

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE PELLETS  
PARA PECES, ETAPA DE MOLIENDA**

**ANDRES FELIPE GÁMEZ TORRES  
KEVIN FRANCESCO MONRROY RIVAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2017**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE PELLETS  
PARA PECES, ETAPA DE MOLIENDA**

**ANDRES FELIPE GÁMEZ TORRES  
KEVIN FRANCESCO MONROY RIVAS**

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

**Director  
ISNARDO GONZALEZ JAIMES  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2017**

## DEDICATORIA

*A Dios todopoderoso por darme la sabiduría, fortaleza y su eterno amor para afrontar este proyecto con éxito.*

*A mis padres por su apoyo incondicional, confianza y sacrificio durante estos años.*

*A mis familiares, amigos y todas las personas que de alguna u otra forma estuvieron pendientes y aportaron en este proyecto.*

*Andrés Felipe Gámez Torres*

*A Dios, Por estar siempre conmigo, por darme la fortaleza, la sabiduría y ser mi guía constante para superar todas las dificultades.*

*A mi madre, Leonor Monrroy Rivas. Por ser ese apoyo incondicional, por sus consejos, su perseverancia, su esfuerzo, por querer siempre verme como una persona profesional, por su amor y la fe que siempre ha tenido en mí.*

*A mi abuelita, María de los Ángeles Rivas Reyes, por enseñarme que todo problema tiene solución, por siempre escucharme y ser una voz de apoyo, por todo su cariño y amor el cual me ha impulsado para seguir adelante.*

*A mis tíos los cuales siempre se han preocupado por mí, por su buen humor, su respeto y querer incondicional, a mi tía Merlys Patricia López Reyes, por su atención durante todos los años que viví con ella, a Leidý Rodríguez Carreño por enseñarme el valor de la hermandad, a Nilson Monrroy Rivas, a mi hermanita Marion Rivera Monrroy, porque, aunque nos faltaron años por vivir juntos, sé que estarían orgullosos de mí por este momento.*

*Kevin Francesco Monrroy Rivas*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa INDARS S.A.S. y todos sus empleados, por brindarnos la oportunidad y confianza de realizar este proyecto, resaltando el respaldo del señor Javier Archila gerente de la empresa y la colaboración del señor Cristian Mejía jefe de planta, quien nos transmitió su experiencia y conocimiento en el área de la metalmecánica.

A nuestro director del proyecto y amigo Isnardo González Jaimes, quien nos acompañó en el trascurso de este proyecto y nos asesoró de la mejor manera.

A nuestros compañeros y amigos, por su colaboración y aportes dirigido al éxito del proyecto.

**Andrés Felipe Gámez Torres**  
**Kevin Francesco Monroy Rivas**

## CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN.....	23
1. DESCRIPCION Y GENERALIDADES DE LA EMPRESA INDARS SAS.....	24
1.1 RESEÑA HISTORICA.....	24
1.2 MISIÓN.....	25
1.3 VISIÓN.....	25
1.4 UBICACIÓN.....	25
1.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA.....	26
1.6 SECTORES DE PRODUCCION.....	27
1.6.1 Sector Avícola y Agrícola.....	27
1.6.2 Sector Industrial.....	27
1.6.3 Sector Transporte.....	28
1.7 PRODUCTOS Y SERVICIOS.....	29
1.7.1 Corte y Doblez de lámina.....	29
1.7.2 Cilindrado de Lámina.....	29
1.7.3 Soldaduras Especiales.....	30
1.7.4 Corte con Plasma y Oxicorte.....	30
1.7.5 Maquinado de Piezas Industriales.....	30
1.7.6 Sandblasting y Pinturas Especiales.....	30
1.8 CAPACIDAD INSTALADA.....	31
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE GRADO.....	32
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	32
2.2 JUSTIFICACIÓN.....	34

2.3 OBJETIVOS.....	36
2.3.1 Objetivo General.....	36
2.3.2 Objetivos específicos.....	36
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	37
3.1 GENERALIDADES DEL ALIMENTO PARA PECES.....	37
3.2 MANUFACTURA DE DIETAS PARA PECES.....	39
3.2.1 Molido.....	40
3.2.2 Peletizado por extrusión.....	41
4. PROCESOS DE DISEÑO CONCEPTUAL .....	43
4.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD .....	43
4.1.1 Demandas básicas del consumidor.....	43
4.1.2 Organización de requerimientos .....	43
4.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARTICULARES .....	46
4.2.1 Molienda.....	46
4.2.2 Elevadores de cangilones.....	50
4.2.3 Dosificación de materias primas.....	54
5. DISEÑO, CALCULO Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS QUE COMPONEN LA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES .....	58
5.1 DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLOS.....	58
5.1.1 Parámetros de diseño, capacidad de molienda.....	59
5.1.2 Cálculo de número de granos que golpea cada martillo por revolución.....	59
5.1.3 Cálculo de número de martillos.....	59
5.1.4 Conservación de la energía (método experimental).....	60
5.1.5 Diseño geométrico de martillos.....	63
5.1.6 Diseño del disco porta martillos.....	67
5.1.7 Bujes separadores.....	70

5.1.8 Determinación de la potencia.....	76
5.1.9 Selección de transmisión de potencia para eje principal..	77
5.1.10 Diseño de los ejes porta martillos. ....	81
5.1.12 Diseño y selección de cuñas.....	88
5.1.13 Selección de rodamientos.....	89
5.1.14 Análisis CAE de los elementos que componen el molino de martillos.....	91
5.2 ELEVADOR DE CANGILONES.....	103
5.2.1 Parámetros de selección.....	103
5.2.2 Selección del tamaño del elevador de cangilones. ....	104
5.2.3 Cálculo de la potencia requerida.....	104
5.3 SELECCIÓN DE TORNILLOS TRANSPORTADORES HELICOIDALES.....	106
5.3.1 Tornillo transportador helicoidal inclinado.....	106
5.3.2 Transportador Horizontal..	110
5.4 DISEÑO DE LAS TOLVAS DE ESPERA.....	114
5.4.1 Cálculo del espesor de la lámina de las tolvas.....	114
5.4.2 Análisis CAE de las tolvas de espera..	118
5.4.3 Análisis CAE de la estructura de las tolvas de espera.....	119
5.4.4 Descarga del producto.....	121
5.5 CICLON DE ALTA EFICIENCIA.....	122
5.5.1 Parámetros de Selección.....	122
5.5.2 Selección de tipo de ciclón.....	123
5.5.3 Cálculos geométricos del ciclón.....	123
5.5.4 Condiciones de operación.....	124
5.5.5 Selección del ventilador..	124
5.6 SELECCIÓN DUCTO PORTA IMÁN.....	126
5.6.1 Parámetros de selección.....	126
5.6.2 Tipo de separador magnético..	126
5.6.3 Tipo de magneto.....	127
6. CONSTRUCCION, PRUEBAS Y HOJAS DE RUTA.....	128

6.1 CONSTRUCCIÓN DEL MOLINO DE MARTILLOS .....	129
6.1.1 Carcasa, puertas y tolva de alimentación del molino de martillos.....	129
6.1.2 Rotor del molino de martillos.....	129
6.1.3 Sistema de transmisión de potencia.. .....	131
6.1.4 Bastidor del molino de martillos. ....	131
6.2 CONSTRUCCIÓN DE LAS TOLVAS DE ESPERA .....	132
6.3 PRUEBAS DEL MOLINO DE MARTILLOS .....	133
6.4 HOJAS DE RUTA.....	137
6.4.1 Hojas de ruta piezas del molino .....	139
6.4.2 Hoja de ruta las tolvas de espera.....	142
6.4.3 Hoja de ruta de ensamble.....	144
7 ANALISIS DE COSTOS Y VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	146
7.1 COSTOS DEL MOLINO DE MARTILLOS Y TOLVAS DE ESPERA .....	146
7.2 COSTO DE LAS MÁQUINAS SELECCIONADAS EN EL PROYECTO. ....	147
7.3 COSTO TOTAL DE LA SECCIÓN DE MOLIENDA.....	147
7.4 COSTO TOTAL DE LA PLANTA GENERAL .....	148
7.5 VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	148
7.5.1 Costos de los ingredientes.....	149
7.5.2 Costo de energía.. .....	150
7.5.3 Precio final del alimento concentrado.. .....	151
7.5.4 Costos piscicultura.....	152
7.5.5 Valor presente neto (VPN) y Tasa interna de retorno (TIR).....	153
7.5.6 Reembolso sobre la inversión (PAYBACK).....	154
8. CONCLUSIONES .....	155
BIBLIOGRAFIA.....	157
ANEXOS.....	159

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Logo de la empresa .....	24
Figura 2. Ubicación Sede principal INDAR. ....	26
Figura 3. Estructura organizacional INDAR .....	26
Figura 4. Sector avícola y agrícola.....	27
Figura 5. Sector industrial. ....	28
Figura 6. Sector Transporte. ....	28
Figura 7. Servicio de corte y dobléz de lámina. ....	29
Figura 8. Torno convencional.....	30
Figura 9. Alimento para peces en pellets. ....	33
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso. ....	34
Figura 11. Diagrama de la planta.....	35
Figura 12. Uso del alimento de acuerdo con los sistemas de cultivo.....	37
Figura 13. Procedimiento básico para la formulación de dietas completas para peces. ....	38
Figura 14. Tipos de alimentos utilizados. ....	39
Figura 15. Planta para fabricación de alimentos. ....	40
Figura 16. Organización de requerimientos. ....	44
Figura 17. Molino de rodillos.....	47
Figura 18. Molino de martillos.....	48
Figura 19. Molino de discos. ....	49
Figura 20. Elevador de cangilón centrífugo. ....	51
Figura 21. Elevador de cangilones de gravedad continúa. ....	52
Figura 22. Elevador de descarga positiva.....	53
Figura 23. Tolva con dosificador volumétrico.....	54

Figura 24. Tolva con dosificador de pistón. ....	55
Figura 25. Tolva con dosificador de tornillo. ....	56
Figura 26. Molino de martillos.....	58
Figura 27. Granos de maíz.....	60
Figura 28. Probeta de impacto y guía métrica. ....	61
Figura 29. Dirección de giro de los martillos. ....	61
Figura 30. Geometría de los martillos.....	63
Figura 31. Diagrama de cuerpo libre del martillo. ....	65
Figura 32. Posición de los martillos en reposo.....	67
Figura 33. Geometría de los discos.....	68
Figura 34. Diagrama de cuerpo libre del disco.....	68
Figura 35. Buje separador 1.....	70
Figura 36. Buje separador 2.....	72
Figura 37. Buje separador 3.....	73
Figura 38. Buje separador 4.....	74
Figura 39. Buje separador 5.....	75
Figura 40. Sistema de transmisión de potencia.....	77
Figura 41. Diagrama de cuerpo libre polea.....	79
Figura 42. Ejes portamartillos.....	81
Figura 43. Rotor del molino y eje principal.....	85
Figura 44. Rodamiento YET 206-103.....	90
Figura 45. Elevador de cangilones de descarga centrifuga.....	103
Figura 46. Tornillo transportador inclinado.....	106
Figura 47. Tornillo sin fin horizontal.....	111
Figura 48. Tolvas de espera.....	115
Figura 49. Estructura de las tolvas de espera.....	119
Figura 50. Rasera neumática.....	121
Figura 51. Ciclón de alta eficiencia.....	122
Figura 52. Ventilador centrífugo Sodeca.....	125
Figura 53. Posición del ducto porta imán.....	126

Figura 54. Instalaciones de la empresa .....	128
Figura 55. Carcasa, puertas y tolva de alimentación. ....	129
Figura 56. Maquinado eje principal .....	130
Figura 57. Discos separadores y martillos. ....	130
Figura 58. Ensamble del rotor.....	130
Figura 59. Transmisión de potencia.....	131
Figura 60. Bastidor del molino de martillos. ....	131
Figura 61. Sección inferior de las tolvas. ....	132
Figura 62. Sección superior y ensamble de las tolvas.....	132
Figura 63. Corriente del molino en vacío. ....	133
Figura 64. Cribas .....	134
Figura 65. Grano de maíz entero vs molido.....	135
Figura 66. Grano de soya entero vs molido. ....	136
Figura 67. Productos molidos. ....	137
Figura 68. Tolvas de espera y molino de martillos.....	138

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Capacidad instalada.....	31
Tabla 2. Comparación entre dietas pelletizadas y extrudizadas. ....	42
Tabla 3. Matriz de calidad.....	45
Tabla 4. Ponderación de alternativas para subsistema de molienda. ....	50
Tabla 5. Ponderación de alternativas para subsistema de elevadores de cangilones. .....	53
Tabla 6. Ponderación de alternativas para subsistema de tolvas. ....	57
Tabla 7. Nomenclatura de parámetros de diseño. ....	59
Tabla 8. Ecuaciones y resultados de Conservación de la energía, velocidades tangenciales y movimiento angular desacelerado. ....	62
Tabla 9. Dimensiones y cálculos geométricos del martillo.....	64
Tabla 10. Ecuaciones y nomenclatura de esfuerzos en los martillos.....	66
Tabla 11. Ecuaciones y nomenclatura de los discos. ....	69
Tabla 12. Cálculos geométricos y resultados para el buje 1.....	71
Tabla 13. Cálculos geométricos y resultados para el buje 2.....	72
Tabla 14. Cálculos geométricos y resultados para el buje 3.....	73
Tabla 15. Cálculos geométricos y resultados para el buje 4.....	74
Tabla 16. Cálculos geométricos y resultados para el buje 5.....	75
Tabla 17. Cálculos de potencia del motor en vacío.....	76
Tabla 18. Cálculos de potencia de molienda.....	76
Tabla 19. Parámetros de cálculo.....	78
Tabla 20. Ecuaciones y cálculos de la transmisión de potencia.....	78
Tabla 21. Ecuaciones y cálculos de tensiones de la transmisión de potencia.....	80

Tabla 22. Cálculos del eje porta martillos .....	82
Tabla 23. Diseño del eje principal.....	85
Tabla 24. Diseño cuña .....	88
Tabla 25. Parámetros de entrada SKF. ....	89
Tabla 26. Resultados SKF. ....	90
Tabla 27. Propiedades para el análisis del eje portamartillos. ....	91
Tabla 28. Resultados de tensiones del eje portamartillos. ....	91
Tabla 29. Resultados de desplazamientos del eje portamartillos. ....	92
Tabla 30. Resultados de factor de seguridad del eje portamartillos.....	93
Tabla 31. Propiedades para el análisis del martillo.....	93
Tabla 32. Resultados de tensiones del martillo.....	94
Tabla 33. Resultados de desplazamientos del martillo.....	95
Tabla 34. Resultados de factor de seguridad del martillo. ....	95
Tabla 35. Propiedades para el análisis del eje del rotor. ....	96
Tabla 36. Resultados de tensiones del eje del rotor. ....	97
Tabla 37. Resultados de desplazamientos del eje del rotor.....	97
Tabla 38. Resultados de factor de seguridad del eje del rotor. ....	98
Tabla 39. Propiedades para el análisis de los discos separadores.....	99
Tabla 40. Resultados de tensiones del disco.....	100
Tabla 41. Resultados de desplazamientos del disco. ....	100
Tabla 42. Resultados de factor de seguridad del disco. ....	101
Tabla 43. Propiedades para el análisis de la carcasa.....	102
Tabla 44. Resultados de factor de seguridad de la carcasa .....	102
Tabla 45. Cálculo potencia requerida. ....	105
Tabla 46. Paso 1 factores conocidos .....	106
Tabla 47. Capacidad requerida tornillo transportador inclinado .....	107
Tabla 48. Ecuaciones de velocidad de rotación.....	108
Tabla 49. Cálculos de potencia.....	109
Tabla 50. Paso 1 factores conocidos .....	111
Tabla 51. Capacidad requerida tornillo transportador horizontal.....	112

Tabla 52. Cálculos de potencia.....	113
Tabla 53. Diseño de la tolva. ....	116
Tabla 54. Propiedades para el análisis de las tolvas .....	118
Tabla 55. Resultados de factor de seguridad de las tolvas.....	119
Tabla 56. Resultados de factor de seguridad de la estructura.....	120
Tabla 57. Cálculo geométrico del ciclón .....	123
Tabla 58. Propiedades del aire a temperatura ambiente .....	124
Tabla 59. Caída de presión.....	125
Tabla 60. Dimensiones geométricas del ducto porta imán .....	126
Tabla 61. Prueba con maíz.....	134
Tabla 62. Prueba con soya.....	135
Tabla 63. Prueba con arroz.....	136
Tabla 64. Prueba con sorgo.....	136
Tabla 65. Prueba con trigo.....	136
Tabla 66. Hoja de ruta martillos .....	139
Tabla 67. Hoja de discos separadores.....	140
Tabla 68. Hoja del eje principal.....	141
Tabla 69. Hoja ruta sección inferior .....	142
Tabla 70. Hoja ruta sección superior .....	143
Tabla 71. Subensamble 002 molino de martillos .....	144
Tabla 72. Ensamble 005 tolvas de espera.....	145
Tabla 73. Costo total del molino de martillos .....	146
Tabla 74. Costo total de las tolvas de espera .....	146
Tabla 75. Costo maquinas seleccionadas. ....	147
Tabla 76. Costo total de la sección de molienda.....	147
Tabla 77. Costo total de la planta de alimentos.....	148
Tabla 78. Costos para producir alimento concentrado.....	148
Tabla 79. Formulación de alimento balanceado para peces.....	149
Tabla 80. Precio de los ingredientes por Kg. ....	149
Tabla 81. Precio del producto por Kg según formulación. ....	150

Tabla 82. Costo energético.....	150
Tabla 83. Precio del producto.....	151
Tabla 84. Comparación de precios en bulto .....	151
Tabla 85. Costos de producción piscícola.....	152
Tabla 86. Flujo de caja.....	153
Tabla 87. Valor presente neto.....	153
Tabla 88. Tasa interna de retorno.....	154
Tabla 89. Reembolso sobre la inversión.....	154

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Nutrientes esenciales en el alimento para peces .....	159
Anexo B. Alimento natural y artificial.....	164
Anexo C. Formulación de dietas para peces de cultivo .....	167
Anexo D. Planos de la planta general.....	170
Anexo E. Planos del molino de martillos.....	173
Anexo F. Planos de las tolvas de espera .....	193
Anexo G. Calculo de ancho minimo del martillo .....	200
Anexo H. Catálogo del motor para el molino de martillos .....	201
Anexo I. Catalogo y tablas para la selección de correas .....	204
Anexo J. Tablas para el diseño de ejes .....	211
Anexo K. Tablas para el diseño de cuñas.....	213
Anexo L. Selección de rodamientos.....	214
Anexo M. Tablas para selección del elevador de cangilones .....	216
Anexo N. Tablas pára selección de los tornillos transportadores helicoidales.....	221
Anexo O. Tablas y propiedades para el diseño de las tolvas de espera.....	229
Anexo P. Selección de ciclón de alta eficiencia .....	233
Anexo Q. Hojas de ruta para la construcción y ensamble del molino de martillos y las tolvas de espera .....	235
Anexo R. Costos de la planta general.....	258

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES.\*

**AUTOR:** ANDRES FELIPE GAMEZ TORRES  
KEVIN FRANCESCO MONRROY RIVAS\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Molino de martillos, Tornillo helicoidal, Ciclón de alta eficiencia, pellets, piscicultura.

### DESCRIPCION:

La necesidad de volverse competitivo en el sector alimenticio incide a que todos los sectores productores de alimento busquen aliviar los costos de producción, manteniendo y mejorando los índices de calidad; la piscicultura no es indiferente y a pesar que Colombia es un país rico en hidrografía todavía no cuenta con una producción sólida y autosostenible, limitándose a tener que importar este producto y a tener niveles de exportacion relativamente bajos respecto a países como China, Vietnam, Indonesia, Brasil, etc.

El alto crecimiento de consumo de pescado, el alza de precios en los insumos y suplementos alimenticios para peces y la poca tecnificación que tiene este sector agropecuario representan las principales problemáticas de un sector que pide más respaldo por parte de la industria manufacturera.

Este proyecto diseña y construye un molino de martillos, cuatro (4) tolvas de espera, y selecciona un elevador de cangilones, un tornillo transportador inclinado y uno horizontal helicoidal, un ducto porta imán y un ciclón de alta eficiencia, que son las máquinas que corresponden a la planta piloto productora de pellets para peces, sección molienda, surgiendo como una alternativa para solucionar los problemas de abastecimiento de alimento para los microempresarios dedicados a la labor de la piscicultura, este diseño le permitirá reducir los costos, tiempos de producción y aumentar la producción convirtiéndose en una práctica agropecuaria autosostenible.

Estas estrategias de diseño están soportadas por el cálculo ingenieril convencional y un análisis CAE que da más argumento a la implicación de la tecnología en esta práctica agropecuaria, además de ser un diseño que garantiza y previene los riesgos laborales para los operarios.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Isnardo González Jaimes, Ing. Mecánico.



## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE MILLING SECTION FOR A PILOT PRODUCTION PLANT FOR PELLETS FOR FISH. \*

**AUTHOR:** ANDRES FELIPE GAMEZ TORRES  
KEVIN FRANCESCO MONRROY RIVAS \*\*

**KEY WORDS:** Hammer Mill, Helical Screw, High Efficiency Cyclone, Pellets, Fish Farming.

### **DESCRIPTION:**

The need to become competitive in the food sector implies that all food producing sectors seek to alleviate production costs, maintaining and improving quality indices; Fish farming is not indifferent and although Colombia is a country rich in hydrography, it still does not have a solid and self-sustaining production, only having to import this product and having relatively low levels of exports compared to countries such as China, Vietnam, Indonesia, Brazil, etc.

The high growth of fish consumption, the rise in prices of fish food inputs and supplements, and the lack of technology in this agricultural sector represent the main problems in a sector that demands more support from the manufacturing industry.

This project designs and builds a hammer mill, four (4) hopper hoppers, and selects a bucket elevator, a tilted and a horizontal helical conveyor screw, a magnet duct and a high efficiency cyclone, which are machines that correspond to the pilot plant producing pellets for fish, section grinding, emerging as an alternative to solve the problems of food supply for microentrepreneurs engaged in the work of fish farming, this design will allow you to reduce costs, production times and increase The production becoming a self-sustaining agricultural practice.

These design strategies are supported by conventional engineering calculations and a CAE analysis that gives more argument to the implication of the technology in this agricultural practice, besides being a design that guarantees and prevents the labor risks for the operators.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Isnardo González Jaimes, Mechanical Engineer.

## INTRODUCCIÓN

La piscicultura colombiana empieza a formar parte importante del sector agropecuario, y aunque todavía no tenga una economía sólida y de alta trascendencia como la ganadería, porcicultura o los cultivos de caña y azúcar en el Valle del Cauca está presentando un crecimiento en la demanda para el consumo tanto a nivel nacional como en el mercado internacional. Sin embargo, la producción se ha quedado escasa y los problemas empiezan a surgir, tanto así que el país ha tenido que importar pescado de otros países para poder hacer frente al consumo; pero ese no es el único factor que preocupa a agricultores de peces, el elevado precio en los insumos y suplementos alimenticios para los alevines no permite tener competitividad y una alta y eficiente producción restándole las posibilidades de ser una economía con progreso y producción sostenible.

Poder tecnificar el sector de la piscicultura es la alternativa de solución mejor posicionada para poder contrarrestar los problemas de abastecimiento alimenticio, la implementación de estrategias y alternativas de maquinarias que permitan al criador poder producir su propio grano alimenticio (alimento concentrado).

Este proyecto ofrece una alternativa en general de diseño de una planta para alimento de peces que cumple con los requerimientos de abastecimiento y con viabilidad económica para microempresarios del sector agropecuario dedicados al cultivo de peces, que quieran suplir sus necesidades y aumentar su producción, sin descuidar la calidad del producto. La planta de alimento para peces cuenta con todos los equipos disponibles para la transformación de la materia prima.

Debido a la complejidad del proyecto fue necesario dividir el sistema de producción, en tres etapas, primera etapa de molienda, segunda etapa de mezclado y tercera etapa de extrusión y empaquetado; Este documento muestra el diseño, cálculos y planificaciones pertinentes respecto al proceso de fabricación de la etapa de molienda, con el cual se puede dar el primer paso para que la tecnología se vincule y de solución a los problemas que estanca la piscicultura en el país cafetero.

## 1. DESCRIPCION Y GENERALIDADES DE LA EMPRESA INDARS SAS

### 1.1 RESEÑA HISTORICA

La organización fue creada bajo el nombre de Indumetálicas Archila, es una empresa metalmecánica santandereana de carácter familiar, formada en el año de 1991 en la ciudad de Bucaramanga, operando en un área construida de 480 m<sup>2</sup> en el barrio Girardot, dedicándose al diseño, fabricación y montaje de maquinaria avícola, agrícola, industrial, de transporte y construcción. Presta servicios de corte y doblado, cilindrado, corte con plasma, soldaduras especializadas y maquinados; además realiza mantenimiento y suministro de partes de equipos para industria avícola y maquinaria agroindustrial.

En el año 2006 inician labores en las nuevas instalaciones de la zona industrial de Chimitá con un área construida de 2000 m<sup>2</sup>, las instalaciones disponen de un excelente equipo humano y equipos de última tecnología tipo CNC para corte y doblado de lámina, también cuenta con alquiler de máquinas y herramientas para obras civiles. Para el año 2013 la empresa cambia su nombre a INDARS SAS. En la figura 1 se muestra el logo de la empresa INDARS SAS.

**Figura 1.** Logo de la empresa.



Fuente: [www.indars.com.co](http://www.indars.com.co)

## **1.2 MISIÓN**

INDARS SAS es una empresa metalmecánica que tuvo sus inicios en el año 1991 en representación de INDUMETALICAS ARCHILA, y su labor inicial es el diseño, fabricación y montaje de maquinaria avícola, agrícola, industrial, de transporte y construcción. Presta servicios de corte y doblaje, cilindrado, corte con plasma, soldaduras especializadas y maquinados. Además, realiza mantenimiento y suministro de partes de equipos para industria avícola y maquinaria agroindustrial.

Se destaca por contar con personal capacitado y tecnología adecuada, que permite ofrecer a sus clientes experiencia, asistencia técnica y soluciones ágiles y oportunas.

## **1.3 VISIÓN**

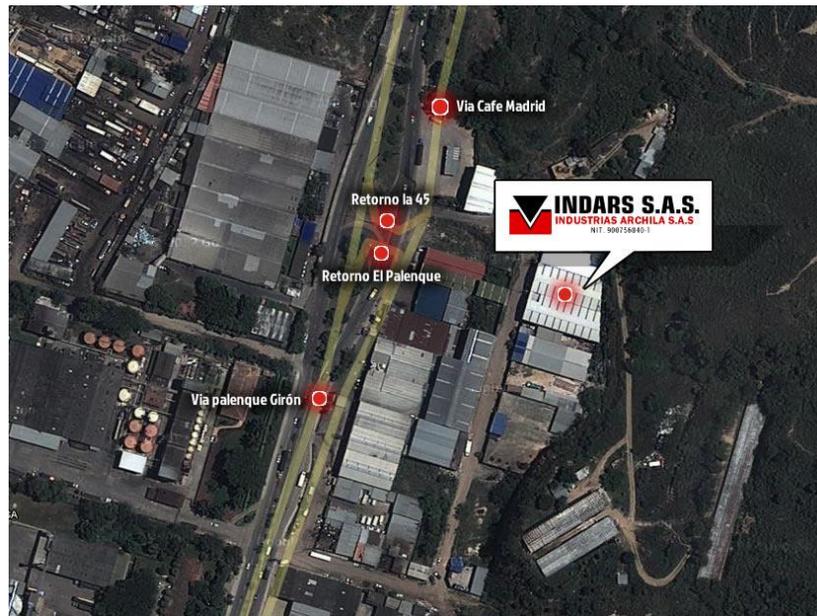
Para el año 2020, INDARS SAS será una empresa reconocida a nivel nacional por la gran variedad de soluciones metalmecánicas y de servicios ofrecidos para los sectores avícola, agrícola, industrial, construcción y transporte, gracias al ingenio proyectado por el equipo técnico en la creación y mejora de los procesos de fabricación.

## **1.4 UBICACIÓN**

La sede principal de INDUSTRIAS ARCHILA, se crea al observar que la sucursal donde nació la empresa no era capaz de satisfacer la demanda de sus clientes, por eso en el año 2006 la empresa da un gran paso y evoluciona construyendo unas instalaciones más amplias con equipos modernos logrando así una organización muchos más sólida y mejor posicionada en el mercado de la región.

Actualmente la sede principal se encuentra ubicada en la Cra. 0 Nro. 3 - 45 en la zona industrial de Chimitá (ver figura 2), y cuenta con una capacidad instalada para la producción de partes y máquinas, alquiler de equipos para construcción y vehículos de transporte. La sucursal está ubicada en la Calle 24 No 11 - 47 Barrio Girardot de Bucaramanga.

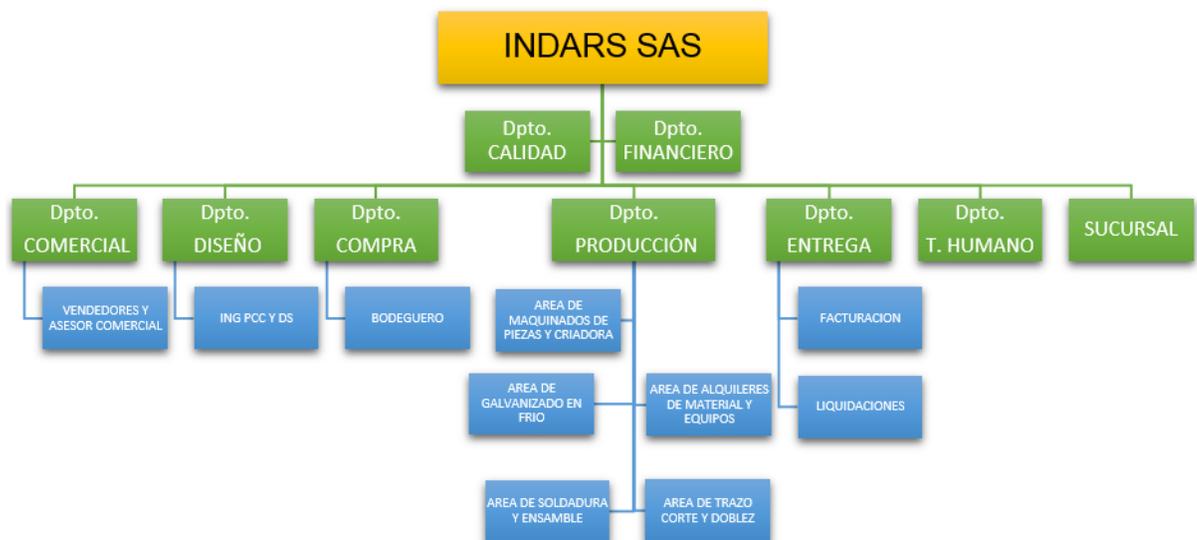
**Figura 2.** Ubicación Sede principal INDAR.



Fuente: [www.indars.com.co](http://www.indars.com.co)

## 1.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA

**Figura 3.** Estructura organizacional INDAR.



## 1.6 SECTORES DE PRODUCCION

**1.6.1 Sector Avícola y Agrícola.** Cuentan con una amplia experiencia de más de 20 años, en plantas de beneficio de pollo comercial, plantas de incubación de pollo, plantas de comercialización de huevo, galpones de pollo, plantas de alimentos concentrados, plantas procesadoras de gallinaza, plantas de harinas y alimentos, realizando diseño, fabricación, montaje y mantenimientos según requerimientos de cada planta. Siendo el sector más especializado de INDARS SAS y ofreciendo una amplia gama de soluciones metalmecánicas, mantenimientos preventivos y/o correctivos, automatización y ampliación del proceso productivo.

**Figura 4.** Sector avícola y agrícola.



Fuente: [www.indars.com.co](http://www.indars.com.co)

**1.6.2 Sector Industrial.** Realizan diseño, fabricación y montaje en plantas cementeras, plantas industriales metalmecánica, plantas de tratamiento de aguas, proyectos estatales estructuras, plantas de almacenamiento de mercancía, frigoríficos de proceso de carne.

**Figura 5.** Sector industrial.



Fuente. [www.indars.com.co](http://www.indars.com.co)

**1.6.3 Sector Transporte.** Tienen una amplia experiencia de más de 6 años en la fabricación de volcos, trailers y en el mantenimiento de graneleros, siendo un sector muy importante de INDARS SAS.

**Figura 6.** Sector Transporte.



Fuente. [www.indars.com.co](http://www.indars.com.co)

## 1.7 PRODUCTOS Y SERVICIOS

**1.7.1 Corte y Doblez de lámina.** La empresa dispone de máquinas tipo CNC para realizar diferentes tipos de corte y doblez de lámina HR, inoxidable, alfajor, aluminio, corte y doblez de lámina HR hasta  $\frac{1}{2}$ " y corte y doblez de lámina inoxidable hasta  $\frac{1}{4}$ ".

**Figura 7.** Servicio de corte y doblez de lámina.



Fuente: [www.indars.com.co](http://www.indars.com.co)

**1.7.2 Cilindrado de Lámina.** Cuentan con una roladora eléctrica para realizar diferentes tipos de cilindrados de materiales HR, inoxidable y aluminio, con capacidad máxima de  $\frac{3}{8}$ " (10 mm) HR x 1860 mm.

**1.7.3 Soldaduras Especiales.** Ofrecen servicios de soldaduras tipo MIG, TIG, revestida y de punto. Además, sueldan tubería acero plata y autógena en bronce, contando con equipos de marcas reconocidas.

**1.7.4 Corte con Plasma y Oxicorte.** Proveen corte con plasma y oxicorte según requerimientos de cada cliente para una capacidad máxima de 3/4", con equipos POWERMAX 1000 para realizar trabajos de corte con plasma, cilindros y manómetros para oxicorte con acetileno.

**1.7.5 Maquinado de Piezas Industriales.** Cuentan con máquinas convencionales para mecanizado de piezas y perforaciones especiales.

**Figura 8.** Torno convencional.



Fuente: [www.indars.com.co](http://www.indars.com.co)

**1.7.6 Sandblasting y Pinturas Especiales.** Se ofrece servicio de sandblasting, pintura; contando con equipo de sandblasting con mangueras y boquillas, pistolas para pintura y estante para almacenamiento de pinturas y personal capacitado en el área de pintura.

## 1.8 CAPACIDAD INSTALADA

**Tabla 1.** Capacidad instalada.

<b>N.</b>	<b>EQUIPOS DE PRODUCCIÓN Y MANUFACTURA</b>	<b>CANT</b>
1	CIZALLA CORTADORA DE LAMINA CNC 1/2" DURMA	1
2	DOBLADORA DE LAMINA CNC 1/2" DURMA	1
3	CILINDRADORA DE LAMINA CAP 3/8" x 1,860 ANCHO	1
4	TORNO PARALELO 2,5M ENTRE PUNTOS Y VOLTEO 800MM	1
5	FRASADORA 1M BRIDGEBORT	1
6	TORNO REVOLVER 12 VELOCIDADES	1
7	TALADRO DE ARBOL	3
8	TALADRO DE COLUMNA BROCA MAX 1 1/2"	2
9	TROQUELADORA EXENTRICA 10 TON	1
10	TROQUELADORA 60 TON.	1
11	PRENSA HIDRAULICA MANUAL 60 TON.	1
12	PRENSA HIDRAULICA AUTOMATICA 80 TON.	1
13	LIMADORA DE 500MM Y 6 VELOCIDADES	1
14	CIERRA SINFÍN PARA METALES	1
15	ROSCADORA DESDE 1/4" HASTA 3" SQ 100	1
16	TALADRO ROSCADOR	1
17	EQUIPOS DE ROTOESFERAS	3
19	CERNIDORA DE ARENA	1
20	EQUIPO DE SOLDADURA MILLER 150amp	1
21	EQUIPO DE SOLDADURA TOTO 150amp	1
22	EQUIPO DE SOLDADURA WESTARCO 150amp	1
23	EQUIPO DE SOLDADURA CEBORA 250amp	1
24	EQUIPO DE SOLDADURA WELDER 230amp	1
25	EQUIPO DE SOLDADURA HORBART 450amp	1
26	EQUIPO DE SOLDADURA WESTINGHOUSE 400amp	1
27	EQUIPO DE SOLDADURA FIREPOWER 260amp	1
28	EQUIPO DE OXICORTE POWERMAX 1000	1
29	EQUIPO DE SANBLASTING	1
30	PLANTA DE GALVANIZADO EN FRIO	1
31	EQUIPO DE SOLDADURA FIREPOWER 260amp	1
32	CORTADORA CINCINATI 3/16"	1
33	DOBLADORA COLGAR 3/16" x 3M.	1
34	DOBLADORA MANUAL NIAGARA CL 18	1
35	DOBLADORA MANUAL EDWART CL 16	1
36	PULIDORAS	8
37	TRONZADORAS	5

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE GRADO

### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La piscicultura es la práctica agropecuaria que se encuentra involucrada en la producción de proteína animal que da solución a necesidades alimenticias del ser humano. El consumo de pescado según la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca Otto Polanco Rengifo, registro que durante las pasadas festividades de Semana Santa el incremento en ventas del pescado se triplicó, lo que representa el 35 por ciento del consumo total del año, según estadísticas Corabastos, la mayor central de abastos del país, pasó de recibir 70 toneladas diarias en un día normal a más de 160 toneladas por día en esta época del año, provenientes de los llanos orientales, costa atlántica y pacífica de las cuales 35% son derivadas de especies de ríos, 35% de mar y un 30% de cultivos<sup>1</sup>; a pesar de las estrategias de desarrollo que se adelantan en el departamento de Santander se observa según el análisis de la información que todavía no se consolida como un productor fuerte de pescado de criadero pero si como una región que cuenta con una riqueza hídrica muy grande la cual es fundamental para el desarrollo pesquero.

Sin embargo el alza de precios en los insumos y suplementos alimenticios de peces, es un problema fundamental en lo que respecta al cultivo y producción de alevinos, que junto con el incipiente avance que tiene el país le resta posibilidades de competir y transformar a la piscicultura en un área agro técnica de mejora continua y con producción auto sostenible; es así como urge un mayor respaldo de la creación e implementación de maquinaria capaz de solucionar y erradicar los problemas de materias primas que sirvan de alimento.

---

<sup>1</sup> NOTI AUNAP. El consumo de pescado en el país está en aumento. [en línea] < <http://aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/07/102-NotiAunap-102-Consumo-de-pescado-aumenta-en-Colombia.pdf> > [citado 11/10/2016]

**Figura 9.** Alimento para peces en pellets.



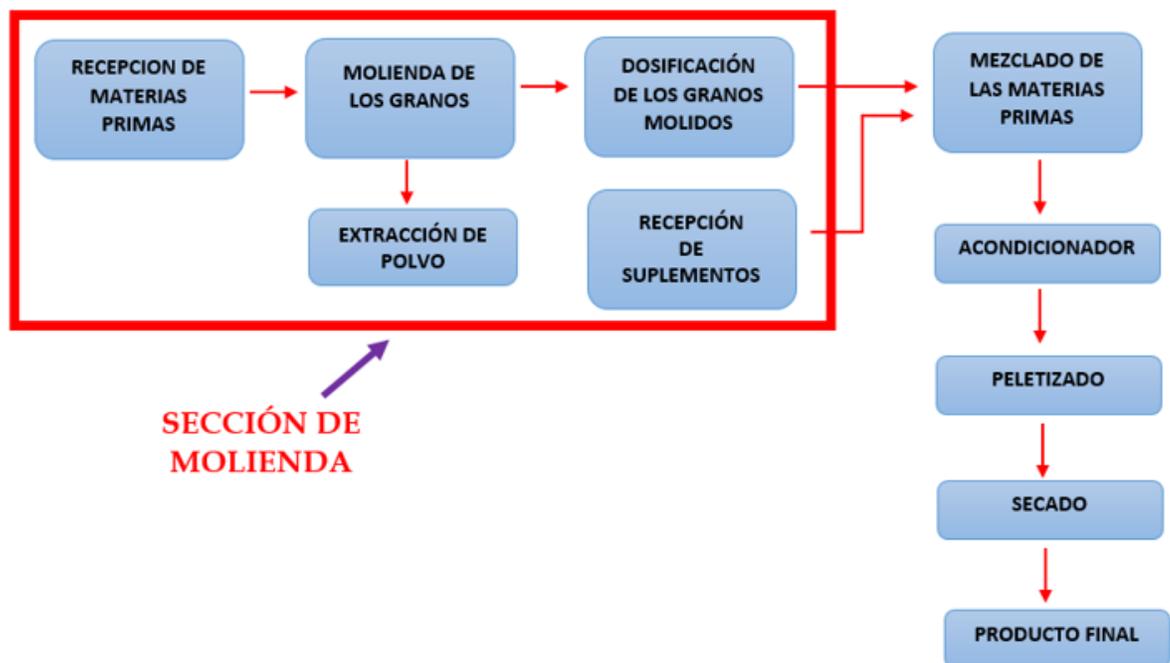
Otro aspecto a tener en cuenta son las condiciones climatológicas de las principales zonas de producción (Meta, Santander, Córdoba, Tolima, Caquetá, Antioquia y Valle) y sus sistemas de cultivo, además de definir el tipo de pellet que se va a producir y el que más se ajusta para el consumo de los peces.

Con el propósito de promover la piscicultura en dichos departamentos del país se propone el diseño y construcción de una planta piloto peletizadora de alimento para peces como: cachama, mojarra y trucha, que cumpla con los procesos de molienda, mezclado, empaque y peletizado, para un pellet que varía en un calibre de 1, 2, 3 y 4 mm, con el objetivo de producir inicialmente 100 kg/hora de concentrado, para reducir problemas de desabastecimientos futuros, garantizando la nutrición óptima de las especies.

