4 * 795}$$

$$L = 1590 + (239.26 + 0)$$

$$L = 1830.9 \text{ mm}$$

Conociendo este valor y la sección utilizada, se consulta en el ANEXO C, que entrega la identificación de la correa adecuada.

Correa seleccionada

Nº 71

$$Ln = 1833 \text{ mm}$$

Una vez calculada la longitud L de la correa y ser seleccionada Ln (longitud normalizada) se debe recalculer definitivamente la distancia entre centros real con la siguiente fórmula:

$$Cc = c \pm \left| \frac{L - Ln}{2} \right|$$

Signo (+) cuando  $L < Ln$

Signo (-) cuando  $L > L_n$

$$C_c = 795 \pm \left| \frac{1830.9 - 1833}{2} \right|$$

$$C_c = 794.77 \text{ mm}$$

4.6.1.6 Determinación el arco de contacto menor. Para una transmisión con correa abierta se determina con:

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left( \frac{D_p - d_p}{C_c} \right) > 120^\circ$$

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left( \frac{76.2 - 76.2}{794.77} \right) > 120^\circ$$

$$\alpha_1 = 180^\circ$$

4.6.1.7 Potencia transmitida por correas. Conociendo la velocidad del eje rápido, la relación de transmisión "i" y la sección usada, se consulta la tabla ANEXO D, correspondiente a la sección de correa utilizada. Se obtiene de ella la potencia que es capaz de conducir una sola correa  $P_1$  en [HP], este valor se compara con la potencia de diseño para calcular cuántas correas serán necesarias en su transmisión.

Para obtener el valor de  $P_1$  se interpola entre los límites.

[i] Potencia [HP]

1  $P_1=0.28$

Cuadro 10. Factor de corrección  $C_2$

CORREA No.	26	28	31	35	38	42	46	51	55	60	64	68	75	85	97	112	120	128
Longitud correa mm	690	741	817	917	995	1097	1198	1325	1427	1554	1656	1757	1935	2189	2494	2875	3078	3281
Factor de corrección $C_2$	0.81	0.82	0.84	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.02	1.05	1.08	1.11	1.13	1.14

Fuente: Elementos de máquinas. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016] Disponible en internet: <http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemquinas/cap06-01.pdf>

Para realizar el cálculo final se necesitan dos factores de corrección. El primero es el factor C2 que considera la longitud de la correa. Se obtiene del cuadro 8, se ingresa a este por el número de correa o por la longitud

C<sub>2</sub>: Factor de corrección que considera la longitud de la correa

Para obtener el valor de C<sub>2</sub> se interpola entre los límites.

Longitud de correa	Factor de corrección (C <sub>2</sub> )
1757	1.00
1830.9	x
1935	1.02

Entonces se obtiene C<sub>2</sub>= 1.01

4.6.1.8 Velocidad de la correa. La velocidad debe ser lo mayor posible para disminuir la cantidad de correas necesarias en la transmisión pero nunca debe superar la velocidad máxima para que el efecto de la fuerza centrífuga no disminuya la capacidad tractiva de la correa

$$V = \frac{0.052 * n1 * Dp}{1000}$$

$$V = \frac{0.052 * 400 * 76.2}{1000} = 1.58 \frac{m}{s}$$

4.6.1.9 Cálculo del número de correas necesarias. El último factor de corrección C3 considera el arco de contacto entre la correa y las poleas que en definitiva limita la capacidad de transmisión ya que este es un sistema que trabaja por roce. Con los valores de Dp y dp se consulta la tabla siguiente y se obtiene C3:

Cuadro 11. Factor de corrección arco de contacto de la correa y las poleas.

(Dp2-Dp1)/Cd	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4
Arco de contacto	180	174	169	163	157	151	145	139	133	127	120	113	106	99	91
Factor de correccion	1	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,82	0,8	0,77	0,73	0,7

Fuente: catalogo Roflex de correas trapezoidales [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016] Disponible en internet:[http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemaquinas/CasoEstudio11\\_2013.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemaquinas/CasoEstudio11_2013.pdf)

#### 4.6.1.10 Cantidad de correas para el desgarrador.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Z = PD / (C2 * C3 * P1)$$

$$Z = \frac{0.2}{1.01 * 1 * 0.28}$$

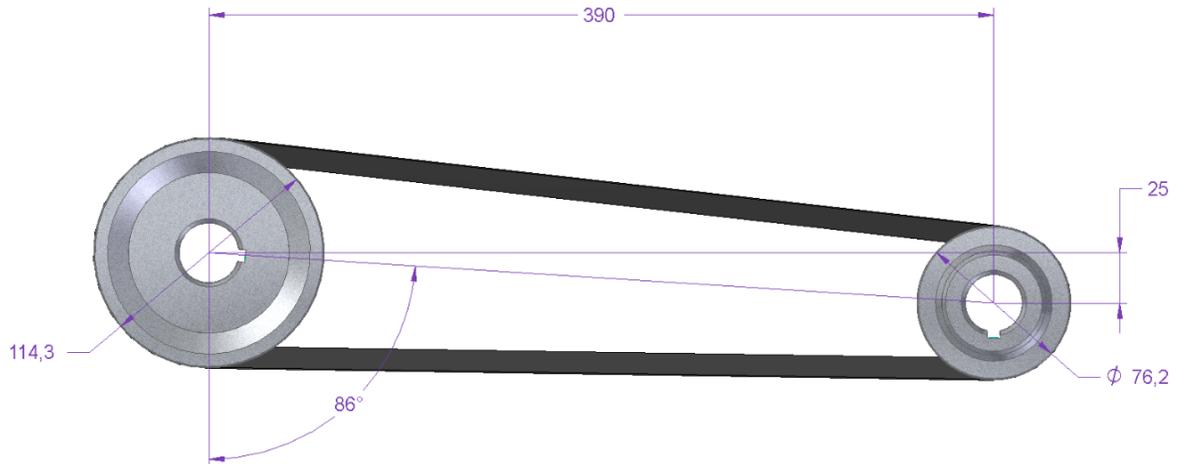
$$Z = 0.7$$

Dónde Z se aproxima al entero superior. Z=1

#### 4.7 DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DEL AGLUTINADOR

##### 4.7.1 Cálculo de la relación de transmisión.

Imagen 30. Correa aglutinador



$$i = \frac{n1}{n2} = \frac{1800}{1200} = 1.5$$

Dónde:

i = Relación de transmisión.

n2 = Velocidad angular de la polea conducida

n1 = Velocidad angular de la polea motriz

$$n_1 = 1800 \text{ [RPM]}$$

$$n_2 = 1200 \text{ [RPM]}$$

#### 4.7.1.1 Cálculo de la potencia de diseño corregido.

$$Pd = Pr * C_1$$

$$Pd = 1.175 * 1.2 = 1.41 \text{ Hp}$$

Dónde:

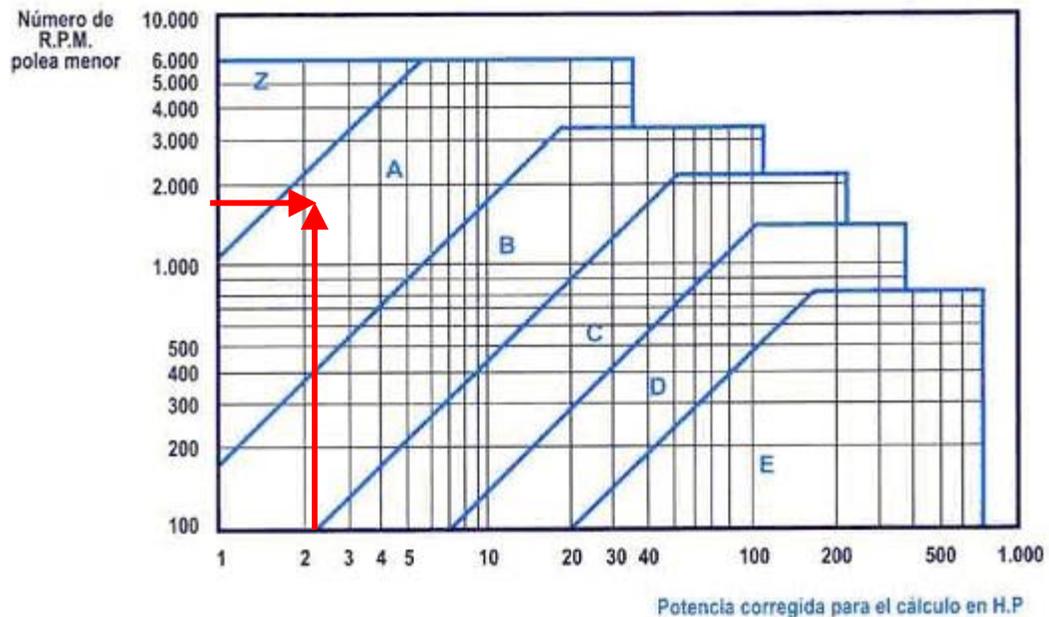
$P_d$  = Potencia de diseño corregido.

$P_r$  = Potencia del aglutinador.

$$C_1 = 1.2^{10}$$

#### 4.7.1.2 Selección de la correa.

Imagen 31. Selección de la sección de correa.



Fuente: correas de transmisión cálculo y diseño. [En línea] 2012 [Consultado 26-feb-2016]. Disponible en línea: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

La selección de la correa según la potencia corregida y el número de rpm es de tipo A

<sup>10</sup> Anexo B factor de corrección  $C_1$

Cuadro 12. Selección del mínimo diámetro de polea

Sección	A	B	C	D	E
Diámetro primitivo mínimo [mm]	63	100	160	280	400

4.7.1.3 Cálculo y selección de las poleas. Del cuadro 10, sale el diámetro primitivo sugerido para la polea del eje reductor correspondiente a la sección A y es  $Dp1=63\text{mm}$  como valor mínimo y  $100\text{mm}$  como valor máximo, se tomará  $76.2\text{ mm}$ . Con esto y la relación de transmisión se puede calcular el otro diámetro de la polea así:

$$Dp2 = Dp1 * i = 76.2 * 1.5 = 114.3\text{mm}$$

Dónde:

$i$  = Relación de transmisión

$Dp2$ = Diámetro en mm de la polea motriz

$Dp1$  = Diámetro en mm de la polea mayor - conducida.

4.7.1.4 Determinar distancia entre ejes.

Para  $i$  entre 1 a 3

$$C \geq \frac{(i + 1)dp}{2} + dp$$

Para  $i$  mayor a 3

$$C \geq Dp$$

Dónde:

$C$  = Distancia entre ejes

$Dp$  = Diámetro de la polea menor-motriz

$$\frac{(1.5 + 1)76.2}{2} + 76.2 = 171.45(\text{MIN})$$

$C=390.8\text{ mm}$

4.7.1.5 Cálculo de la longitud primitiva de la correa. Con estos valores se puede calcular el largo  $L$  aproximado de la correa que se necesita.

$$L = (2 * C) + (1.57 * (Dp + dp)) + \frac{(Dp - dp)^2}{4C}$$

$$L = (2 * 390.8) + (1.57 * (76.2 + 114.3)) + \frac{(76.2 - 114.3)^2}{4 * 390.8}$$

$$L = 781.6 + 299.08 + 1.06$$

$$L = 1081.6 \text{ mm}$$

Conociendo este valor y la sección utilizada, se consulta en el ANEXO C, que entrega la identificación de la correa adecuada.

Correa seleccionada

Nº 42

$$L_n = 1097$$

Una vez calculada la longitud  $L$  de la correa y ser seleccionada  $L_n$  (longitud normalizada) se debe recalcular definitivamente la distancia entre centros real con la siguiente fórmula:

$$C_c = c \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right|$$

Signo (+) cuando  $L < L_n$

Signo (-) cuando  $L > L_n$

Reemplazando:

$$C_c = 390.8 \pm \left| \frac{1081.6 - 1097}{2} \right|$$

$$C_c = 383.1 \text{ mm}$$

4.7.1.6 Determinación del arco de contacto menor. Para una transmisión con correa abierta se determina con:

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left( \frac{D_p - d_p}{C_c} \right) > 120^\circ$$

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left( \frac{76.2 - 114.3}{383.1} \right) > 120^\circ$$

$$\alpha_1 = 185.6^\circ$$

4.7.1.7 Potencia transmitida por correas. Conociendo la velocidad del eje rápido, la relación de transmisión "i" y la sección usada, se consulta la tabla ANEXO D,

correspondiente a la sección de correa utilizada. Se obtiene de ella la potencia que es capaz de conducir una sola correa  $P_1$  en [HP], este valor se compara con la potencia de diseño para calcular cuántas correas serán necesarias en su transmisión.

[i] Potencia [HP]

1.5  $P_1=1.20$

Para realizar el cálculo final se necesitan dos factores de corrección. El primero es el factor  $C_2$  que considera la longitud de la correa. Se obtiene con el cuadro 11, se ingresa a este por el número de correa o por la longitud.

Cuadro 13. Factor de corrección  $C_2$

CORREA No.	26	28	31	35	38	42	46	51	55	60	64	68	75	85	97	112	120	128
Longitud correa mm	690	741	817	917	995	1097	1198	1325	1427	1554	1656	1757	1935	2189	2494	2875	3078	3281
Factor de corrección $C_2$	0.81	0.82	0.84	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.02	1.05	1.08	1.11	1.13	1.14

Fuente: Elementos de máquinas. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016] Disponible en internet: <http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemaquinas/cap06-01.pdf>

$C_2$ : Factor de corrección que considera la longitud de la correa

Para obtener el valor de  $C_2$  se interpola entre los límites.

Longitud de correa Factor de corrección ( $C_2$ )

1097 0.9

Entonces se obtiene  $C_2= 0.9$

4.7.1.8 Velocidad de la correa. La velocidad debe ser lo mayor posible para disminuir la cantidad de correas necesarias en la transmisión pero nunca debe superar la velocidad máxima para que el efecto de la fuerza centrífuga no disminuya la capacidad tractiva de la correa

$$V = \frac{0.052 * n_1 * D_p}{1000}$$

$$V = \frac{0.052 * 1800 * 76.2}{1000}$$

$$V = 6.858 \frac{m}{s}$$

4.7.1.9 Cálculo del número de correas necesarias. El último factor de corrección C3 considera el arco de contacto entre la correa y las poleas que en definitiva limita la capacidad de transmisión ya que este es un sistema que trabaja por roce. Con los valores de Dp y dp se consulta la tabla siguiente y se obtiene C3:

Cuadro 14. Factor de corrección arco de contacto de la correa y las poleas.

(Dp2-Dp1)/Cd	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4
Arco de contacto	180	174	169	163	157	151	145	139	133	127	120	113	106	99	91
Factor de correccion	1	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,82	0,8	0,77	0,73	0,7

Fuente: catalogo Roflex de correas trapezoidales [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016] Disponible en internet:[http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemaquinas/CasoEstudio11\\_2013.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemaquinas/CasoEstudio11_2013.pdf)

$$\frac{Dp2 - Dp1}{C}$$

$$\frac{114.3 - 76.2}{390.8} = 0.09$$

Entonces se obtiene C3 = 0.99 con el arco de contacto de 174 y la fórmula anterior

4.7.1.10 Cantidad de correas para aglutinador.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{PD}{(C2 * C3 * P1)}$$

$$Z = \frac{1.41}{0.9 * 0.99 * 1.20}$$

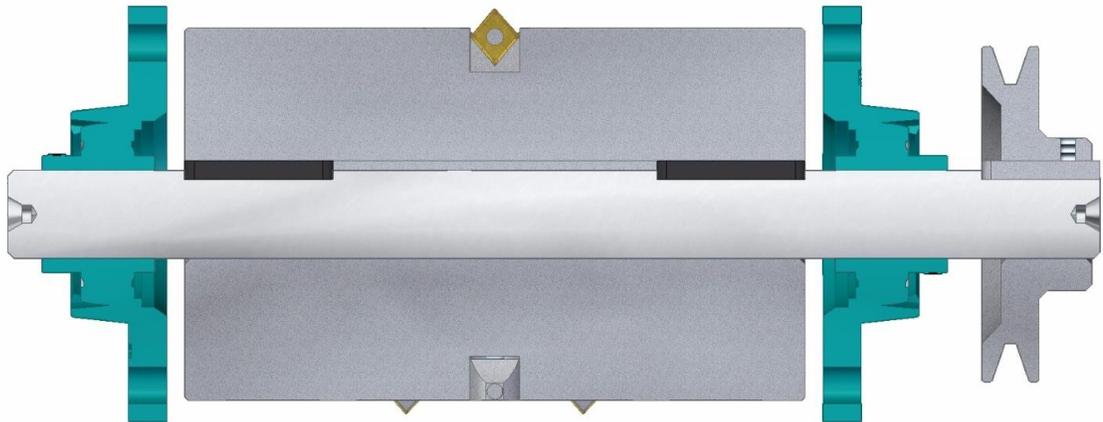
$$Z = 1.31$$

Dónde Z se aproxima al entero superior. Z=2

#### 4.8 DISEÑO DEL EJE DEL RODILLO

Antes de hallar las cargas en el eje, se analiza la configuración geométrica apropiada que debe tener el eje según la rotación de la polea y el rodillo con los porta insertos. Se considera que en el eje van acopladas dos chumaceras.

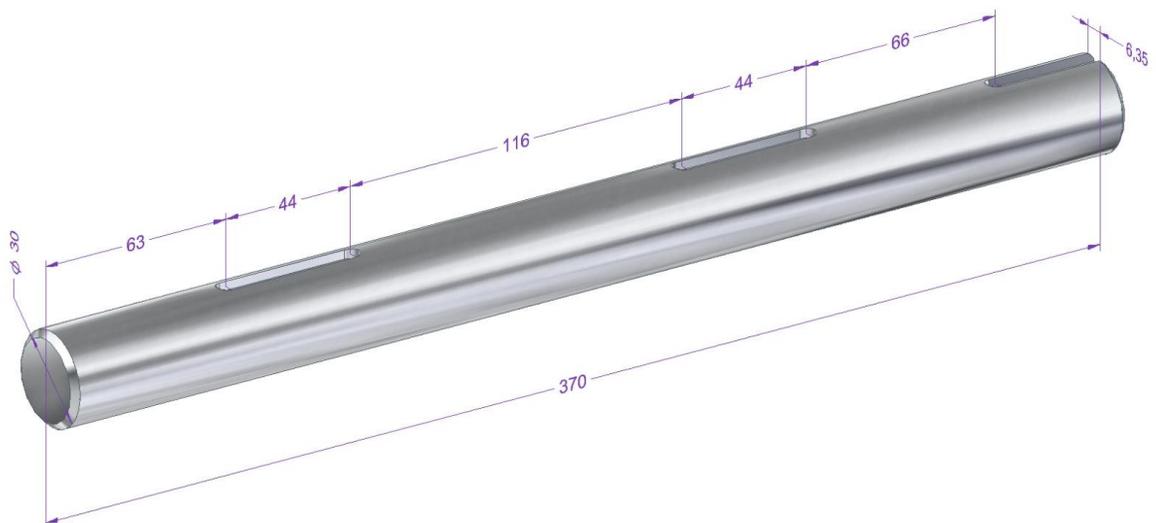
Imagen 32. Rodillo desgarrador con insertos



En la imagen se muestra los elementos que serán acoplados al eje, de izquierda a derecha así; rodamiento rodillo desgarrador con insertos, rodamiento, polea.

Considerando lo expuesto anteriormente el eje debe medir aproximadamente 370[mm] distribuidos como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 33. Medidas eje desgarrador



La propuesta geométrica es un eje liso con un agujero o chavetero para fijar el rodillo con los insertos y la polea.

4.8.1 Material del eje. Lo primero es determinar las propiedades del material, acero AISI1045, Estirado en frío, que es un acero de transmisión y apropiado para este tipo de máquinas de fácil acceso en el mercado nacional. Ver ANEXO H.

Resistencia a la fluencia

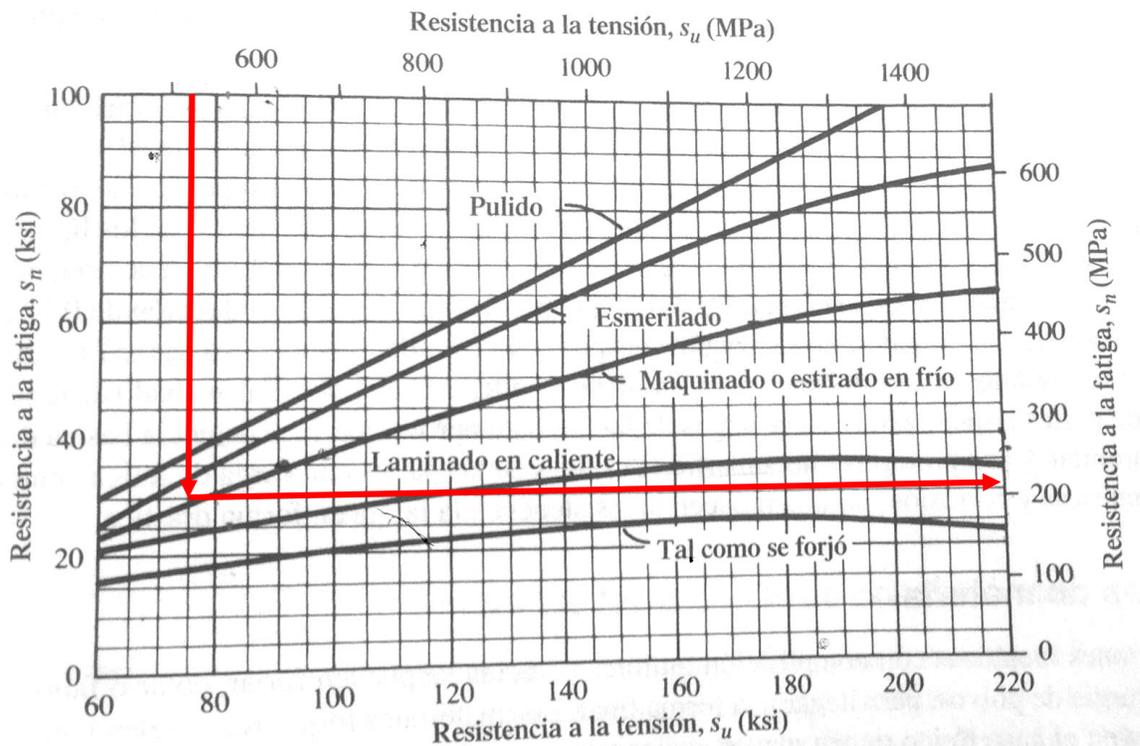
Resistencia a la tensión

$S_y = 310 \text{ Mpa} = 45000 \text{ psi}$

$S_{ut} = 565 \text{ Mpa} = 81900 \text{ psi}$

Mediante la siguiente imagen se puede determinar  $S_n$

Imagen 34. Resistencia a la fatiga  $S_n$



Fuente: MOTT. R. Diseño de Elementos de Máquinas, México, PEARSON educación

Luego se encuentra la resistencia a la fatiga estimada con la siguiente ecuación

$$S'_n = S_n * C_s * C_r$$

Dónde:

$$S_n = 210 \text{ Mpa} \quad C_s = 0.89 \quad C_r = 0.9$$

Reemplazando en la ecuación:

$$S'_n = 168.21 \text{ Mpa}$$

Con este resultado se ratifica que la fatiga estimada es menor que la fatiga del material.

Imagen 35. Factores de corrección

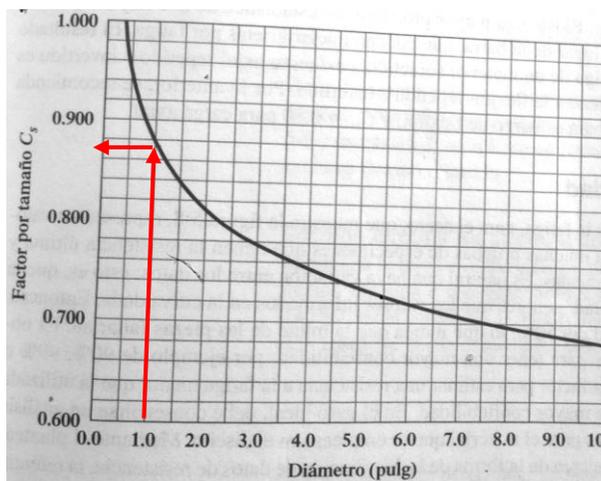


TABLA 5-1

Factores de confiabilidad aproximados  $C_R$

Confiabilidad deseada  $C_R$

0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas.

4.8.2 Par torsional en el eje. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_d = 63000 * (P)/n^{11}$$

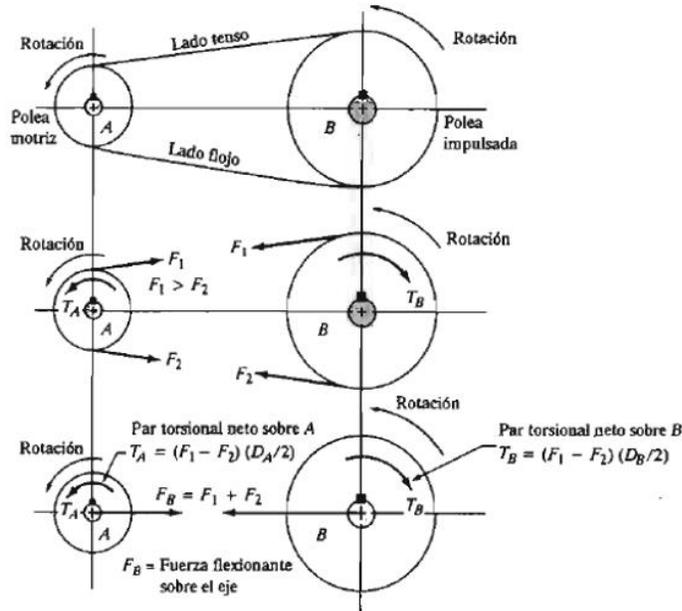
Reemplazando

$$T_d = 63000 * \frac{0.281}{400} = 44.25 \text{ lb} * \text{pulg}$$

<sup>11</sup> Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas. Página 535 par torsional

### 4.8.3 Fuerzas en la polea.

Imagen 36. Fuerza sobre las bandas



Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas. Diseño de ejes

$$F_n = T_d / (D_d/2)^{12}$$

$$F_n = \frac{44.25}{1.5} = 29.5 \text{ lb}$$

$$F_d = 1.5 F_n^{13} = 1.5 * 29.5 = 44.25 \text{ lb}$$

Dónde:

$F_n$  = Fuerza neta de impulsión

$F_d$  = Fuerza flexionante

$T_d$  = Torque en la Catarina del rodillo desgarrador

$D_d$  = Diámetro de la Catarina = 3 pulgadas

Como la fuerza de flexión actúa en el eje Y, y en el eje Z forma ángulo con la horizontal, los componentes de la flexión son:

$$F_{dy} = F_d \cos(9) = 43.7 \text{ lb} = 194.38 \text{ N}$$

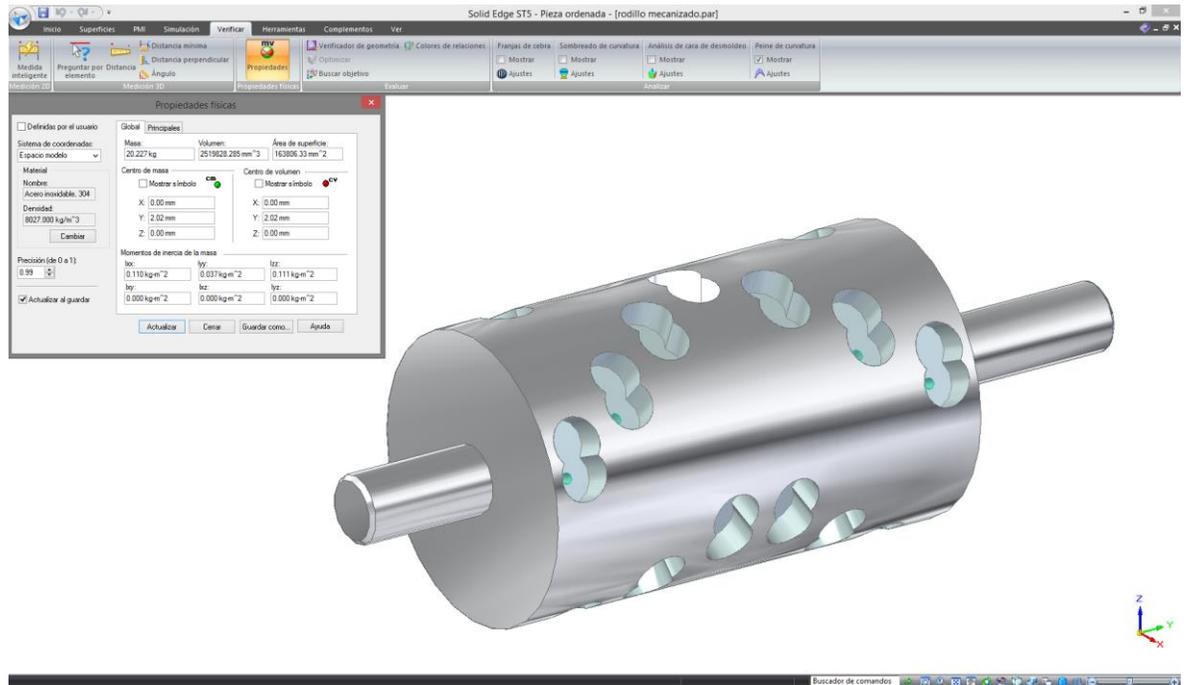
<sup>12</sup> Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas. Página 538 fuerza neta

<sup>13</sup> Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas. Página 538 fuerza flexionante

$$F_{dz} = Fd \text{ sen}(9) = 6.96lb = 30.95N$$

4.8.4 Fuerza del rodillo. Se calcula así:

Imagen 37. Peso del rodillo desgarrador



La carga del rodillo es:

$$F = mg$$

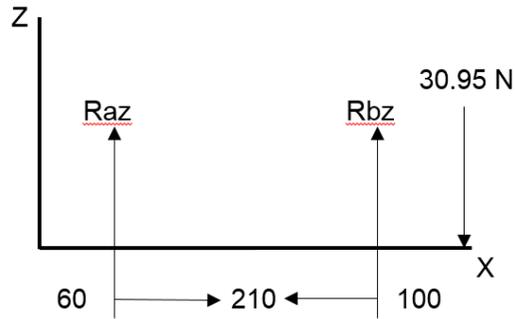
$$F = 20.3Kg * 9.81 \frac{m}{s} = 199.14 N$$

Para una carga distribuida en la longitud del rodillo su valor será de:

$$\frac{199.14N}{210mm} = 0.95N/mm$$

Con las cargas de cada uno de los componentes se realiza la sumatoria de fuerzas y momentos en cada uno de los planos así:

Imagen 38. Diagrama de reacciones plano Z-X



$$\begin{aligned} \sum F_z &= 0 \\ R_{az} + R_{bz} - 30.95 &= 0 \\ \sum M_a \odot &= 0 \\ 0.27 * R_{bz} - 30.95 * 0.37 &= 0 \\ R_{bz} &= 42.41N \\ R_{az} &= 11.46N \end{aligned}$$

En el siguiente diagrama de esfuerzos, realizado en el software llamado MD Solids 2.6, se verifican los resultados para confirmar que el procedimiento fue correcto.