## 2.2 JUSTIFICACIÓN

Con el fin de contribuir al crecimiento de la industria agropecuaria en Colombia, a través de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, que mejoren los procesos de producción de alimento concentrado para peces, otorgando un desarrollo sostenible y competitivo de la actividad agropecuaria del país, se desea realizar la investigación, diseño y construcción de la sección de molienda de una planta piloto productora de pellets para peces, así como se muestra a continuación:

**Figura 10.** Diagrama de flujo del proceso.



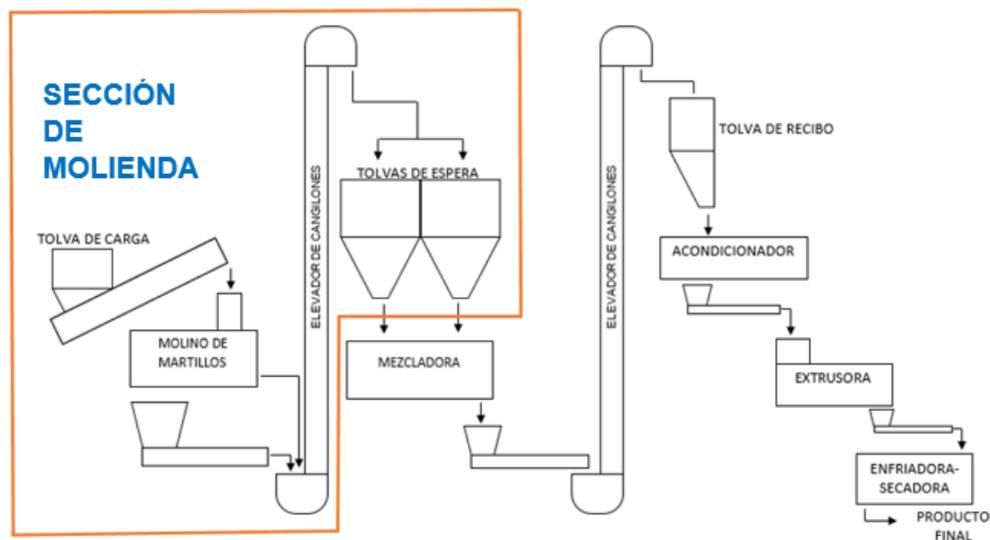
Los principales factores que influyen para la idea de invertir en la propuesta, es el notable crecimiento del cultivo intensivo de peces, lo cual conlleva al aumento en la demanda de alimento concentrado, y el limitado número de fabricantes de éste producto, además surge la necesidad de obtener un mejor producto, que cuente con componentes óptimos para la nutrición y el crecimiento de los peces, aprovechando las materias primas procedentes de la región tales como: sorgo, soya, maíz, yuca,

cebada, frijol y harinas de origen animal, dando un estímulo muy importante al desarrollo agrícola de Santander y del territorio nacional.

Actualmente el precio del bulto de concentrado para peces de engorde por 40 kg se encuentra alrededor de los \$ 100.000 (cien mil pesos) siendo este fabricado y comercializado por un grupo de empresas locales, por ello la necesidad de realizar este proyecto con la intención de bajar los costos de elaboración, ya que los productos provenientes de las grandes industrias tienen sobrecostos debido al recargo por el transporte y mano de obra al venir ya procesados.

Cabe destacar que en Colombia no hay empresas encargadas de la manufactura de estas plantas productoras de concentrado, esto obliga a importarlas con altos costos, causando que sea inalcanzable para los pequeños y medianos empresarios; el proyecto propone construir una planta piloto que sea asequible, funcional y capaz de satisfacer las necesidades de los productores de mojarra, cachama y trucha de la región.

**Figura 11.** Diagrama de la planta.



## 2.3 OBJETIVOS

**2.3.1 Objetivo General.** Diseñar y construir la sección de molienda de una planta productora de pellets para peces, en conjunto con una empresa de la región, y así continuar con la misión de la Universidad Industrial de Santander de fortalecer el vínculo empresa-universidad, para brindar conocimiento y soluciones a las diferentes necesidades de la industria.

### 2.3.2 Objetivos específicos.

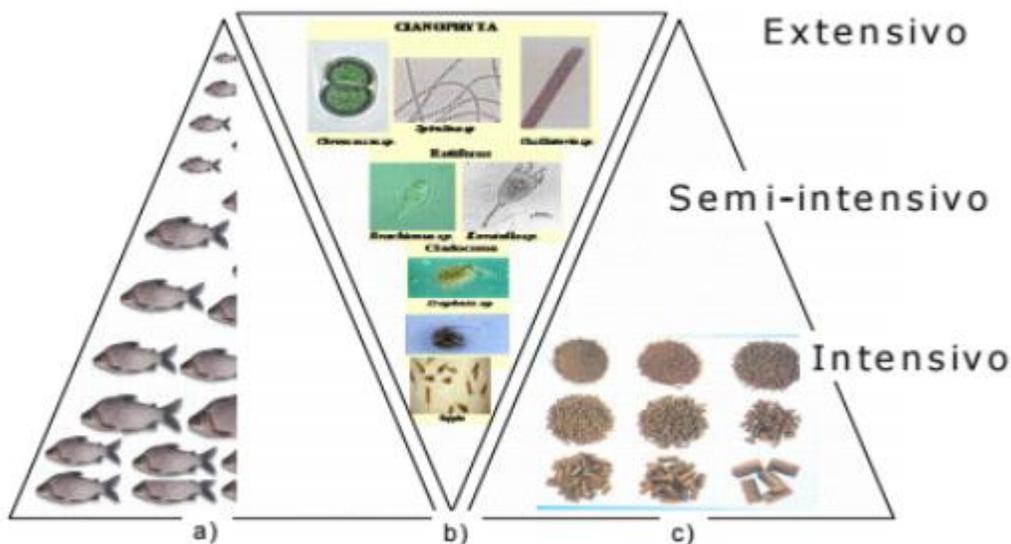
- Especificar los parámetros de los equipos de la sección de molienda tales como: tolvas, ducto porta imán, elevador de cangilones, transportadores tornillo sin fin, ciclón y molino para una capacidad de 100 Kg/hora de producción de concentrado.
- Realizar los cálculos teóricos de diseño mecánico para el molino y las tolvas de recepción y descarga, y seleccionar los equipos complementarios como son: elevadores de cangilones, ducto porta imán, ciclón y transportadores tornillo sin fin.
- Planificar el proceso de ensamble y fabricación de los diferentes elementos de la sección de molienda tales como: tolvas, molino, ciclón, elevadores de cangilones, transportadores de tornillo sin fin, y la elaboración de las hojas de ruta correspondientes.
- Construir la sección de molienda para la planta productora de pellets para peces.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 GENERALIDADES DEL ALIMENTO PARA PECES.

La necesidad de obtener productos de buena calidad, en el menor tiempo posible y con bajos costos, son los objetivos de la piscicultura, esto conlleva a una buena planificación de alimentación que asegure que la especie cultivada aproveche de la forma más eficiente el alimento disponible, tanto natural como artificial.

**Figura 12.** Uso del alimento de acuerdo con los sistemas de cultivo.



Fuente: [www.fao.org](http://www.fao.org)

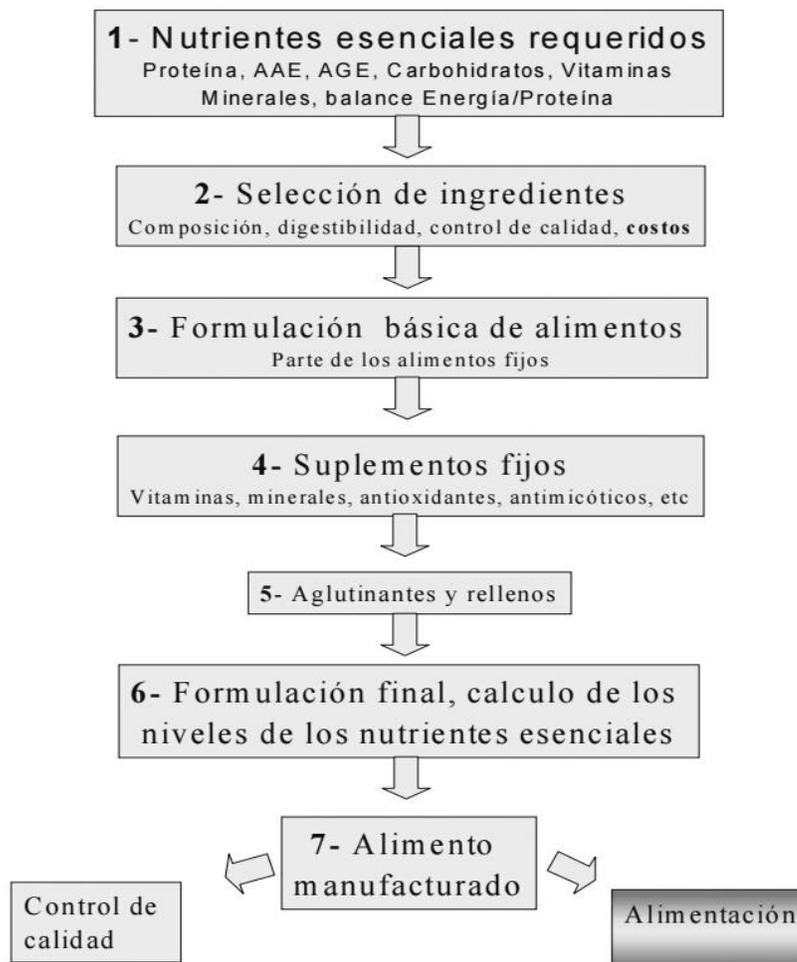
Cuando se formule una dieta práctica para usarse en sistemas intensivos de acuicultura, se deberán considerar los siguientes factores:<sup>2</sup>

- Valor en el mercado de las especies que van a ser cultivadas
- Comportamiento alimenticio y capacidad digestiva de las especies cultivadas

<sup>2</sup> FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S16.htm>> [citado en 23 de noviembre de 2016]

- Procesos de manufactura de alimentos que se pretende utilizar
- Requerimientos de nutrientes dietéticos de las especies a ser cultivadas
- Recursos disponibles de ingredientes alimenticios
- Digestibilidad de los recursos de ingredientes en diferentes especies de peces

**Figura 13.** Procedimiento básico para la formulación de dietas completas para peces.



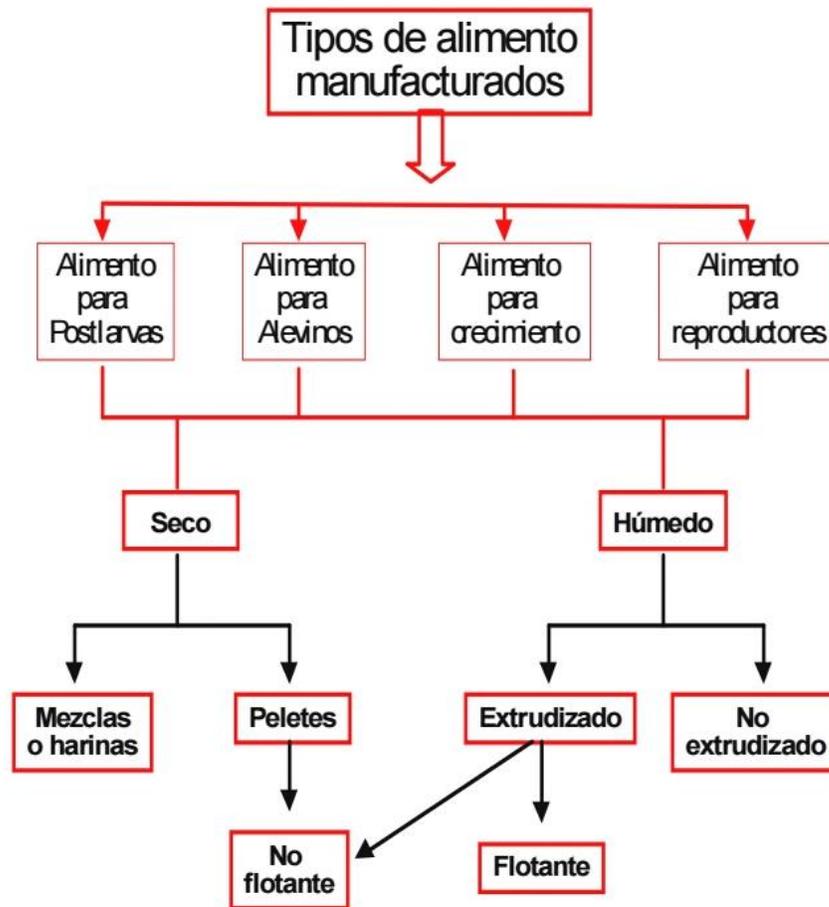
Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

El complemento de las generalidades del alimento para peces se encuentra disponibles en los anexos A, B Y C.

### 3.2 MANUFACTURA DE DIETAS PARA PECES

Una vez formuladas las dietas sigue la fabricación. La tecnología aplicada puede diferir, por lo menos en detalles, dependiendo del tipo de alimento a ser fabricado; los alimentos pueden ser clasificados basados en el estado del ciclo de vida de los peces que serán alimentados. De acuerdo con esto existen cuatro tipos de alimentos que son: iniciación de postlarvas, alevinos, crecimiento y reproductores. Esto no implica que para todas las especies puede ser necesario utilizar todos los diferentes tipos de alimentos, también puede darse el caso, que los alimentos para alevinos y para crecimiento, sean el mismo.

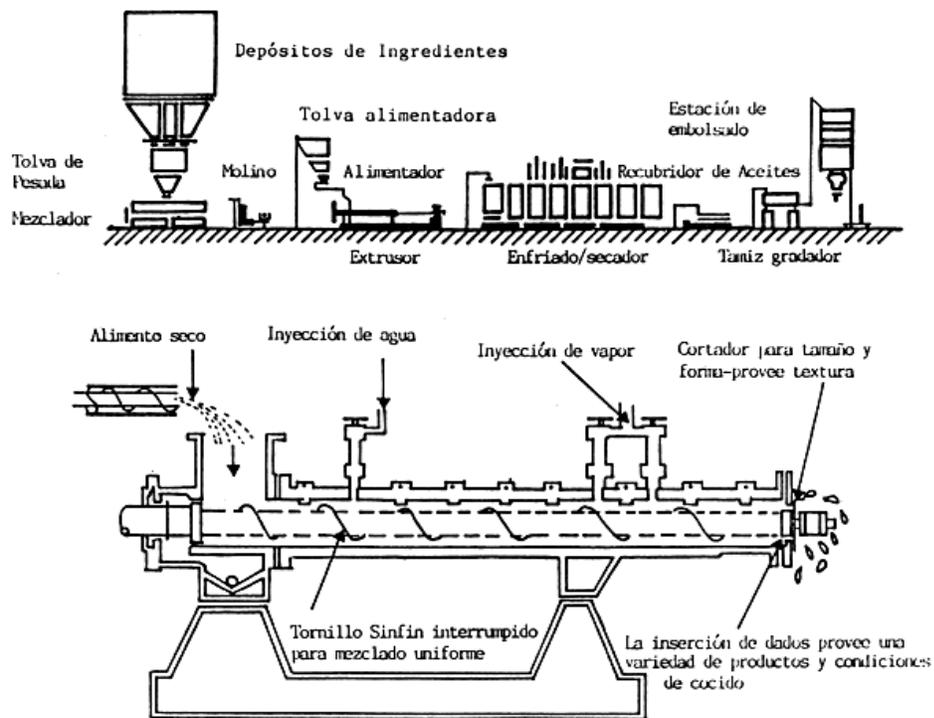
**Figura 14.** Tipos de alimentos utilizados.



Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

**3.2.1 Molido.** La eficiencia de un proceso de manufactura de alimentos y la eficiencia biológica de una dieta en el compuesto dependerán fundamentalmente del molido inicial, y consecuentemente del tamaño de partícula de los materiales básicos crudos utilizados. La ventaja del molido es doble: para el nutricionista, facilita la destrucción de los factores antinutricionales termolábiles invariablemente presentes y mejora la digestibilidad de los nutrientes al incrementar el área superficial de las partículas alimenticias; para los animales, un alimento compuesto molido mejora la aceptabilidad por el alimento y la pelletización, mejora las propiedades de mezcla de cada uno de los ingredientes individuales y también se incrementa la densidad del material del ingrediente alimenticio.

**Figura 15.** Planta para fabricación de alimentos.



Fuente: [www.fao.org](http://www.fao.org)

En contraste con la industria para manufactura intensiva de alimentos para ganado y animales de corral, donde los ingredientes han sido molidos a un tamaño de partícula por debajo de 1 mm, la manufactura de un pellet de buena calidad

adecuado para piscicultura, requiere que todos los ingredientes sean primero molidos para pasar a través de una malla de 0.25mm (para premezclas y granulados de iniciación) y de mallas de 0.35 mm (para pellets para reproductores o de crecimiento) de tal manera que tenga el tamaño físico requerido por el animal cultivado y para obtener los máximos beneficios nutricionales de cada uno de los nutrientes presentes.<sup>3</sup>

Uno de los mayores problemas encontrados en la manufactura de alimentos peletizado para piscicultura dentro de los países en desarrollo, es que son producidos invariablemente en molinos de alimentos diseñados y equipados específicamente para la manufactura de alimentos para ganado y animales de corral, y como tales, no tienen la capacidad necesaria para el molido fino ni el procesamiento total de los materiales que son utilizados, para justificar la compra de tal equipo.

**3.2.2 Peletizado por extrusión.** El sistema de compactación o peletizado a vapor es de hecho la técnica más común de producción empleada para la manufactura comercial de alimentos para piscicultura. Sin embargo, aparte de los beneficios generalmente reconocidos a los sistemas convencionales de compactación de pellets secos o a vapor, los desarrollos más recientes y la aplicación de las técnicas de peletizado por extrusión, como por ejemplo la expansión, han ofrecido algunos horizontes nuevos para los fabricantes de alimentos para acuicultura. Las ventajas del peletizado por extrusión sobre los sistemas convencionales de peletizado a vapor se pueden resumir como sigue:

---

<sup>3</sup>FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS. Nutricion y alimentacion de peces y camarones cultivados. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S13.htm>> [citado en 23 de noviembre de 2016]

**Tabla 2.** Comparación entre dietas peletizadas y extrudizadas.

PARÁMETROS	DIETAS PELETIZADAS	DIETAS EXTRUDIZADAS
Densidad	Mayor que la del agua	Menor que la del agua
Flotación	Ninguna	Flota durante horas
Estabilidad en el agua	Corta (10 minutos o menos)	Alta ( mayor de 30 minutos)
Desintegración de gránulos por transporte	Variable	Ninguna
Tiempo de almacenamiento	30 días máximo	Más de 45 días
Manejo de la alimentación	Normal	Facilitada (dispensadores)
Control de consumo	Difícil	Por simple observación
Forma de suministrar el alimento	Uso tablas de alimentación	Efectiva a saciedad
Impacto sobre la calidad del agua	Alto	Muy bajo
Eficiencia del alimento	Normal	Mayor aprovechamiento
Pérdidas por no consumo	Altas	Muy baja o nula
Pérdidas de nutrientes por lixiviación	Altas	Muy baja o nula
Precio por kg	Normal	Más costoso

Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

- Las altas temperaturas empleadas durante el cocido por extrusión facilitan la ruptura de las membranas de celulosa que rodean a las células vegetales y a los gránulos individuales de almidón de los cereales y las oleaginosas, con la consecuente gelatinización del almidón y el incremento de la biodisponibilidad calorífica de los carbohidratos.
- Las altas temperaturas empleadas durante la extrusión facilitan la inactivación y/o destrucción de factores antinutricionales termolábiles que se encuentran normalmente presentes en los cereales y oleaginosas (inhibidores enzimáticos del crecimiento) y contaminantes exógenos dentro de los subproductos animales (Salmonella).