Imagen 39. Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector plano z-x

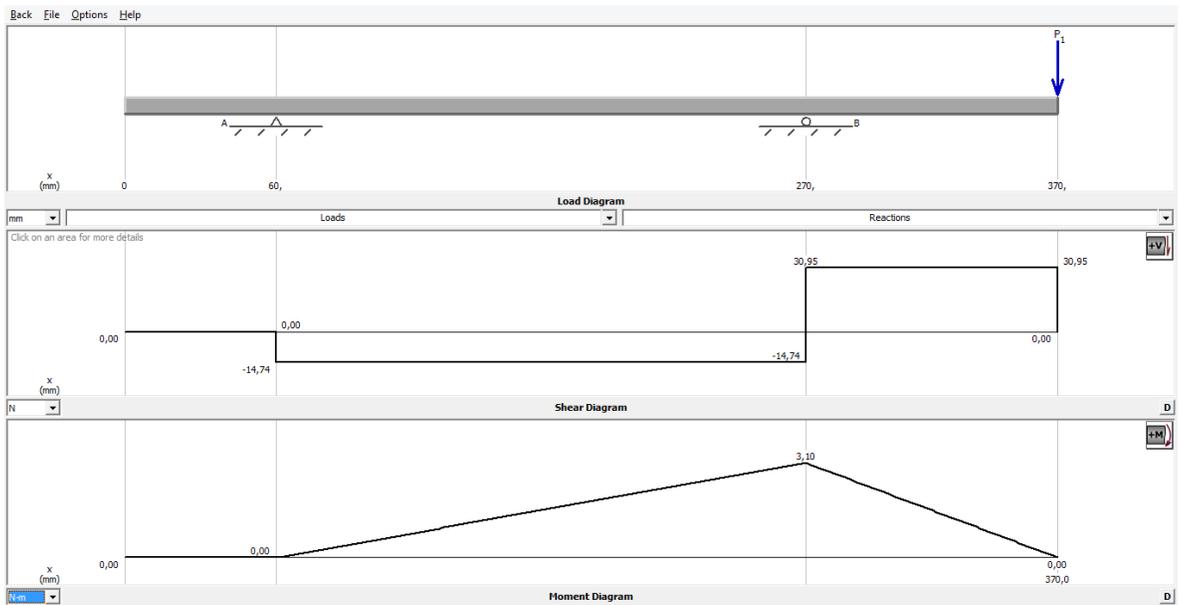
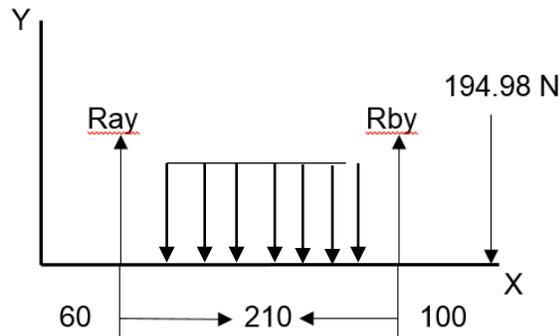
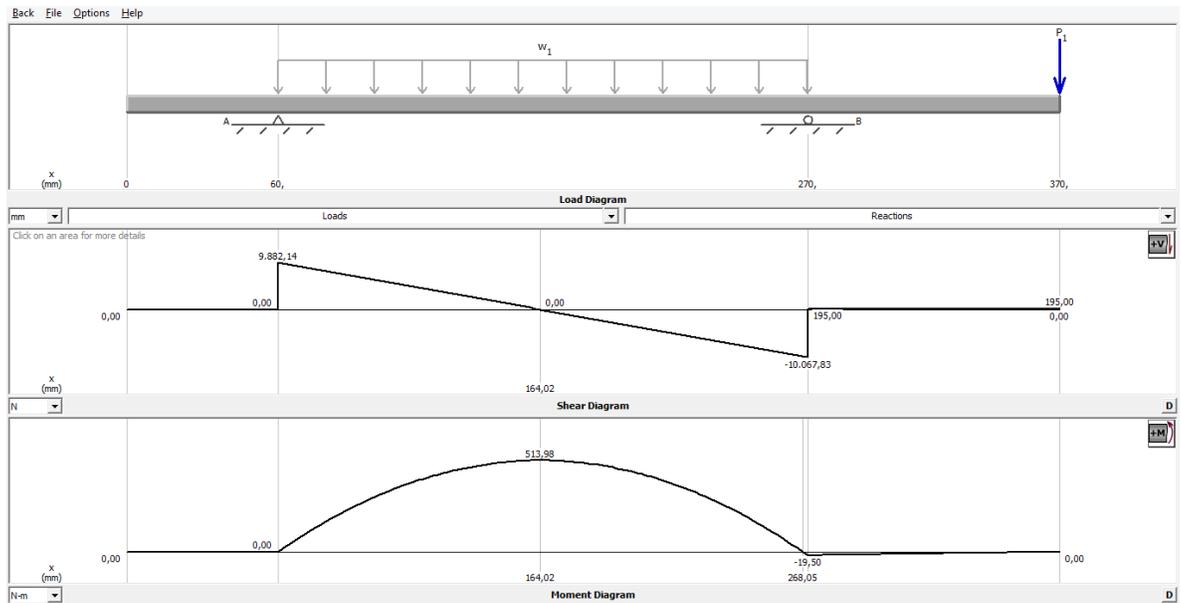


Imagen 40. Diagrama de reacciones plano Y-X



En el siguiente diagrama de esfuerzos, realizado en el software llamado MD Solids 2.6, se verifican los resultados para confirmar que el procedimiento fue correcto.

Imagen 41. Diagrama de momento cortante y esfuerzo flector en el plano y-x



Ya calculados los diagramas en cada uno se calcula el momento resultante con la siguiente ecuación:

$$M_{resultante} = \sqrt{M_{zx}^2 + M_{yx}^2}$$

$$M_{resultante} = \sqrt{3.1^2 + 513.9^2} = 514N$$

$$M_{resultante} = 514N$$

4.8.5 Diámetro mínimo en el eje. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$D = \left[ \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_t M}{S_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Esta ecuación es compatible con la norma ASTM B 103.IM-1985.

$K_t=2.0$  para chaflán agudo

$K_t=1.5$  para transición bien redondeada<sup>14</sup>

Reemplazando

$$D \text{ mínimo} = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2 * 514 N}{168.21 Mpa}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{5.01 N}{310 Mpa}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D \text{ mínimo} = 5mm$$

Dónde:

M= Momento resultante [N]

$S_n$ = Resistencia a la fatiga [Mpa]

T= Torque [N]

$S_y$ = Resistencia a la fluencia [Mpa]

El resultado mediante la ecuación para el diámetro mínimo con el material las y cargas que soportara es de 5 mm, para el ajuste con la polea y los rodamientos será de 30mm

#### 4.9 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EJE DEL RODILLO

Para la adecuada selección del rodamiento se debe tener en cuenta la carga que debe soportar, es conocida como carga equivalente y se determina según la siguiente ecuación

$$P = VR$$

Dónde:

P = Carga equivalente

---

<sup>14</sup> Fuente. Mott Diseño de elementos de máquinas. Página 542 valores preliminares  $K_t$

$V = \text{Factor de rotación}^{15} = 1.2$

$R = \text{Carga radial que soporta el rodamiento}$

Para calcular la carga radial que debe soportar el rodamiento se debe hallar una carga equivalente, con las reacciones que se hallaron en la sumatoria de fuerzas en cada uno de los planos anteriormente, es la carga máxima que va a tener que soportar el rodamiento.

$$RA \text{ Resultante} = \sqrt{RAx^2 + RAz^2}$$

$$RA \text{ Resultante} = \sqrt{(45.7)^2 + (20)^2}$$

$$RA \text{ Resultante} = 49.8N$$

Luego de hallar la carga radial máxima que se va a generar el rodamiento se reemplaza en la ecuación y se halla la carga de diseño sobre el rodamiento.

$$P = 1.2 * 49.8N$$

$$P = 59.8N$$

Se selecciona un rodamiento de bolas ya que estos elementos tienen una gran capacidad de carga radial y la superficie de la pista exterior está diseñada para ser utilizados en aplicaciones de rodadura.

---

<sup>15</sup> MOTT, Robert. Diseño de Elementos de Máquina. 4 ed. México. Person, 2004. 613p. ISBN 97026-0815-0.

Cuadro 15. Horas de uso según la aplicación del rodamiento

APLICACIÓN	Duración de diseño L10*h
Electrodomésticos	1.000 – 2.000
Motores de aviación	1.000 - 4.000
Automotores	1.500 - 5.000
Equipo agrícola	3.000 – 6.000
Elevadores, ventiladores industriales, trasmisiones de usos múltiples.	8.000 - 15.000
Motores eléctricos, sopladores industriales, máquinas industriales en general.	20.000 - 30.000
Bombas y compresores	40.000 - 60.000
Equipo crítico en funcionamiento durante 24 h.	100.000 - 200.000

Fuente. MOTT. R. Diseño de elementos de máquinas, México, PEARSON educación

Es importante seleccionar las horas de servicio que va a soportar el rodamiento (FYT30TF), según el Cuadro 13, en donde según la aplicación que tiene la máquina se selecciona 30.000 horas de diseño.

Para calcular la capacidad de carga C primero se debe convertir las horas de diseño a horas de revoluciones, esta conversión se puede realizar mediante la siguiente ecuación

$$Ld = (H) * (rpm) * \left(60 \frac{min}{h}\right)^{16}$$

$$Ld = (3000) * (400) * \left(60 \frac{min}{h}\right)$$

$$Ld = 720 \text{ millones de revoluciones}$$

Luego de hallar el número de revoluciones, se halla C, con la siguiente ecuación:

$$C = P \left( \frac{Ld}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}} \quad 17$$

<sup>16</sup> Fuente: MOTT, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas.

<sup>17</sup> Fuente: MOTT, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas.

$$C = 59.8N \left( \frac{720 * 10^6 \text{revoluciones}}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$C = 0.8 \text{ kN}$$

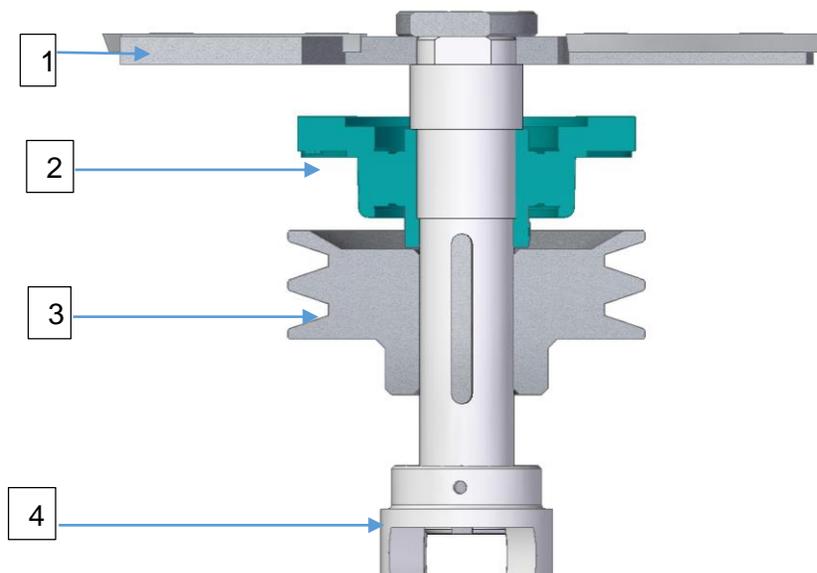
Según el anexo G se puede comprobar la carga dinámica que soporta el rodamiento seleccionado (referencia FYT 30 TF/VA228) es mucho mayor a la calculada por lo tanto el rodamiento que se seleccionó sí cumple con los requerimientos de la máquina

#### 4.10 DISEÑO DEL EJE DEL AGLUTINADOR

Antes de hallar las cargas en el eje, se analiza la configuración geométrica apropiada que debe tener el eje según la rotación de la polea y el portacuchillas. Se considera que en el eje va acoplada una chumacera.

En la siguiente imagen se muestra con detalle los elementos que serán acoplados al eje de aglutinación, en orden ascendente, el acople tipo flexible tipo araña, la polea, la chumacera y el portacuchillas.

Imagen 42. Eje del sistema aglutinador con sus elementos



- |   |
|---|
| <p>1. Cuchillas móviles<br/>2. Rodamiento FY30TF<br/>3. Polea aglutinador<br/>4. Acople flexible tipo araña</p> |
|---|

Imagen 43. Medidas eje aglutinador



Considerando lo expuesto anteriormente el eje debe medir aproximadamente 160[mm]

La propuesta geométrica es un eje con cinco secciones con dos agujeros o chaveteros para fijar el acople y la polea, seguido de dos secciones para montar el rodamiento y que este siente en el eje, terminando la geometría del eje en la parte superior dos canales para montar el portacuchillas.

4.10.1 Material del eje. Lo primero es determinar las propiedades del material, acero AISI1045, Estirado en frío, que es un acero de transmisión y apropiado para este tipo de máquinas de fácil acceso en el mercado nacional. Ver ANEXO H.

Resistencia a la fluencia

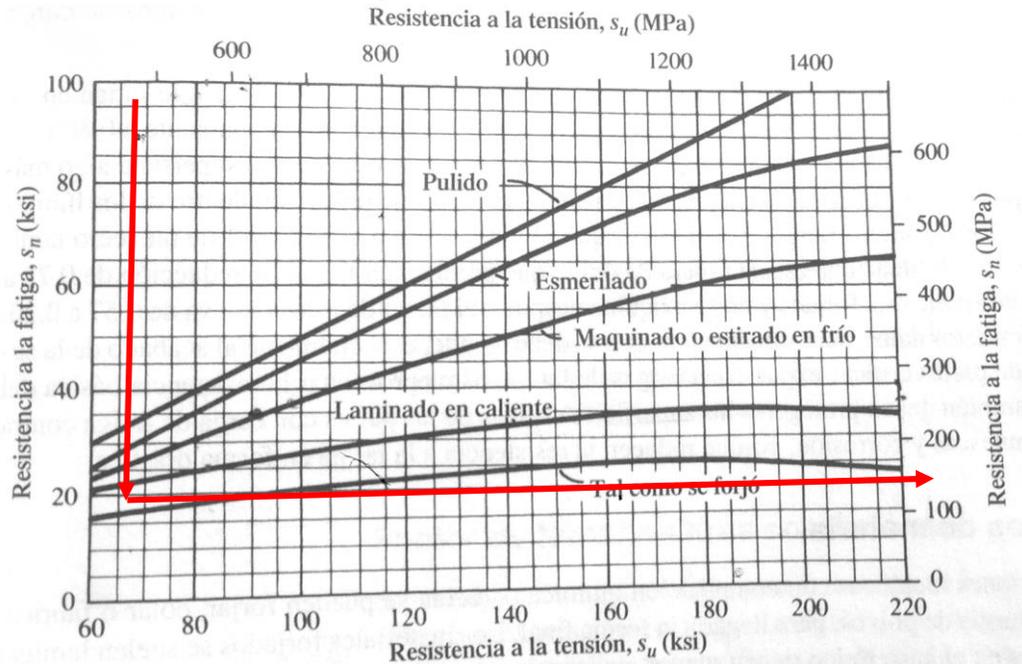
Resistencia a la tensión

$S_y = 310 \text{ Mpa} = 45000 \text{ psi}$

$S_{ut} = 565 \text{ Mpa} = 81900 \text{ psi}$

Mediante la siguiente imagen se puede determinar  $S_n$

Imagen 44. Resistencia a la fatiga  $S_n$



Fuente: MOTT. R. Diseño de Elementos de Máquinas, México, PEARSON educación

Luego se encuentra la resistencia a la fatiga estimada con la siguiente ecuación

$$S'_n = S_n * C_s * C_r$$

Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas.

Dónde:

$$S_n = 210 \text{ Mpa}$$

$$C_s = 0.89$$

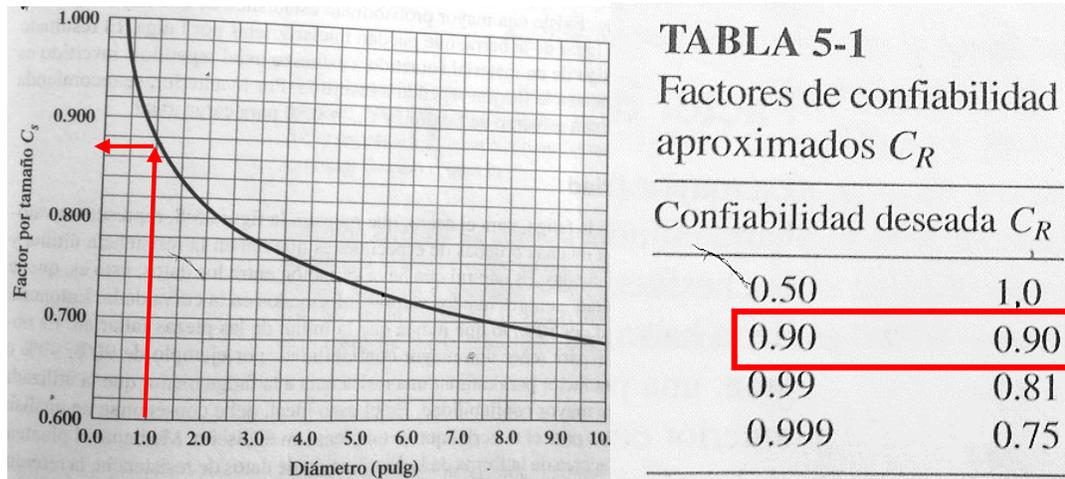
$$C_r = 0.9$$

Reemplazando en la ecuación:

$$S'_n = 168.21 \text{ Mpa}$$

Con este resultado se ratifica que la fatiga estimada es menor que la fatiga del material.

Imagen 45. Factores de corrección



Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas.

4.10.2 Par torsional en el eje. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Td = 63000 * (P)/n^{18}$$

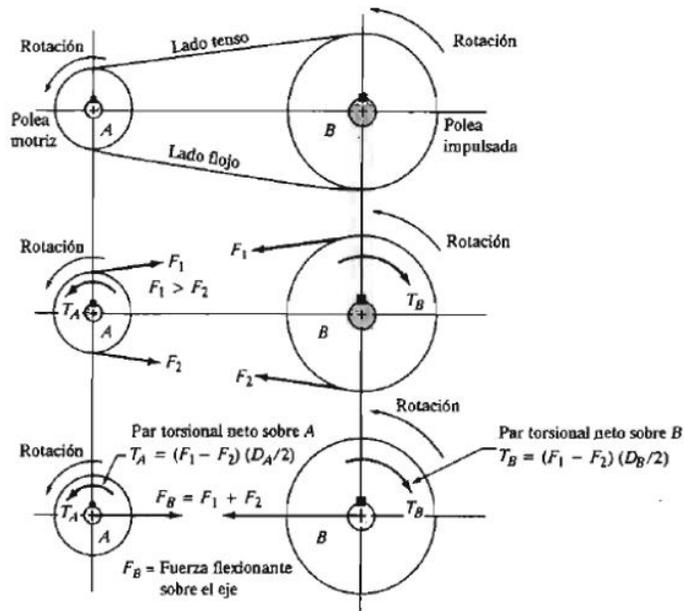
Reemplazando

$$Td = 63000 * \frac{2.82}{1800} = 98.72lb * pulg$$

<sup>18</sup> Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas. Página 535 par torsional

#### 4.10.3 Fuerzas en la polea.

Imagen 46. Fuerza sobre las bandas



Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas.  
Diseño de ejes

$$Fn = Td/(Dd/2)^{19}$$

$$Fn = \frac{98.72}{2.25} = 43.87lb$$

$$Fd = 1.5 Fn^{20} = 1.5 * 43.8 = 65.81lb$$

Dónde:

Fn = Fuerza neta de impulsión

Fd = Fuerza flexionante

Td= Torque en la Catarina del aglutinador

Dd= Diámetro de la Catarina = 3 pulgadas

Como la fuerza de flexión actúa en el eje Y, y en el eje Z forma ángulo con la horizontal, los componentes de la flexión son:

<sup>19</sup> Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas. Página 538 fuerza neta

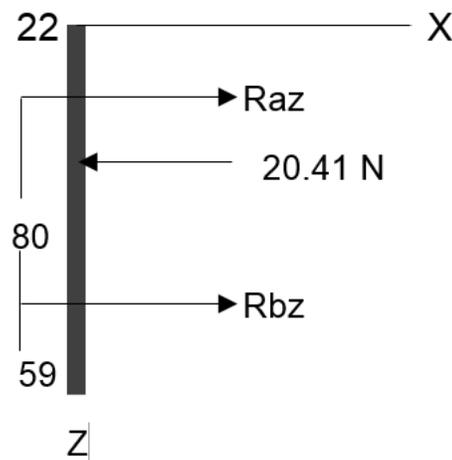
<sup>20</sup> Fuente. Mott Diseño de Elementos de Máquinas. Página 538 fuerza flexionante

$$Fdy = Fd \cos(4) = 65.64 \text{ lb} = 291.97 \text{ N}$$

$$Fdz = Fd \sin(4) = 4.59 \text{ lb} = 20.41 \text{ N}$$

Con las cargas de cada uno de los componentes se realiza la sumatoria de fuerzas y momentos en cada uno de los planos así:

Imagen 47. Diagrama de reacciones plano Z-X



$$\sum Fz = 0$$

$$Raz + Rbz - 20.41 = 0$$

$$\sum Ma \odot = 0$$

$$1.02 * Rbz - 20.41 * 0.62 = 0$$

$$Rbz = 12.4 \text{ N}$$

$$Raz = 8 \text{ N}$$

En el siguiente diagrama de esfuerzos, realizado en el software llamado MD Solids 2.6, se verifican los resultados para confirmar que el procedimiento fue correcto.

Imagen 48. Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector plano z-x

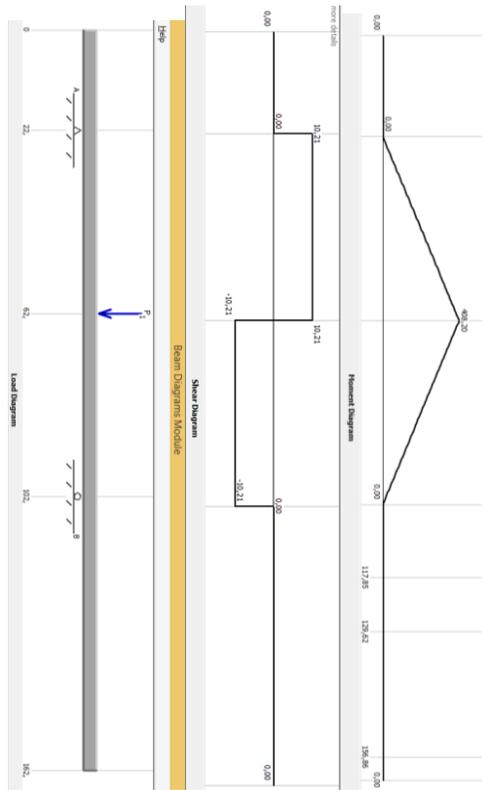
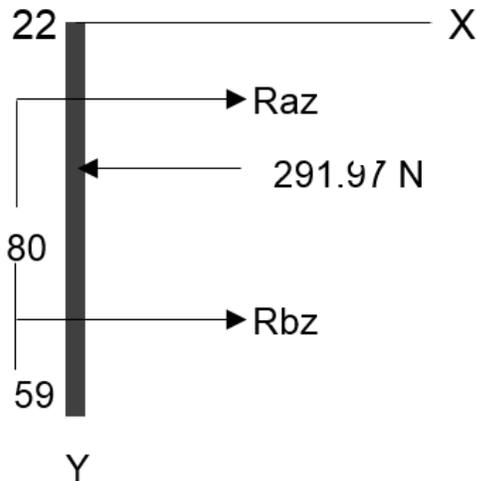
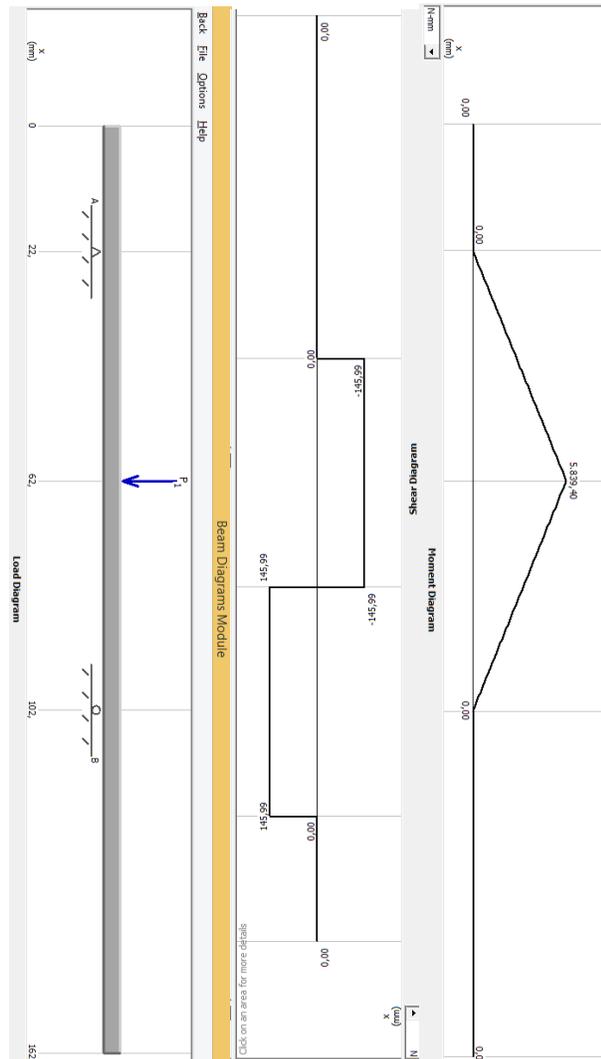


Imagen 49. Diagrama de reacciones plano X-Y



En el siguiente diagrama de esfuerzos, realizado en el software llamado MD Solids 2.6, se verifican los resultados para confirmar que el procedimiento fue correcto.

Imagen 50. Diagrama de momento cortante y esfuerzo flector en el plano y-x



Ya calculados los diagramas en cada uno se calcula el momento resultante con la siguiente ecuación:

$$M_{resultante} = \sqrt{M_{zx}^2 + M_{yx}^2}$$

$$M_{resultante} = \sqrt{0.408^2 + 5839.4^2} = 5839.4 \text{ Nm}$$

4.10.4 Diámetro mínimo en el eje. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$D = \left[ \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{KtM}{S'n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{Sy}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Esta ecuación es compatible con la norma ASTM B 103.IM-1985.

$K_t=2.0$  para chaflán agudo

$K_t=1.5$  para transición bien redondeada<sup>21</sup>

Reemplazando

$$D \text{ mínimo} = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2 * 5839.4 N}{168.21 Mpa}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{11.15 N}{310 Mpa}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D \text{ mínimo} = 11.22 \text{ mm}$$

El resultado mediante la ecuación para el diámetro mínimo con el material y las cargas que soportara es de 11.22 mm, para el ajuste con la polea y los rodamientos será de 28 mm

#### 4.11 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EJE DEL AGLUTINADOR

Para la adecuada selección del rodamiento se debe tener en cuenta la carga que debe soportar, es conocida como carga equivalente y se determina según la siguiente ecuación

$$P = VR$$

Dónde:

P = Carga equivalente

V = Factor de rotación<sup>22</sup> = 1.2

R = Carga radial que soporta el rodamiento

---

<sup>21</sup> Fuente. Mott Diseño de elementos de máquinas. Página 542 valores preliminares  $K_t$

<sup>22</sup> MOTT, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas. 4 ed. México. Person, 2004. 613p.ISBN 97026-0815-0.

Para calcular la carga radial que debe soportar el rodamiento se debe hallar una carga equivalente, con las reacciones que se hallaron en la sumatoria de fuerzas en cada uno de planos anteriormente, es la carga máxima que va a tener que soportar el rodamiento.

$$RA \text{ Resultante} = \sqrt{RAx^2 + RAz^2}$$

$$RA \text{ Resultante} = \sqrt{(20.42)^2 + (291.98)^2}$$

$$RA \text{ Resultante} = 292.69N$$

Luego de hallar la carga radial máxima que va a generar el rodamiento se reemplaza en la ecuación y se halla la carga de diseño sobre el rodamiento.

$$P = 1.2 * 292.69N$$

$$P = 351.2N$$

Se selecciona un rodamiento de rodillos ya que estos elementos tienen una gran capacidad de carga axial y este estará soportando el peso del eje. (Ver anexo)

Es importante seleccionar las horas de servicio que va a soportar el rodamiento (), según el Cuadro 14, en donde según la aplicación que tiene la máquina se selecciona 30.000 horas de diseño.

Para calcular la capacidad de carga C primero se debe convertir las horas de diseño a horas de revoluciones, esta conversión se puede realizar mediante la siguiente ecuación

$$Ld = (H) * (rpm) * \left(60 \frac{\text{min}}{\text{h}}\right)^{23}$$

$$Ld = (3000) * (1200) * \left(60 \frac{\text{min}}{\text{h}}\right)$$

$$Ld = 216000 \text{ millones de revoluciones}$$

---

<sup>23</sup> Fuente: MOTT, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas.

Cuadro 16. Horas de uso según la aplicación del rodamiento

APLICACIÓN	Duración de diseño FYT30TF
Electrodomésticos	1.000 – 2.000
Motores de aviación	1.000 - 4.000
Automotores	1.500 - 5.000
Equipo agrícola	3.000 – 6.000
Elevadores, ventiladores industriales, trasmisiones de usos múltiples.	8.000 - 15.000
Motores eléctricos, sopladores industriales, máquinas industriales en general.	20.000 - 30.000
Bombas y compresores	40.000 - 60.000
Equipo crítico en funcionamiento durante 24 h.	100.000 - 200.000

Luego de hallar el número de revoluciones, se halla C, con la siguiente ecuación:

$$C = P \left( \frac{Ld}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}_{24}$$

$$C = 351.2N \left( \frac{216000 * 10^6 \text{revoluciones}}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$C = 0.365 \text{ KN}$$

Según el anexo F se puede comprobar la carga dinámica que soporta el rodamiento seleccionado (referencia FY 30TF) es mucho mayor a la calculada por lo tanto el rodamiento que se seleccionó si cumple con los requerimientos de la máquina

#### 4.12 DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA.

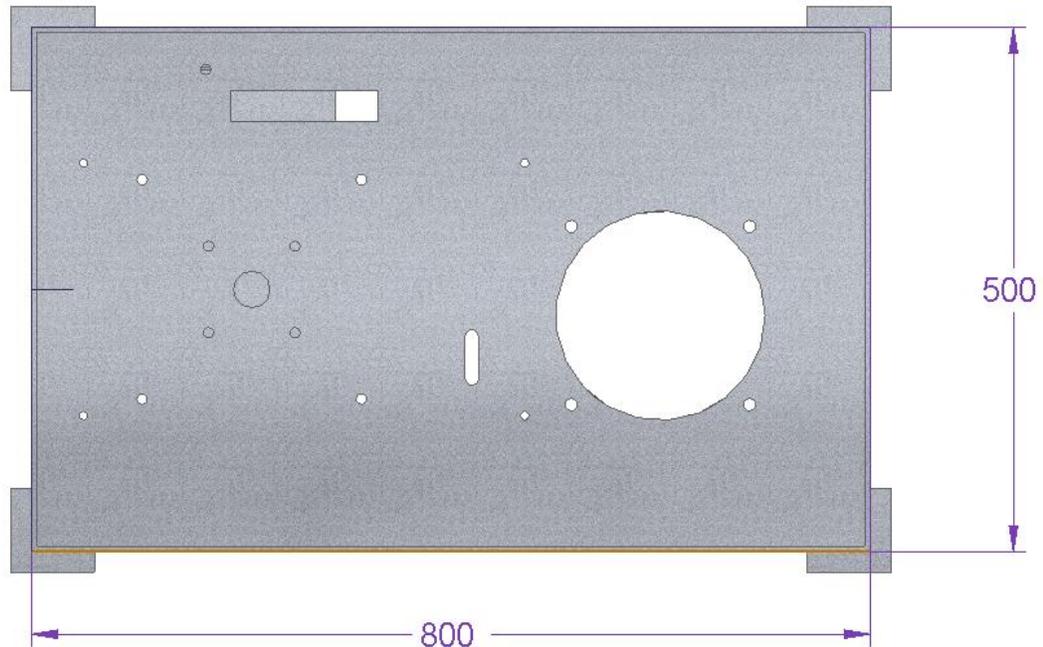
Se explicará brevemente la manera en la cual será construida.

La estructura debe estar constituida con 4 columnas, dispuestas de tal manera que formen entre ellas un rectángulo de 800mm de largo por 500 mm de ancho, estas columnas tendrán conexión entre ellas mediante vigas, las cuales serán soldadas proporcionando estabilidad y firmeza al estar unidos en conjunto, posteriormente se

<sup>24</sup> Fuente: MOTT, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas.

montarán las láminas necesarias para ubicar los diferentes subsistemas de la máquina, finalmente las columnas deben estar ancladas al piso

Imagen 51. Vista superior de la estructura

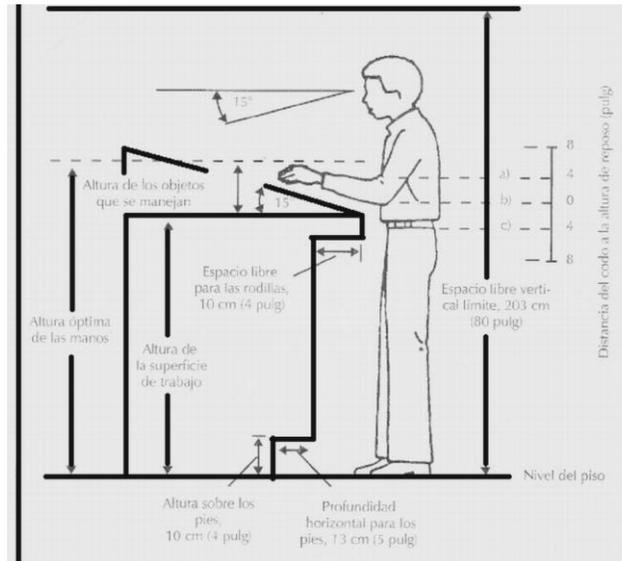


Las dimensiones de la estructura son las observadas en la imagen anterior, para que los componentes de los subsistemas estén ubicados de manera correcta, es decir, para que el espacio que existe entre unos y otros sea el necesario para su correcto funcionamiento.

Los elementos requeridos para la fabricación de la estructura, serán sometidos a cálculos, para lograr una selección objetiva y estandarizada en criterios de ingeniería, garantizando así el adecuado comportamiento de la estructura, es decir que desempeñe la función de ser una estructura confiable, que contribuya al seguro y correcto funcionamiento de una máquina evitando fallas estructurales.

La comodidad y bienestar del operario de la máquina afectan directamente el rendimiento de la misma en cuanto a la calidad del producto y el tiempo de operación, por lo cual es indispensable lograr un diseño ergonómico en el cual se brinde la seguridad suficiente y se eviten lesiones o enfermedades ocupacionales para los operarios. Entre las que se encuentran enfermedades de columna vertebral o de los músculos paravertebrales, por inadecuada postura o inadecuado manejo de cargas, trombosis venosa periférica por posturas repetitivas y sostenidas, además de que podría empeorar condiciones preestablecidas del operario.

Imagen 52. Diseño ergonómico y antropometría



a). Trabajo de precisión. b). Trabajo ligero. c). Trabajo pesado Fuente: ERGONOMIA. Diseño ergonómico de puestos de trabajo Dimensiones recomendadas para una estación de trabajo a pie. [En línea] 2012. [Citado 15-Mar-2015] Disponible en Internet: [http://labuenapostura.blogspot.com/2012\\_06\\_01\\_archive.html](http://labuenapostura.blogspot.com/2012_06_01_archive.html)

#### 4.13 SELECCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD

La resistencia de la estructura se considera la capacidad que tiene dicha estructura para soportar las cargas que genera la máquina sin presentar fallas. Por lo cual se debe definir un factor de seguridad, es decir, la relación existente entre la resistencia del diseño y la resistencia requerida, para garantizar que la estructura sea capaz de soportar cargas mayores a las cargas reales que serán aplicadas.

Un factor de seguridad correcto se logra interpretando lo que el autor Robert Mott expone en el libro Diseño de Elementos de Máquinas, del cual se deduce que debe tenerse en cuenta los materiales dúctiles y las cargas aplicadas a la estructura, como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 53. Criterios de selección del factor de seguridad

Materiales dúctiles	
1.	$N = 1.25$ a $2.0$ . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2.	$N = 2.0$ a $2.5$ . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3.	$N = 2.5$ a $4.0$ . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4.	$N = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Fuente: Mott, Robert Diseño de Elementos de Máquinas

De acuerdo con los criterios de selección mostrados en la imagen anterior, se considera óptimo trabajar con un  $N=2.0$  sabiendo que la máquina estará en cargas dinámicas leves como vibraciones, para contar con un grado de confianza acorde al diseño que se presenta a continuación, teniendo en cuenta las cargas y condiciones reales a las que está sometida la estructura

#### 4.14 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE VIGAS

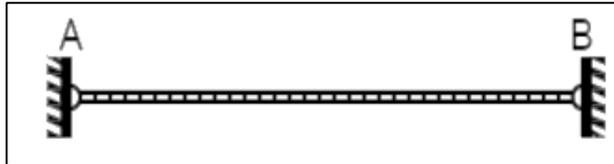
Para la conexión de las columnas entre sí se requieren vigas. Para una adecuada selección de los elementos a utilizar en ellas, es necesario analizar y calcular las reacciones que en ellas se presentan, ya que estos determinarán los elementos óptimos a utilizar, el material a utilizar en esta estructura es acero A-36, ya que es el acero estructural más usado en este tipo de estructuras y por sus características es ideal, las propiedades de este material se encuentran disponibles en el anexo I

Las dimensiones que tendrá la estructura, es decir la distribución de las columnas las cuales forman un rectángulo 800 mm X 500 mm.

De acuerdo a las dimensiones se procede a iniciar los cálculos para conocer las reacciones y momentos máximos, por lo que es necesario el diagrama de cuerpo libre con las cargas a las que se verán sometidas las vigas principales, conociendo

que las vigas se encuentran soldadas en sus extremos y presentan restricción de los ejes, como se muestra a continuación:

Imagen 54. Empotramiento de vigas



Fuente: FERDINAND P. BEER

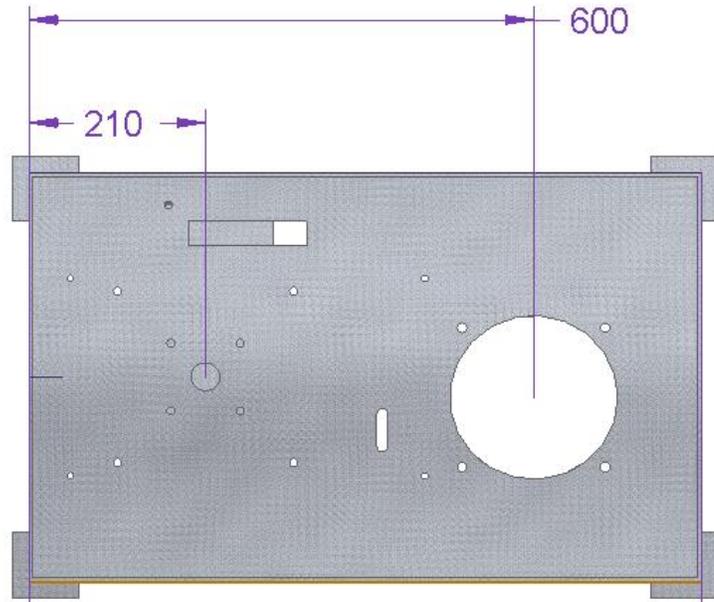
Un empotramiento perfecto en los dos extremos, es decir una viga estáticamente indeterminada. Para hallar las reacciones y momentos en la viga se debe proceder con el método de superposición y se toma como referencia el libro de Mecánica de Materiales del autor FERDINAND P. BEER en la pág. 515.

Para definir las cargas mostradas en el cuadro a continuación se debe tener en cuenta el peso de los componentes es decir (cilindro, tapas, la estructura superior, accesorios de montaje y demás)

Cuadro 17. Descripción de los pesos de la máquina

DESCRIPCIÓN	MAGNITUD
Estructura aglutinador	31,9Kg
Estructura desgarrador	4 Kg
Carga placa abajo	11,6 Kg
Carga placa arriba	85,8 Kg
Carga estructura desgarrador	38,4 Kg
Peso general	129,3 Kg

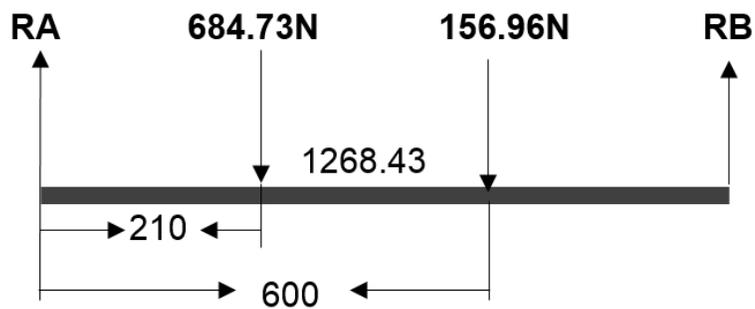
Imagen 55. Estructura vista superior



Cuadro 18. Descripción de las fuerzas aplicadas

Fuerza	Descripción	Magnitud	Distancia desde el punto A
Fuerza 1	Sistema desgarrador	684,73N	0,21 m
Fuerza 2	Motor	156,96N	0,6 m

Imagen 56. Diagrama de cuerpo libre viga principal

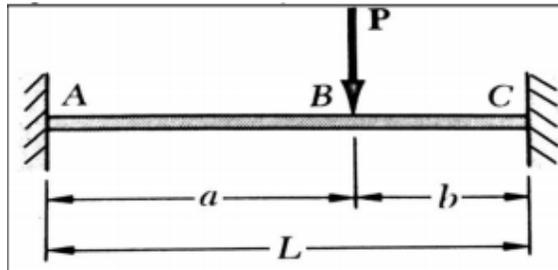


A continuación se procede mediante el método de súper posición, el cual habla de retirar un apoyo redundante, separar las cargas individualmente y aplicar las siguientes ecuaciones:

$$R_B = \frac{Pa^2}{L^3}(a + 3b)$$

Teniendo en cuenta la siguiente imagen se tiene que:

Imagen 57. Términos para ecuaciones



Fuente: Beer, Ferdinand mecánica de materiales

Dónde:

$R_B$  = Reacción en el apoyo B

P = Es la fuerza aplicada

a = Distancia entre el apoyo A y la fuerza aplicada

b = Distancia entre la fuerza aplicada y el apoyo B

L = Longitud de la viga

De acuerdo a los términos de la ecuación, es necesario aplicar de manera independiente en cada una de las fuerzas como se muestra a continuación para la fuerza F1 de magnitud 684.73 N y a una distancia de 0,6 m del apoyo A se obtiene lo siguiente:

$$R_B = \frac{684.73 * 0.6m^2}{0.8m^3} (0.6 + 3 * 0.2)$$

$$R_c = 369.75 N$$

La reacción en el apoyo A se halla al restar la reacción  $R_b$  a la magnitud de la fuerza F1, es decir:

$$R_a = F1 - R_c$$

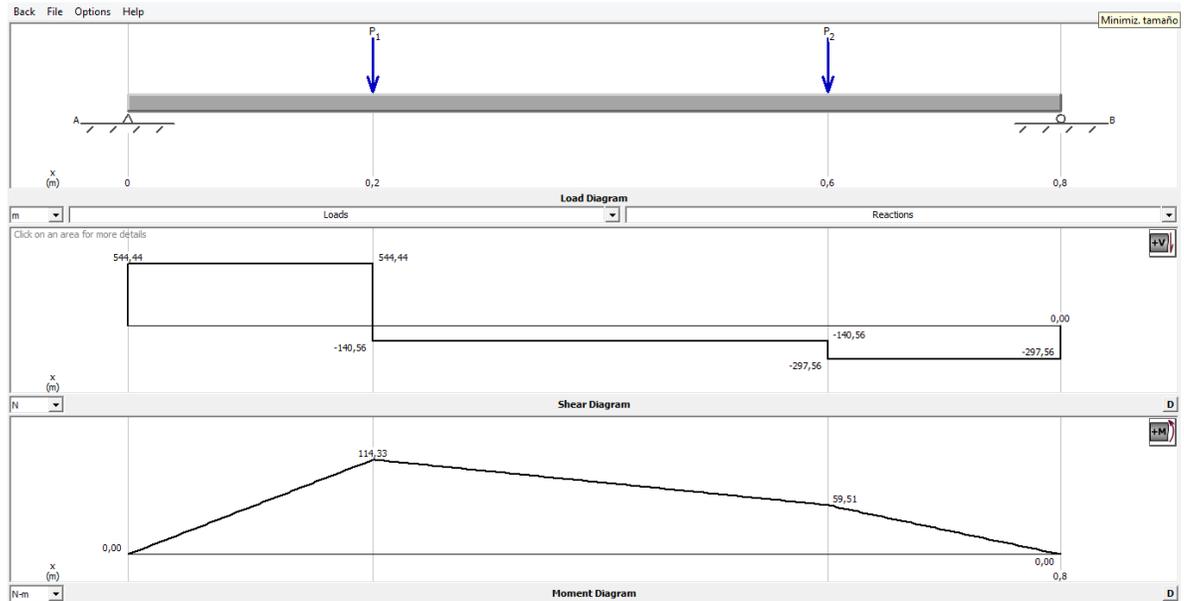
$$R_a = 684.73 - 369.75 N$$

$$R_a = 314.97 N$$

Conocidos los términos de la ecuación, se debe aplicar de manera independiente en cada una de las fuerzas como se muestra a continuación para la fuerza F1

Este procedimiento se realiza en cada una de las fuerzas y al final estas deben sumarse para encontrar la reacción en cada uno de los apoyos, a continuación se comprueba los resultados obtenidos con el software Md Solid

Imagen 58. Diagrama de esfuerzos y momentos de la estructura



Posteriormente se realiza la siguiente ecuación para encontrar los momentos en cada uno de los apoyos:

$$M_a = \frac{Pb^2 \times a}{L^2}$$

$$M_A = \frac{684.73 \text{ N} \times 0.2\text{m}^2 \times 0.6\text{m}}{0.8\text{m}^2}$$

$$M_a = 25.67 \text{ Nm}$$

Dónde:

MA =momento en el apoyo A

P es la fuerza aplicada

a= distancia entre el apoyo a y la fuerza aplicada

b = Distancia entre la fuerza aplicada y el apoyo B

L = Longitud de la viga

$$M_c = \frac{Pb^2 \times a}{L^2}$$

$$MB = \frac{(156.96)(0.59m)^2 \times 0.21}{(0.8m)^2}$$

$$MB = 17.92 \text{ Nm}$$

Dónde:

MB = momento en el apoyo C

P es la fuerza aplicada

a = distancia entre el apoyo a y la fuerza aplicada

b = Distancia entre la fuerza aplicada y el apoyo B

L = Longitud de la viga

Realizados los cálculos respectivos mediante el método de superposición y obtenidos los resultados anteriores se puede afirmar que:

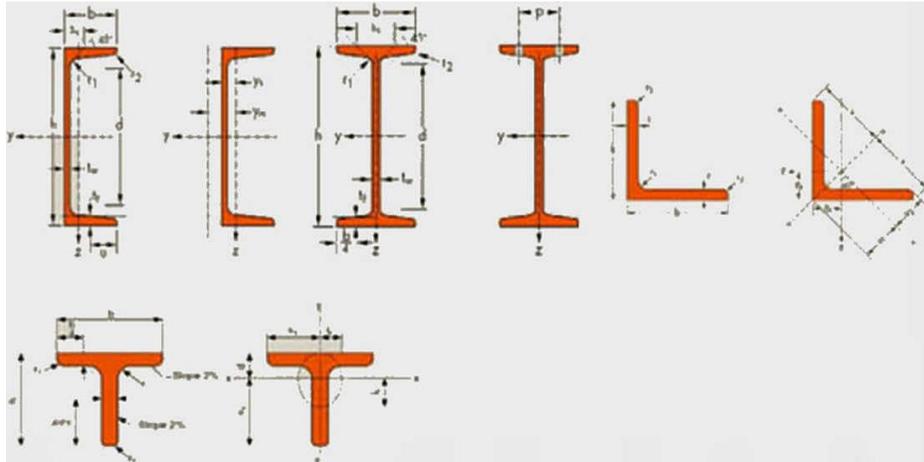
- ✓ Fuerza maxima 544 N
- ✓ Momento Flector Maximo 114.33Nm

Conocidos los esfuerzos cortantes y momentos flectores máximos, se continúa con la metodología del L.R.F.D., que permite seleccionar la viga más adecuada para el tipo de cargas, en este caso se trabajará con perfilaría estructural.

En el momento existe una gran variedad y disponibilidad de perfilaría estructural en el mercado, debido a que en la actualidad son innumerables las empresas de construcción que se dedican a la fabricación de perfiles, estandarizados y certificados, permitiendo al comprador una óptima elección, basado en las propiedades mecánicas del material.

Entre los perfiles que se ofertan en el mercado, se encuentran los fabricados de acero, los cuales se prefieren por su facilidad de adquisición y diversidad, sumado a los bajos costos a los que pueden ser adquiridos.

Imagen 59. Tipos de perfilaría estructural



Fuente: SIHECHILE, Tipos de perfiles, perfiles laminados. [En línea] 2012. Citado [20-Mar-2015]. Disponible en: <http://www.sihechile.com/tipos-de-perfiles.html>

La selección del perfil estructural más adecuado, se realiza comprobando que el perfil escogido resista las cargas aplicadas, debido a que este actuará como viga, esta comprobación se realiza teniendo en cuenta factores como material del perfil, propiedades mecánicas, longitud de la pieza, módulo elástico de sección transversal, mediante fórmulas descritas más adelante

Conociendo que el momento flector máximo es 114 N m se desea despejar los términos en la siguiente ecuación:

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{permisible}}}$$

Dónde:

S = Módulo elástico de la sección transversal

M max = Momento máximo al que está sometido

$\sigma$  Permisible = Esfuerzo permisible

En la anterior ecuación solo se conoce un término, M máx y se tienen dos incógnitas, S y  $\sigma$ Permisible, pero se puede averiguar el esfuerzo permisible y después reemplazar en la ecuación para despejar S (Módulo elástico de la sección transversal), para conocer el esfuerzo permisible se debe referir a la siguiente ecuación;

$$F. S. = \frac{\sigma_{\text{Falla}}}{\sigma_{\text{Permisible}}}$$

Dónde:

F.S. = Factor de seguridad

$\sigma$  Falla = Esfuerzo de falla material

$\sigma$  Permisible = Esfuerzo permisible

Reemplazando F.S. y teniendo en cuenta los criterios de ingeniería, en este caso es 2, según imagen anterior, sabiendo que hay una gran variedad de perfiles estructurales fabricados en Acero A36, el esfuerzo de falla del material es de 250 Mpa se obtiene lo siguiente:

$$2 = \frac{250\text{Mpa}}{\sigma\text{Permisible}}$$

Al despejar, se obtiene lo siguiente:

$$\sigma\text{Permisible} = \frac{250\text{Mpa}}{2}$$

$$\sigma\text{Permisible} = 125\text{Mpa}$$

Conocido el segundo término en la ecuación de módulo de sección transversal, se procede a reemplazar de la siguiente manera:

$$S = \frac{114.33\text{Nm}}{125\text{Mpa}}$$

Puesto que el resultado del módulo elástico de la sección transversal, debe ser expresado en  $\text{m}^3$ , es necesario realizar una conversión de Mpa a  $\text{N m}^2$ ;

$$S = \frac{114.33 \text{ Nm}}{125'000.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S = 9.1464 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

Para garantizar que el perfil resista las cargas aplicadas y no presente ningún tipo de falla o fatiga, y conocido el módulo de la sección transversal, se dirige a un catálogo de perfiles estructurales, de material Acero A36, en el cual se observe el módulo de la sección transversal y se escoge el que sea superior del valor encontrado en S.

Las propiedades de perfiles estructurales del catálogo de Codiacer, es decir los perfiles que se consiguen fácilmente en la capital del país, muestran el S en

unidades de  $\text{mm}^3$ , por tal razón es necesario pasar el S encontrado hace un momento de  $\text{m}^3$  a  $\text{mm}^3$ .

$$9.1464 \times 10^{-7} \text{ m}^3 = \frac{1.000'000.000}{1\text{m}^3} = 9.1464 \text{ mm}^3$$

Posterior a reconocer el módulo elástico de la sección transversal, se debe ubicar en el cuadro 17, un perfil en el que el valor de esta propiedad sea mayor al obtenido en los cálculos anteriores, para confirmar que el perfil elegido es el correcto.

Cuadro 19. Propiedades tubería.