## 4. PROCESOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

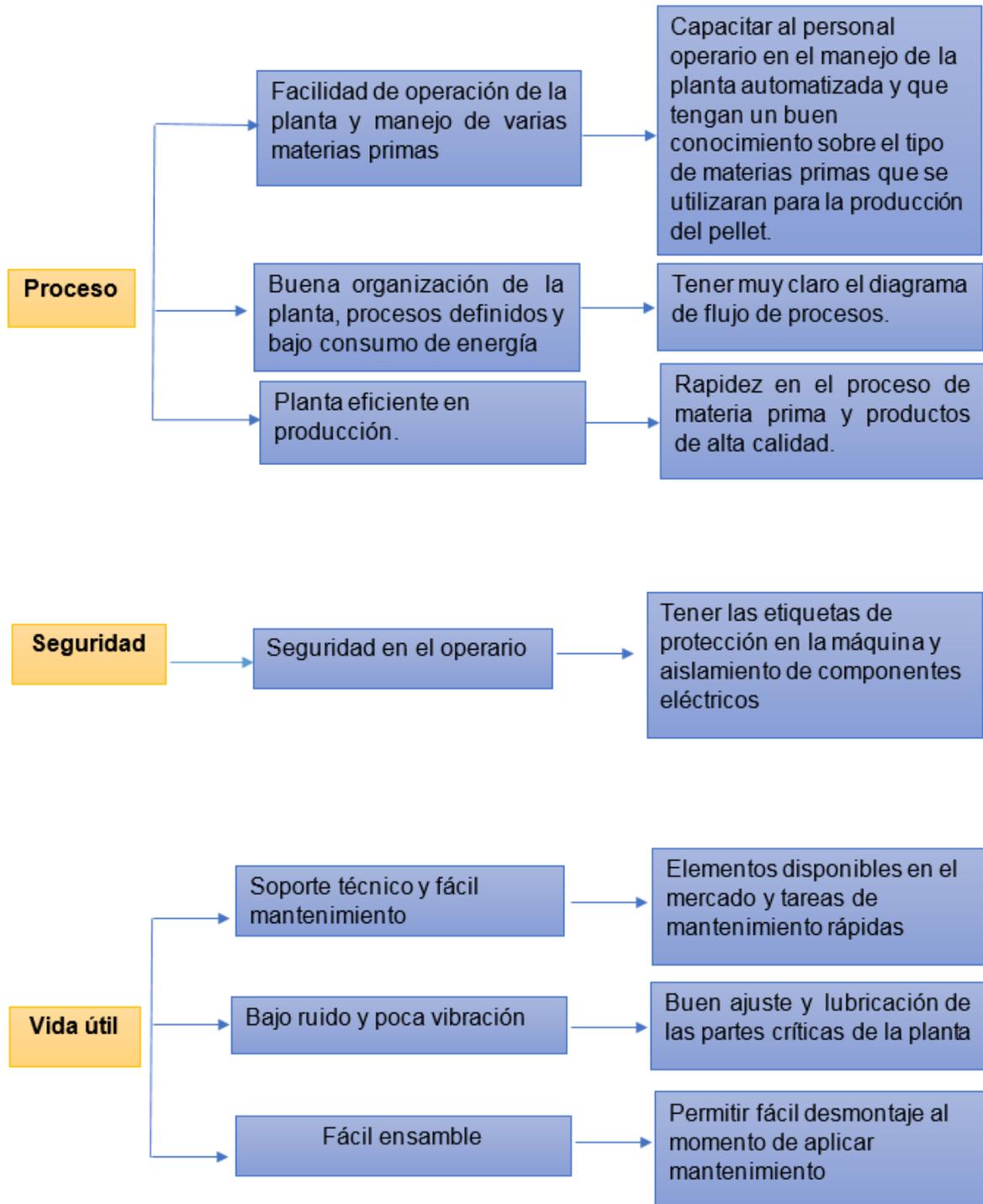
### 4.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD

**4.1.1 Demandas básicas del consumidor.** La siguiente lista representa las demandas básicas de los interesados en la planta peletizadora de alimento para peces:

- Económica
- Seguridad para el operario
- Fácil mantenimiento
- Proceso de varias materias primas
- Planta modificable, capacidad de rediseño
- Planta bien organizada, procesos definidos
- Una forma ergonómica
- Planta eficiente en producción
- Bajo consumo de energía
- Ruido y vibración mínima
- Bajo ruido
- Soporte técnico
- Fácil ensamble
- Larga vida útil

**4.1.2 Organización de requerimientos** Clasificando los requerimientos del consumidor en subgrupo de criterios de evaluación cualitativos:

**Figura 16.** Organización de requerimientos.



**Tabla 3.** Matriz de calidad

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTOS PRODUCTORA PARA PECES							
		PRIORIDAD	SUBSISTEMA DE RECEPCION DE MATERIAS PRIMAS	SUBSISTEMA DE MOLIENDA	SUBSISTEMA DE DOSIFICACION	SUBSISTEMA DE ELEVADORES DE CANGILONES	SUBSISTEMA DE EXTRACCION DE POLVO
<b>APARIENCIA</b>	ECONOMICO	9	3	9	3	3	3
	SENCILLO	6	1	3	3	3	3
	ASPECTO	3	3	3	3	3	3
<b>OPERACIÓN</b>	CONSUMO DE ENERGIA	9	3	9	1	9	3
	VIBRACIONES Y RUIDO	8	3	9	3	9	3
	VERSATILIDAD	7	9	9	9	9	9
	FACIL OPERACIÓN	6	9	9	9	9	9
	PRODUCCION EFICIENTE	5	3	9	9	3	3
	MANTENIMIENTO	4	3	9	3	9	3
	RAPIDEZ	3	1	1	1	3	3
	CAPACIDAD DE REDISEÑO	2	9	3	9	9	3
<b>SEGURIDAD</b>	SEGURA EN FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN	9	1	9	3	9	9
	PESO MODERADO	7	3	3	3	3	3
	ATICORROSIVO	5	3	3	3	3	3
	TOTAL		258	468	282	402	249

Para el proyecto se les dan prioridad a los subsistemas con mayor ponderado, en este caso a los subsistemas de molienda y elevadores de cangilones.

## **4.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARTICULARES**

A continuación, se plantea diferentes alternativas de solución, donde se seleccionarán las mejores opciones que cumplan con los parámetros establecidos en el QFD. Es importante señalar que se van a evaluar los componentes que conforman la sección de molienda de la planta.

### **4.2.1 Molienda.**

**4.2.1.1 Alternativa 1, molino de rodillos para granos.** Este equipo es utilizado en la molienda de algunos cereales como centeno, trigo, cebada, avena, maíz, soya, arroz y otros, con el fin de obtener harinas panificables, además puede ser empleado para el machacado del grano de centeno ya limpio, en la línea de moltura de este cereal y también puede aplicarse para la trituración de sal, azúcar, etc.

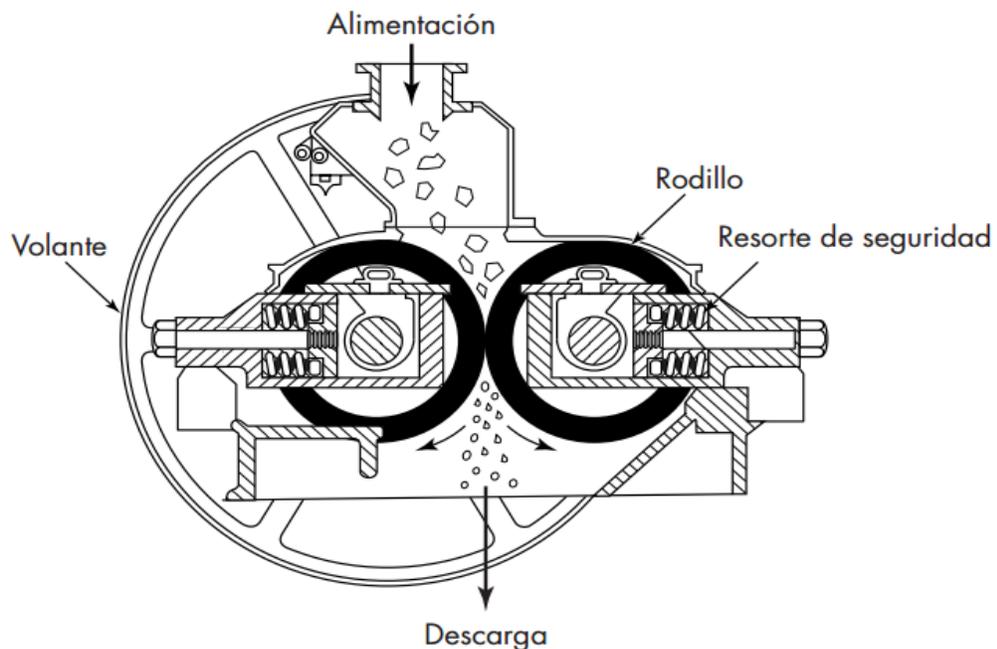
El molino de cilindros básico, se compone de:

- Dos secciones de trituraciones independientes, ubicadas en un cuerpo común (ver figura 17).
- Cilindros trituradores (uno fijo y uno regulable), estriados o lisos.
- Tolva de carga con ejes de alimentación y sistema de regulación de la hendidura de alimentación.
- Sistema de conexión y desconexión y regulador de la hendidura de moltura.
- Cepillos de limpieza de los ejes.
- Ventanilla, puerta, protecciones y accionamiento.
- Transmisión por engranajes entre cilindros.

El grano mediante la tolva de carga cae en los ejes de alimentación, los cuales conducen el grano a todo lo largo del molino, de donde es transmitido de modo uniforme, en flujo continuo, a la zona de trituración.

Los cilindros trituradores tienen la superficie de trabajo adaptada al tipo de trituración del grano y giran con diferente velocidad circunferencial (igual velocidad circunferencial, solo durante el prensado). El grano, una vez triturado, cae en el recipiente de vaciado, de donde es conducido hacia abajo por un sistema de transporte separado.

**Figura 17.** Molino de rodillos.

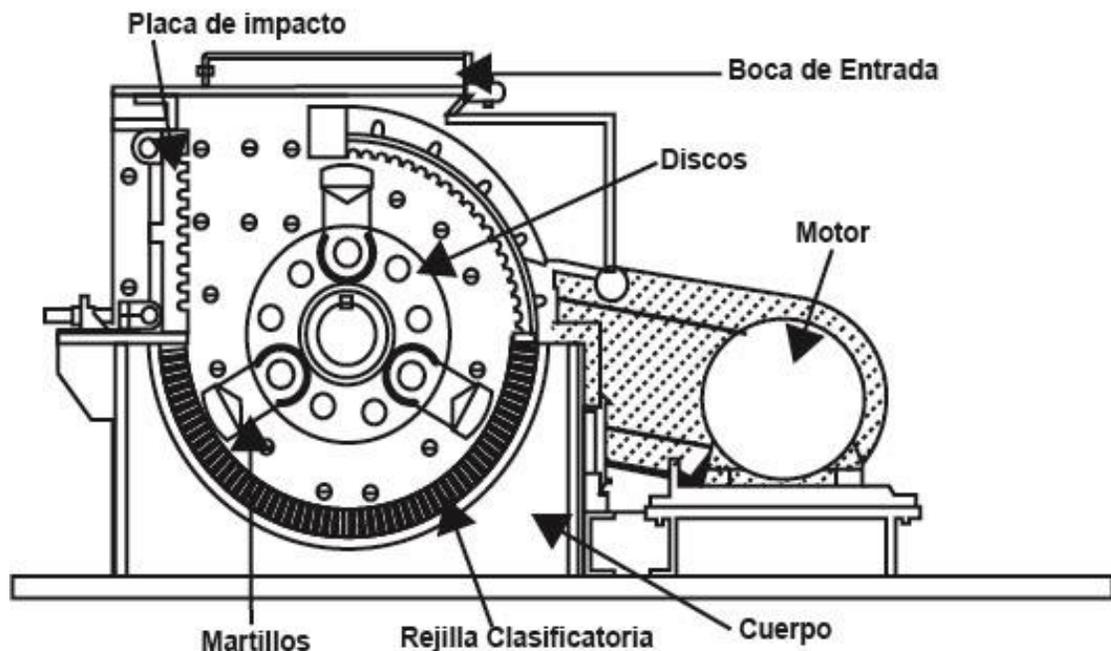


Fuente: Operaciones unitarias en ingeniería química 7° ed.

**4.2.1.2 Alternativa 2, molino de martillos.** Rompen los materiales con la acción machacante de los martillos. Los molinos de martillos pueden alimentarse de forma horizontal o vertical. Los molinos verticales pueden alimentarse por gravedad desde transportadores. Los modelos horizontales emplean transportadoras para la alimentación, y pueden contar con elementos alimentadores mecánicos. Por

ejemplo, un molino de martillos disponible en el mercado emplea unos rodillos con púas para alimentar el material. Los mecanismos de alimentación mecánica también pueden diseñarse para controlar la cantidad de material con la que se alimentan los martillos, con el fin de evitar la sobrecarga en la trituradora. Están disponibles en el mercado de martillos con rendimientos de hasta varios cientos de toneladas/hora.<sup>4</sup>

**Figura 18.** Molino de martillos.



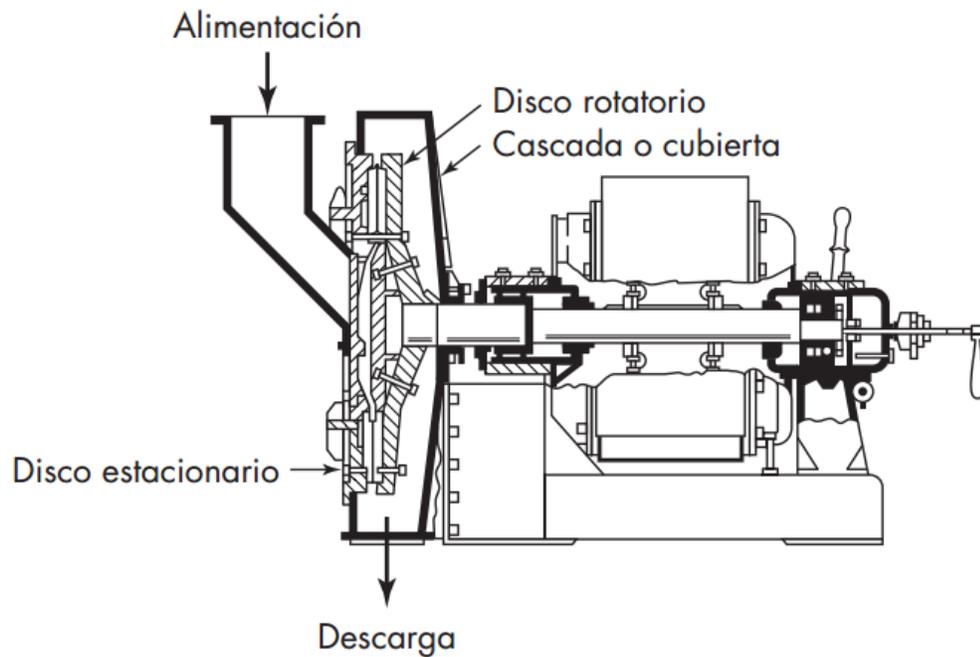
Fuente: [www.trituracionymolienda.com](http://www.trituracionymolienda.com)

**4.2.1.3 Alternativa 3, molino de discos.** El molino de discos consiste en dos discos, lisos o dentados, que están enfrentados y giran con velocidades opuestas; el material a moler cae por gravedad entre ambos. Actualmente no se utiliza, este tipo de molinos ha ido evolucionando hacia el molino que hoy conocemos como molino de rodillos.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> CAMACHO Jhoffer Daniel. MOLANO Ronald Arnovi. Diseño y construcción de un sistema de producción de bandas antideslizantes en la empresa SODECOL LTDA. Bucaramanga 2011

<sup>5</sup> ARROYO Juliette; MEDINA María Alejandra. Molienda y Equipos, características y operación. [en línea]. <<http://es.slideshare.net/ivanramma/molienda-1>> [Citado 13/11/2016]

**Figura 19.** Molino de discos.



Fuente: Operaciones unitarias

Este molino presenta las siguientes ventajas:

- Puede reducir fácilmente el tamaño de las partículas secas o húmedas.
- El sistema de alimentación no es complicado y se puede añadir agua para facilitar la molienda.
- Es de fácil manipulación y mantenimiento.

En la tabla 4 se muestra el resultado de la evaluación de criterios para el seleccionamiento de la mejor alternativa del tipo de molino para triturar el grano.

**Tabla 4.** Ponderación de alternativas para subsistema de molienda.

CRITERIO	PARÁMETRO	PI		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3		
DIMENSIONES	ESTÁNDAR	5.56	4	0.2224	5	0.278	3	0.1668
	CAPACIDAD	12.43	4	0.4972	4	0.4972	4	0.4972
MECANISMO SENCILLO	ECONÓMICO	10.32	3	0.3096	4	0.4128	3	0.3096
	VERSÁTILIDAD	8.66	1	0.0866	3	0.2598	3	0.2598
	MANTENIMIENTO	9.31	3	0.2793	4	0.3724	3	0.2793
COSTO DE MATERIALES	PESO MODERADO	3.44	3	0.1032	4	0.1376	4	0.1376
	ANTICORROSIVO	6.37	3	0.1911	3	0.1911	3	0.1911
	VIDA ÚTIL PROLONGADA	7.83	4	0.3132	4	0.3132	4	0.3132
ERGONOMÍA	CONTAMINACIÓN BAJA	4.14	3	0.1242	3	0.1242	3	0.1242
	FÁCIL ENSAMBLE	5.39	4	0.2156	5	0.2695	3	0.1617
	SEGURO	10.16	4	0.4064	4	0.4064	4	0.4064
PIEZAS NORMALIZADAS	BAJA VIBRACION	11.21	3	0.3363	4	0.4484	3	0.3363
	AJUSTABLE	5.18	2	0.1036	3	0.1554	2	0.1036
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>		<b>3.1887</b>		<b>3.866</b>		<b>3.2868</b>

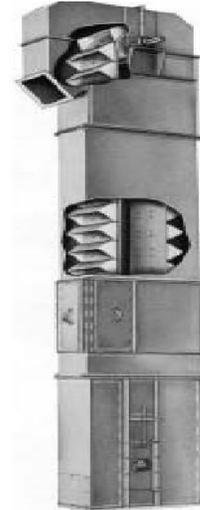
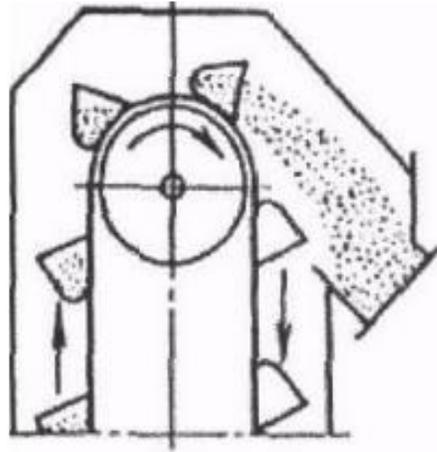
**4.2.2 Elevadores de cangilones.** Este mecanismo se emplea para el transporte o manejo de materiales a granel de manera vertical, se presentarán diferentes alternativas de solución para su selección que tendrá que ajustarse a los requerimientos del consumidor y de diseño.

**4.2.2.1 Alternativa 2, elevador de cangilones centrífugo.** Se presenta las especificaciones técnicas del elevador de cangilón centrífugo a continuación:

- Es el tipo más utilizado
- Grandes velocidades de desplazamiento (1.2 y 1.4 m/s)
- La carga se efectúa generalmente por degrado del material depositado en la parte inferior del transportador

- La distancia de separación entre cangilones es de 2 a 3 veces la altura del cangilón.

**Figura 20.** Elevador de cangilón centrífugo.

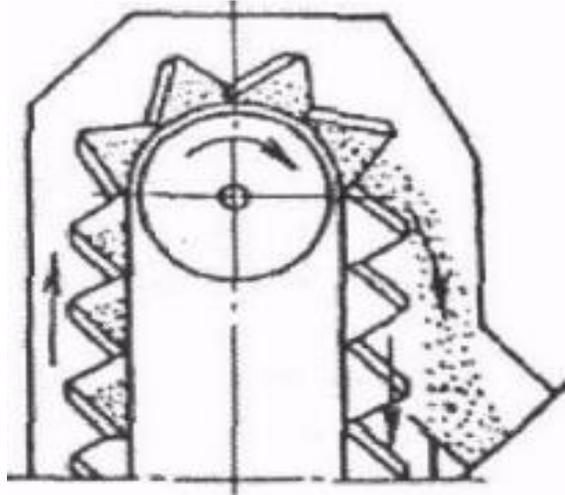


Fuente: [www.paginasprodigy.com.mx](http://www.paginasprodigy.com.mx)

**4.2.2.2 Alternativa 2, elevador de cangilón de gravedad continúa.** Se presenta las especificaciones técnicas del elevador de gravedad a continuación:

- Bajas velocidades de desplazamiento (1 y 10 m/s).
- Se aprovecha el propio peso del material para la descarga del mismo
- Es apropiado para materiales pegajosos y frágiles, y la baja velocidad hace que los materiales no sufran esparcimientos.

**Figura 21.** Elevador de cangilones de gravedad continúa.



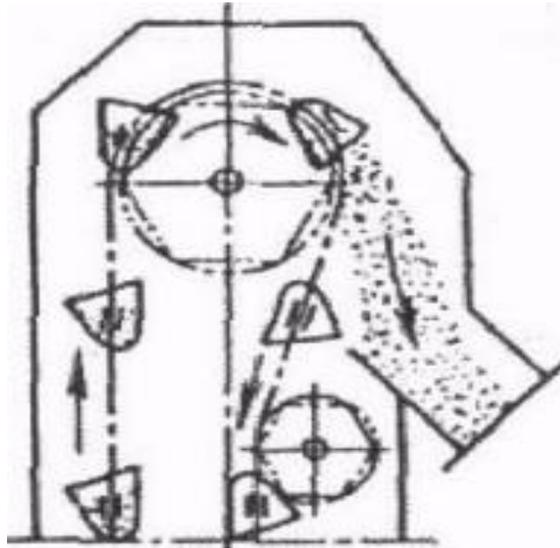
Fuente: [www.datateca.unad.edu.co](http://www.datateca.unad.edu.co)

**4.2.2.3 Alternativa 3, elevador de descarga positiva.** Se presenta las especificaciones técnicas del elevador de descarga positiva.

- Elevador es parecido al tipo centrífugo salvo a que los cangilones están montados en los extremos con dos cordones o torones de cadena.
- La velocidad de los cangilones es lenta y apropiada para materiales livianos, aireados y pegajosos.

En la tabla 5 se muestra el resultado de la evaluación de criterios para el seleccionamiento de la alternativa del tipo de elevador para la descarga del grano.

**Figura 22.** Elevador de descarga positiva.



Fuente: <http://datateca.unad.edu.co>

**Tabla 5.** Ponderación de alternativas para subsistema de elevadores de cangilones.

CRITERIO	PARAMETRO	PI	ALTERNATIVA		ALTERNATIVA		ALTERNATIVA	
			1	2	2	3		
DIMENSIONES	ESTANDAR	4.13	5	0.2065	5	0.2065	5	0.2065
	CAPACIDAD	13.56	4	0.5424	4	0.5424	4	0.5424
MECANISMO SENCILLO	ECONOMICO	9.16	4	0.3664	4	0.3664	4	0.3664
	VERSATILIDAD	6.2	4	0.248	5	0.31	4	0.248
	MANTENIMIENTO	12.47	4	0.4988	4	0.4988	4	0.4988
COSTO DE MATERIALES	PESO MODERADO	3.69	4	0.1476	4	0.1476	4	0.1476
	ANTICORROSIVO	2.14	4	0.0856	4	0.0856	4	0.0856
	VIDA UTIL PROLONGADA	5.11	4	0.2044	4	0.2044	4	0.2044
	ERGONOMIA	2.5	3	0.075	4	0.1	3	0.075
PIEZAS NORMALIZADAS	CONTAMINACION BAJA	11.73	5	0.5865	5	0.5865	4	0.4692
	SEGURO	12.6	4	0.504	4	0.504	4	0.504
	BAJA VIBRACION	9.61	3	0.2883	4	0.3844	4	0.3844
PIEZAS NORMALIZADAS	AJUSTABLE	7.1	4	0.284	4	0.284	3	0.213
	<b>TOTAL</b>	100		4.0375		4.2206		3.9453

**4.2.3 Dosificación de materias primas.** Es el comienzo del proceso, para ello se requiere la implementación de una tolva que tenga suficiente capacidad para el almacenamiento de los granos y un mecanismo práctico para la de descarga del producto.

**4.2.3.1 Alternativa 1, tolva con dosificador volumétrico.** Tolva con dosificador volumétrico, en este tipo automático el producto se acumula en la tolva central la cual cuenta con una serie de canales que salen desde su parte inferior para distribuir el producto en varios lugares a la vez. Esta clase de tolva se utiliza con alimentos sólidos homogéneos como granos y polvos.

**Figura 23.** Tolva con dosificador volumétrico.



Fuente: [www.es.slideshare.net](http://www.es.slideshare.net)

Se presenta las especificaciones técnicas de las tolvas con dosificador volumétrico:

- Tazas telescópicas con un rango de ajuste de 1:2
- El tamaño de taza se puede cambiar sin herramientas
- Multidepósito para una mayor versatilidad del producto

- Piezas que entran en contacto con el producto fabricadas de acero inoxidable y/o materiales homologados para la industria alimentaria.

**4.2.3.2 Alternativa 2, tolva con dosificador de pistón.** Se presenta las especificaciones técnicas de las tolvas con dosificador de doble pistón:

- Tolva en acero inoxidable de 50 litros de capacidad
- Sistema de dosificación por dos pistones neumáticos controlados por sensores magnéticos.
- Volumen de dosificación entre 200 y 1000ml para pistón estándar
- Velocidad de producción de 8 a 14 unidades/minuto, dependiendo del operario y propiedades fisicoquímicas del producto a dosificar.
- Consumo de aire de 5.7 CFM.

**Figura 24.** Tolva con dosificador de pistón.



Fuente: [www.tecnoembalaje.com](http://www.tecnoembalaje.com)

**4.2.3.3 Alternativa 3, tolvas con dosificador de tornillo.** La tolva en su interior cuenta con un tornillo sin fin. La cantidad de vueltas del tornillo se ajusta en dependencia de la composición del alimento a dosificar.

**Figura 25.** Tolva con dosificador de tornillo.



Fuente. <http://www.tecnoembalaje.com>

Se presenta las especificaciones técnicas de las tolvas con dosificador de tornillo

- Volumen de dosificación de 500 a 1000 ml.
- Apta para dosificar productos granulares que fluyan libremente.
- Construcción en acero inoxidable.
- Operación electromecánica.
- Muy fácil de operar, limpiar y mantenimiento.

En la tabla 6 se muestra el resultado de la evaluación de criterios para el seleccionamiento de la alternativa del tipo de tolva para el almacenamiento del grano triturado.

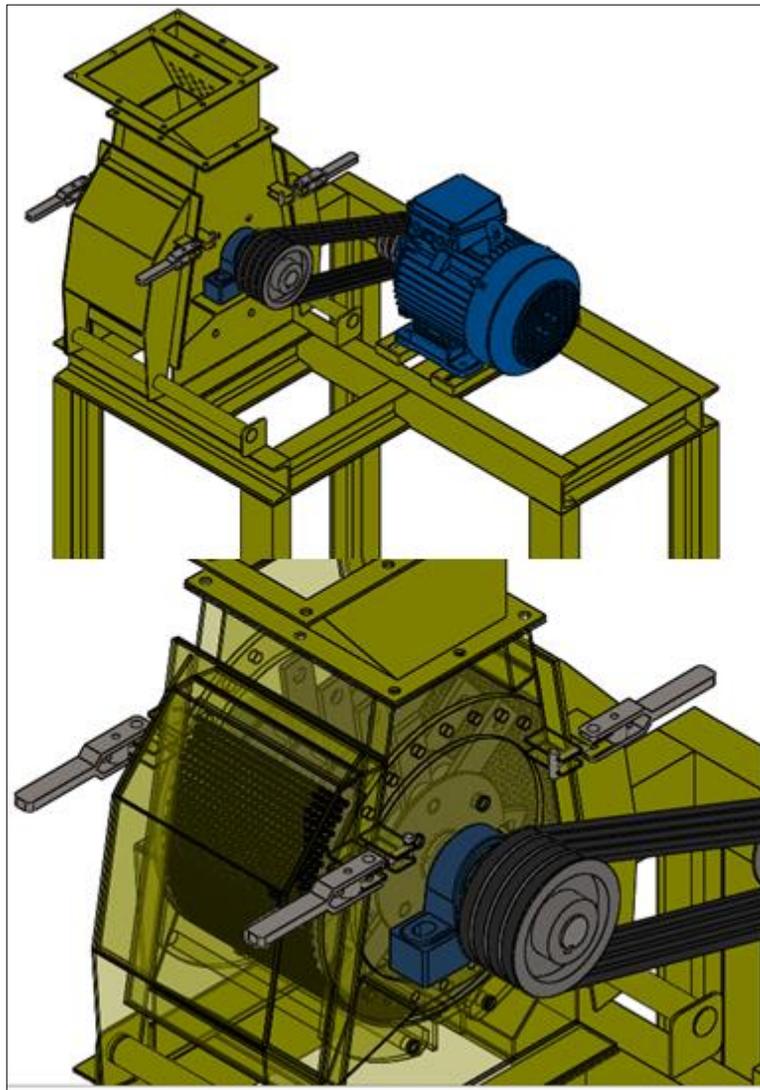
**Tabla 6.** Ponderación de alternativas para subsistema de tolvas.

CRITERIO	PARÁMETRO	PI	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
DIMENSIONES	ESTÁNDAR	7.61	3	0.2283	3	0.2283	3	0.2283
	CAPACIDAD	12.14	4	0.4856	4	0.4856	4	0.4856
MECANISMO SENCILLO	ECONÓMICO	11.21	1	0.1121	5	0.5605	3	0.3363
	VERSÁTILIDAD	5.63	3	0.1689	3	0.1689	4	0.2252
	MANTENIMIENTO	7.16	2	0.1432	5	0.358	3	0.2148
COSTO DE MATERIALES	PESO MODERADO	9.43	4	0.3772	4	0.3772	4	0.3772
	ANTICORROSIVO	4.26	4	0.1704	4	0.1704	4	0.1704
	VIDA ÚTIL PROLONGADA	7.28	4	0.2912	5	0.364	4	0.2912
ERGONOMÍA	CONTAMINACIÓN BAJA	3.85	3	0.1155	3	0.1155	3	0.1155
	FÁCIL ENSAMBLE	7.36	3	0.2208	4	0.2944	3	0.2208
	SEGURO	8.21	4	0.3284	4	0.3284	4	0.3284
MODULAR	AJUSTABLE	9.16	4	0.3664	4	0.3664	4	0.3664
	FUNCIONAL	6.7	2	0.134	5	0.335	3	0.201
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>		<b>3.142</b>		<b>4.1526</b>		<b>3.5611</b>

## 5 DISEÑO, CALCULO Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS QUE COMPONEN LA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES

### 5.1 DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLOS

Figura 26. Molino de martillos.



**5.1.1 Parámetros de diseño, capacidad de molienda.** Para suministrar la producción total de concentrado de la planta, es necesario diseñar un molino que cuente con la capacidad de proveer el material necesario, para ello se determina un flujo de 500 Kg/h, con este dato se obtendrá el resultado aproximado de los granos que se deben triturar por minuto para cumplir con los requerimientos de la capacidad de molienda (ver tabla 7).

**5.1.2 Cálculo de número de granos que golpea cada martillo por revolución.** Considerando las especificaciones y recomendación de productores americanos y brasileños<sup>6</sup>, las cuales sostienen que la velocidad angular se encuentra en un rango entre el 2500 y 3600 rpm; conociendo un punto de partida se puede calcular el número de granos que golpean cada martillo por revolución (ver tabla 7).

**5.1.3 Cálculo de número de martillos.** Para este caso es necesario incluir un factor de seguridad que garantice y brinde la seguridad estructural de los martillos por encima de las normas mínimas necesarias, este valor será de N=1,6.

También es necesario determinar cuántas veces el martillo golpea el grano (maíz, sorgo, frijol, arroz, etc.); estos tipos de cereales deben ser golpeados de 2 a 4 veces para lograr el tamaño granulométrico deseado para pasar a la etapa de mezclado.

**Tabla 7.** Nomenclatura de parámetros de diseño.

PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Capacidad de molienda	$C_m$	$C_m = \text{baffle} \left( \frac{Kg}{h} \right) * \left( 1000 \frac{gr}{Kg} \right) * \left( 1 \frac{\text{grano}}{m_{gr}} \right) * \left( \frac{1h}{60 \text{ min}} \right)$	20833 $\frac{\text{granos}}{\text{min}}$
Número de granos golpeados por revolución	$N_g$	$N_g = \frac{C_m}{rpm}$	7.44 $\frac{\text{granos}}{\text{rev}}$
Número de martillos	$N_m$	$N_m = N_g * N * \text{golpes}$	24
Número de golpes	<i>golpes</i>	<i>No aplica</i>	2
Factor de seguridad	$N$	<i>No aplica</i>	1.6
Baffle	Baffle	<i>No aplica</i>	500 $\frac{kg}{h}$
Masa del grano	$m_{gr}$	<i>No aplica</i>	0.4 gr
Velocidad angular de vacío	Rpm	<i>No aplica</i>	2800

<sup>6</sup> ELIMINATOR. Molino de martillos Eliminator. [en línea] < <http://www.bliss-industries.com/system/resources/0000/0051/shamrml.pdf> > [citado 11/3/2017].

#### 5.1.4 Conservación de la energía (método experimental).

**5.1.4.1 Energía potencial.** Para poder desarrollar los cálculos correspondientes en el diseño de los martillos fue necesario recurrir a un método experimental el cual determino el valor de la energía necesaria para romper el grano de maíz, se dejó caer una probeta metálica con forma de martillo de 150 gr desde una altura de 22 cm sobre un grano de maíz de masa aproximada a 0.4 gramos (ver figura 27 y 28).

**5.1.4.2 Cálculo de velocidades tangenciales del martillo.** La velocidad tangencial es igual a la velocidad al vacío o sin carga ( $V_t$ ), a medida que los martillos golpean los granos disminuye su velocidad la cual se llama velocidad de carga ( $V_c$ ), igualando la ecuación de energía potencial con la energía cinética se obtendrá el valor de velocidad de vacío (los cálculos de velocidades se muestran en la tabla 8).

**Figura 27.** Granos de maíz.



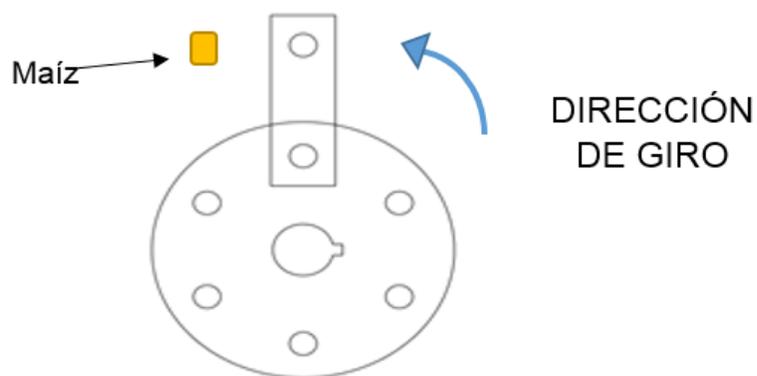
**Figura 28.** Probeta de impacto y guía métrica.



**5.1.4.3 Coeficiente de fluctuación.** Para el cálculo de la velocidad de carga se debe tomar el molino como un volante, y para poder resolver las ecuaciones se debe definir el coeficiente de fluctuación, para las maquinas trituradoras este valor es de 0.2<sup>7</sup>.

**5.1.4.4 Radio de giro.** El radio de giro es necesario para poder obtener la velocidad angular de carga a la que va a operar el molino de martillos.

**Figura 29.** Dirección de giro de los martillos.



---

<sup>7</sup> ZAMBRANO, Luis Ramón. Diseño de una maquina picadora de rastrojo, para producción de abono orgánico. Guayaquil, Ecuador 2014. <<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14653/1/tesis.pdf>> [citado 12/3/2017].

Con el radio de giro ya determinado se debe definir las medidas geométricas del disco porta martillos y de la estructura de la carcasa; la tolerancia que exista entre los martillos y la carcasa del molino no debe ser muy grande, debido a que el grano sale disparado chocándose contra las láminas laterales y esto ayudara a la fracturación del mismo (ver tabla 8).

**Tabla 8.** Ecuaciones y resultados de Conservación de la energía, velocidades tangenciales y movimiento angular desacelerado.

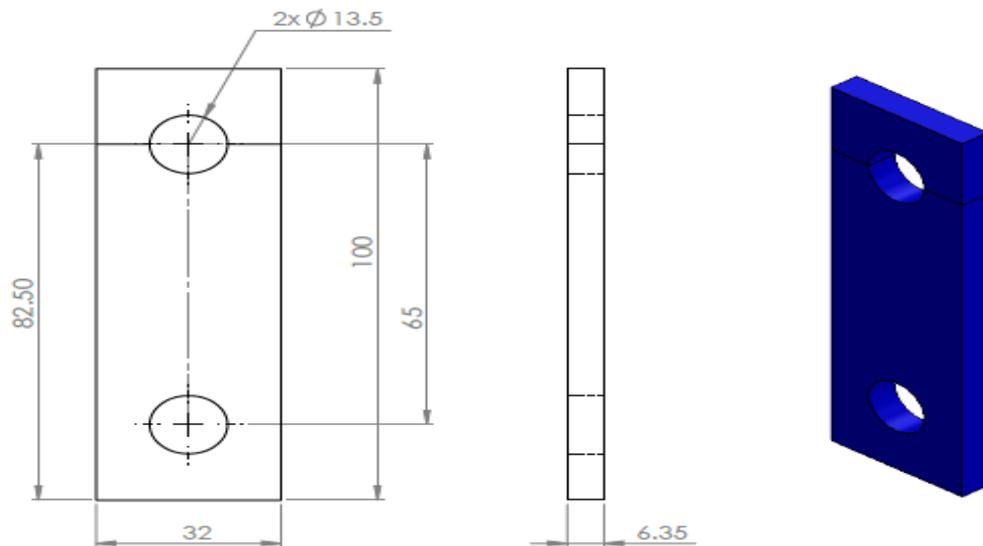
PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Energía potencial	$E_{ruptura}$	$E_{ruptura} = m_o * g * \frac{h}{1000}$	0.331 Nm
Masa del objeto	$m_o$	No aplica	150 gr
Altura	$h$	$h = \frac{1}{2} * \frac{V_v^2 * m_{gr}}{m_o * g}$	0.225 m
Energía cinética	$E_{cinetica}$	$E_{cinetica} = \frac{1}{2} * m * V_v^2$	0.331 Kg * $\left(\frac{m^2}{s^2}\right)$
Velocidad de vacío	$V_t$	$V_t = C_s * V + V_c$	40.68 $\frac{m}{s}$
Velocidad de carga	$V_c$	$V_c = -V_t * \frac{C_s - 2}{C_s + 2}$	39.88 $\frac{m}{s}$
Coeficiente de fluctuación	$C_s$	No aplica	0.02
Velocidad media	$V$	No aplica	40.28 $\frac{m}{s}$
Radio de giro	$r_g$	$r_g = \frac{V_c * 60}{2 * \pi * rpm}$	0.1375 m
Velocidad angular de carga	$w_c$	$r_g = \frac{V_c}{W_c}$	290 $\frac{rad}{s}$
Aceleración angular	$\alpha$	$\alpha = \frac{W_v^2 - W_c^2}{2 * \theta}$	890.8 rad/s <sup>2</sup>
Ángulo de separación entre discos	$\theta$	$\theta = 60 * \left(\frac{\pi}{180}\right)$	1.047 rad

**5.1.4.5 Movimiento angular desacelerado.** Teniendo los resultados de las velocidades angulares de carga y de vacío se puede determinar las velocidades angulares, para este caso es necesario determinar el ángulo de separación entre discos; el cálculo de la velocidad angular es fundamental para obtener el valor de la fuerza de corte del martillo.

**5.1.5 Diseño geométrico de martillos.** El diseño de los martillos será de forma geométrica rectangular, además tendrán dos perforaciones circulares por donde pasara el eje porta martillos; la alternativa de dichas perforaciones se hace con el objetivo de alargar la vida útil del martillo, pudiendo cambiarlo de posición cuando por una parte ya se encuentre totalmente desgastado (ver figura 30).

Las dimensiones y cálculos de geometría se muestran en la tabla 9 y los planos generales de las piezas del molino de martillos en el Anexo E.

**Figura 30.** Geometría de los martillos.



Fuente: Solidworks

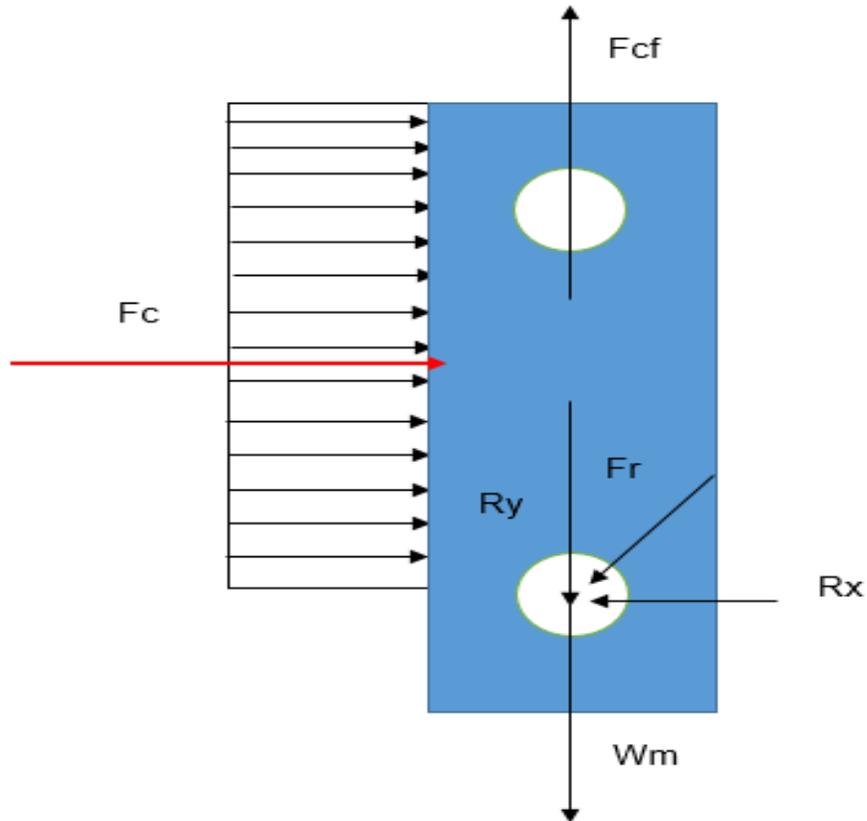
**Tabla 9.** Dimensiones y cálculos geométricos del martillo.

PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Espesor del martillo	$t$	<i>No aplica</i>	0.00635 m
Ancho de cara	$c$	<i>No aplica</i>	0.032 m
Longitud del martillo	$l$	<i>No aplica</i>	0.1 m
Diámetro de perforaciones	$d$	<i>No aplica</i>	0.0135 m
Volumen macizo	$V_1$	$V_1 = l * t * c$	$2.032 * 10^{-5} m^3$
Volumen de perforaciones	$V_2$	$V_2 = \pi * d * t$	$9.018 * 10^{-7} m^3$
Volumen total	$V_m$	$V_m = V_1 - V_2$	$1.85 * 10^{-5} m^3$
Masa del martillo macizo	$m_{ma}$	$m_{ma} = rho * V_1$	0.1595 kg
Masa de perforaciones	$m_{per}$	$m_{per} = rho * V_2$	0.007129 kg
Masa total	$m_{total}$	$m_{total} = m_{ma} - 2 * m_{per}$	0.1453 kg
Momento de inercia macizo	$I_{macizo}$	$\frac{1}{12} * m_{ma} * (l^2 + c^2) + m_{ma} * d_c^2$	0.001299 kg * m <sup>2</sup>
Momento de inercia de perforaciones	$I_2$	$2 * \left( \frac{1}{2} * m_{per} * \left( \frac{d}{2} \right)^2 + m_{per} * d_{c1}^2 + \frac{1}{2} * m_{per} * \left( \frac{d}{2} \right)^2 + m_{per} * d_{c2}^2 \right)$	0.0002491 kg * m <sup>2</sup>
Momento de inercia total	$I_{martillo}$	$I_{martillo} = I_{macizo} - I_2$	0.00105kg * m <sup>2</sup>
Densidad del acero	$rho$	<i>No aplica</i>	7850 kg/m <sup>3</sup>
Distancia desde el centro del eje principal hasta el centro de masa del martillo	$d_c$	<i>No aplica</i>	0.085 m
Distancia desde el centro del eje principal hasta el centro de la perforación inferior del martillo	$d_{c1}$	<i>No aplica</i>	0.055 m
Distancia desde el centro del eje principal hasta el centro de la perforación superior del martillo	$d_{c2}$	<i>No aplica</i>	0.12 m

**5.1.5.1 Cálculo de esfuerzos en los martillos.** Las principales consideraciones de fallas se generan debido a la tracción que se genera en las zonas críticas del martillo; un tipo de falla que se genera es por cizalladura en el área de contacto entre el perno y el disco, por lo tanto, es necesario calcular el factor de seguridad para esfuerzo normal y para esfuerzo cortante.

En la tabla 10 se determinará la solución de los anteriores parámetros además en la figura 31 se ilustrará el martillo con sus respectivas fuerzas y reacciones.

**Figura 31.** Diagrama de cuerpo libre del martillo.



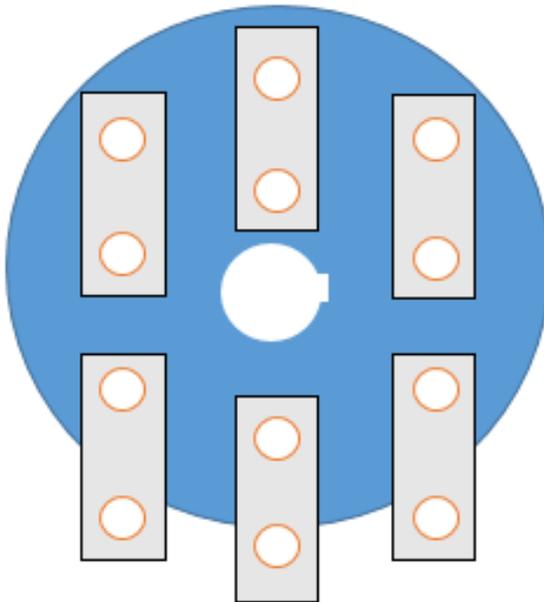
El resultado del factor de seguridad por esfuerzo cortante es igual a 7,2 lo cual garantiza que no habrá falla por desgarramiento debido a que la medida del ancho real del martillo es mayor al ancho mínimo (valor calculado a partir del área transversal, ver Anexo G) y el factor de seguridad por esfuerzo normal es de 7,7 un valor suficiente para que no haya falla por tracción debido a la fuerza centrífuga.

**Tabla 10.** Ecuaciones y nomenclatura de esfuerzos en los martillos.

PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Momento de la fuerza de corte	$M$	$M = I_{martillo} * \alpha$	$0.9353 N * m$
Fuerza de corte	$F_c$	$F_c = \frac{M}{l}$	$28.78 N$
Peso del martillo	$P_m$	$P_m = V_m * P_e$	$1.423 N$
Peso específico	$P_e$	<i>No aplica</i>	$76930 N/m^3$
Área de desgarre	$A_d$	$A_d = t * d_b * 2$	$8.569 * 10^{-5} m^2$
Distancia del borde del orificio al borde del martillo	$d_b$	$d_b = d - \frac{d}{2}$	$6.747 * 10^{-3} m$
Fuerza centrífuga	$F_{cf}$	$F_{cf} = w^2 * m_{total} * r_g$	$1717 N$
Esfuerzo cortante	$\tau$	$\tau = \frac{F_{cf}}{A_d}$	$20.04 Mpa$
Factor de seguridad (esfuerzo cortante)	$N$	$N = \frac{S_{sy}}{\tau}$	$7.202$
Resistencia a la fluencia a la tensión	$S_y$	<i>No aplica</i>	$250Mpa$
Resistencia de fluencia al corte	$S_{sy}$	$S_{sy} = S_y / \sqrt{3}$	$144.3 Mpa$
Esfuerzo normal máximo	$\sigma_{max}$	$\sigma_{max} = \frac{k * F_{cf}}{A_{st}}$	$32.44 Mpa$
Área de sección transversal del martillo	$A_{st}$	$(c - 2 * r) * t$	$1.175 * 10^{-4} m^2$
Constante de concentración de esfuerzos	$k$	$k = 3.313 * \left(\frac{c}{2 * r}\right) + 3.76 * \left(\frac{c}{2 * r}\right)^2 - 1.71376 * \left(\frac{c}{2 * r}\right)^3$	$2.22$
Factor de seguridad (esfuerzo normal)	$N_n$	$N_n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$	$7.707$

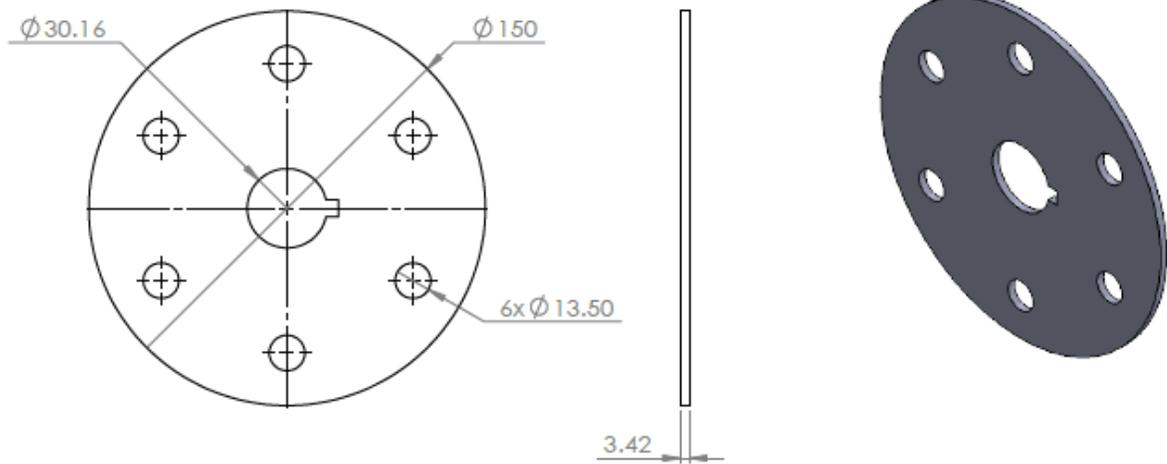
**5.1.6 Diseño del disco porta martillos.** El diseño del disco porta martillos es de gran importancia debido a la posición que ocuparan los martillos, para este caso se harán seis perforaciones por donde pasara el disco porta martillos y una cavidad principal que será atravesada por el eje central; en la figura 32 se puede observar la posición de los martillos cuando el molino está en reposo (el montaje axial de los martillos se muestra en el Anexo E).

**Figura 32.** Posición de los martillos en reposo



La forma geométrica de los discos es circular teniendo como ventaja el balanceo dinámico, también es necesario definir un espesor de disco no muy grande para evitar una configuración de discos con mucho peso (ver figura 33).

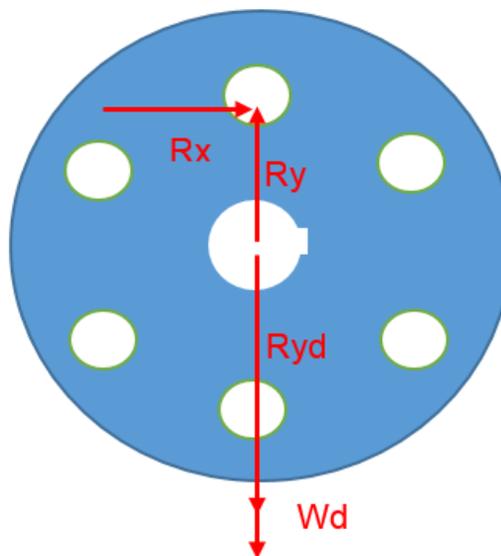
**Figura 33.** Geometría de los discos



Fuente: Solidworks

Los cálculos correspondientes de la geometría del disco, esfuerzo cortante y factor de seguridad, se pueden observar en la tabla 11 y en la figura 34 se indican las fuerzas de reacción que produce el martillo en el disco.

**Figura 34.** Diagrama de cuerpo libre del disco.



**Tabla 11.** Ecuaciones y nomenclatura de los discos.

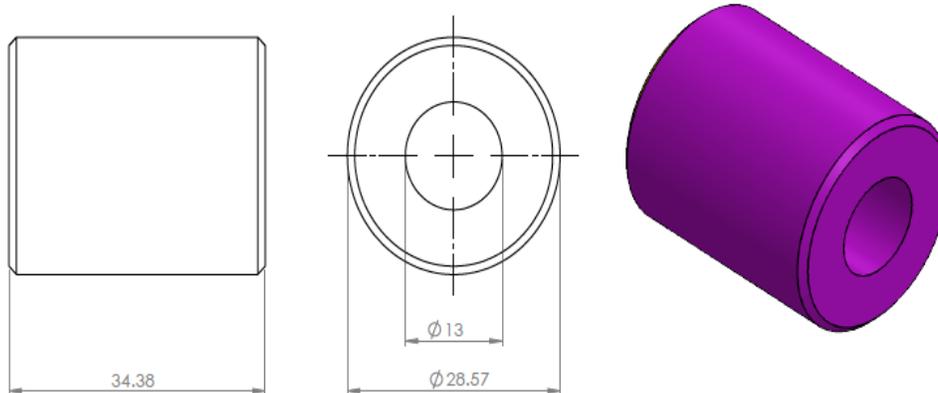
PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Factor de seguridad del disco	$N_d$	$N_d = \frac{S_y}{2 * \tau_d}$	2.77
Esfuerzo cortante del disco	$\tau_d$	$\tau_d = \frac{Fcf}{Ad_d}$	45.14 Mpa
Área de desgarre del disco	$Ad_d$	$Ad_d = e_{d_1} * d_{per}$	$4.615 * 10^{-5} m^2$
Espesor del disco	$e_{d_1}$	No aplica	$3.42 * 10^{-3} m$
Volumen del disco	$V_{d_d}$	$V_{d_d} = \pi * \left(\frac{D_{di}}{2}\right)^2 * e_{d_1}$	$6.044 * 10^{-5} m^3$
Diámetro del disco	$D_{di}$	No aplica	0.15 m
Volumen de perforaciones	$V_{per_d}$	$V_{per_{fd}} = 6 * \pi * \left(\frac{d_{perf}}{2}\right)^2 * e_{d_1}$	$2.934 * 10^{-6} m^3$
Volumen perforación grande	$V_{per_{gr}}$	$V_{per_{gr}} = \pi * r_{per_{g}}^2 + l_c * A_c$	$36.4 * 10^{-6}$
Volumen total	$V_{t_d}$	$V_{t_d} = V_{d_d} - V_{t_D} - V_{per_{gr}}$	$2.111 * 10^{-5}$
Masa del disco	$m_{dis}$	$m_{dis} = \frac{\gamma * V_{d_d}}{g}$	0.9494 kg
Masa de las perforaciones	$m_{perf}$	$m_{perf} = \frac{\gamma * V_{per_d}}{g}$	0.2766 kg
Masa de perforación grande	$m_{per_{gr}}$	$m_{per_{f-gr}} = \frac{\gamma * V_{per_{gr}}}{g}$	0.5717 kg
Masa total	$m_{t_d}$	$m_{t_d} = m_{dis} - m_{perf} - m_{per_{f-gr}}$	0.1011kg
Gamma	$\gamma$	No aplica	$154102 N/m^3$
Inercia del disco	$I_{disco}$	$I_{disco} = \frac{1}{2} * \left(m_{t_d} * \left(\frac{D_{di}}{2}\right)^2\right)$	$2842 * 10^{-4} kg * m^2$

**5.1.7 Bujes separadores.** Este elemento de la maquina servirá como separador de martillos además de cumplir su función normal que es la de servir de apoyo del eje porta martillos, para este molino se utilizaras 5 bujes de diferente longitud, pero con diámetro exterior e interior iguales, en total será una suma de 40 bujes ocho por cada referencia definida.

Los cálculos geométricos e ilustraciones de cada buje se mostrarán a continuación (ver figuras 35, 36, 37, 38, 39 y tablas 12, 13, 14, 15, 16).

#### 5.1.7.1 Buje 1.

**Figura 35.** Buje separador 1



**Tabla 12.** Cálculos geométricos y resultados para el buje 1

PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Cantidad de bujes	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>	8
Diámetro exterior	$D_{e_{b_1}}$	<i>No aplica</i>	0.02857 m
Diámetro interior	$D_{i_{b_1}}$	<i>No aplica</i>	0.013 m
Longitud	$l_{b_1}$	<i>No aplica</i>	0.03438
Volumen buje	$V_{b_1}$	$V_{b_1} = \pi * l_{b_1} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_1}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_1}}}{2} \right)^2 \right)$	$1.7477 * 10^{-5} m^3$
Masa buje	$m_{b_1}$	$m_{b_1} = \frac{\gamma * V_{b_1}}{9,81 * 1000}$	0.1363 kg
Gamma	$\gamma$	<i>No aplica</i>	$0.0765 \frac{kg}{mm^3}$
Inercia del buje	$I_{b_1}$	$I_{b_1} = \left( \frac{1}{2} \right) * m_{bujes} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_1}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_1}}}{2} \right)^2 \right) + m_{b_1} * d_{x_1}^2$	$3386 kg * mm^2$
Distancia desde el centro del eje principal hasta el centro de la perforación del buje	$d_{x_1}^2$	<i>No aplica</i>	0.055 m

### 5.1.7.2 Buje 2.

Figura 36. Buje separador 2

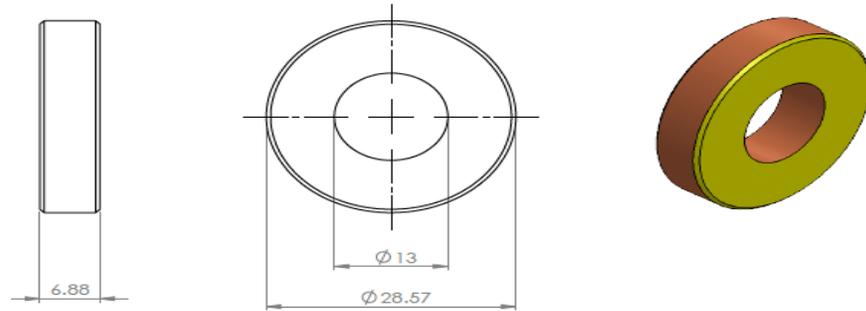


Tabla 13. Cálculos geométricos y resultados para el buje 2

PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Cantidad de bujes	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>	8
Diámetro exterior	$D_{e_{b_2}}$	<i>No aplica</i>	0.02857 m
Diámetro interior	$D_{i_{b_2}}$	<i>No aplica</i>	0.013 m
Longitud	$l_{b_2}$	<i>No aplica</i>	$6.88 * 10^{-3} m$
Volumen buje	$V_{b_2}$	$V_{b_2} = \pi * l_{b_2} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_2}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_2}}}{2} \right)^2 \right)$	$1.3975 * 10^{-5} m^3$
Masa buje	$m_{b_2}$	$m_{b_2} = \frac{\gamma * V_{b_2}}{9,81 * 1000}$	0.02727 kg
Inercia del buje	$I_{b_2}$	$I_{b_2} = \left( \frac{1}{2} \right) * m_{b_2} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_2}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_2}}}{2} \right)^2 \right) + m_{b_2} * d_{x_1}^2$	$677.7 kg * mm^2$

### 5.1.7.3 Buje 3.

Figura 37. Buje separador 3

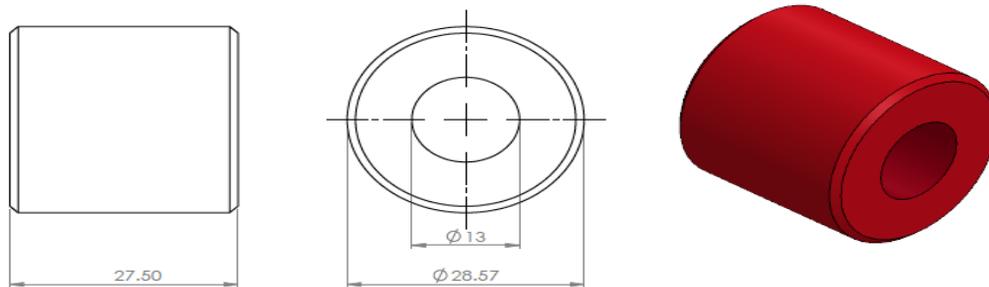


Tabla 14. Cálculos geométricos y resultados para el buje 3

PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Cantidad de bujes	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>	8
Diámetro exterior	$D_{e_{b_3}}$	<i>No aplica</i>	$0.02857 \text{ m}$
Diámetro interior	$D_{i_{b_3}}$	<i>No aplica</i>	$0.013 \text{ m}$
Longitud	$l_{b_3}$	<i>No aplica</i>	$27.5 * 10^{-3} \text{ m}$
Volumen buje	$V_{b_3}$	$V_{b_3} = \pi * l_{b_3} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_3}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_3}}}{2} \right)^2 \right)$	$1.39 * 10^{-5} \text{ m}^3$
Masa buje	$m_{b_3}$	$m_{b_3} = \frac{\gamma * V_{b_3}}{9,81 * 1000}$	$0.02727 \text{ kg}$
Inercia del buje	$I_{b_3}$	$I_{b_3} = \left( \frac{1}{2} \right) * m_{bujes_3} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_3}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_3}}}{2} \right)^2 \right) + m_{b_3} * d_{x_1}^2$	$677.7 \text{ kg} * \text{mm}^2$

### 5.1.7.4 Buje 4.

Figura 38. Buje separador 4

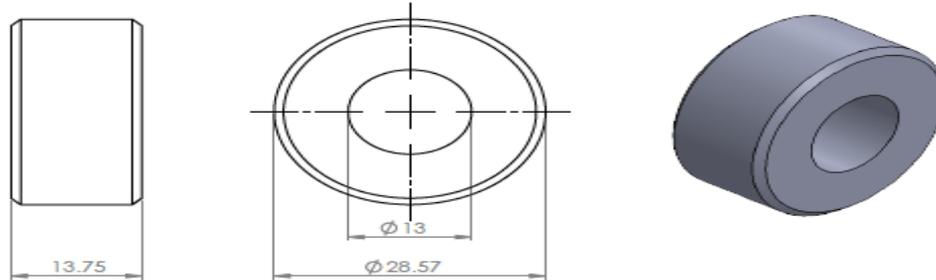


Tabla 15. Cálculos geométricos y resultados para el buje 4

PARAMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Cantidad de bujes	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>	8
Diámetro exterior	$D_{e_{b_4}}$	<i>No aplica</i>	0.02857 m
Diámetro interior	$D_{i_{b_4}}$	<i>No aplica</i>	0.013 m
Longitud	$l_{b_4}$	<i>No aplica</i>	0.01375 m
Volumen buje	$V_{b_4}$	$V_{b_4} = \pi * l_{b_4} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_4}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_4}}}{2} \right)^2 \right)$	$1.3979 * 10^{-5} m^3$
Masa buje	$m_{b_4}$	$m_{b_4} = \frac{\gamma * V_{b_4}}{9,81 * 1000}$	0.109 kg
Inercia del buje	$I_{b_1}$	$I_{b_4} = \left( \frac{1}{2} \right) * m_{bujes_4} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_4}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_4}}}{2} \right)^2 \right) + m_{b_4} * d_{x_1}^2$	$2709 kg * mm^2$

### 5.1.7.5 Buje 5.

Figura 39. Buje separador 5.