DESIGNACION	DIMENSIONES							AREA	PESO	PROPIEDADES ELASTICAS								
	ALTURA=ALA		RADIOS							EJE X-X = Y-Y			EJE W-W			EJE Z-Z		
	h	s	r1	r2	x=y	w	z			lx	sx	rx	lw	sw	rw	lz	sz	rz
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			mm <sup>2</sup>	kg/mt	(10mm <sup>4</sup> )	mm <sup>3</sup>	mm	(10mm <sup>4</sup> )	mm <sup>3</sup>	mm	(10mm <sup>4</sup> )
L 2.5 x 19	19.00	2.50	4.00	2.00	5.50	13.20	7.80	90.00	0.71	2.80	210.00	5.60	4.50	340.00	7.10	1.10	140.00	3.50
L 2.5 x 25	25.00	2.50	4.00	2.00	7.00	17.70	9.90	120.00	0.95	6.80	380.00	7.50	11.00	620.00	9.50	2.60	270.00	4.70
L 2.5 x 38	38.00	2.50	6.00	3.00	10.00	26.90	14.10	188.00	1.47	24.70	880.00	11.50	40.20	1,500.00	14.60	9.20	650.00	7.00
L 3 x 19	19.00	3.00	4.00	2.00	5.70	13.40	8.10	106.00	0.83	3.30	250.00	5.60	5.30	390.00	7.00	1.30	160.00	3.50
L 3 x 25	25.00	3.00	4.00	2.00	7.20	17.70	10.20	142.00	1.11	8.00	450.00	7.50	12.80	730.00	9.50	3.20	310.00	4.70
L 3 x 30	30.00	3.00	5.00	2.50	8.40	21.20	11.90	173.00	1.36	14.10	650.00	9.00	22.80	1,070.00	11.50	5.50	460.00	5.60
L 3 x 35	35.00	3.00	5.00	2.50	9.70	24.70	13.60	203.00	1.59	23.00	910.00	10.60	37.10	1,500.00	13.50	9.00	660.00	6.70
L 3 x 38	38.00	3.00	6.00	3.00	10.30	26.90	14.60	222.00	1.74	29.50	1,070.00	11.50	47.70	1,770.00	14.70	11.30	780.00	7.10
L 3 x 50	50.00	3.00	7.00	3.50	13.20	35.40	18.70	295.00	2.32	69.10	1,880.00	15.30	1,111.80	3,160.00	19.50	26.40	1,420.00	9.50
L 4.5 x 25	25.00	4.50	4.00	2.00	7.80	17.70	11.10	206.00	1.62	11.10	650.00	7.40	17.60	1,000.00	9.30	4.70	420.00	4.70
L 4.5 x 30	30.00	4.50	5.00	2.50	9.00	21.20	12.80	252.00	1.98	19.90	950.00	8.90	31.80	1,500.00	11.20	8.10	630.00	5.70
L 4.5 x 35	35.00	4.50	5.00	2.50	10.30	24.70	14.50	297.00	2.33	32.80	1,330.00	10.50	52.30	2,110.00	13.30	13.20	910.00	6.70
L 4.5 x 38	38.00	4.50	6.00	3.00	11.00	26.90	15.50	325.00	2.55	42.30	1,560.00	11.40	67.80	2,520.00	14.40	16.80	1,080.00	7.20
L 4.5 x 50	50.00	4.50	7.00	3.50	13.90	35.40	19.60	434.00	3.41	100.30	2,780.00	15.20	161.30	4,560.00	19.30	39.40	2,000.00	9.50
L 4.5 x 63	63.00	4.50	9.00	4.50	17.00	44.50	24.00	554.00	4.35	204.70	4,450.00	19.20	330.50	7,420.00	24.40	79.00	3,290.00	11.90
L 6 x 35	35.00	6.00	6.00	3.00	10.80	24.70	15.30	387.00	3.04	41.10	1,700.00	10.30	65.20	2,640.00	13.00	16.90	1,110.00	6.60
L 6 x 38	38.00	6.00	6.00	3.00	11.60	26.90	16.30	423.00	3.32	53.70	2,030.00	11.30	85.30	3,180.00	14.20	22.00	1,350.00	7.20
L 6 x 50	50.00	6.00	7.00	3.50	14.50	35.40	20.50	568.00	4.46	128.90	3,630.00	15.10	206.00	5,830.00	19.00	51.70	2,520.00	9.50
L 6 x 63	63.00	6.00	9.00	4.50	17.60	44.50	24.90	727.00	5.71	265.70	5,860.00	19.10	426.90	9,580.00	24.20	104.50	4,190.00	12.00
L 6 x 75	75.00	6.00	10.00	5.00	20.50	53.00	29.10	872.00	6.85	458.00	8,410.00	22.90	736.90	13,890.00	29.10	179.00	6,160.00	14.30
L 6 x 88	88.00	6.00	11.00	5.50	23.60	62.20	33.30	1,033.00	8.11	748.60	11,620.00	26.90	1,208.00	19,410.00	34.20	289.10	8,680.00	16.70

Fuente: CODIACERO. Ángulos de lados iguales. Perfiles en L y tubería. Dimensiones y propiedades para el diseño. [En línea] 2008 [Citado 15-Mar-2016]. Disponible en internet: [http://www.codiacero.com/catalogos/productos\\_industriacomercio\\_perfilespdf](http://www.codiacero.com/catalogos/productos_industriacomercio_perfilespdf)

Al observar en el anterior cuadro, existen variedad de perfiles cuyo valor en el módulo de sección transversal es más alto, por lo que se podría afirmar que todos

ellos sirven, por lo cual es importante basar el criterio de selección en la geometría y dimensiones del perfil, garantizando que el manejo sea el más sencillo para operaciones de instalación, como las soldaduras y demás.

Teniendo en cuenta que sobre este perfil, se apoyara la lámina que sostendrá la mayoría de los subsistemas, es por esta la razón que se escogió el perfil de designación 3 x 3", el motivo para seleccionar el perfil tubular cuadrado, es porque pueden acumularse desechos plástico y demás dentro de los perfiles y se debe trabajar de la manera más limpia posible.

El perfil seleccionado tiene un módulo elástico de la sección transversal  $S = 650 \text{ mm}^3$ , el cual es mayor a los  $9.1464 \text{ mm}^3$  requeridos, esto confirma que cumple satisfactoriamente con los requisitos de esfuerzos mecánicos a los que está sometido, se tuvo en cuenta el límite de fluencia del material y el factor de diseño definido anteriormente.

#### 4.15 CÁLCULO DE COLUMNAS

En el cálculo anterior se definió un perfil estructural para la viga, por lo cual se procede a analizar, si este perfil cumple los requisitos para trabajar como columna. Tomando como referencia el material ofrecido en la asignatura de estructuras y el contenido expuesto por el autor Robert L. Mott en el libro Diseño de Elementos de Máquinas.

Es primordial identificar los parámetros iniciales de diseño, definidos de acuerdo a la imagen 38, al diseño de la estructura y al material A-36, de esta manera se iniciara el análisis, de acuerdo a los siguientes parámetros:

- r = radio de giro del perfil 14,30(mm)
- $\sigma_y$  = esfuerzo de fluencia 250 (N/mm<sup>2</sup>)
- E = módulo de elasticidad del material 199.948 (N/mm<sup>2</sup>)
- L = longitud de la columna 800 (mm)
- $A_g$  = área gross 872 (mm<sup>2</sup>)

Conociendo estos parámetros se procede a calcular la longitud efectiva, para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_e = K \times L$$

Dónde:

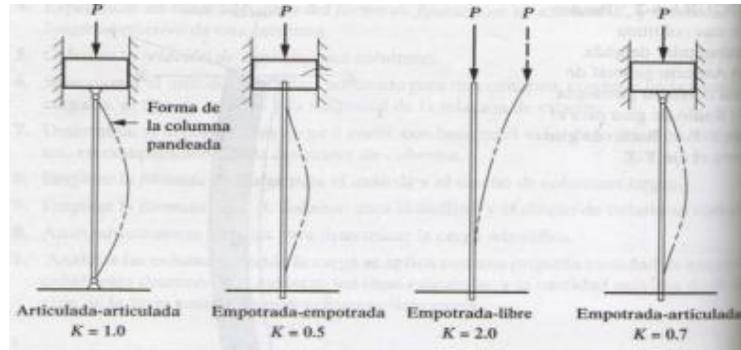
$L_e$  = Longitud efectiva

K = Constante

L = Longitud de la columna

Para determinar el coeficiente de longitud efectiva (K), se toman como referencia la siguiente imagen.

Imagen 60. Coeficientes K



Fuente: MOTT R. Diseño de Elementos de Máquinas México PEARSON Educación 2008, p 234

Como la viga está empotrada se toma como referencia  $K=0,5$

$$L_e = 0,5 \times 800\text{mm}$$

$$L_e = 400\text{mm}$$

Relación de Esbeltez:

$$RE = \frac{L_e}{r}$$

Dónde

K = coeficiente de longitud efectiva

L = longitud de la columna 800 (mm)

r = radio de giro de perfil 14,3 (mm)

Remplazando los valores en la ecuación:

$$R_c = \frac{400\text{mm}}{14,3\text{mm}}$$

$$R_c = 27,97$$

Constante de columna:

$$cc = \sqrt{\frac{2\Pi^2 E}{S_y}}$$

Dónde:

Cc= Constante de la columna

Sy = Resistencia a fluencia

E = módulo de elasticidad

$$cc = \sqrt{\frac{2\Pi^2 \times 200(N/mm)}{250(N/m)}}$$

$$cc = 3,97$$

Al comparar en la constante de columna (cc) y al relación de Esbeltez, se deduce que  $Re > cc$ , por lo tanto se trata de una columna larga.

A continuación se calcula la carga crítica:

$$P_{cr} = \frac{\Pi E A}{(L_o/r)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\Pi \times 200(N/mm) \times 872(mm^2)}{(400mm/19,3mm)^2}$$

$$P_{cr} = 700,24N$$

Para comprobar que la columna es resistente, es necesario hallar el peso total o real y se multiplica por la gravedad, dividiéndolo en 4 que es el soporte real el cual es tomado por el programa Solid Edge de Siemens y se muestra a continuación.

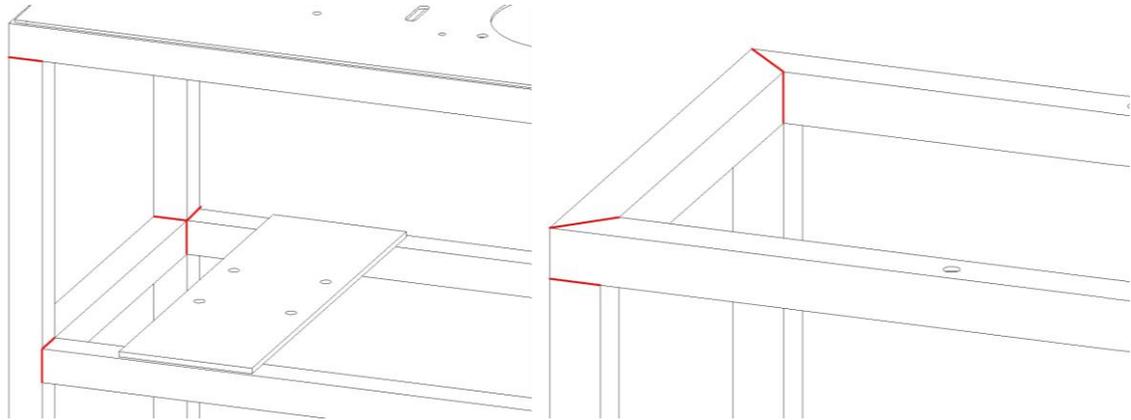
#### CÁLCULO DE SOLDADURAS ESTRUCTURA PRINCIPAL

Para la estructura metálica de la viga principal es necesario soldar algunos perfiles por tanto se debe realizar un análisis para garantizar que estas uniones cumplan los

requisitos en el diseño estructural, para estos cálculos se toma como referencia el libro Diseño de Elementos de Máquinas de ROBERT L. MOTT en la página 787.

Para este cálculo se requiere identificar la geometría de la unión y se toma la unión más crítica para realizar el análisis como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 61. Unión estructural



La geometría de la soldadura se toma la imagen 49, plano del perfil en L donde se determinan los siguientes parámetros.

$$d = 4 \text{ mm}$$

$$b = 75 \text{ mm}$$

$$p = 1837 \text{ N}$$

Para el cálculo es necesario realizar conversión de unidades de los datos anteriores como se muestra a continuación:

Para convertir de mm a pulgadas.

$$b = 75 \text{ mm} \times \frac{0,039370 \text{ in}}{1 \text{ mm}} = 2,95 \text{ in}$$

$$d = 4 \text{ mm} \times \frac{0,039370 \text{ in}}{1 \text{ mm}} = 0,157 \text{ in}$$

Para convertir de N a lb.

$$p = 1837 \text{ N} \times \frac{0,2248 \text{ lb}}{1 \text{ N}} = 412.95 \text{ lb}$$

Reemplazando los valores anteriores se obtiene.

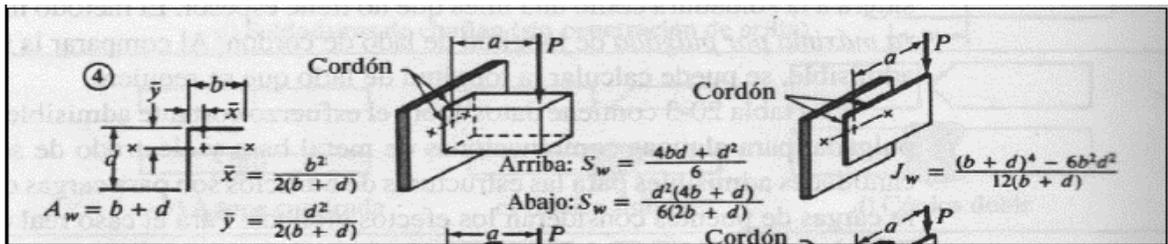
$$b = 2,95 \text{ in}$$

$$d = 0,157 \text{ in}$$

$$p = 412,95 \text{ lb}$$

Para realizar el cálculo de la soldadura es necesario conocer los factores geométricos  $S_w$ ,  $A_w$ ,  $\bar{Y}$  para esto se toma como referencia la siguiente

Imagen 62. Factor geométrico para análisis de soldadura



Fuente: MOTT. ROBERT Diseño de Elementos de Máquinas

Conociendo el factor geométrico de la anterior imagen, se pueden determinar las siguientes ecuaciones para los cálculos de los factores geométricos, por tanto las ecuaciones son las siguientes.

$$A_w = d + b$$

Dónde:

$A_w$  = factor geométrico (in)

$$b = 2.95 \text{ in}$$

$$d = 0.23 \text{ in}$$

Reemplazando:

$$A_w = 2,95 \text{ in} + 0,23 \text{ in}$$

$$A_w = 3,2 \text{ in}$$

Para determinar el factor geométrico  $S_w$  se utiliza la siguiente ecuación.

$$S_w = \frac{(4 \times b \times d) + d^2}{6}$$

Dónde:

$S_w$  = factor geométrico en (in<sup>2</sup>)

$$b = 2.95 \text{ in}$$

$$d = 0.23 \text{ in}$$

Reemplazando:

$$S_w = \frac{(4 \times 2,95 \text{ in} \times 0,23 \text{ in}) + 0,23^2 \text{ in}}{6}$$

$$S_w = 0,5 \text{ in}^2$$

Para determinar el factor geométrico  $\check{Y}$  se utiliza la siguiente ecuación.

$$\check{Y} = \frac{d^2}{2(b + d)}$$

Dónde:

$\check{Y}$  = factor geométrico (in)

b = 2,95 in

d = 0,23 in

Para calcular la fuerza debido al corte vertical se usa la siguiente ecuación.

$$FS = \frac{P}{A_w}$$

Dónde:

FS = Fuerza debido al corte vertical (lb/in)

P = 412.95 lb.

$A_w$  = factor geométrico (in)

Reemplazando:

$$FS = \frac{412,95 \text{ lb}}{0,5 \text{ in}}$$

$$FS = 825,9 \text{ lb/in}$$

Para calcular la fuerza debido a la flexión se usa la siguiente ecuación:

$$F_b = \frac{M}{S_w}$$

Dónde:

$F_b$  = fuerza debido a la flexión (lb/in)

M = momento (lb X in)

$S_w$  = factor geométrico (in<sup>2</sup>)

Para determinar el momento se toma como referencia la imagen 45, diagrama de cuerpo libre de la viga, donde se determina la carga p y la distancia para este caso se calcula de la siguiente forma.

$$M = 72,83 \text{ lb} \times 43,3 \text{ in}$$

$$M = 30.075,14 \text{ lb} \times \text{in}$$

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$F_b = \frac{30.075,14 \text{ lb} \times \text{in}}{7,52 \text{ in}^2}$$

$$F_b = 3.153,5 \text{ lb} \times \text{in}$$

Para calcular la resultante (Fr) se utiliza la siguiente ecuación.

$$Fr = \sqrt{F_s^2 + F_b^2}$$

Dónde:

Fr = Fuerza resultante (lb/in)

Fs. = fuerza debido al corte vertical (lb/in)

Fb = Fuerza debido a la flexión (lb/in)

Reemplazando:

$$Fr = \sqrt{(825,9 \text{ lb/in})^2 + (3.153,5 \text{ lb/in})^2}$$

$$Fr = 3.259,8 \text{ lb/in}$$

Se procede a seleccionar el electrodo tomando como referencia el valor de Fr, para esto se toma como referencia la siguiente imagen

Imagen 63. Esfuerzos cortantes y fuerzas sobre las soldaduras

Grado ASTM del metal base	Electrodo	Esfuerzo cortante admisible	Fuerza admisible por pulgada de lado
Estructuras de edificios:			
A36, A441	E60	13 600 psi	9600 lb/pulg
A36, A441	E70	15 800 psi	11 200 lb/pulg
Estructuras de puentes			
A36	E60	12 400 psi	8800 lb/pulg
A441, A242	E70	14 700 psi	10 400 lb/pulg

Fuente: Mott Robert Diseño de Elementos de Máquinas

A continuación se selecciona el electrodo en la imagen 55, esfuerzos cortantes y fuerzas sobre las soldaduras se obtienen los siguientes datos, electrodo E60 que tiene un valor de fuerza admisible de lado por pulgada de 9600 lb/in.

Para calcular la longitud necesaria de lado (W) se usa la siguiente ecuación.

$$W = \frac{Fr}{\text{fuerza admisible}}$$

Dónde:

W = Longitud necesaria de lado (in)

Fr = Fuerza resultante (lb/in)

Fuerza admisible = 9600 lb/in

Reemplazando:

$$W = \frac{3.259,8 \text{ lb/in}}{9600 \frac{\text{lb}}{\text{in por in de lado}}}$$

$$W = 0,33 \text{ in}$$

Para finalizar el cálculo se selecciona el tamaño de cordón mínimo para esto se toma la siguiente imagen.

Imagen 64. Tamaños mínimos de cordón

Espesor de la placa (pulg)	Tamaño máximo del lado, para soldaduras de chaflán (pulg)
≤1/2	3/16
>1/2-3/4	1/4
>3/4-1 1/4	5/16
>1 1/4-2	3/8
>2-6	1/2
>6	5/8

Fuente: Mott Robert Diseño de Elementos de Máquinas

Seleccionando el tamaño mínimo de cordón según la imagen tamaño máximo de lado para soldaduras de chaflán (in) es 5/16 (0,33) in

#### 4.16 CÁLCULO DE SOLDADURA DE LA LÁMINA

Cuadro 20. Perfiles cuadrados colmena.

Dimensiones nominales		Peso teórico	Area A	Ejes X-X e Y-Y		
A	Espesor			I	W	i
mm	mm	Kgf/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
25	1,0	0,73	0,93	0,88	0,71	0,91
	1,5	1,06	1,35	1,21	0,97	0,95
	2,0	1,36	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,0	0,89	1,13	1,57	1,05	1,18
	1,5	1,30	1,65	2,19	1,46	1,15
	2,0	1,68	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,0	1,20	1,53	3,85	1,93	1,59
	1,5	1,77	2,25	5,48	2,74	1,56
	2,0	2,31	2,94	6,93	3,46	1,54
	3,0	3,30	4,21	9,28	4,64	1,48

Fuente: COLMENA. Perfil estructural tubular. [En línea]. 2010. [Citado] 15-Mar-2016. Disponible en internet: [http://www.tuboscolmena.com/web/fichas/ESTRUCTURAL\\_CERRADO.pdf](http://www.tuboscolmena.com/web/fichas/ESTRUCTURAL_CERRADO.pdf)

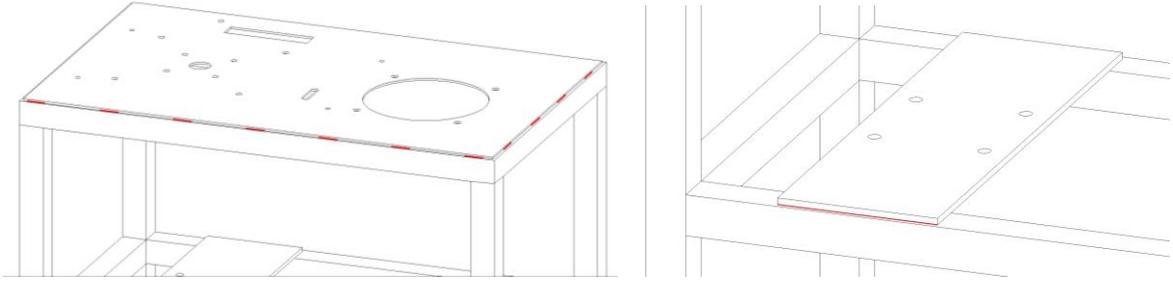
Para este cálculo es necesario conocer la geometría del perfil que se va a unir, se tomó como referencia la cuadro 18, donde se determinan los siguientes parámetros.

$$b = 25\text{mm}$$

$$d = 25\text{ mm}$$

Para iniciar este cálculo se requiere identificar la geometría de la unión y se toma la unión más crítica para realizar el análisis como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 65. Soldadura de las láminas



La soldadura será sometida a esfuerzo cortante y flexión por la carga  $p = 114.33$  N.

Para iniciar el cálculo es necesario realizar conversión de unidades de los datos anteriores como se muestra a continuación.

Para convertir de mm a pulgadas.

$$b = 25 \text{ mm} \times \frac{0,039370 \text{ in}}{1 \text{ mm}} = 0,984 \text{ in}$$

Para convertir d N a lb.

$$p = 880 \text{ N} \times \frac{0,2248 \text{ lb}}{1 \text{ N}} = 197.82 \text{ lb}$$

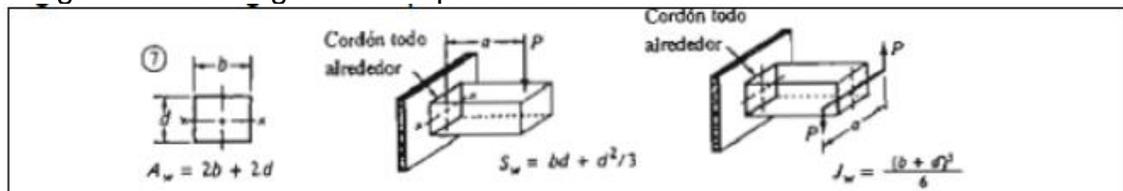
Reemplazando los valores anteriores se obtiene.

$$b = 0,984 \text{ in}$$

$$p = 197.82 \text{ lb}$$

Para realizar el cálculo de la soldadura es necesario conocer los factores geométricos  $S_w$ ,  $A_w$ ,  $J_w$  para esto se toma como referencia la siguiente imagen.

Imagen 66. Factor geométrico para análisis de soldadura



Fuente: Mott Robert diseño de elementos de máquinas

Conociendo el factor geométrico de la imagen 54, se pueden determinar las siguientes ecuaciones para los cálculos de los factores geométricos, por tanto las ecuaciones son las siguientes.

$$A_w = 2d + 2b$$

Dónde:

$A_w$  = Factor geométrico (in)

$d = b = 0,984$  in

Reemplazando:

$$A_w = 2(0,984 \text{ in}) + 2(0,984 \text{ in})$$

$$A_w = 3,93 \text{ in}$$

Para determinar el factor geométrico  $S_w$  se utiliza la siguiente ecuación.

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$$

Dónde:

$S_w$  = Factor geométrico en (in<sup>2</sup>)

$b = d = 0,984$  in

Reemplazando:

$$S_w = 0,984 \text{ in} \times 0,984 \text{ in} + \left(\frac{0,984^2 \text{ in}}{3}\right)$$

$$S_w = 1,29 \text{ in}^2$$

Para calcular la fuerza debido al corte vertical se usa la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{P}{A_w}$$

Dónde:

$FS$  = Fuerza debido al corte vertical (lb/in)

$P = 197.82$  lb.

$A_w$  = Factor geométrico (in)

Reemplazando:

$$FS = \frac{197.82 \text{ lb}}{3,93 \text{ in}}$$

$$FS = 50.33 \text{ lb/in}$$

Para calcular la fuerza debido a la flexión se usa la siguiente ecuación.

$$Fb = \frac{M}{S_w}$$

Dónde:

Fb = Fuerza debido a la flexión (lb/in)

M = Momento (lb\*in)

Sw = Factor geométrico (in<sup>2</sup>)

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$Fb = \frac{304,64 \text{ lb} \times \text{in}}{1,29 \text{ in}^2}$$

$$Fb = 234,60 \text{ lb} \times \text{in}$$

Para calcular la resultante (Fr) se utiliza la siguiente ecuación:

$$Fr = \sqrt{Fs^2 + Fb^2}$$

Dónde:

Fr = Fuerza resultante (lb/in)

Fs. = fuerza debido al corte vertical (lb/in)

Fb = Fuerza debido a la flexión (lb/in)

Reemplazando:

$$Fr = \sqrt{(50.33 \text{ lb/in})^2 + (234,62 \text{ lb/in})^2}$$

$$Fr = 239.96 \text{ lb/in}$$

Se procede a seleccionar el electrodo y para esto se toma como referencia la imagen 54, esfuerzos cortantes y fuerzas sobre soldadura y para esto se tiene en cuenta el valor de Fr.

Para calcular la longitud necesaria de lado (W) se usa la siguiente ecuación.

$$W = \frac{Fr}{\text{fuerza admisible}}$$

Dónde:

W = Longitud necesaria de lado (in)

Fr = Fuerza resultante (lb/in)

Fuerza admisible = 9600 lb/in

Reemplazando:

$$W = \frac{239.96 \text{ lb/in}}{9.600 \frac{\text{lb}}{\text{in por in de lado}}}$$

$$W = 0,025 \text{ in}$$

Para finalizar el cálculo se selecciona el tamaño de cordón mínimo para esto se toma la siguiente imagen

Imagen 67. Tamaño máximo de lado para soldaduras de chaflán

Espesor de la placa (pulg)	Tamaño máximo del lado, para soldaduras de chaflán (pulg)
$\leq 1/2$	3/16
$> 1/2 - 3/4$	1/4
$> 3/4 - 1\frac{1}{2}$	5/16
$> 1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{4}$	3/8
$> 2\frac{1}{4} - 6$	1/2
$> 6$	5/8

Fuente: Mott Robert Diseño de Elementos de Máquinas.

Seleccionando el tamaño mínimo de cordón según la imagen 55, tamaño máximo de lado para soldaduras de chaflán (in) es 3/16 (0,188) in.

## 5. ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

Es importante en todo el diseño, tener como soporte y confirmación los resultados arrojados por un software para analizar las piezas o elementos críticos, por tal razón en este capítulo se analizarán las deformaciones y reacciones que se generan en la estructura. Las simulaciones se generaron desde el software Solid Edge de Siemens.

### 5.1 ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DESGARRADOR

La estructura principal de esta máquina está fabricada con un perfil tubular de 30 mm por 30 mm, la mayoría de estas máquinas se fabrican con este tipo de perfil, porque es más comercial y de buena robustez para garantizar que las estructuras resistan las cargas a las que son sometidas.

El material de todas las estructuras es de acero AISI A-36 el cual es un material bastante comercial y común en la fabricación de estructuras de acero, las características de este acero se encuentran en el ANEXO I.