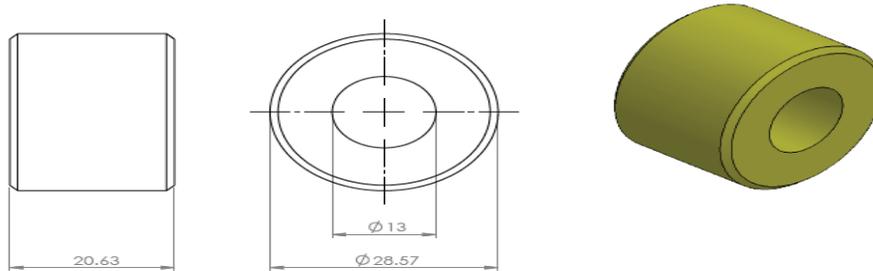


Tabla 16. Cálculos geométricos y resultados para el buje 5

PARAMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Cantidad de bujes	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>	8
Diámetro exterior	$D_{e_{b_5}}$	<i>No aplica</i>	0.02857 m
Diámetro interior	$D_{i_{b_5}}$	<i>No aplica</i>	0.013 m
Longitud	$l_{b_5}$	<i>No aplica</i>	0.02063 m
Volumen buje	$V_{b_5}$	$V_{b_5} = \pi * l_{b_5} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_5}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_5}}}{2} \right)^2 \right)$	1.3975 * 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup>
Masa buje	$m_{b_5}$	$m_{b_5} = \frac{\gamma * V_{b_5}}{9,81 * 1000}$	0.109 kg
Inercia del buje	$I_{b_5}$	$I_{b_5} = \left( \frac{1}{2} \right) * m_{bujes_5} * \left( \left( \frac{D_{e_{b_5}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{i_{b_5}}}{2} \right)^2 \right) + m_{b_5} * d_{x_1}^2$	2709 kg * mm <sup>2</sup>

### 5.1.8 Determinación de la potencia.

**Tabla 17.** Cálculos de potencia del motor en vacío

PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Aceleración angular	$\alpha$	$\alpha = \frac{\omega}{t}$	$148 \frac{rad}{s^2}$
Velocidad angular	$\omega$	$\omega = 2 * \pi * \frac{n}{60}$	$297 \frac{rad}{s}$
RPM	$n$	No aplica	2800 RPM
Tiempo de régimen	$t$	No aplica	2 seg
Torque de arranque	$T_a$	$T_a = \alpha * \left(\frac{I_t}{10^6}\right)$	6.9 N * m
Inercia total	$I_t$	$I_t = I_b + I_d + I_m + I_{ep} + I_{ec}$	54791 Kg * mm <sup>2</sup>
Inercia de los bujes	$I_b$	No aplica	10250 Kg * mm <sup>2</sup>
Inercia de los discos	$I_d$	No aplica	10109 Kg * mm <sup>2</sup>
Inercia de los martillos	$I_m$	No aplica	25200 Kg * mm <sup>2</sup>
Inercia del eje porta martillos	$I_{ep}$	No aplica	3307 Kg * mm <sup>2</sup>
Inercia del eje central	$I_{ec}$	No aplica	344.1 Kg * mm <sup>2</sup>
Potencia de arranque	$H_a$	$H_a = T_a * \frac{\omega}{745.7}$	<b>2.8 Hp</b>

**Tabla 18.** Cálculos de potencia de molienda

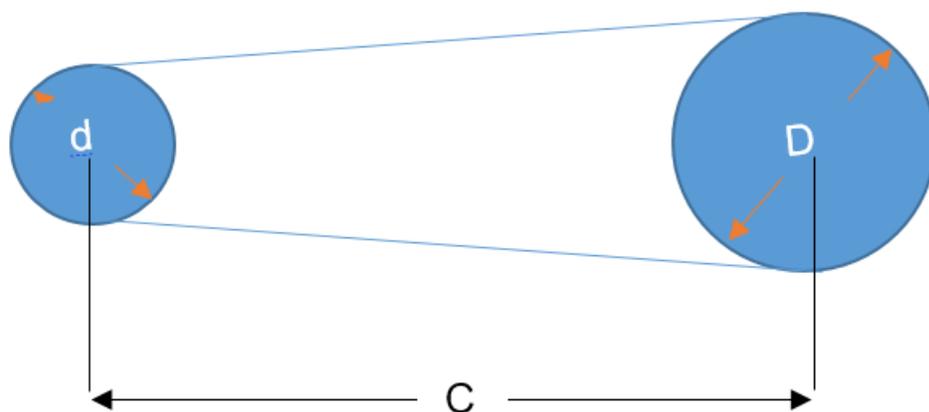
PARÁMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Potencia de molienda	Pot	$Pot = \frac{4}{3} * 0.3162 * K \left(\frac{1}{\sqrt{d_f}} - \frac{1}{\sqrt{d_i}}\right) * c$	<b>4.458 Hp</b>
Índice de trabajo	K	No aplica	1.21 Kw/mm*Kg
Capacidad máxima para molienda	c	$c = \frac{m}{60}$	8.33 kg/min
Bache	m	No aplica	500 kg
Tamaño de alimentación aproximado	$d_i$	No aplica	7.42 mm
Tamaño del producto	$d_f$	No aplica	0.5 mm

Se calcula la potencia de arranque para el molino vacío y la potencia exigida para moler, así se obtiene la situación más crítica y se selecciona un motor que pueda responder de manera eficiente. La potencia requerida del motor para moler se obtiene con las ecuaciones de la ley de molienda de Bond (ver tabla 18).

Comparando los resultados se obtiene que la potencia de molienda es mayor, se resuelve emplear un motor de 6 hp que gira a 3400 rpm, las demás especificaciones se pueden observar en el Anexo H.

**5.1.9 Selección de transmisión de potencia para eje principal.** Para transmitir la potencia requerida de 6 hp, se cuenta con una polea motriz que en este caso será la de mayor diámetro por lo tanto la polea conducida será de menor diámetro (ver figura 40), además se seleccionará una banda en V de sección tipo A, tal como se muestra en las tablas especificadas, para la selección de la transmisión por correa se utilizará el manual de correas de transmisión industrial DUNLOP, este catálogo fija una serie de pasos para la selección y se evidenciara en la sección de anexos, para el cálculo del valor de tensiones y constantes referentes se toma como guía el libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, las tablas con el valor de las constantes también se encuentra en la sección de Anexo I.

**Figura 40.** Sistema de transmisión de potencia



**Tabla 19.** Parámetros de cálculo

<b>Máquina conducida</b>	<b>Horas de trabajo:</b> 8 horas/Día
	<b>Revoluciones por minuto:</b> 2800 rpm
	i=1.21
<b>Máquina Motriz</b>	<b>Motor eléctrico Nominal=</b> 6 Hp
	<b>Revoluciones por minuto:</b> 3400 rpm
	C=280 mm

**Tabla 20.** Ecuaciones y cálculos de la transmisión de potencia

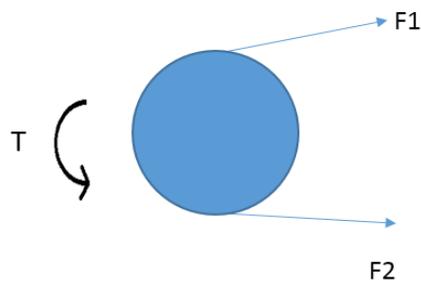
PARÁMETRO	SÍMBOLO	ECUACIÓN	VALOR
Potencia corregida	$P_c$	$P_c = P_n * F_{cp}$	7.8 Hp
Potencia nominal	$P_n$	No aplica	6 Hp
Factor de servicio	$F_{cp}$	Anexo I tabla N 3	1.3
Tipo de polea	No aplica	Anexo I página 7	Tipo A
Relación de transmisión	$i$	$i = \frac{N}{n} = \frac{D}{d}$	1.2
Rpm polea conducida	$n$	No aplica	2800
Rpm polea Motriz	$N$	No aplica	3400
Diámetro primitivo motriz	$D$	No aplica	5" = 127 mm
Diámetro primitivo conducida	$d$	$i = \frac{D}{d}$	6" = 152.4 mm
Distancia entre centros asumida	$c_{asu}$	$D \leq c \leq 3 * (D + d)$	152 mm ≤ 350mm ≤ 838.2mm
Velocidad optima	$V_{opt}$	$V_{opt} = \pi * d * \frac{N}{60 * 1000}$	22.60 m/s
Longitud de paso de banda	$L$	$L = 2 * c + 1.57 * (D + d) + (D - d)^2 / (4 * c)$	1186 mm = 45 pulg

Correa de sección	<i>No aplica</i>	<i>Anexo I tabla N 6</i>	<i>A N°45</i>
Potencia tabulada	$H_a$	$H_a = Pb + Art$	4.56 Hp
Prestación en base	$Pb$	<i>Anexo I Tabla N2</i>	4.5 Hp
Adicional por relación de transmisión	$Art$	<i>Anexo I Tabla N2</i>	0.06 Hp
Potencia por banda	$H_a'$	$H_a' = k_1 * k_2 * H_a$	4.1 Hp
Factor de corrección de longitud de correa	$k_1$	<i>Anexo I Tabla N4</i>	0.92
Factor de corrección del arco de contacto	$k_2$	$\alpha = 180 - \left(57 * \frac{D-d}{C}\right)$ <i>Anexo D Tabla N5</i>	0.99
Número de correas	$N_c$	$N_c = \frac{H_d}{H_a'}$	2

NOTA: El número de correas según el cálculo era igual a 2 pero INDARS.S.A.S decidió poner 4 correas con el fin de aliviar más la carga que soportaría si se dejara como lo determino el cálculo.

### 5.1.9.1 Cálculo de tensiones en la transmisión de potencia.

**Figura 41.** Diagrama de cuerpo libre polea.



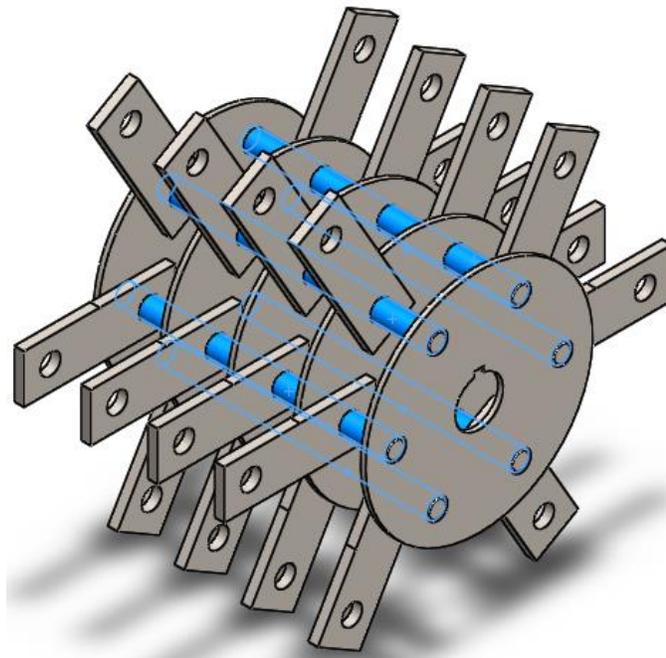
**Tabla 21.** Ecuaciones y cálculos de tensiones de la transmisión de potencia.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	ECUACIÓN	VALOR
Constante de banda en v	$k_c$	<i>Anexo I Tabla 17 – 16</i>	0.561
Tensión centrífuga	$F_c$	$F_c = k_c * \left(\frac{V}{1000}\right)^2$	11.10 lbf
Velocidad tangencial de la banda	$V$	<i>No aplica</i>	4450 ft/min
Constante delta f	$\Delta_f$	$\frac{63025 * \frac{H_D}{N_b}}{n * \left(\frac{d}{2}\right)}$	14.46 lbf
Tensión mayor	$F_1$	$F_1 = F_c + \left(\Delta_f * \frac{e^{f*d}}{e^{(f*d)} - 1}\right)$	26.82 lbf
Ángulo de contacto	$\phi$	$\phi = \theta_d = \pi - 2 * \sin^{-1}((D - d)/(2 * c))$	3.06
Coefficiente de fricción efectivo	$e^{f*\phi}$	$e^{0.5123*2.91}$	4.81
Tensión menor	$F_2$	$F_2 = F_1 - \Delta_f$	12.36 lbf
Factor de seguridad	$N_{fs}$	$N_{fs} = H_a * \frac{N_b}{H_{nom} * k_s}$	2.19
Factor de tensión T1	$F_{b1}$	$F_{b1} = \frac{kb}{D}$	37 lbf
Factor de tensión T2	$F_{b2}$	$F_{b2} = \frac{kb}{d1}$	44 lbf
Tensión 1	$T_1$	$T_1 = F_1 + F_{b1}$	64 lbf
Tensión 2	$T_2$	$T_2 = F_2 + F_{b2}$	71 lbf
Número de pasadas	$N_p$	$N_p = \left[ \left(\frac{k}{T_1}\right)^{-b} + \left(\frac{k}{T_2}\right)^{-b} \right]^{-1}$	$16 * 10^9$ pasadas
Picos de fuerza	$k$	<i>Anexo I Tabla 17 – 17</i>	674
Picos de fuerza	$b$	<i>Anexo I Tabla 17 – 17</i>	11.089
Tiempo de vida	$t$	$t > N_p * \left(\frac{L}{720 * V}\right)$	14045 h

**5.1.10 Diseño de los ejes porta martillos.** En la figura 42 se presenta la configuración que tienen los ejes portamartillos en el ensamble del rotor, estando directamente en contacto con los martillos que producen una fuerza resultante  $R$  y con los discos separadores que causan diferentes reacciones, originando así un sistema hiperestático.

Cabe resaltar que cada eje tiene libertad de girar sobre los agujeros del martillo y de los discos, y a su vez poseen una distribución de martillos diferente, con el fin de optimizar la molienda del producto, por ello es necesario analizar cada uno de los 6 ejes; con la ayuda del software XVGAS<sup>8</sup> se calculan las reacciones de los discos para cada situación y se obtienen los diagramas de cortantes y momentos flectores.

**Figura 42.** Ejes portamartillos.

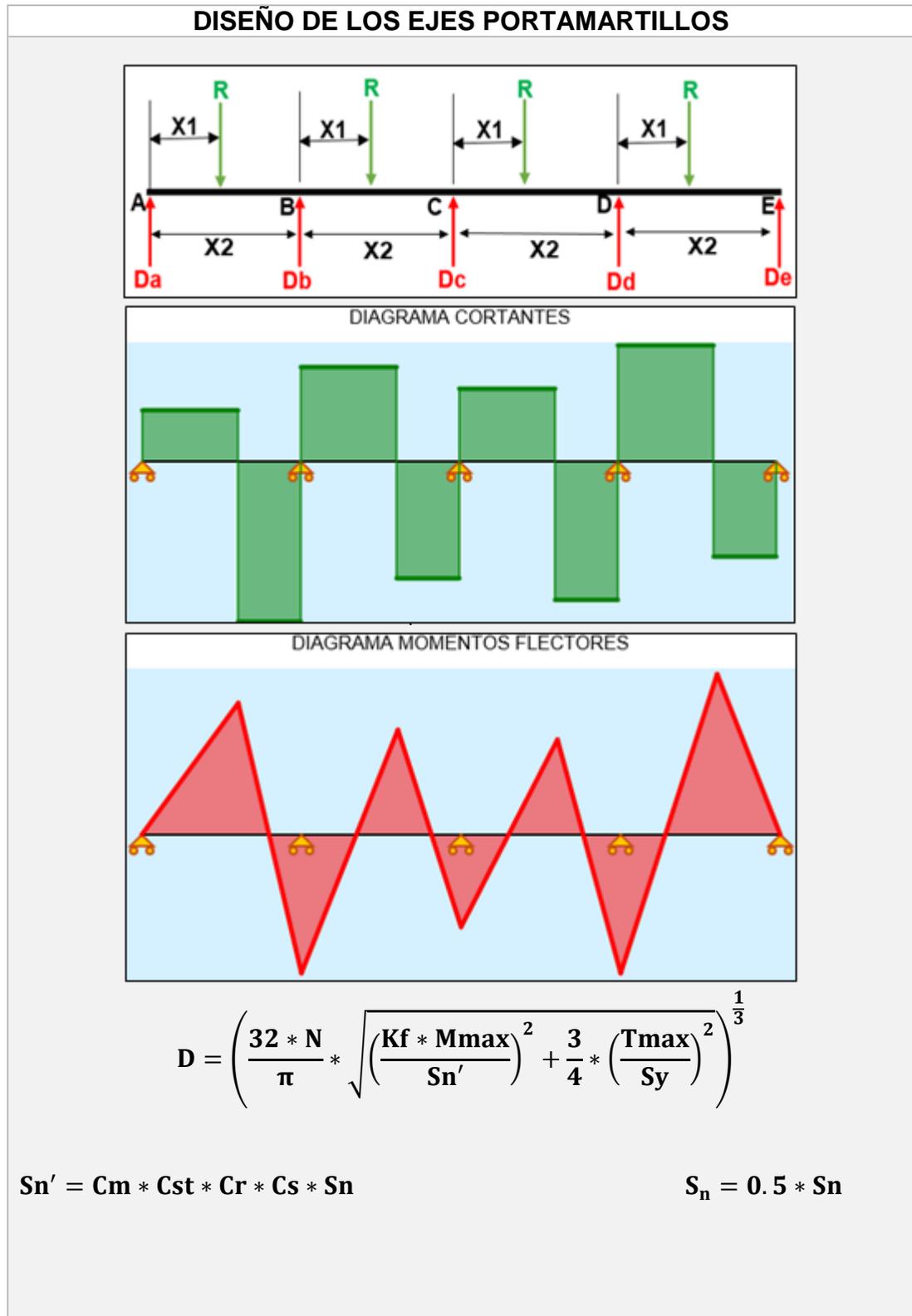


Fuente. Solidworks

---

<sup>8</sup> XVGAS. Aplicación para análisis de vigas [en línea]. <<http://pwnage2apps.esy.es/xvigas/xvigas.html>> [citado el 29 de marzo de 2017]

Tabla 22. Cálculos del eje porta martillos.