Para el análisis de la estructura se tomó en cuenta las fuerzas que actúan sobre la viga de la estructura principal como se muestra en la siguiente imagen

Imagen 68. Estructura desgarrador

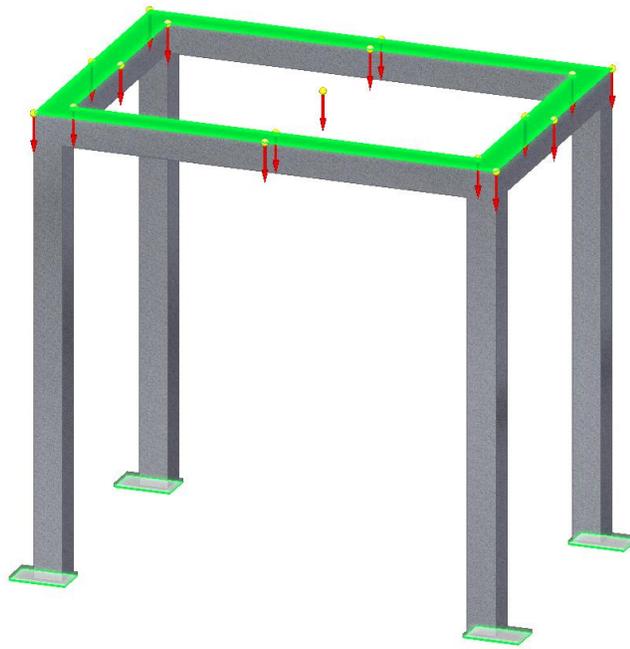
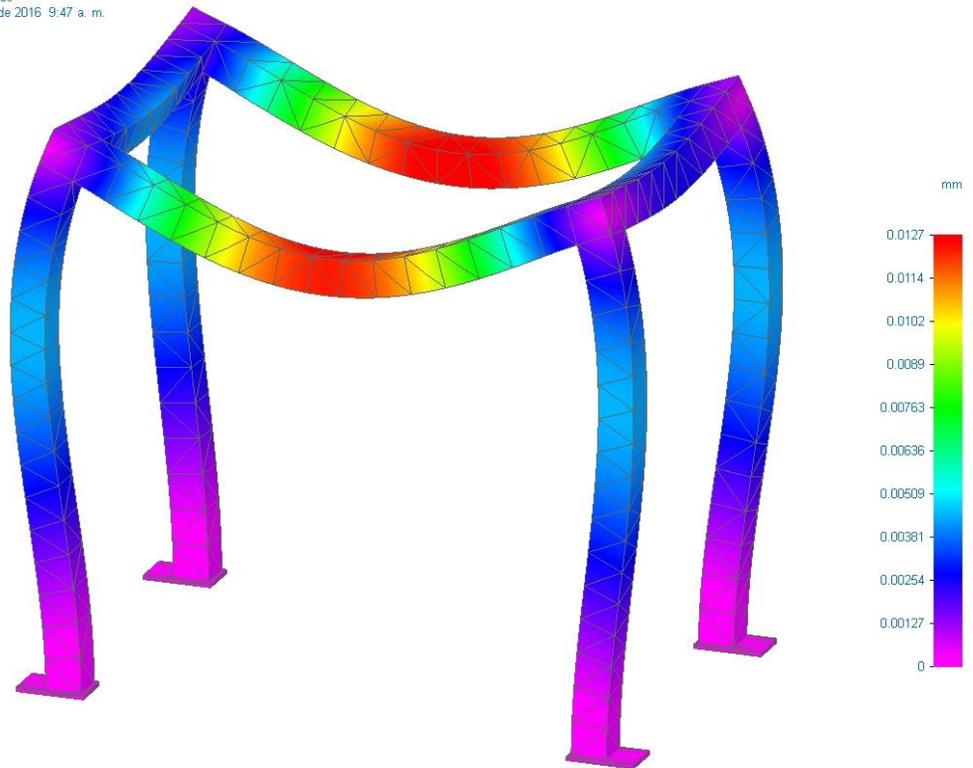


Imagen 69. Simulación de desplazamiento máximo

Nombre de pieza: estructura triturado.par  
Nombre del material: Acero, estructural  
Tipo de análisis: Tensión  
Visualizado: Modelo deformado  
Fecha: domingo, 17 de abril de 2016 9:47 a. m.



Según la simulación el desplazamiento máximo que se genera en la estructura es de 0,0127mm, es un desplazamiento muy pequeño y esto indica que no existe problema con las fuerzas que está resistiendo.

Ya calculado el desplazamiento en la estructura debido a las cargas, se realiza la simulación para hallar el esfuerzo permisible que se genera en la estructura y así hallar el factor de seguridad de la máquina para así garantizar que el diseño de la estructura sea el requerido y se pueda fabricar con el material mencionado anteriormente e igualmente el perfil como se muestra en la siguiente imagen.

El esfuerzo máximo admisible que se puede generar en la estructura por las cargas es de 2.73 Mpa, con este valor y el esfuerzo de falla del material que es de 250 Mpa se procede a hallar el factor de seguridad.

$$FS = \frac{\theta \text{ falla}}{\theta \text{ permisible}}$$

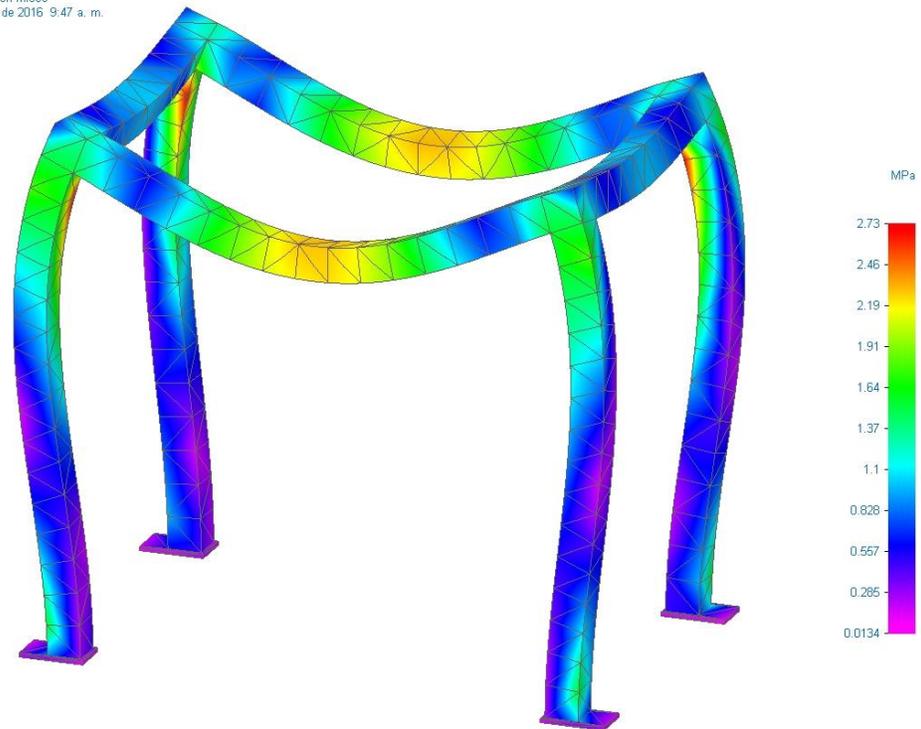
$$FS = \frac{250 \text{ Mpa}}{2.73 \text{ Mpa}}$$

$$FS = 91.57$$

El factor de seguridad es muy alto por lo que la estructura cumple con lo requerido, como se puede ver en la imagen 62 lo cual comprueba que por el tipo de estructura que se diseñó las cargas son bajas y la estructura es robusta y de buena calidad.

Imagen 70. Esfuerzo máximo permisible

Nombre de pieza: estructura triturado.par  
Nombre del material: Acero, estructural  
Tipo de análisis: Tensión  
Visualizado: Tensiones de Von Mises  
Fecha: domingo, 17 de abril de 2016 9:47 a. m.



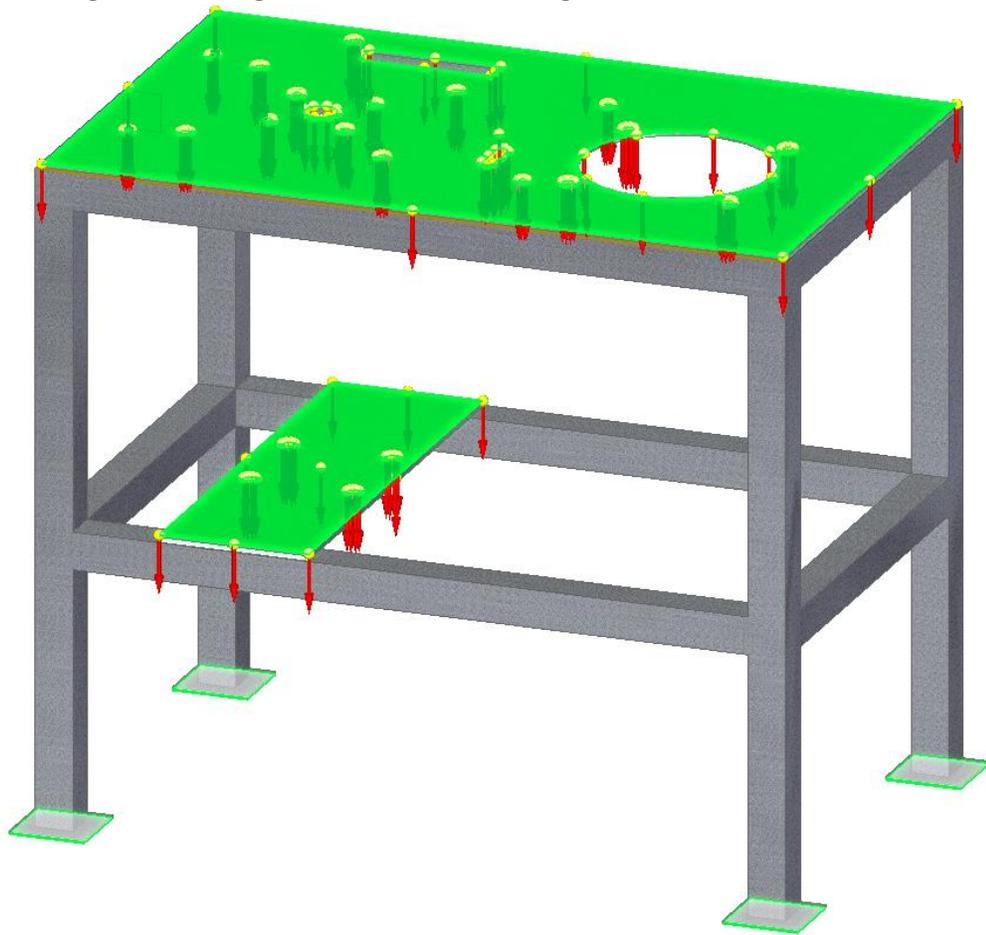
## 5.2 ANÁLISIS ESTRUCTURA DESGARRADORA

La estructura principal de esta máquina está fabricada con un perfil en cuadrado de 30 mm por 30 mm, la mayoría de estas máquinas se fabrican con este tipo de perfil porque es más comercial y de buena robustez para garantizar que las estructuras resistan las cargas a las que son sometidas.

Para el análisis de la estructura se tomó en cuenta las fuerzas que actúan sobre la estructura como se muestra en la imagen

$F = 1268.433 \text{ N}$

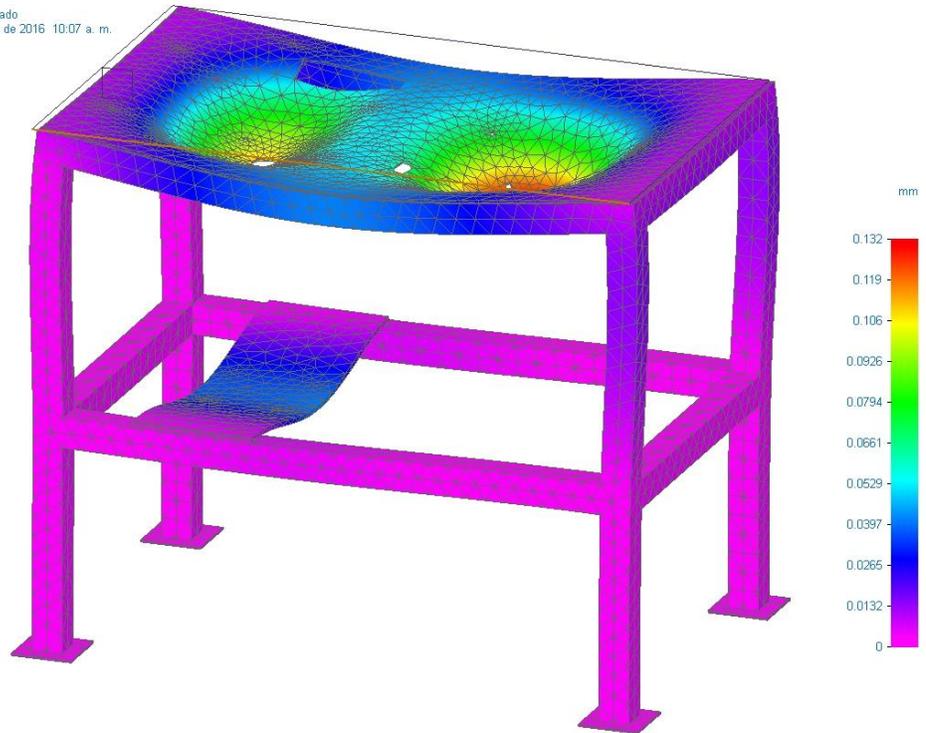
Imagen 71. Cargas en la estructura aglutinadora



A continuación se realiza la simulación para hallar la deformación máxima que se genera en la estructura como se muestra en la siguiente imagen.

## Imagen 72. Desplazamiento máximo

Nombre de pieza: estructura.par  
Nombre del material: Acero, estructural  
Tipo de análisis: Tensión  
Visualizado: Modelo deformado  
Fecha: domingo, 17 de abril de 2016 10:07 a. m.

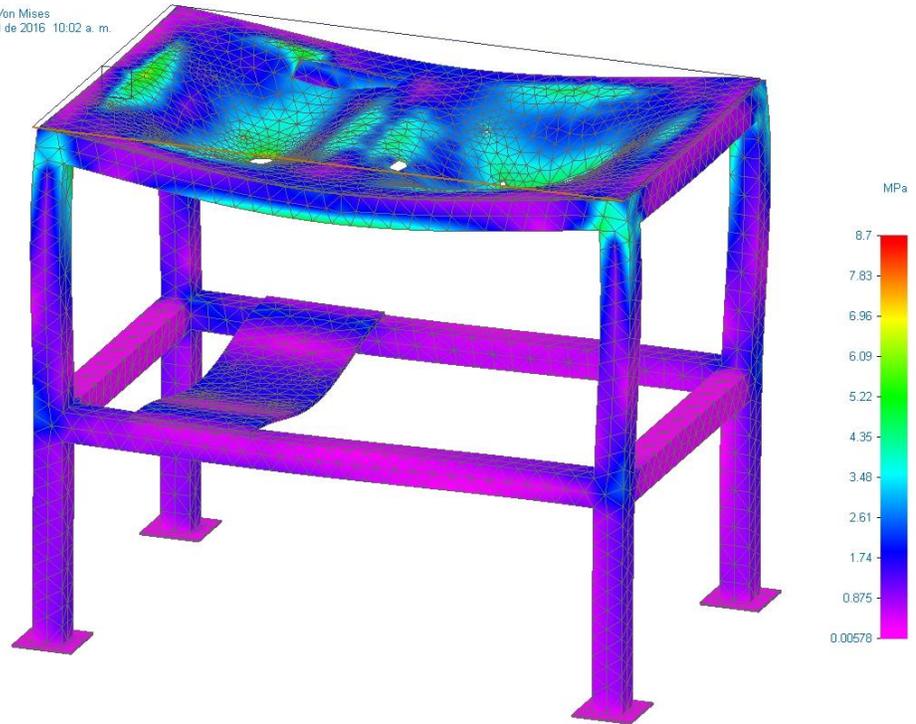


Según la simulación el desplazamiento máximo que se genera en la estructura es de 0,132mm, es un desplazamiento muy pequeño y esto indica que no existe problema con las fuerzas que está resistiendo.

Ya calculado el desplazamiento en la estructura debido a las cargas, se realiza la simulación para hallar el esfuerzo permisible que se genera en la estructura y así hallar el factor de seguridad de la máquina, para así garantizar que el diseño de la estructura sea el requerido y se pueda fabricar con el material mencionado anteriormente e igualmente el perfil como se muestra en la siguiente imagen.

### Imagen 73. Esfuerzo máximo permisible

Nombre de pieza: estructura.par  
Nombre del material: Acero, estructural  
Tipo de análisis: Tensión  
Visualizado: Tensiones de Von Mises  
Fecha: domingo, 17 de abril de 2016 10:02 a. m.



El esfuerzo máximo admisible que se puede generar en la estructura por las cargas es de 8.7 Mpa, con este valor y el esfuerzo de falla del material que es de 250 Mpa se procede a hallar el factor de seguridad.

$$FS = \frac{\theta \text{ falla}}{\theta \text{ permisible}}$$

$$FS = \frac{250 \text{ Mpa}}{8.7 \text{ Mpa}}$$

$$FS = 28.73$$

El factor de seguridad es alto por lo que la estructura cumple con lo requerido como se puede ver en la imagen anterior, lo cual comprueba que por el tipo de estructura que se diseñó las cargas son bajas y la estructura es robusta y de buena calidad.

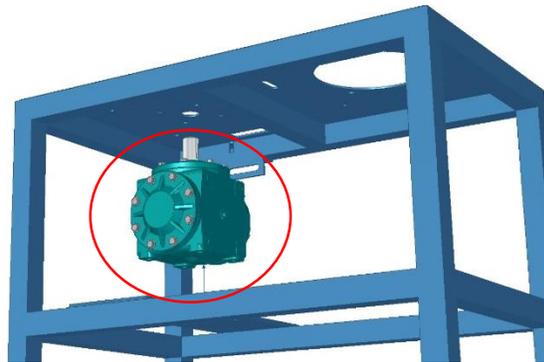
## 6. ELABORACIÓN DE MANUALES

La elaboración de los manuales de instalación, operación y mantenimiento son de suma importancia para la máquina, ya que gracias a ellos se garantiza un óptimo funcionamiento, una adecuada operación y una larga vida útil del equipo, por lo tanto a lo largo del siguiente capítulo se presentan los manuales de la máquina.

### 6.1 MANUAL DE INSTALACIÓN

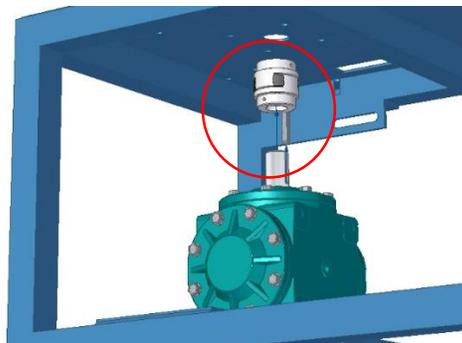
6.1.1 Montaje del sistema aglutinador. Lo primero que se debe montar en la estructura grande es la caja reductora, va apoyada en la lámina de abajo de la estructura como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 74. Montaje de la caja reductora



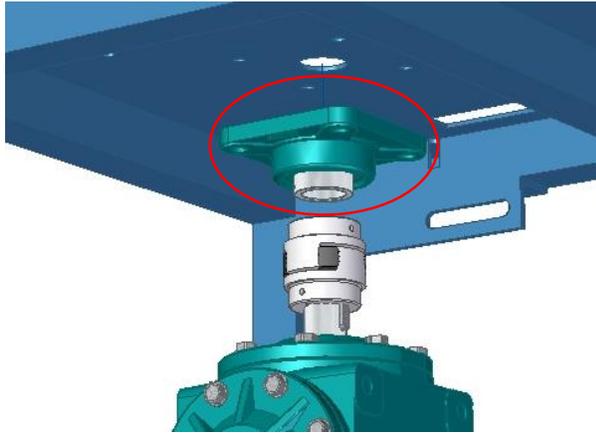
Luego de apoyar en la lámina de la estructura la caja reductora se ajusta el acople flexible tipo araña al eje de la caja.

Imagen 75. Montaje del acople flexible tipo araña



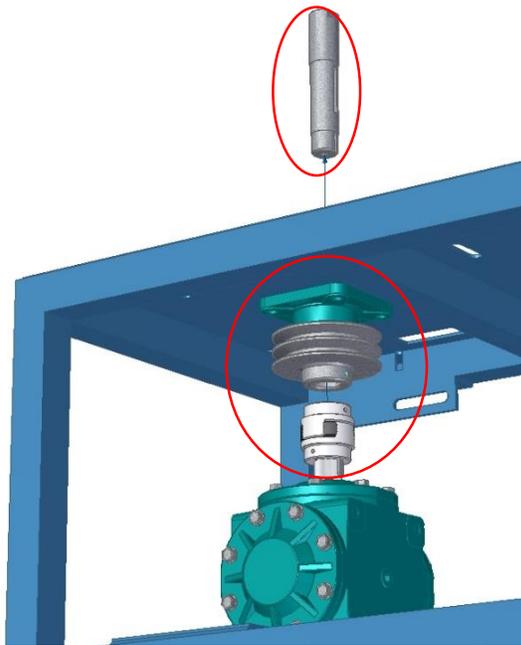
A continuación se debe instalar la chumacera que se fija a la estructura de la máquina, como lo muestra la siguiente figura.

Imagen 76. Montaje de chumacera



Ya ajustado el acople en el eje de la caja y la chumacera en la lámina de la estructura se introduce el eje en el agujero mientras se sostiene la polea, terminando de ajustar todos los elementos que forman parte del sistema aglutinador.

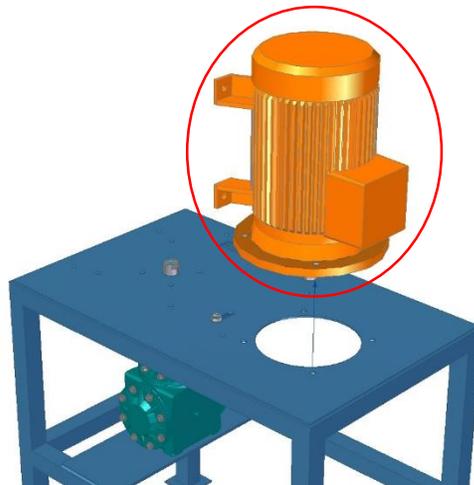
Imagen 77. Montaje del eje aglutinador



Es importante tener en cuenta los pasos anteriores para la correcta instalación y desempeño del sistema aglutinador.

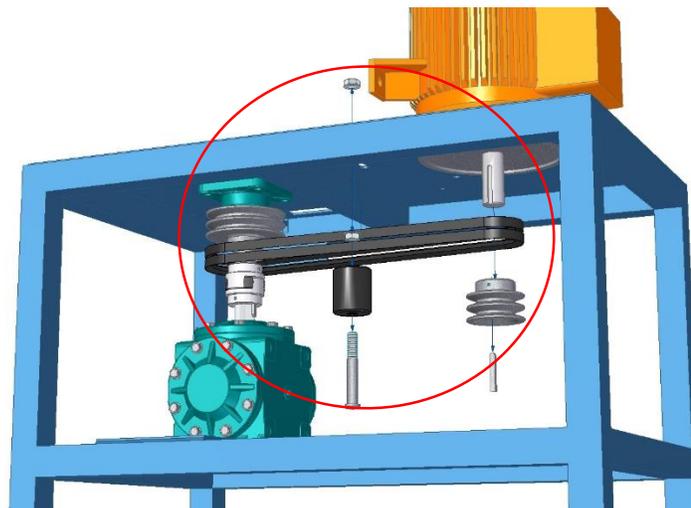
6.1.2 Montaje de la transmisión. En la estructura grande va apoyado y ajustado el motor en la siguiente imagen mostrado en color naranja

Imagen 78. Montaje del motor



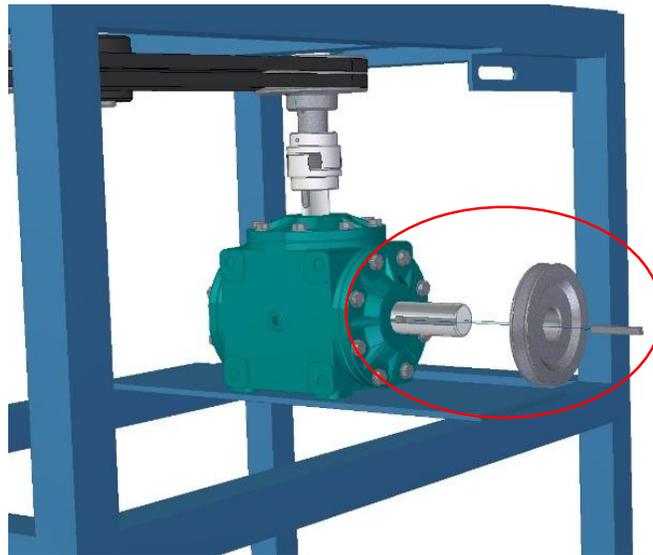
A continuación se hace el montaje de todos los elementos por debajo de la mesa que conforman la transmisión, de la siguiente manera: se ajusta la polea al eje del motor con la cuña, se instala la correa entre las dos poleas; la del motor y la del aglutinador, se monta el rodillo tensor con el tornillo de sujeción a la lamina.

Imagen 79. Montaje de la transmisión



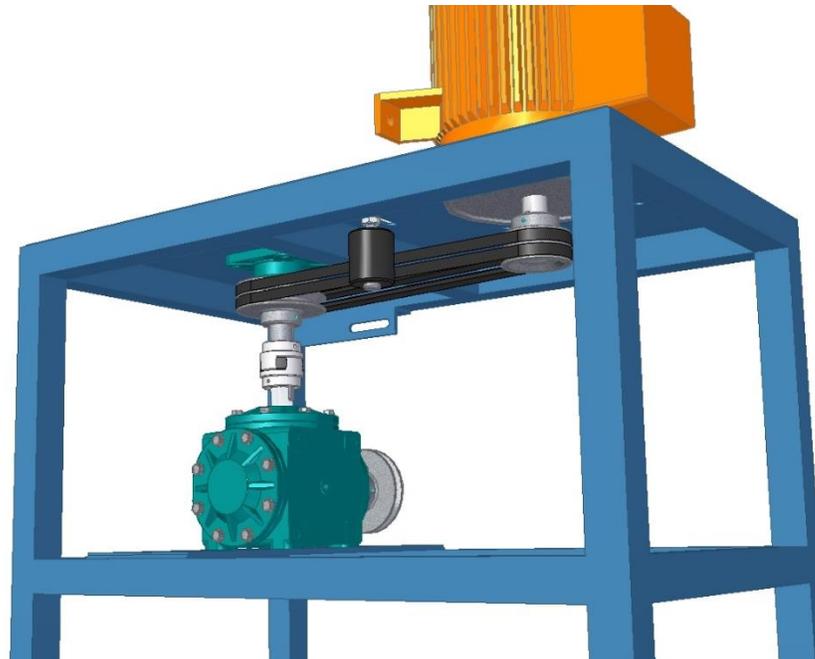
Para terminar la transmisión se monta en la salida de la caja reductora la polea que transmitirá al desgarrador.

Imagen 80. Montaje de la polea reductor



De manera que el montaje de la máquina en la transmisión y el sistema aglutinador se muestra en la siguiente imagen.

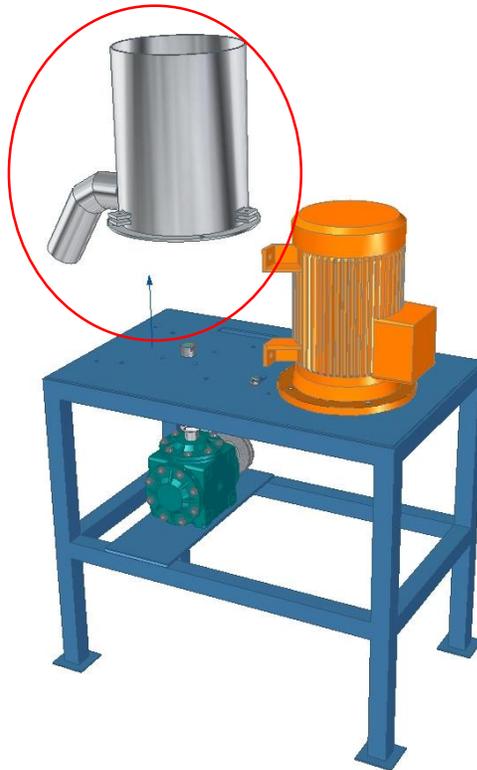
Imagen 81. Montaje transmisión



Ya montados por debajo los elementos del sistema aglutinador, para terminar el montaje se debe instalar los elementos restantes sobre la estructura.

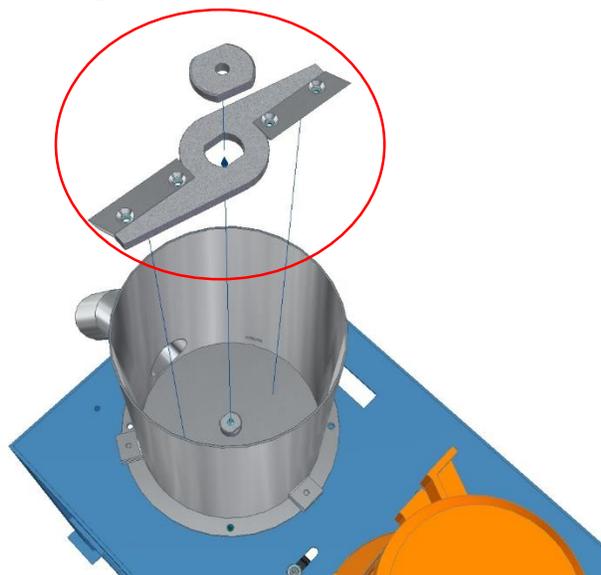
El primer elemento que se monta sobre la lámina es el recipiente aglutinador

Imagen 82. Montaje del recipiente aglutinador



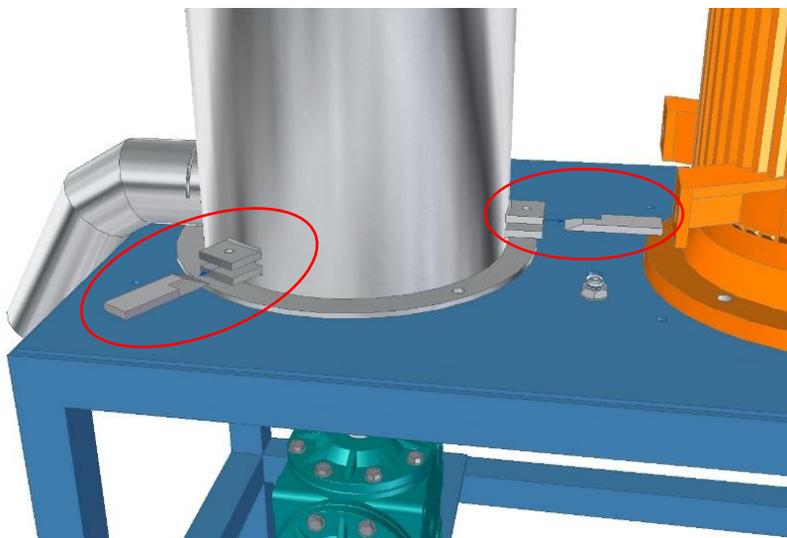
Con el recipiente instalado en su lugar se monta el portacuchillas y se ajusta con la tuerca de seguridad terminando los elementos que son acoplados al eje aglutinador

Imagen 83. Montaje del portacuchillas



A continuación se instalan las cuchillas fijas en el recipiente aglutinador

Imagen 84. Montaje cuchillas fijas



Se debe instalar la tapa del recipiente aglutinador por donde ingresa el material, como también se monta la tapa de salida del material.

Imagen 85. Montaje de las tapas de entrada



Con la instalación de estas tapas se termina el montaje del sistema aglutinador, como se muestra en la siguiente imagen.

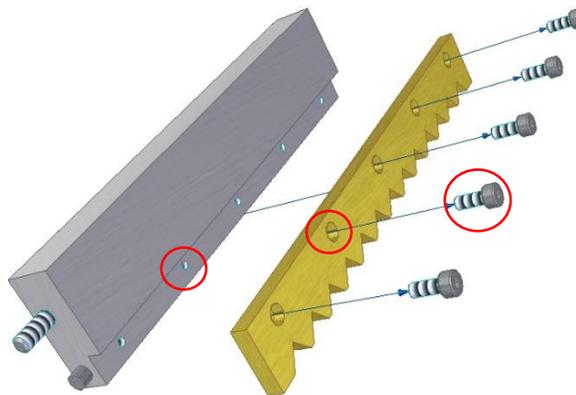
Imagen 86. Montaje sistema aglutinador



Deben instalarse los elementos en el orden que se explicó en las imágenes anteriores, es necesario tener en cuenta los accesorios de fijación en su correcta ubicación, tener precaución con todo los elementos, estos deben ir debidamente sujetos.

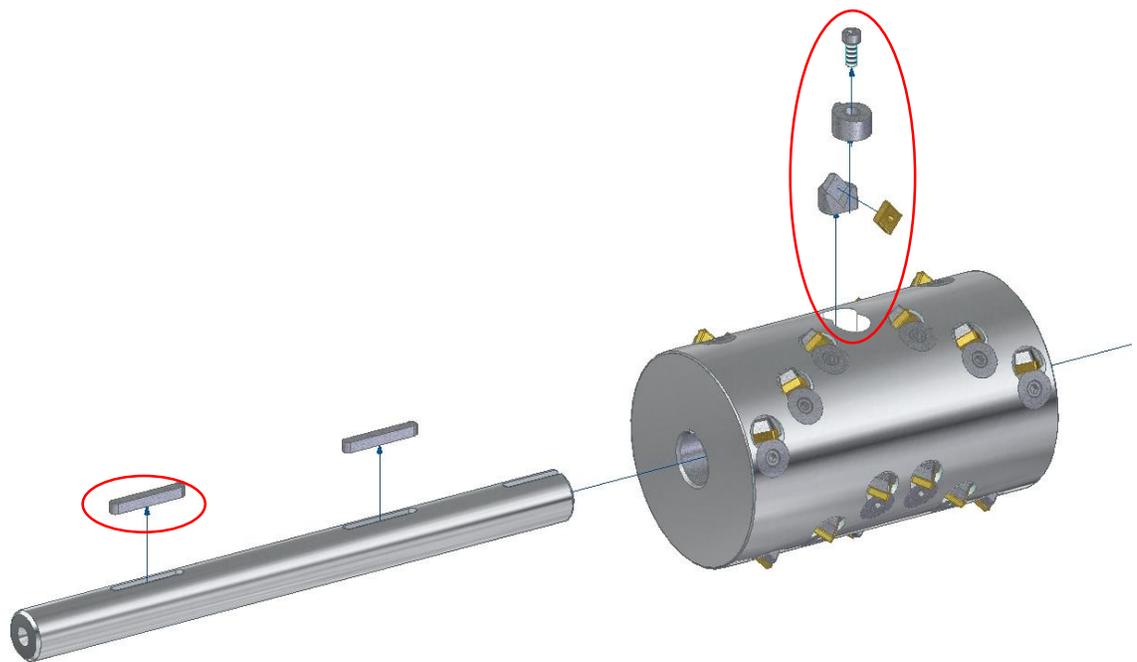
### 6.1.3 Sistema desgarrador

Imagen 87. Montaje cuchilla fija



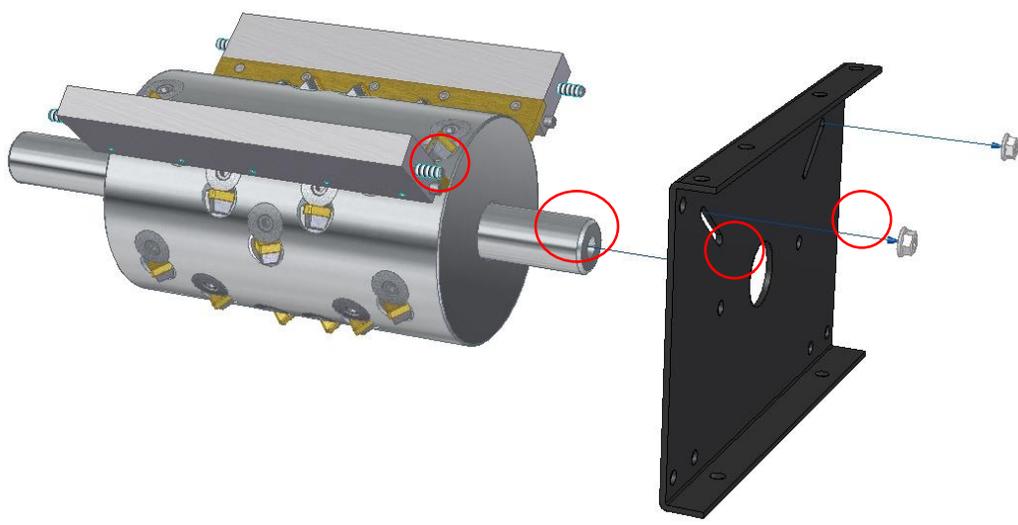
El rodillo desgarrador se debe instalar montando el portainsertos con el inserto y el tornillo de sujeción, también se monta el eje con las uñas como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 88. Montaje del rodillo desgarrador



A continuación se montan las cuchillas fijas y el rodillo desgarrador al perfil derecho

Imagen 89. Montaje perfil derecho



Se repite el montaje con el perfil izquierdo, fijando los elementos con las tuercas.

Imagen 90. Montaje perfil izquierdo

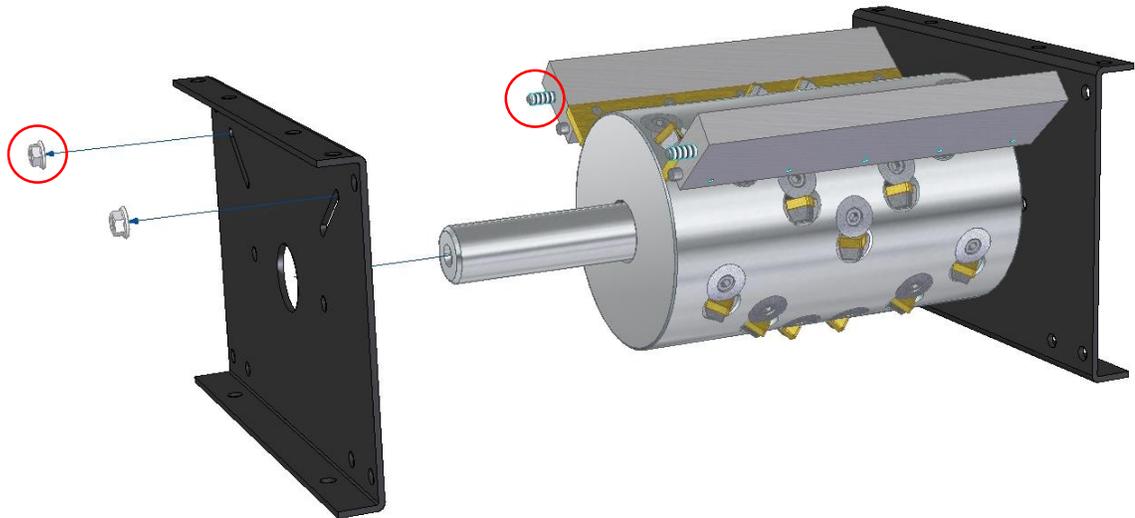
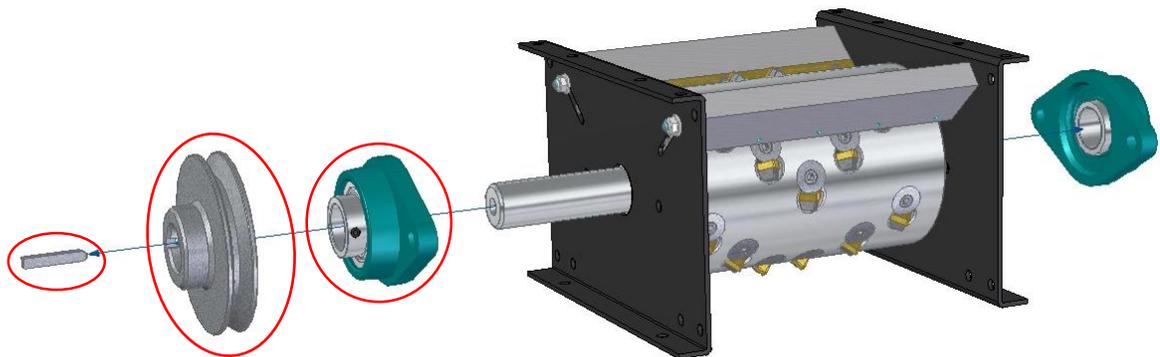


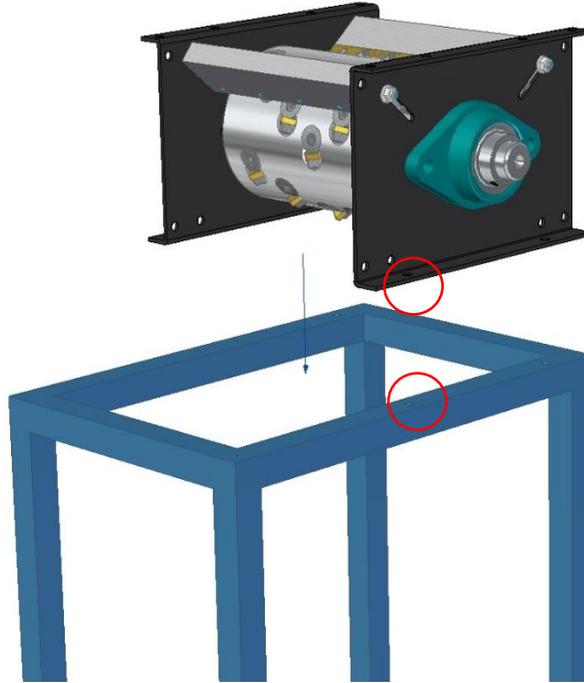
Imagen 91. Montaje eje desgarrador



Se fijan las chumaceras y la polea al eje desgarrador en el orden que muestra la imagen anterior.

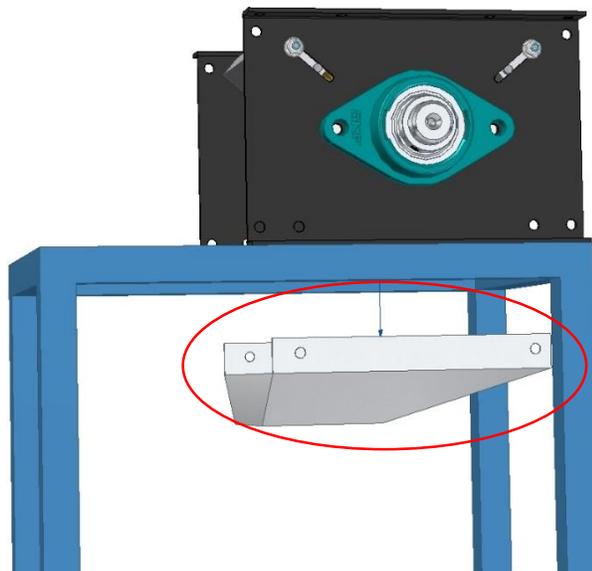
Como se muestra en la siguiente imagen se monta y se sujeta el sistema desgarrador a la estructura.

Imagen 92. Montaje estructura desgarrador



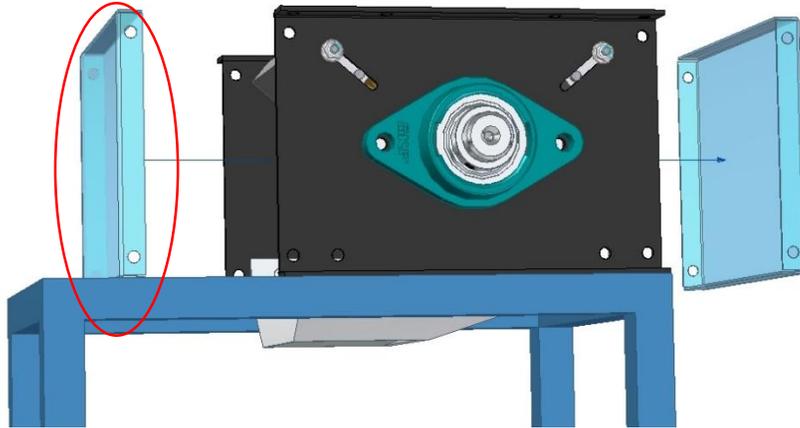
Acoplado el sistema desgarrador a la estructura se fija la tolva de salida del material desgarrado que da entrada al siguiente proceso.

Imagen 93. Montaje de tolva aglutinador



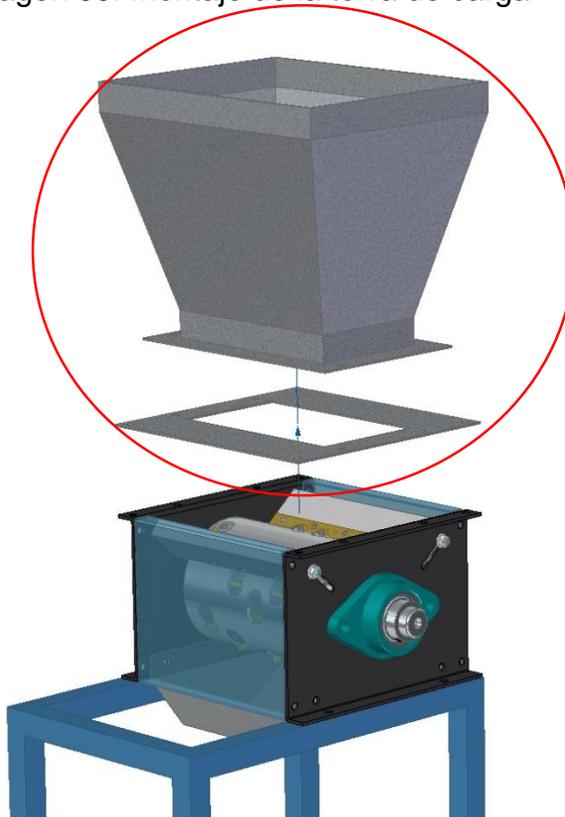
Para sellar el sistema desgarrador es necesario fijar las tapas del sistema desgarrador como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 94. Montaje de las tapas



Para finalizar el sistema desgarrador se monta y se fija la tolva de carga, parte indispensable de la máquina garantiza la seguridad del operario y el caudal de la materia prima.

Imagen 95. Montaje de la tolva de carga



Ya con todos los elementos montados el sistema desgarrador se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 96. Sistema desgarrador



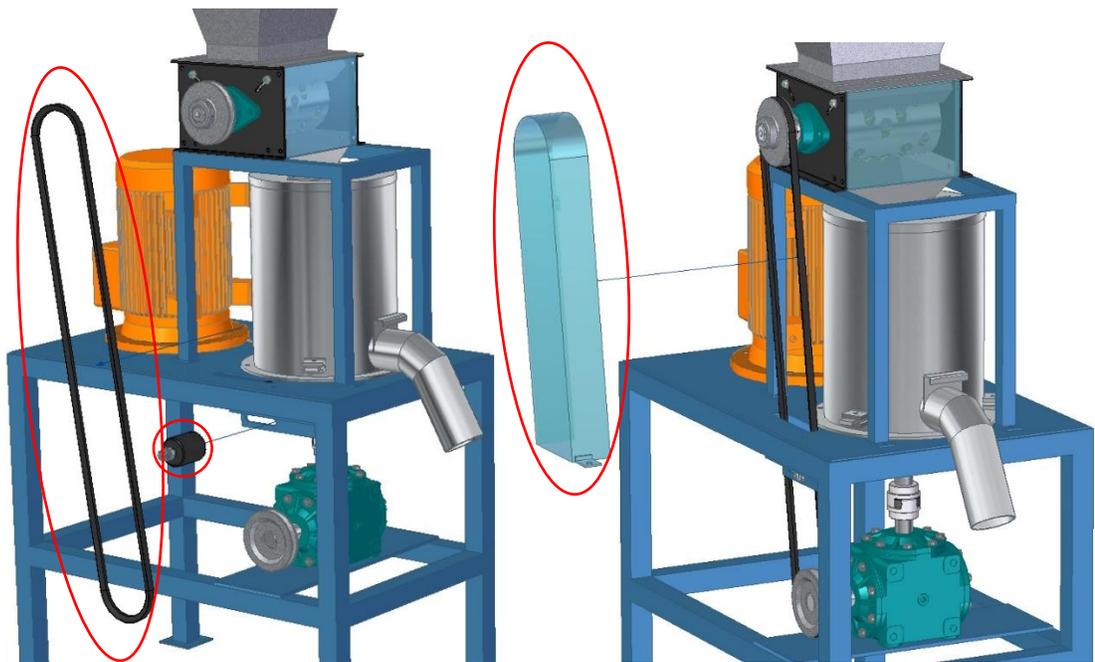
Lo siguiente es fijar la estructura del sistema desgarrador a la estructura del sistema aglutinador como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 97. Sistema desgarrador fijo en la estructura principal



En la siguiente imagen se muestra cómo se monta la correa desde la polea del reductor hasta la polea de sistema desgarrador, junto con el rodillo tensor y el guarda correa.

Imagen 98. Montaje de la correa del desgarrador



Para terminar el montaje de los elementos de la máquina se fijan y se ajustan las tapas de la estructura aglutinadora.

## 6.2 MANUAL OPERACIÓN

### ADVERTENCIA

Por favor, lea el manual de instrucciones cuidadosamente antes de usar este equipo.

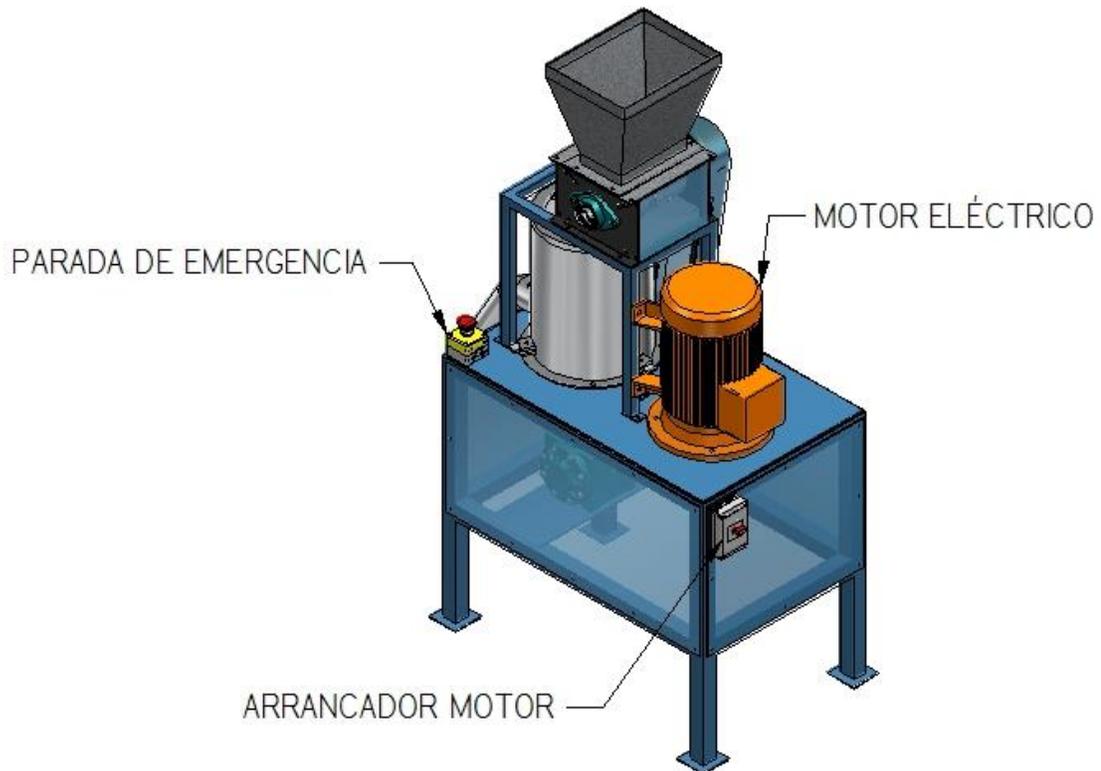
No seguir las indicaciones del mismo puede ocasionar fallas en el funcionamiento.

Los procedimientos y recomendaciones que se dan a continuación deben seguirse con seriedad con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento de la máquina, de igual manera para prevenir accidentes y preservar la salud e integridad de los operarios que manipulen la máquina.

La máquina encenderá al girar el arrancador del motor

Si tiene algún inconveniente de emergencia presione el botón de color rojo al costado derecho

Imagen 99. Sistema Energético



#### RECOMENDACIONES

1. Asegúrese de que la tensión de entrada es la misma que la que se muestra en la etiqueta colocada en la parte de abajo de la aglutinadora, antes de enchufarla a los tomacorrientes
2. Está prohibido la utilización de este equipo por parte de niños o personas con discapacidad mental.
3. Después de 5 horas de uso continuo, déjela descansar unos minutos antes del siguiente uso. No la deje funcionando durante más de 10 horas seguidas
4. El recambio del cable de alimentación o el mantenimiento de la máquina deberá ser realizado por servicios profesionales.
5. Las cuchillas son elementos afilados, preste atención para no lastimar su mano al limpiarla o al desmontar la máquina.
6. No toque las piezas en movimiento cuando la máquina esté funcionando.
7. El motor de esta máquina tiene un dispositivo de protección contra exceso de temperatura, si la máquina se detuvo como consecuencia de sobrecalentamiento

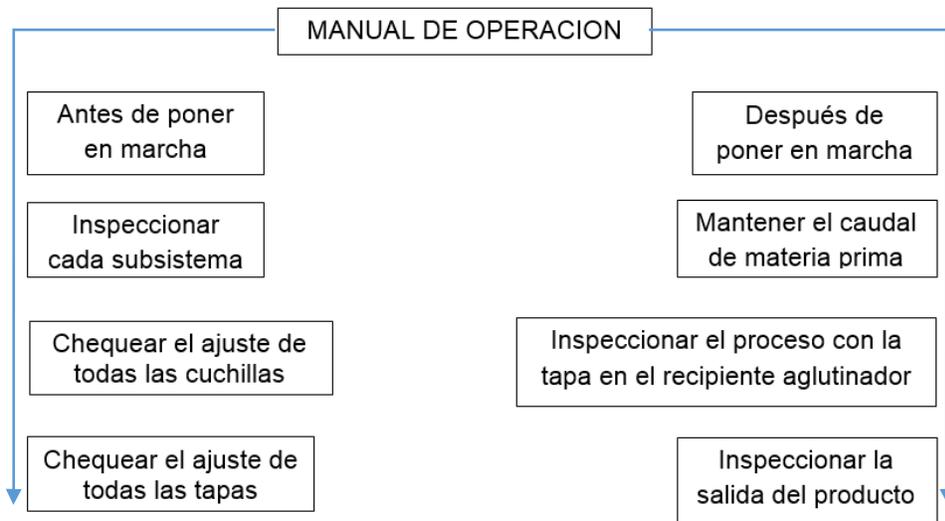
durante el funcionamiento, usted debe cortar el suministro de energía y no volver a utilizar hasta que se haya enfriado completamente.

Antes de poner en marcha se debe inspeccionar y verificar que cada subsistema, se encuentren en óptimas condiciones y posiciones adecuadas al hacer el chequeo visual también se debe tener en cuenta que todos las cuchillas se encuentren, en posición fija y debidamente ajustados, se debe hacer una inspección general en las tapas, ver que estén debidamente sujetadas a la estructura para evitar vibraciones y accidentes.

Después del chequeo de subsistemas se debe verificar que la transmisión está montada correctamente, se debe verificar el buen funcionamiento del motor y reductor, estos deben estar debidamente conectado y que la velocidad sea la adecuada.

En la siguiente imagen se hace un resumen de las instrucciones anteriormente dadas y de la puesta en marcha.

Imagen 100. Pasos para operar la máquina



### 6.3 MANUAL DE MATENIMIENTO

El mantenimiento es la labor concreta para preservar las condiciones necesarias para el funcionamiento óptimo de los dispositivos y de igual manera poder alargar la vida útil de la máquina, a continuación se proporciona algunas recomendaciones para que dicha función se cumpla.

Se establece una rutina de mantenimiento para valorar y tantear el desgaste de algunas piezas que están sometidas por su funcionamiento a desgaste, se debe realizar la ruta de mantenimiento más adecuada y así evitar paradas inesperadas con daños en la máquina.

La forma correcta de diligenciar el formato de inspección visual es el siguiente, si se encuentra el sistema en condición óptimo se debe marcar con una X en la casilla que tiene la letra O, en caso contrario de no ser óptima el estado del subsistema se debe marcar con una X en la casilla que tiene la letra N, se debe tener en cuenta que no se deben marcar ambas opciones en un solo sistema.

Cuadro 21. Rutina diaria de inspección

Reporte de rutina diaria inspección visual					
Operario			Fecha		
Sistema	Condición óptima	O	Condición no óptima	N	
Desgarrador	El recipiente está despejado		El recipiente no está despejado		
	Los insertos están fijos		Los insertos no están fijos		
	La polea está alineada		La polea no está alineada		
	El recipiente está ajustado		El recipiente está desajustado		
Aglutinador	El recipiente está despejado		El recipiente no está despejado		
	Las cuchillas están fijas		Las cuchillas no están fijas		
	La polea está alineada		La polea no está alineada		
	El recipiente está ajustado		El recipiente está desajustado		
Observaciones.					

Para la inspección de los subsistemas, es importante antes de realizar el plan de mantenimiento revisar y detallar cada uno así:

- ✓ Sistema desgarrador: como parte del mantenimiento se debe verificar el ajuste de los insertos en los portainsertos y estos a su vez acoplados al rodillo, estas piezas están en constante trabajo y a grandes velocidades, por ende se recomienda verificar la zona de desgaste de cada elemento, esto con el fin de evaluar posibles desalineamientos en el rodillo.
- ✓ Sistema aglutinador: se procede a inspeccionar el ajuste en las cuchillas móviles que están acopladas en un portacuchillas al eje aglutinador y fijas mediante una tuerca de seguridad.

Ya establecido el cronograma de inspecciones de los sistemas se procede a realizar el cuadro de rutina diaria para determinar cuándo un elemento se encuentra en condiciones óptimas o en condiciones no óptimas.

Establecidos los sistemas y sus respectivas inspecciones, se procede a plantear un cronograma de inspecciones para mantener y preservar la vida útil del equipo, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 22. Rutina diaria de inspección

Sistema	Subsistema	Actividad	Encargado	Recurso	Frecuencia
Desgarrado	Rodillo	Inspeccionar suciedad	Mantenimiento	visual	diario
Aglutinado	Cuchillas	Inspeccionar suciedad	Mantenimiento	visual	diario
Transmisión	correas	Inspeccionar posición	Mantenimiento	visual	diario
Eléctrico	Motor	Inspeccionar suciedad	Mantenimiento	visual	diario
	reductor				
Dosificador	Tolvas y recipiente	Inspeccionar suciedad	Mantenimiento	visual	diario

Se procede a realizar el mantenimiento programado para alargar la vida útil del equipo, se toma como referencia el siguiente cuadro.

Cuadro 23. Mantenimiento programado

Sistema	Subsistema	Actividad	Encargado	Recurso	Frecuencia
Desgarrado	Rodillo	Limpiar tapas	Mantenimiento	Herramienta y bayetilla	4 meses
Aglutinado	Cuchillas	Limpieza e inspección	Mantenimiento	Herramienta y bayetilla	4 meses
Transmisión	correas	tensión	Mantenimiento	Herramienta	6 meses
Eléctrico	Motor	Limpieza e inspección	Mantenimiento	Herramienta	6 meses
	reductor				
Dosificador	Tolvas y recipiente	Limpieza e inspección	Mantenimiento	herramienta y bayetilla	4 meses

Las actividades de mantenimiento deben llevar un estricto control ya sea mantenimiento preventivo o correctivo, por tal razón hay que llevar una hoja de vida y así poder registrar las actividades de la máquina, para eso se toma como referencia la siguiente tabla.

Cuadro 24. Formato hoja de vida

Formato hoja de vida							
Máquina para aglutinado de bolsas plásticas de polietileno de baja densidad					Área: producción		
Sistema	Subsistema	Fecha	Tipo de MMTO		Descripción	Ejecutante	Encargado
			P	C			
Observaciones.							

Para diligenciar el formato se tienen dos tipos de mantenimiento.

C= Mantenimiento correctivo.  
P= Mantenimiento preventivo.

#### 6.4 MANUAL SEGURIDAD OCUPACIONAL

Seguridad del operario. Se debe tener la máquina aglutinadora trabajando sola sin manipulación del operario durante el proceso, este solo debe manipular la entrada del material, por tal razón se debe tener precaución con los elementos cortantes, como cuchillas y el rodillos desgarrador, tener en cuenta que en la máquina todo esté fijo, los elementos de la máquina son cortantes y están en movimiento, la máquina tiene mecanismos pesados que al realizar un desmontaje para mantenimiento o limpieza pueden caer en los pies del operario, por esto es indispensable que utilicen el siguiente equipo de seguridad industrial el cual maneja la empresa ACBA4PETS.

Casco Gafas Tapa oídos Tapo boca Guantes Overol Calzado de seguridad

Imagen 101. Elementos de seguridad



Fuente: DREAMSTIME. Hombre vestido en ropa de trabajo. [En línea]. 2000 [Citado] 18-abr-2016. Disponible en internet: <http://es.dreamstime.com/stock-de-ilustraci%C3%B3n-hombre-vestido-en-ropa-de-trabajo->

Los elementos anteriormente mencionados son de vital importancia para proteger al operario y deben ser revisados cada vez que el ingeniero de seguridad ocupacional lo crea conveniente, ya que si estos están deteriorados o dañados se deben cambiar de inmediato, esto con el fin de evitar accidentes.

La máquina debe ir debidamente señalizada, esto con la finalidad que el operario pueda ver el riesgo que lleva cada operación a simple vista, para eso se toma como referencia el siguiente cuadro

Cuadro 25. Señales de riesgo

Sistema	Función	Riesgo	Tipo de accidente	Señal
Tolvas De carga entrada y salida de material	Dosificar la materia prima en cada proceso de operación	Mecánico	Atrapamiento de extremidades	
Tapas	Cerrar el sistema de aglutinado y desgarrado	Mecánico	Atrapamiento de extremidades	
Rodillo desgarrador	Reducir el tamaño de la materia prima	Mecánico	Atrapamiento de extremidades  Y corte	

Fuente: GUÍA DE COORDINACIÓN PREVENTIVA DIRIGIDA A CENTROS DE COSTE. Riesgos y medidas preventivas. [En línea] 2012. [Citado] 15-jun-2015. Disponible en internet en: [https://www.spri.upv.es/CA2\\_1\\_2.htm](https://www.spri.upv.es/CA2_1_2.htm)

## 7. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

Todo proyecto que se realice debe contener un estudio del impacto ambiental, para poder prevenir, controlar y minimizar los daños al ambiente. Este estudio muestra a los proponentes del proyecto el impacto y los posibles daños que se podrían proporcionar al ambiente en caso de ejecutar el proyecto, así se puede proporcionar información para lograr que las acciones que se realicen sean lo más ambientales y sustentables posibles.

Es importante que el proponente del proyecto tenga muy en claro los sistemas que conforman la máquina, para así poder hacer una evaluación detallada por medio de un sistema de ponderación que permita mitigar los daños hacia la naturaleza.

El siguiente estudio ambiental corresponde al proyecto diseño de una máquina aglutinadora para reciclar bolsas plásticas de polietileno de baja densidad, en la cual se tendrá en cuenta el proceso de fabricación, instalación y operación de la máquina. Es importante resaltar que la máquina entrará en ejecución y su proceso de fabricación se realiza con el fin de darle un alargamiento en la vida útil del plástico ya mencionado.

### 7.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se realiza una descripción detallada del entorno donde se encuentra la máquina y los posibles daños que pueda causar al medio ambiente y la salud de los operarios o de quien la manipule y se encuentre cerca a la máquina.

Ubicación geográfica. La máquina estará ubicada en las instalaciones de la empresa ACBA4PETS o cualquier empresa que pueda reciclar su propio desecho siendo bolsas plásticas de polietileno de baja densidad.

Impacto ambiental del proyecto. La máquina aglutinadora se fabricará completamente en acero, como el acero es un material corrosivo estará cubierto por una capa de pintura anticorrosiva para evitar dicha condición, por tal razón no se producen efectos negativos en la salud del operario o de quien esté cerca a la máquina. A continuación son enunciados los aspectos relacionados con el impacto ambiental.

### 7.2 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Se identifican los aspectos que pueden afectar el medio ambiente en la operación de la máquina a la hora de aglutinar el plástico.

Aspecto atmosférico. El entorno donde será instalada la máquina se puede ver afectado por el ruido producido por el motor, aunque la máquina se diseñó para la empresa acba4pets donde en su atmósfera de trabajo hay molinos y selladoras que generan más ruido esto será un impacto no significativo.

Análisis fabricación: Para iniciar con este análisis es necesario identificar el tipo de acero con el que está diseñada la estructura de la máquina, que está compuesta de la siguiente manera.

- ✓ Lámina en acero A - 36 con un espesor de (1/8" o 3,17 mm)
- ✓ Perfil en L en acero A - 36 con un espesor (3 mm)
- ✓ Perfil en cuadrado acero A - 36 con un espesor (3 mm)

Corte: Identificados los elementos que se deben ensamblar con sus respectivos materiales, se debe proceder a cortar los materiales por medio de oxicorte que es un proceso de corte el cual es aplicado para aceros, pero produce altas temperaturas, humo al ambiente y es algo que se debe tener en cuenta a la hora de la fabricación.

Mecanizado y rectificado de piezas: se procede a realizar un rectificado con el fin de garantizar una superficie óptima para la unión de las diferentes vigas y columnas que componen la estructura, ejes en el rodillo desgarrador y en el sistema aglutinador, en el caso de las láminas es necesario realizar un mecanizado para obtener y garantizar las dimensiones y la geometría, en operaciones como perforaciones, rectificadas, mecanizadas y acabados superficiales muestran un impacto no significativo, puesto que la contaminación por desprendimiento de partículas y aumento de decibeles no se considera un impacto significativo.

Soldadura: una vez realizado los cortes, la rectificación y el mecanizado de los diferentes elementos de la estructura se procede a soldar las columnas con las vigas y las láminas con todo el conjunto ya establecido para generar uno solo, para este proceso se requiere realizar un proceso de electrosoldadura, en este proceso se verá afectado el medio ambiente, los resultantes de este proceso de soldadura se puede ver a continuación.

- ✓ Emisión de gases y partículas propias del proceso
- ✓ Diversos residuos de escorias, electrodos

Imagen 102. Proceso de soldadura



Fuente: SISOMA. Aspectos e impactos en el medio ambiente. [En línea] 2011 [Citado 29-Dic-2015]  
Disponble en Internet: <http://aimacinco.blogspot.com.co/>

- ✓ Análisis en la instalación: conociendo las operaciones en la fabricación se procede analizar los aspectos que podrían afectar el ambiente en la operación de la máquina como lo son los sus diversas piezas y accesorios como se muestra a continuación
- ✓ Sistema mecánico: este sistema está compuesto por los elementos de transmisión como lo son el motor, el reductor, las poleas y las correas

El impacto más grande es el manejo de los residuos líquidos, es importante hacerlo de una manera muy cuidadosa para no afectar el ambiente, el resto de los aspectos no son significantes para el ambiente.

### 7.3 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Identificados los aspectos y componentes que se pueden ver afectados por los factores que generan un impacto ambiental, es conveniente realizar una evaluación y por tal razón se realiza la siguiente matriz para cuantificar el daño que se le puede hacer al medio ambiente.

Se elabora un cuadro con una escala que mide el nivel de impacto ambiental generado por cada uno de los factores, se miden de la siguiente manera que dependiendo de su nivel pueden ser alto, medio, bajo, no aplica (N/A), positivo (pos) y negativo (neg) como se puede ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 26. Nivel de impacto ambiental

NIVEL IMPACTO	VALOR
ALTO	5
MEDIO	3
BAJO	1
NO APLICA	N/A
POSITIVO	POS
NEGATIVO	NEG

Se debe realizar un cuadro donde se desarrolla una matriz con la evaluación del impacto ambiental para cada uno de los componentes que se pueden ver afectados tanto en la fase de operación como de fabricación.

Para cuantificar y evaluar la siguiente tabla se tiene en cuenta el anterior cuadro para calificar apropiadamente las fases que afectan el ambiente.

Posterior a la evaluación del impacto ambiental se procede a dar las respectivas medidas preventivas para mitigar al máximo el impacto ambiental.

Cuadro 27. Matriz de evaluación del impacto ambiental

Componente	Impacto del proyecto	Fabricación	Operación	Total
Atmosférico	Aumento considerable en los niveles de ruido	3	1	4
	Gases liberados a la atmosfera por procesos de pintura	3	N/A	3
	Gases liberados a la atmosfera por proceso de soldadura	3	N/A	3
Suelo	Residuos solidos	3	N/A	3
	Desecho de lubricantes	3	1	4
	Derrames en el proceso de pintura	3	N/A	3
Socio económico	Generación de empleo	Pos	Pos	-
	Aumento en la producción	N/A	Pos	-
	Calidad de la producción	N/A	Pos	-
Total		18	2	20

Se establece el máximo nivel de impacto con el cual en el proceso de fabricación es 5 por cada ítem que se evalúe y un total de 30 y en los ítem evaluados en la fabricación da un total de 18 lo cual lleva a un porcentaje de 60% el cual si se tiene en cuenta que es un proceso que no es continuo no debe ser relevante.

En el caso de operación se tiene 5 por cada ítem evaluado y un total de 30 y en los ítems evaluados anteriormente se obtiene un valor 2 lo cual lleva a un porcentaje de 6,66% lo cual es algo muy bueno ya que este si es un proceso continuo y se va a generar un impacto ambiental mínimo.

El impacto total en la matriz es de 60 y en los datos obtenidos se tiene un valor de 20 con un porcentaje de 33,33% con lo cual se puede decir que el impacto ambiental total de la máquina es óptimo.

#### 7.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Realizada la matriz de impacto ambiental se concluye que los aspectos ambientales más considerables son la lubricación y el uso de pinturas, ya que los posibles derrames masivos de estos pueden ser muy peligrosos para el ambiente.

Para proteger a e operario de la máquina es importante que sigan al pie de la letra el manual de seguridad industrial.

Capacitar efectivamente a los operarios para manipular adecuadamente los elementos en la fabricación como lo es la soldadura y la pintura.

Establecer planes efectivos para el manejo de residuos generados por la fabricación, operación y mantenimiento de la máquina.

Establecer un plan de manejo de lubricantes para evitar derrames de este tipo de líquidos en el ambiente

## 8. EVALUACIÓN FINANCIERA

En el marco de la realización de un proyecto, la evaluación financiera adquiere vital importancia ya que se encarga de reflejar, en términos de rentabilidad la viabilidad, y conveniencia de la realización del mismo. Para este análisis se incluyen variables de suma importancia que reflejarán una aproximación al desempeño del proyecto, dentro de las más importantes se encuentran

- ✓ La demanda: Obtenida mediante la dinámica del sector objetivo
- ✓ Oferta: Traducida en el estudio de la competencia directa
- ✓ Costos: Que reflejarán la competitividad que a su vez establecen la maniobrabilidad en el margen de utilidad

### 8.1 COSTOS E INVERSIÓN

Es de vital importancia tener en cuenta, aunque el alcance del proyecto que se está realizando involucra en primera medida el diseño de la máquina solicitada por ACBA4PETS, el éxito del proyecto radica en la rentabilidad del mismo y en el uso y maniobra que le de la empresa al seleccionar fabricantes y optimizar costos ya que, como se mencionó anteriormente la empresa no fabricará la máquina. En primera instancia, ACBA4PETS planea lanzar la máquina al mercado como intermediaria de fabricación, es decir, ya que posee los derechos propiedad intelectual de la máquina vendería la misma en un periodo inicial de prueba de 12 meses.

Cuadro 28. Costos

CONCEPTO	VALOR
Diseño (Sólo año cero)	\$1.900.000
Fabricación Mecánica	\$3.900.000
Componentes estándar mecánicos	\$5.800.000
Componentes eléctricos,	\$1.200.000
Costo total de fabricación incluyendo diseño	\$12.800.000
Costo total de fabricación sin incluir diseño	\$10.900.000

Fuente: ACBA4PETS y Autor<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> La empresa ACBA4PETS se reserva los derechos de brindar información detallada sobre los componentes de fabricación de la máquina y sus costos.

En este apartado se debe resaltar que la inversión inicial del proyecto no contempla ni maquinaria ni capital de trabajo, ya que delega las labores de fabricación de las piezas, el único rubro contemplado en el periodo cero será el que paga la empresa por el diseño de la máquina y la publicidad.

ACBA4PETS planea obtener un margen de utilidad bruta de 20% sobre el costo total de fabricación sin tener en cuenta el rubro de diseño, es decir, sobre \$10.900.000.

## 8.2 DEMANDA

ACBA4PETS viene realizando sondeos sobre el eventual lanzamiento de la máquina al mercado, para ello se ha encargado de generar un *brochure* que informe a los potenciales clientes sobre las bondades de la máquina. Además de esto se han generado encuestas donde cerca de 96 personas (entre naturales y jurídicas) han mostrado un grado de interés muy alto y se materializan como los primeros compradores de la misma. Para ello, se ha fijado una tasa de éxito, es decir, de compra efectiva, del 20% ya que en ocasiones anteriores la empresa ha realizado este mismo ejercicio y se han obtenido valores cercanos a este porcentaje. En consecuencia, se espera que en el primer año de lanzamiento se obtengan 20 órdenes de compra.

Cuadro 29. Demanda de máquinas e ingreso anual

Año	Kilos de bolsas	Ingreso (\$)
1	320	975.000
2	380	114.000
3	440	132.000
4	520	156.000
5	620	188.000

Fuente: ACBA4PETS y autor.

### 8.3 FLUJO DE CAJA

Todos los valores se manejan a precios constantes.

Cuadro 30. Flujo de Caja del Proyecto

FLUJO DE CAJA						
Concepto/Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<i>INGRESOS</i>						
Ventas		975.000	1.114.000	1.312.000	1.561.000	2.188.000
<i>EGRESOS</i>						
Diseño	1.900.000					
Publicidad, encuestas	2.300.000					
Costos de Producción		218.000	228.900	239.800	250.700	261.600
Utilidad Bruta		757.000	885.100	1.072.200	1.310.300	1.926.400
Impuestos (33%)		249.810	292.083	353.826	432.399	635.712
<i>UTILIDAD NETA</i>	<i>-4.200.000</i>	<i>725.190</i>	<i>821.917</i>	<i>958.174</i>	<i>1.128.601</i>	<i>1.552.288</i>

8.3.1 Evaluación. Para la evaluación del flujo de caja se utilizará el cálculo del WACC básico que consiste en relacionar el beta de mercado con la rentabilidad libre de riesgo y la rentabilidad de mercado lo que, en otras palabras, se llamará TIO (Tasa Interna de Oportunidad).

$$TIO = [r_L + \beta(r_m - r_L)]$$

Dónde:

TIO= Tasa interna de oportunidad

$r_L$  = Rentabilidad libre de riesgo

$r_m$  = Rentabilidad de mercado

$\beta$  = Beta del Sector constructor

Encontramos que según Pereiro (2010), el Beta de mercado para el sector de nuestra empresa (Reciclaje) es del 1,72. Por otro lado, Investing.com (2015) confirma que la rentabilidad libre de riesgo se encuentra en el orden del 6,8% y, por

último, la ANDI (2015) establece que la rentabilidad del mercado de este sector es del 7,5%. Así las cosas tenemos que<sup>26</sup>:

$$TIO = [0,068 + 1,72(0,075 - 0,068)]$$

$$TIO = 0,08004 \cong 8,0\%$$

En consecuencia, se esperará un retorno mínimo del 8,0% del proyecto. Se debe tener en cuenta, adicionalmente, que ya que la empresa no brinda información detallada sobre la estructura de costos (nómina, servicios, depreciación y gastos en general), la evaluación puede estar sobreestimada, sin embargo, no por ello no provee información certera de la rentabilidad puesto que se encuentran los costos directamente relacionados con la fabricación y venta de la misma.

El proyecto se evaluará bajo tres indicadores básicos: VPN, Relación beneficio/costo y la TIR.

8.3.2 Método del VPN. A través del método del VPN, se puede observar a través de los flujos descontados sobre la TIO cuál será el monto real de ganancia.

$$VPN = \sum_{i=1}^5 FC_i$$

Obtenemos entonces el siguiente flujo descontado:

Cuadro 31. Flujo descontado por la TIO

Año	0	1	2	3	4	5
VPN	-4.200.000,00	725.190,00	821.917,00	958.174,00	1.128.601,00	1.552.288,00

Por tanto un VPN positivo por valor de \$986.170, que se traduce en una inversión rentable, ya que se obtiene una ganancia neta denotada por su valor positivo.

8.3.3 Evaluación Beneficio/Costo. Partiendo de la fórmula de la relación beneficio/costo:

$$R_{B/C} = \frac{\sum_{i=1}^5 VPN(Ingrosos_i)}{\sum_{i=1}^5 VPN(Egrosos_i) + I_o}$$

<sup>26</sup> <http://www.eafit.edu.co/revistas/revistamba/Documents/revista-mba-dic-2010.pdf>

$$R_{B/C} = \frac{\$1.140.924.273}{\$1.037.978.973 + \$4.200.000}$$

$$R_{B/C} = 1,09$$

La relación Beneficio/Costo nos dio como resultado 1,09, es decir por cada peso que gastamos recibimos 1,09 pesos, esto refleja una rentabilidad cercana al 10%, podemos concluir entonces que existe una buena relación entre lo que ingresa y lo que se gasta.

8.3.4 Evaluación TIR. La Tasa Interna de Retorno es la encargada de verificar la rentabilidad real de un proyecto, es decir, la tasa de descuento a la cual el VPN se vuelve cero y su fórmula es:

Utilizando la función de Excel, nos arroja un valor de 56.7%, lo que en primera medida certifica que el proyecto tiene muy buena rentabilidad ya que, aunque la empresa no brinda información sobre gastos y costos en general de su funcionamiento, si comparte información sobre los gastos directamente relacionados con la máquina. Esto nos indica, que la empresa cuenta con muy buenas oportunidades en el mercado en el lanzamiento de la máquina.

## 9. CONCLUSIONES

- ✓ La máquina diseñada para el reciclaje de bolsas plásticas de polietileno de baja densidad cumple con los requerimientos de diseño establecidos por ACABA4PETS, al ser un equipo con un diseño simple nada robusto con una baja complejidad de mecanismos y componentes que garantizan un desempeño confiable y seguro.
- ✓ Esta máquina compite directamente contra las encontradas del mercado Colombia siendo la única que no necesita de un operario para desgarrar el material previo a el proceso de aglutinado.
- ✓ El software Nx y el Md Solids fueron gran ayuda para verificar que las piezas diseñadas soporten todas las cargas aplicadas sobre ellas, comparando los esfuerzos máximos con los esfuerzos permisibles calculados.
- ✓ El impacto ambiental producido por el proyecto es mínimo casi insignificante, si se tiene en cuenta la longevidad de vida que se le puede dar al plástico.
- ✓ El proyecto presenta una alta rentabilidad para la empresa ACBA4PETS, ya que al hacer el análisis financiero presenta una rentabilidad de 56.7%, lo cual es significativo para el tipo de proyecto que se desea realizar y esto lo hace un proyecto viable.

## 10.RECOMENDACIONES

- ✓ Estudiar la posibilidad de añadir el proceso de lavado previo a la alimentación de materia prima de la máquina.

## BIBLIOGRAFIA

ANDI. Indicadores económicos. [En línea] 2014. [Citado 27-Dic-2015] Disponible en internet: <http://www.andi.com.co/SitEco>

ASKELAND, Donald R. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Tercera edición. Chile: International Thomson Editores. 1998

BEER, Ferdinand. Mecánica de materiales. Segunda edición. Bogotá: McGraw-Hill, 1993, 738 páginas.

CEMPRE plásticos usos procesos de fabricación simbología reciclaje [En línea] 2004 citado [11-May-2016] [http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com\\_content&view=article&id=86&Itemid=104](http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=104)

DANE. BOU Seis Dígitos: 2005-2012. [En línea] 2014 [Citado 11-may-2016] Disponible en internet: <http://www.dane.gov.co/index.php/esp/pib-cuentas-nacionales/investigaciones-especiales/77-cuentas-nacionales/cuentas-anuales/5153-cuentas-de-bienes-y-servicios-base-2005>

EL ESPECTADOR regulación de uso de bolsas plásticas [En línea] 2016 [Citado 11-May-2016] <http://www.elspectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-regulara-el-uso-de-bolsas-de-plastico-articulo-626705>

EL REY DEL PLASTICO Polietilenos [En línea] 2015 Citado [15- Mar-2015] <http://www.reydelplastico.com/mediopebd.htm>

ERGONOMIA. Diseño ergonómico de puestos de trabajo. Dimensiones recomendadas para una estación de trabajo a pie. [En línea] 2012. Citado [15-Mar-2015] Disponible en Internet: [http://labuenapostura.blogspot.com/2012\\_06\\_01\\_archive.html](http://labuenapostura.blogspot.com/2012_06_01_archive.html)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El Instituto, 2008, 26 páginas.

\_\_\_\_\_. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá: El Instituto, 2008, p.1 – 2

\_ \_ \_ \_ \_ Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 4490. Bogotá: El Instituto, 1998, p.2

LA RED. Costo por trabajador. [En línea] 2015. [Citado 15-Mar-2016]. Disponible en Internet: <http://www.lared.com.co/KitdeHerramientas/salarios/CostoPorTrabajador>.

MINISTERIO DE AMBIENTE Resolución uso de bolsas plásticas en Colombia [En línea Citado 11-May-2016][https://www.minambiente.gov.co/images/57-Resolucion\\_No.\\_0668-2016.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/57-Resolucion_No._0668-2016.pdf)

MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. Cuarta edición. México: Pearson, 2006, 944 páginas.

SUMITEC. Acero grado maquinaria. [En línea].2013. [Citado 18-agos-2016].Disponible en internet: <<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201020.pdf>>

SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA. Rentabilidad libre de riesgo. [En línea] 2015. [Citado 23-Nov-2015] Disponible en internet: <[https://www.superfinanciera.gov.co/SFCant/Glosario/glosario-t.htm#TASA DE INTERÉS LIBRE DE RIESGO](https://www.superfinanciera.gov.co/SFCant/Glosario/glosario-t.htm#TASA_DE_INTERÉS_LIBRE_DE_RIESGO)>.

ANEXOS

ANEXO A  
VELOCIDADES DE CORTE EN PROCESO DE ASERRADO



### 3.4 ASERRADO

Consiste en abrir ranuras en el material para separarlo en partes.

Para el corte de piezas se utilizan principalmente dos tipos de herramienta:

- *Sierra circular* de acero rápido con dientes sin triscar, vaciados lateralmente. Consiste en un disco con dientes en su borde, que corta mediante un movimiento de giro y avance en profundidad.

- *Sierra de cinta*, de dientes triscados (inclinados alternativamente para que el surco sea más espeso que la hoja y ésta se deslice bien). Su forma es la de una larga cinta en lazo cerrado, que realiza un movimiento longitudinal continuo. En general las máquinas de cinta son más sencillas y económicas.

**Se recomiendan velocidades de corte de 1000 a 2000 m / min.**

Para corte manual sirve cualquier tipo de sierra: de arco, serrucho, segueta, etc.

## ANEXO B

### COEFICIENTE DE CORRECCION DE POTENCIA DE DISEÑO

Factor de servicio	<b>Motores eléctricos</b> ·De CA monofásicos ·Asincrónicos ·Jaula de ardilla de par normal ·De CC bobinado shunt <b>Motores a gas</b> <b>Motores de combustión interna policilíndricas</b>	<b>Motores eléctricos:</b> ·De CA con par de gran potencia ·De rotor bobinado y anillos rozantes ·De CC bobinado compound <b>Motores monocilíndricos</b> <b>Ejes de transmisión</b> <b>Tomas de fuerza con embrague</b>
- Agitadores de líquidos - Ventiladores pequeños y medianos - Bombas centrífugas	1,0 a 1,2	1,1 a 1,3
- Punzonadoras - Mezcladoras pequeñas y medianas - Generadores - Compresores de tornillo - Cizallas - Prensas - Máquinas de imprenta - Cribas vibratorias	1,1 a 1,3	1,2 a 1,4
- Elevadores - Compresores de pistones - Maquinaria de lavanderías - Bombas de pistones - Ventiladores grandes - Maquinaria textil - Máquinas herramientas	1,2 a 1,4	1,4 a 1,6
- Malacates y guinches - Molinos - Transportadora sinfin	1,3 a 1,5	1,5 a 1,8

Fuente: Elementos de máquinas. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016]  
 Disponible en internet:  
<http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemáquinas/cap06-01.pdf>

## ANEXO C

### LONGITUD Y TIPO DE CORREA

LONGITUDES PRIMITIVAS DE LAS CORREAS [mm]					
Nº	Perfil A (13 x 8)	Perfil B (17 x 10,5)	Perfil C (22 x 13,5)	Perfil D (32 x 19)	Perfil E (40 x 25)
26	690				
28	741				
31	817				
35	919	932			
38	995	1008			
42	1097	1110			
46	1198	1211			
51	1325	1338	1347		
55	1427	1440			
60	1554	1567	1576		
64	1656	1669			
68	1757	1770	1779		
71	1833	1846			
75	1935	1948	1957		
80	2062	2079	2084		
81		2100	2109		
85	2189	2202	2211		
90	2316	2329	2338		
96	2468		2490		
97	2494	2507	2516		
105	2697	2710	2719		
112	2875	2888	2897		
120	3078	3091	3100	3117	
128	3281	3294	3303	3320	
136		3497	3506		
144		3701	3710	3727	
158		4055	4065	4082	
162		4158	4167	4184	
173		4437	4446	4463	
180		4615	4624	4641	4656
195		4996	5005	5022	5037
210		5377	5386	5403	5418
240		6106	6105	6102	6109
270		6868	6867	6864	6871
300		7630	7629	7626	7633
330			8391	8388	8395

Fuente: Elementos de máquinas. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016]

Disponible en internet:

<http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemáquinas/ca-p06-01.pdf>

ANEXO D  
POTENCIA POR CORREA PARA LA SECCION A

SECCION A (13x8)																				
Diámetro polea chica		Relación de velocidad 1 : i	RPM DE LA POLEA PEQUEÑA																	
mm	pulg		200	400	720	800	950	1200	1450	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3200	3600	4000	4500
63	2.50	1.00	0.15	0.28	0.40	0.44	0.49	0.55	0.61	0.63	0.67	0.69	0.72	0.74	0.75	0.75	0.75	0.73	0.68	0.58
		1.05	0.17	0.28	0.41	0.45	0.50	0.57	0.63	0.66	0.69	0.72	0.74	0.77	0.78	0.78	0.78	0.75	0.70	0.61
		1.20	0.18	0.29	0.43	0.46	0.51	0.58	0.64	0.68	0.72	0.74	0.77	0.79	0.80	0.80	0.80	0.78	0.73	0.62
		1.50	0.18	0.30	0.44	0.47	0.53	0.61	0.67	0.70	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.83	0.80	0.74	0.64
		<=	3.00	0.19	0.32	0.45	0.50	0.55	0.62	0.69	0.73	0.77	0.79	0.81	0.84	0.85	0.86	0.85	0.83	0.77
71	2.80	1.00	0.23	0.39	0.58	0.63	0.72	0.84	0.95	1.01	1.09	1.15	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.45	1.45	1.40
		1.05	0.23	0.40	0.60	0.66	0.74	0.87	0.98	1.04	1.13	1.19	1.26	1.31	1.36	1.40	1.46	1.49	1.49	1.45
		1.20	0.24	0.41	0.62	0.68	0.77	0.90	1.02	1.08	1.17	1.24	1.30	1.36	1.41	1.45	1.51	1.54	1.54	1.49
		1.50	0.26	0.43	0.64	0.70	0.79	0.94	1.06	1.14	1.20	1.28	1.35	1.40	1.46	1.49	1.57	1.59	1.59	1.54
		>=	3.00	0.26	0.44	0.66	0.73	0.81	0.96	1.08	1.15	1.24	1.31	1.38	1.45	1.49	1.54	1.62	1.64	1.64
80	3.15	1.00	0.29	0.51	0.78	0.86	0.98	1.17	1.34	1.43	1.55	1.66	1.76	1.86	1.93	2.00	2.13	2.21	2.26	2.25
		1.05	0.30	0.52	0.81	0.90	1.02	1.21	1.38	1.48	1.60	1.71	1.82	1.92	2.00	2.08	2.21	2.30	2.33	2.32
		1.20	0.32	0.55	0.84	0.92	1.06	1.25	1.43	1.53	1.66	1.77	1.88	1.98	2.08	2.15	2.28	2.37	2.42	2.40
		1.50	0.33	0.56	0.86	0.96	1.09	1.29	1.48	1.58	1.71	1.83	1.94	2.05	2.14	2.22	2.36	2.44	2.49	2.48
		>=	3.00	0.33	0.57	0.89	0.98	1.12	1.34	1.53	1.63	1.77	1.89	2.00	2.11	2.21	2.30	2.43	2.53	2.57
90	3.55	1.00	0.36	0.64	1.01	1.12	1.28	1.53	1.76	1.89	2.05	2.21	2.36	2.48	2.60	2.71	2.89	3.02	3.10	3.10
		1.05	0.38	0.67	1.03	1.15	1.32	1.58	1.82	1.96	2.13	2.28	2.43	2.57	2.70	2.81	2.99	3.12	3.19	3.21
		1.20	0.39	0.68	1.07	1.19	1.36	1.63	1.88	2.02	2.20	2.37	2.51	2.66	2.78	2.90	3.10	3.23	3.30	3.32
		1.50	0.40	0.70	1.11	1.23	1.41	1.69	1.94	2.09	2.27	2.44	2.60	2.74	2.88	3.00	3.19	3.34	3.41	3.42
		>=	3.00	0.41	0.73	1.14	1.28	1.46	1.74	2.00	2.15	2.34	2.51	2.68	2.83	2.96	3.08	3.29	3.44	3.52
100	4.00	1.00	0.44	0.78	1.23	1.36	1.57	1.88	2.17	2.34	2.55	2.74	2.93	3.10	3.24	3.39	3.61	3.76	3.85	3.85
		1.05	0.45	0.80	1.26	1.41	1.62	1.89	2.25	2.42	2.64	2.84	3.02	3.21	3.36	3.50	3.74	3.90	4.00	3.98
		1.20	0.46	0.83	1.31	1.46	1.68	2.02	2.32	2.50	2.72	2.94	3.13	3.30	3.47	3.62	3.86	4.03	4.13	4.12
		1.50	0.47	0.85	1.35	1.51	1.72	2.08	2.40	2.59	2.82	3.04	3.23	3.41	3.58	3.74	3.98	4.17	4.26	4.25
		>=	3.00	0.50	0.87	1.40	1.55	1.79	2.14	2.48	2.66	2.90	3.12	3.34	3.52	3.70	3.86	4.12	4.30	4.40
125	5.00	1.00	0.61	1.09	1.76	1.97	2.27	2.73	3.17	3.42	3.73	4.02	4.29	4.52	4.74	4.92	5.21	5.38	5.40	5.23
		1.05	0.63	1.14	1.82	2.04	2.34	2.83	3.29	3.55	3.86	4.15	4.43	4.68	4.91	5.10	5.39	5.56	5.60	5.42
		1.20	0.64	1.18	1.88	2.10	2.43	2.93	3.40	3.66	4.00	4.30	4.58	4.83	5.06	5.27	5.57	5.76	5.78	5.60
		1.50	0.67	1.21	1.94	2.17	2.50	3.02	3.51	3.78	4.12	4.44	4.74	4.99	5.23	5.44	5.76	5.94	5.97	5.78
		>=	3.00	0.69	1.25	2.00	2.25	2.59	3.12	3.62	3.90	4.25	4.58	4.88	5.16	5.40	5.61	5.94	6.13	6.17
140	5.60	1.00	0.70	1.29	2.08	2.32	2.68	3.24	3.75	4.04	4.41	4.74	5.04	5.31	5.55	5.74	6.02	6.13	6.06	5.67
		1.05	0.73	1.34	2.15	2.40	2.77	3.35	3.89	4.19	4.57	4.91	5.22	5.50	5.74	5.95	6.23	6.35	6.27	5.88
		1.20	0.77	1.38	2.22	2.49	2.87	3.46	4.02	4.32	4.71	5.08	5.39	5.68	5.94	6.14	6.45	6.57	6.48	6.07

Fuente: Elementos de Máquinas. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016]  
 Disponible en internet:  
[http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemaquinas/cap\\_06-01.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemaquinas/cap_06-01.pdf)

# ANEXO E

## CATALOGO SIEMENS MOTOR DE 2 HP

**MOTORES TRIFÁSICOS DE PROPÓSITO GENERAL CON CARCASA EN ALEACIÓN Y EFICIENCIA AUMENTADA, TEFC, AISLAMIENTO VPI (EN VACÍO) , CLASE F**

Datos técnicos

www.motores.siemens.com

ESPECIFICACIONES NOMINALES PARA MOTORES TRIFÁSICOS ESTÁNDAR 1LA7 Y 1LA5 60Hz

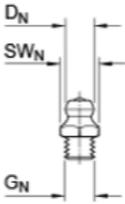
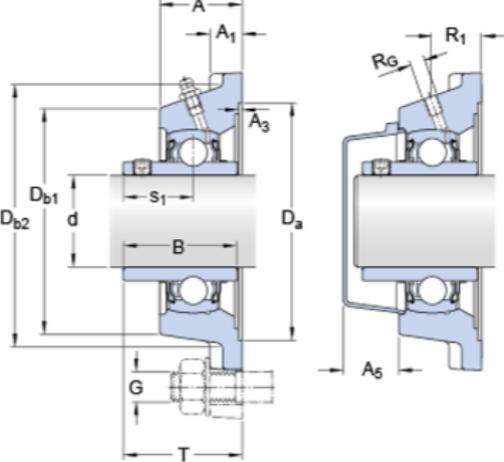
Tipo	Frame IEC	Potencia		Factor de servicio		Corriente Nominal [A]		Eficiencia $\eta$	Factor de Potencia $\cos \phi$	Velocidad Nominal (rpm)	Torque Nominal [Nm]	Torque de Arranque (Ta/Tn)	Corriente de Arranque (Ia/In)	Peso Neto [kg]	Recomendados AS/BS
		HP	Kw	440V	220V	(%)									
<b>MOTORES DE 2 POLOS, 3600 RPM</b>															
1LA7 070-2YA60	71	0.8	0.6	1.15	2.4	1.2	77.4	0.79	3430	1.56	2.7	6	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 073-2YA60	71	1	0.7	1.15	3.5	1.75	62.8	0.89	3320	2.15	2.5	4.7	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 080-2YA60	80	2	1.1	1.15	5.3	2.65	69.2	0.80	3370	3.17	1.8	3.7	8.4	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 083-2YA60	80	2	1.5	1.15	6.2	3.1	73.4	0.86	3410	4.18	3.3	6.3	10	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 090-2YB60	90 L	2.4	1.8	1.15	3.5	7	81.0	0.82	3460	4.9	2.4	5.5	11.7	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 093-2YB60	90 L	3	2.2	1.1	4.5	9	82.3	0.79	3450	6.2	2.7	5.7	14.6	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 097-2YB60	90 L	4	3.0	1.15	5.5	11	84.5	0.84	3460	8.2	2.4	5.9	16.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 113-2YB60	112 M	5	3.7	1.15	7	14	85.2	0.82	3508	10.2	2.7	7.8	26.6	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 113-2YC60	112 M	6	4.5	1.25	8.5	17	84.6	0.81	3492	12.3	2.6	7.5	26.6	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 115-2YB60	112 M	7.5	5.6	1.15	9.5	19	86.0	0.89	3480	15.3	2.0	5.8	30	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 132-2YB70	132 S/M	10	7.5	1.15	13.3	26.6	88.1	0.83	3525	20.5	2.7	6.8	52.8	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 132-2YC70	132 S/M	12	9.0	1.05	15.2	30.4	87.5	0.88	3500	24.6	2.7	6.8	53.3	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 133-2YB70	132 S/M	15	11.2	1.15	19	38	88.1	0.87	3515	30.5	2.0	6.5	56.5	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 165-2YB70	160 M/L	20	14.9	1.15	26	52	88.5	0.85	3530	42.0	2.0	4.8	83.5	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA7 165-2YC70	160 M/L	25	18.7	1.15	31.8	63.6	89.5	0.86	3510	50.8	2.1	5	84.5	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA7 167-2YB70	160 M/L	30	22.4	1.15	38.6	77.2	89.6	0.84	3530	61.0	2.1	4.6	95.2	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA5 183-2YB80	180 M	35	26.1	1.15	43.5	87	91.9	0.85	3545	70.5	2.1	6.6	135	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 184-2YB80	180 M	40	29.8	1.05	52	104	91.5	0.82	3550	80.5	2.3	6.4	135	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 206-2YB80	200 L	50	37.3	1.15	67	134	92.5	0.78	3554	101.0	2.4	6.6	189	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 207-2YB80	200 L	60	44.8	1.15	76.6	153.2	92.4	0.82	3564	120.0	2.4	6.6	207	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 223-2YB80	225 S/M	75	56.0	1.15	91.5	183	93.1	0.86	3550	151.0	1.9	6.8	229	6213 2Z C3 / 6212 2Z C3	
<b>MOTORES DE 4 POLOS, 1800 RPM</b>															
1LA7 070-4YC60	71	0.4	0.3	1.05	1.6	0.8	63.3	0.77	1640	1.7	1.8	2.8	4.7	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 070-4YA60	71	0.5	0.4	1.15	1.9	0.95	63.6	0.81	1590	2.24	1.3	2.7	4.7	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 071-4YA60	71	0.6	0.4	1.15	2.2	1.1	70.2	0.76	1680	2.54	1.8	3.4	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 073-4YA60	71	0.8	0.6	1.15	2.9	1.45	64.0	0.79	1650	3.24	1.9	3.7	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 080-4YA60	80	1.0	0.7	1.15	3.5	1.75	64.2	0.87	1660	4.3	1.9	3.7	8.1	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 081-4YA60	80	1.2	0.9	1.05	4.0	2.0	69.0	0.85	1675	5.1	2.2	3.7	9.3	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 083-4YA60	80	1.5	1.1	1.15	5.0	2.5	65.9	0.89	1650	6.4	1.8	3.0	9.3	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 096-4YB60	90 L	2	1.5	1.15	3.3	6.6	82.3	0.8	1720	8.4	2.2	4.4	15.2	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 096-4YC60	90 L	2.4	1.8	1.15	3.7	7.4	81.5	0.78	1703	10.2	2.7	5.2	15.3	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 097-4YB60	90 L	3.0	2.2	1.15	4.3	8.6	83.0	0.82	1730	12.3	1.8	3.6	16.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 112-4YB60	112 M	4	3.0	1.15	6.1	12.2	85.5	0.74	1745	16.4	2.8	7.6	25.4	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 112-4YC60	112 M	5	3.7	1.15	7.9	15.8	85.3	0.73	1740	20.5	2.3	6.5	25.4	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 114-4YB60	112 M	6	4.5	1.05	9	18	85.7	0.76	1740	24.6	2.8	8.7	28.3	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 115-4YB60	112 M	7.5	5.6	1.15	10	20	87.5	0.83	1740	30.7	2.2	5.6	30	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 132-4YB70	132 S/M	10	7.5	1.15	12.2	24.4	88.3	0.83	1755	40.5	2.3	6	51.8	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	

Fuente: Industria Siemens. Motores catalogo [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016]  
 Disponible en internet:  
<http://industria.siemens.com.mx/Motores/Docs/Motores%20NNM.pdf>

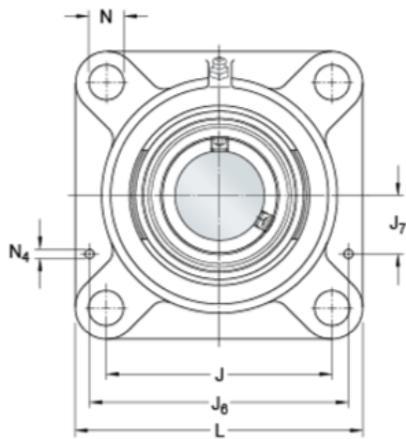
ANEXO F  
CATALOGO SKF RODAMIENTOFY30TF



FY 30 TF

Housing material	Cast iron		
Dimensions			
			
			
d	30	mm	
A	32.5	mm	
A <sub>1</sub>	13	mm	
A <sub>3</sub>	H14	3.2	mm
A <sub>5</sub>		20	mm
B		38.1	mm
D <sub>a</sub>	H11	93.7	mm
D <sub>b1</sub>		76	mm
D <sub>b2</sub>		84	mm
J		82.5	mm
L		108	mm
N		11.5	mm
s <sub>1</sub>		22.2	mm

Fuente: Catalogo SKF. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016] Disponible en internet: [http://www.skf.com/binary/96-121486/10000\\_2-ES---Rolling-bearings.pdf](http://www.skf.com/binary/96-121486/10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf)



T	42.2	mm
<b>Threaded hole</b>		
R <sub>G</sub>	1/4-28 UNF	
R <sub>1</sub>	21	mm
<b>Grease fitting</b>		
D <sub>N</sub>	6.5	mm
SW <sub>N</sub>	7	mm
G <sub>N</sub>	1/4-28 SAE-LT	
<b>Dowel pins</b>		
J <sub>6</sub>	96	mm
J <sub>7</sub>	24.5	mm
N <sub>4</sub>	4	mm

**Calculation data**

Basic dynamic load rating	C	19.5	kN
Basic static load rating	C <sub>0</sub>	11.2	kN
Fatigue load limit	P <sub>u</sub>	0.475	kN
Limiting speed		6300	r/min

(with shaft tolerance h6)

Fuente: Catalogo SKF. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016] Disponible en internet: [http://www.skf.com/binary/96-121486/10000\\_2-ES---Rolling-bearings.pdf](http://www.skf.com/binary/96-121486/10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf)

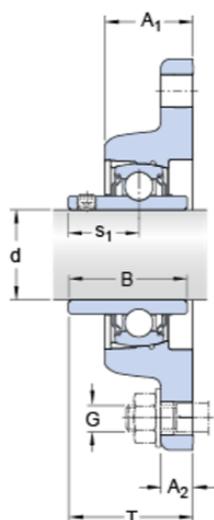
## ANEXO G

### CATALOGO SKF RODAMIENTO SY30TFY/VA228

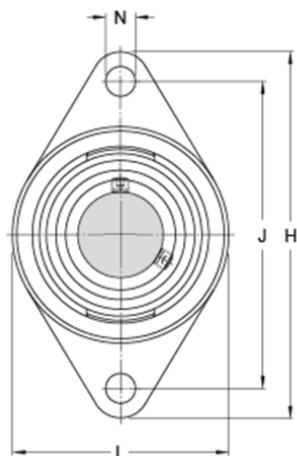


#### FYT 30 TF/VA228

##### Dimensions



d	30	mm
A <sub>1</sub>	32.7	mm
A <sub>2</sub>	13	mm
J	116.7	mm
H	141.5	mm
L	83	mm
T	42.2	mm
N	12.7	mm
B	38.1	mm
s <sub>1</sub>	22.2	mm



##### Calculation data

Basic dynamic load rating	C	19.5	kN
Basic static load rating	C <sub>0</sub>	11.2	kN

Fuente: Catalogo SKF. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016] Disponible en internet: [http://www.skf.com/binary/96-121486/10000\\_2-ES---Rolling-bearings.pdf](http://www.skf.com/binary/96-121486/10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf)

## ANEXO H PROPIEDADES ACERO AISI 1045

### ACERO AISI-SAE 1045 (UNS G10450)

**1. Descripción:** es un acero utilizado cuando la resistencia y dureza son necesarios en condición de suministro. Este acero medio carbono puede ser forjado con martillo. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria.

**2. Normas involucradas:** ASTM A108

**3. Propiedades mecánicas:** Dureza 163 HB (84 HRb)  
Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI)  
Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)  
Elongación 16% (en 50 mm)  
Reducción de área (40%)  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)  
Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.87 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>)

**5. Propiedades químicas:** 0.43 – 0.50 % C  
0.60 – 0.90 % Mn  
0.04 % P máx  
0.05 % S máx

**6. Usos:** los usos principales para este acero es piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.

**7. Tratamientos térmicos:** se da normalizado a 900°C y recocido a 790°C

**NOTA:**

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

### ACERO MAQUINARIA -AISI 1045

Fuente: SUMITEC. Acero inoxidable. [En línea].2013. [Citado 17-Abr-2015]

Disponible en internet:

<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201020.pdf>

Propiedades de los aceros (Continuación)

## > PROPIEDADES MECÁNICAS

Calidad de Acero	R	F	%A Lo = 200mm	Doblado a 180°	
	MPa (kgf/mm <sup>2</sup> )	MPa (kgf/mm <sup>2</sup> )		Diámetro Mandril	Sentido
Comercial	----	----	----	1,5 e	Longitudinal
Estructural	400 - 550 (40,8 - 56,1)	250 mín. (25,5 mín.)	18 mín.	1,5 e	Longitudinal
Estructural de Alta Resistencia y Baja Aleación	450 mín. (45,9 mín.)	345 mín. (35,2 mín.)	16 mín.	1,5 e; (e ≤ 25mm) 2 e; (e > 25 mm)	Longitudinal
Naval (A 131)	400 - 520 (40,8 - 53,0)	235 mín. (24,0 mín.)	21 mín. (*)	----	----

R: resistencia a la tracción; F: Límite de Fluencia; %A; Porcentaje de alargamiento; Lo: longitud calibrada de la probeta de ensayo; e: espesor.

(\*) .- Para el caso de planchas con certificación Lloyd 's ,el alargamiento se regirá por valores de acuerdo al espesor ,considerados en la especificación de la Lloyd 's

## > CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y DE FORMA

Dimensiones nominales (mm)

Ancho	Espesor													Longitud
	6,0	6,4	8,0	9,0	9,5	12,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	38,0	50,0	
1220	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1520	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2400 <sup>(1)</sup>
1800	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2000	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6000
2400	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	12000

(1) Longitud solo en calidad comercial.

*Nota 1.- Se fabrican otras dimensiones previa consulta*

*Nota 2.- Se suministran bobinas en calidad comercial y estructural en ancho 1220 y espesor 6.0 mm*

ANEXO I  
PROPIEDADES ACERO A 36

**ASTM A36**



**Estado de Suministro**

Laminado.

**Tolerancia**

ASTM A6.

**Características**

Acero estructural de buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas, y atornilladas, bases de columnas, piezas para puentes y depósitos de combustibles.

**Aplicaciones**

Construcción de puentes, estanques, estructuras para industrias, edificios, torres y aplicaciones estructurales en general.

**Composición Química (Valores Típicos)**

%C	%Mn	%Si	%P	%S
≤ 0,26	0,80 -1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05

**Propiedades Mecánicas**

Esfuerzo Fluencia (Kg/mm <sup>2</sup> )		Esfuerzo Tracción (Kg/mm <sup>2</sup> )		Elongación
	MPa	(Kg/mm <sup>2</sup> )	MPa	%
25,5 (mín)	250 (mín.)	40,8 (mín)	400 (mín.)	20 (mín.)

**Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío**

Espesor E (mm.)

Hasta 20 mm. (Incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (Incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (Incl.)
1,5 X E	1,5 X E	1,5 X E

Fuente: Catalogo Acero a36. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016] Disponible en internet: [http://www.acerosotero.cl/planchas\\_acero\\_carbono\\_astm\\_a36.html](http://www.acerosotero.cl/planchas_acero_carbono_astm_a36.html)

## ANEXO J

### CATALOGO SECOTOOLS PARA INSERTOS

#### STEEL, FERRITIC AND MARTENSITIC STAINLESS STEEL

ISO	SMG NO.	REPRESENTATIVE MATERIAL	DESCRIPTION
P	1	1010, 1015, 1018, 1020, 1023, 1025, 1212, 1213, 1215, 12L14, A36, A570, A573,	Very soft carbon steels Purely ferritic steels
	2	1108, 1110B, 1137, 1140, 1144, 1146	Free-cutting steels
	3	1035, 1039, 1040, 1045, 1049, 1050, 1055, 1335, A350	Structural steels. Ordinary carbon steels with low to medium carbon content (<0.5%C)
	4	1060, 1064, 1070, 309, 3310, 3415, 403, 405, 410, 416, 420, 430, 446, 4130, 4135, 4140, 4142, 4150, 4320, 4330, 5015, 5045, 5115, 5120, 5135, 5140, 6150, 8620, 9840, A182, P20, HY80	Carbon steels with high carbon content (>0.5%C) Medium hard steels for toughening. Ordinary low-alloy steels Ferritic and martensitic stainless steels
	5	1095, 4340, 440A, 440B, 446, 52100, 8740, 9310, O1, O2, H11, H13 L2, S1, W1, Nitralloy 135, HY100	Normal tool steels Harder steels for toughening Martensitic stainless steels
	6	A2, A6, O2, O3, H10, H21, H41, M1, M2, M3, L6, P20, T1, T5, T15, L6, 300M, 4340, 440C, Maraging 300, Maraging 350	Difficult tool steels High-alloy steels with high hardness Martensitic stainless steels
H	7	Heat Treated Steels from 45-55 Rc, AR400, AR450, AR500, HP 9-4-30	Difficult high-strength steels with 42 to 56 HRC hardness Hardened steels from material group 3-6 Martensitic stainless steels

#### FREE-CUTTING, AUSTENITIC AND DUPLEX STAINLESS STEEL

M	8	301, 302, 303	Easy-cutting stainless steels Free-cutting stainless steels Calcium-treated stainless steels
	9	304, 304L, 309, 310, 316, 316L, 317L, 318, 321, CFB, INVAR 36, Invar 46, Alloy 36, Navar, Type 630	Moderately difficult stainless steels Austenitic and duplex stainless steels
	10	310, 314, 316B, 347, 904L, ALLOY 20, 17-4PH, 13-8PH	Difficult stainless steels Austenitic and duplex stainless steels
	11	316LN, 329LN, 318, 330, F51, F53, F55, 2205, 2207, 2507, 329, CUSTOM 450, CUSTOM 455, XM19, Nitronic 20, Nitronic 30, Nitronic 40, Nitronic 50, Jethete 152, 15-5PH, AL6XN, Ferralium 255	Very difficult stainless steels Austenitic and duplex stainless steels

#### CAST IRON

K	12	60-40-18, 60-45-12, A47 32510, A48-20, A48-25	Medium hard cast iron Grey cast iron
	13	A48-30, A48-35, A48-40, 80-55-06, 80-60-03,	Low-alloy cast iron Malleable cast iron Nodular cast iron
	14	A100-70-03, Ni Resist, A48-50	Moderately difficult alloy cast iron Moderately difficult malleable cast iron Nodular cast iron
	15	A48 50, A48 60, 120-90-02, White Iron, Ni Hard, CGM50	Difficult high-alloy cast iron Difficult malleable cast iron Nodular cast iron

#### OTHER MATERIALS

N	16	A380	Aluminum alloys: Low Si
	17	B390.0	Aluminum alloys: High Si
	18	CA937	Copper alloys
S	19	Disalloy	Fe-based superalloys
	20	Stellite 21	Co-based superalloys
	21	Inconel 718 (bar, forge, ring)	Ni-based superalloys
	22	Ti 6Al-4V (annealed)	Titanium alloys

Fuente: Catalogo Secotools. [En línea] 2016 [Citado 28-feb-2016] Disponible en internet:

[https://www.secotools.com/CorpWeb/north\\_america/Literature\\_brochures/Durato mic%20Turning%20web.pdf](https://www.secotools.com/CorpWeb/north_america/Literature_brochures/Durato mic%20Turning%20web.pdf)