ITEM	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Fuerza resultante que ejerce el martillo sobre el eje.	R	N	1717
Distancia entre apoyos (discos).	X2	Mm	45
ITEM	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
<b>Cálculo de reacciones para eje con martillos ubicados a X1=4.9 mm</b>			
Reacción en el apoyo A.	Da	N	1422.9
Reacción en el apoyo B.	Db	N	1859.8
Reacción en el apoyo C.	Dc	N	1645.6
Reacción en el apoyo D.	Dd	N	1859.8
Reacción en el apoyo E.	De	N	79.86
Momento máximo.	Mmax	N*m	6.97
<b>Cálculo de reacciones para eje con martillos ubicados a X1=13.5 mm</b>			
Reacción en el apoyo A.	Da	N	970.11
Reacción en el apoyo B.	Db	N	2026.1
Reacción en el apoyo C.	Dc	N	1562.5
Reacción en el apoyo D.	Dd	N	2026.1
Reacción en el apoyo E.	De	N	283.31
Momento máximo.	Mmax	N*m	13.09
<b>Cálculo de reacciones para eje con martillos ubicados a X1=20.9 mm</b>			
Reacción en el apoyo A.	Da	N	645
Reacción en el apoyo B.	Db	N	2083.1
Reacción en el apoyo C.	Dc	N	1534
Reacción en el apoyo D.	Dd	N	2083.1
Reacción en el apoyo E.	De	N	522.9
Momento máximo.	Mmax	N*m	13.48
<b>Cálculo de reacciones para eje con martillos ubicados a X1=27.2 mm</b>			
Reacción en el apoyo A.	Da	N	415.26
Reacción en el apoyo B.	Db	N	2068.9
Reacción en el apoyo C.	Dc	N	1541.1
Reacción en el apoyo D.	Dd	N	2068.9
Reacción en el apoyo E.	De	N	773.93
Momento máximo.	Mmax	N*m	13.78
<b>Cálculo de reacciones para eje con martillos ubicados a X1=34.1 mm</b>			
Reacción en el apoyo A.	Da	N	213.30
Reacción en el apoyo B.	Db	N	1987.1
Reacción en el apoyo C.	Dc	N	1581.1
Reacción en el apoyo D.	Dd	N	1987.1
Reacción en el apoyo E.	De	N	1098.5
Momento máximo.	Mmax	N*m	11.97
<b>Cálculo de reacciones para eje con martillos ubicados a X1=41 mm</b>			
Reacción en el apoyo A.	Da	N	63.23
Reacción en el apoyo B.	Db	N	1836.2
Reacción en el apoyo C.	Dc	N	1657.4
Reacción en el apoyo D.	Dd	N	1836.2
Reacción en el apoyo E.	De	N	1475.0
Momento máximo.	Mmax	N*m	5.906

<b>Cálculo diámetro mínimo de los ejes portamartillos</b>			
Resistencia a la fluencia, acero AISI 4340, Anexo J.	Sy	Mpa	710
Resistencia última, acero AISI 4340, Anexo J.	Sut	Mpa	1110
Resistencia a la fatiga modificada.	Sn	Mpa	550
Factor de material. <sup>9</sup>	Cm	-	1
Factor de esfuerzo.	Cst	-	1
Factor de confiabilidad, Anexo J.	Cr	-	0.81
Factor de tamaño, Anexo J.	Cs	-	0.95
Factor de concentración de esfuerzos, Anexo J	Kf	-	1
Factor de seguridad	N	-	3.4
Diámetro del eje para X1=4.9 mm	D	Mm	6.9
Diámetro del eje para X1=13.5 mm	D	Mm	8.6
Diámetro del eje para X1=20.9 mm	D	Mm	8.7
Diámetro del eje para X1=27.2 mm	D	Mm	8.8
Diámetro del eje para X1=34.1 mm	D	Mm	8.3
Diámetro del eje para X1=41 mm	D	Mm	6.6

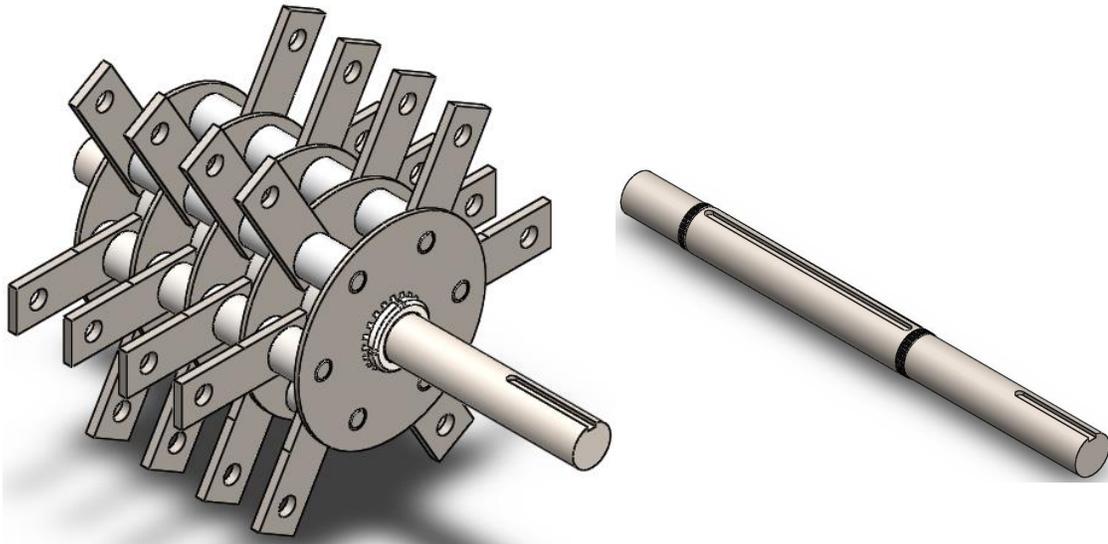
Con los resultados obtenidos se observa que la situación más crítica la presenta el eje que tiene una separación del martillo con respecto al disco de 27.2 mm y de diámetro mínimo de 8.8 mm; se opta por un diámetro de ½ pulgada para cada eje, fabricado con acero AISI 4340, obteniendo así un factor de seguridad por fatiga igual a 6,2.

**5.1.11 Diseño del eje del rotor.** Este eje se encarga de transmitir la potencia, soportar el peso de todos los elementos que componen el rotor y absorber los impactos que generan los martillos, para tal fin se fabrica en acero AISI 4340, el cual posee una aleación de cromo, níquel y molibdeno, tiene gran templabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga, es común utilizarlo en piezas que están sometidas a grandes exigencias de dureza, resistencia mecánica y tenacidad.

---

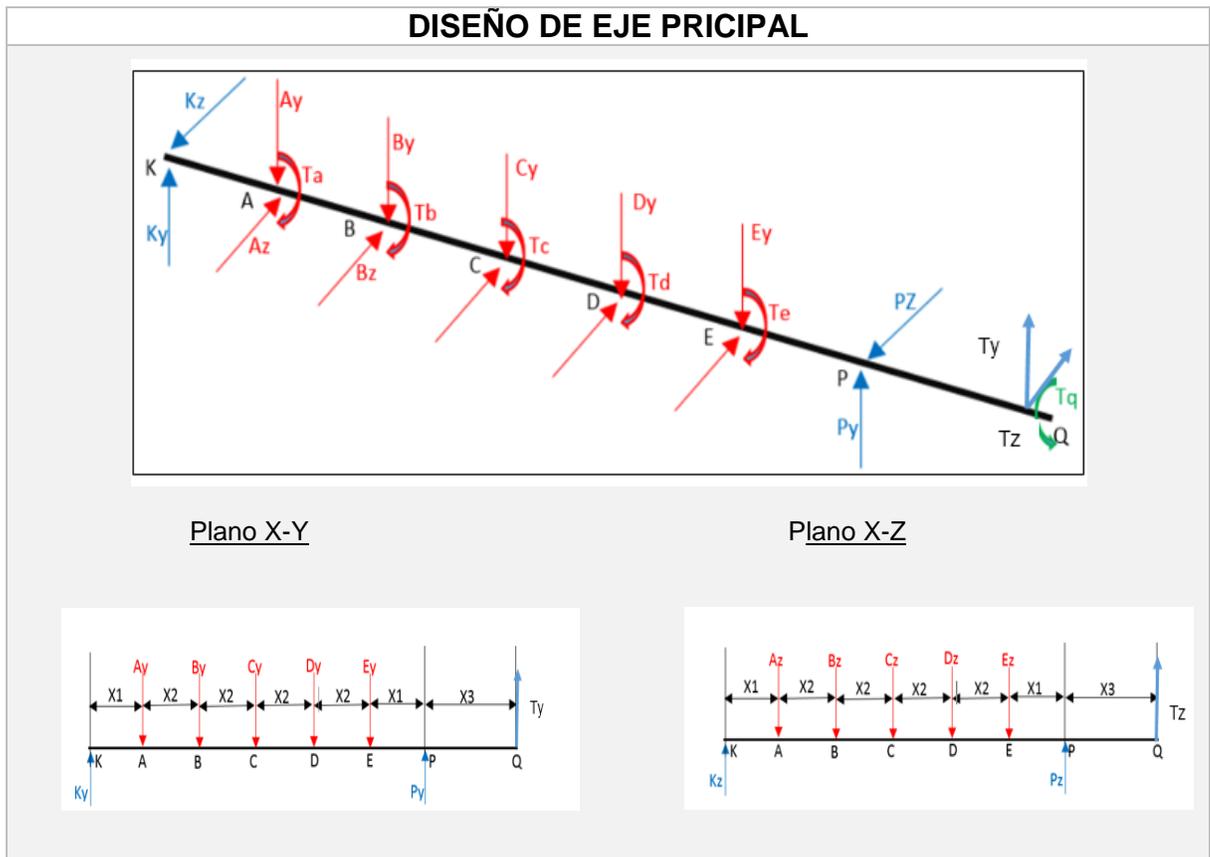
<sup>9</sup> MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. Editorial Pearson Educación, cuarta edición, México, 2006, p. 174

**Figura 43.** Rotor del molino y eje principal.

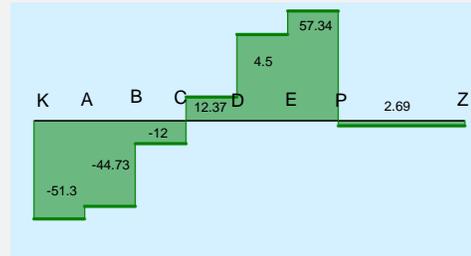
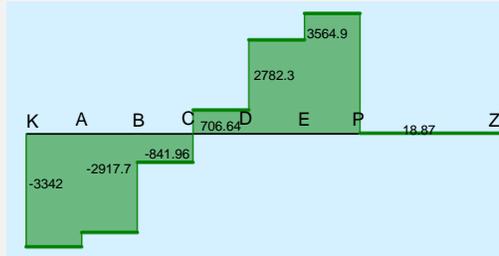


Fuente. Solidworks

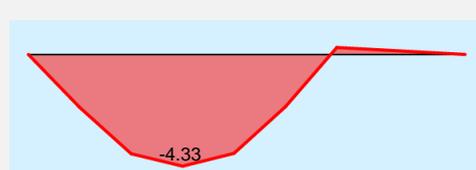
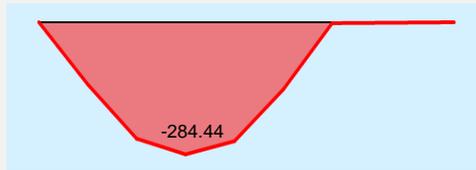
**Tabla 23.** Diseño del eje principal.



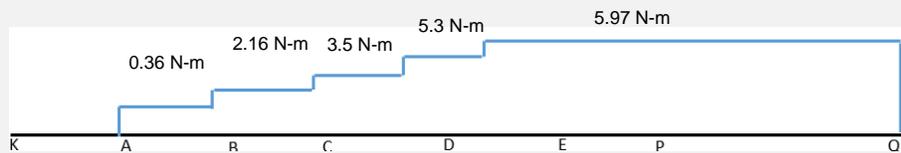
### Cortantes



### Momentos



### Torques



$$\sum F_z = 0 \quad A_z + B_z + C_z + D_z + E_z + T_z = K_z + P_z$$

$$\sum M_{zx} = 0 \quad A_z * X_1 + B_z * (X_1 + X_2) + C_z * (X_1 + 2 * X_2) + D_z * (X_1 + 3 * X_2) + E_z * (X_1 + 4 * X_2) = P_z * (2 * X_1 + 4 * X_2) - T_z * (X_3 + 2 * X_1 + 4X_2)$$

$$\sum F_y = 0 \quad A_y + B_y + C_y + D_y + E_y = K_y + P_y + T_y$$

$$\sum M_{zy} = 0 \quad A_y * X_1 + B_y * (X_1 + X_2) + C_y * (X_1 + 2 * X_2) + D_y * (X_1 + 3 * X_2) + E_y * (X_1 + 4 * X_2) = P_y * (2 * X_1 + 4 * X_2) + T_y * (X_3 + 2 * X_1 + 4X_2)$$

$$T_n = R * A_n$$

$$D = \left( \frac{32 * N}{\pi} * \sqrt{\left( \frac{K_f * M_n}{S_n'} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left( \frac{T_n}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 0.5 * S_n$$

$$S_n' = C_m * C_{st} * C_r * C_s * S_n \quad S_n$$

ITEM	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Reacción en eje Z, punto A	Az	N	6.57
Reacción en eje Z, punto B	Bz	N	32.73
Reacción en eje Z, punto C	Cz	N	24.38
Reacción en eje Z, punto D	Dz	N	32.73
Reacción en eje Z, punto E	Ez	N	12.24
Reacción en eje Y, punto A	Ay	N	424.34
Reacción en eje Y, punto B	By	N	2075.7
Reacción en eje Y, punto C	Cy	N	1548.6
Reacción en eje Y, punto D	Dy	N	2075.7
Reacción en eje Y, punto E	Ey	N	782.53

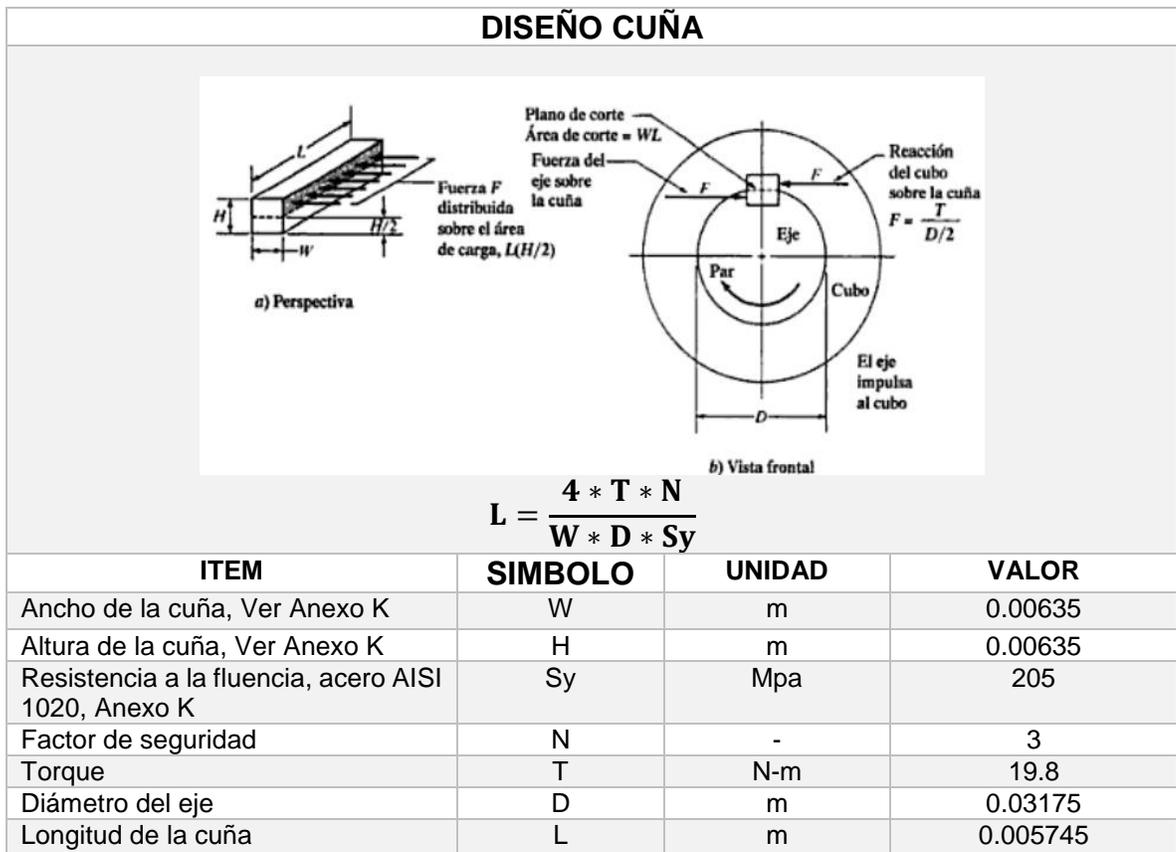
Reacción en eje Z, punto K	Kz	N	51.3
Reacción en eje Z, punto P	Pz	N	60.04
Reacción en eje Z, punto Z	Zz	N	2.69
Reacción en eje Y, punto K	Ky	N	3342
Reacción en eje Y, punto P	Py	N	3546
Reacción en eje Y, punto Z	Zy	N	18.87
Distancia del centro del eje al punto de aplicación de la fuerza	R	M	0.055
Torque punto A	Ta	N-m	0.36
Torque punto B	Tb	N-m	1.80
Torque punto C	Tc	N-m	1.34
Torque punto D	Td	N-m	1.80
Torque punto E	Te	N-m	0.67
Momento resultante en A	Ma	N-m	133.70
Momento resultante en B	Mb	N-m	250.71
Momento resultante en C	Mc	N-m	284.47
Momento resultante en D	Md	N-m	256.14
Momento resultante en E	Me	N-m	144.55
<b>Cálculo diámetro mínimo del eje principal</b>			
Resistencia a la fluencia, acero AISI 4340, Anexo J.	Sy	Mpa	710
Resistencia última, acero AISI 4340, Anexo J.	Sut	Mpa	1110
Resistencia a la fatiga modificada.	Sn	Mpa	550
Factor de material. <sup>10</sup>	Cm	-	1
Factor de esfuerzo.	Cst	-	1
Factor de confiabilidad, Anexo J.	Cr	-	0.81
Factor de tamaño, Anexo J.	Cs	-	0.92
Factor de concentración de esfuerzos, Anexo J.	Kf	-	1.3
Factor de seguridad	N	-	2
Diámetro del eje para A	D	mm	20.26
Diámetro del eje para B	D	mm	24.98
Diámetro del eje para C	D	mm	26.05
Diámetro del eje para D	D	mm	25.14
Diámetro del eje para E	D	mm	20.74

Para el eje se logró un diámetro mínimo de 26.05 mm, se decide fabricarlo con un diámetro de 1”1/4, aumentando el factor de seguridad por fatiga a 3,6.

<sup>10</sup> MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. Editorial Pearson Educación, cuarta edición, México, 2006, p. 174

**5.1.12 Diseño y selección de cuñas.** Las cuñas se encargan de transmitir el movimiento del motor al eje principal y éste a su vez a los discos que contienen los martillos. Las cuñas de uso más común son las de sección cuadrada, y sus dimensiones están en función del diámetro del eje, según como lo especifica la norma ANSI B17.1 1967.

**Tabla 24.** Diseño cuña.



Se selecciona una cuña de sección cuadrada de ¼”, con una longitud igual a la que hay entre discos externos que es de 180 mm, aunque la longitud mínima es de 5,7 mm se opta por una sola cuña para evitar hacer una cuña por cada disco.

El material para la cuña debe ser de menor resistencia que el eje principal y los discos, por eso se fabrica en acero AISI 1020.

**5.1.13 Selección de rodamientos.** La selección de los rodamientos se hizo considerando la norma internacional ISO 281<sup>11</sup>, que establece el cálculo de la vida útil de los rodamientos, expresada en las horas de funcionamiento que el rodamiento puede soportar a una cierta velocidad antes de que aparezca el primer indicio de fatiga del metal.

Para facilitar el montaje se emplean rodamientos insertables con tornillo prisionero; a través del catálogo SKF se elige el rodamiento con designación YET 206-103 y posteriormente se hace la verificación de la vida útil por medio del software que ofrece la marca en su página de internet, para ello se ingresa la carga radial que es igual a 3546 N (ver tabla 23), siendo esta la mayor de los 2 apoyos del eje principal, la velocidad rotacional, la temperatura de operación, factor de contaminación y el tipo de grasa (estándar).

**Tabla 25.** Parámetros de entrada SKF.

Input parameters	
<b>F<sub>r</sub></b> Radial load	3.546 kN
<b>F<sub>a</sub></b> Axial load	0 kN
<b>n<sub>i</sub></b> Rotational speed of the inner ring	2800 r/min
<b>Operating temperature</b> Bearing outer ring	70 °C
<b>η<sub>c</sub> specification method</b>	Simplified guidelines
<b>η<sub>c</sub></b> Factor for contamination level	0.9
<b>Grease used in the bearing</b>	VT307
<b>Viscosity at 40 °C</b>	190.0 mm <sup>2</sup> /s
<b>Viscosity at 100 °C</b>	15.0 mm <sup>2</sup> /s

Fuente: [www.skf.com](http://www.skf.com)

<sup>11</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Rolling bearings: Dynamic load ratings and rating life. Second edition. ISO, 2007

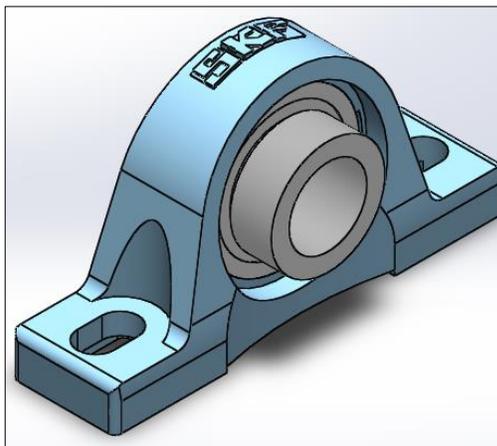
**Tabla 26.** Resultados SKF.

Result	
<b>L<sub>10mh</sub></b> SKF rating life	10000 hour
<b>a<sub>SKF</sub></b> SKF life modification factor a <sub>SKF</sub>	10.2
<b>κ</b> Viscosity ratio	3.98
<b>P</b> Equivalent dynamic bearing load	3.55 kN
<b>η<sub>c</sub></b> Factor for contamination level	0.9
<b>v<sub>1</sub></b> Required kinematic viscosity for κ=1	10.5 mm <sup>2</sup> /s
<b>L<sub>10h</sub></b> Basic rating life	990 hour
<b>C/P</b> Load ratio	5.5

Fuente: [www.sk.com](http://www.sk.com)

La tabla anterior muestra que el rodamiento tiene una vida útil de 10000 horas, lo cual es recomendable para este tipo de máquinas, las demás especificaciones se pueden observar en el Anexo L.

**Figura 44.** Rodamiento YET 206-103.

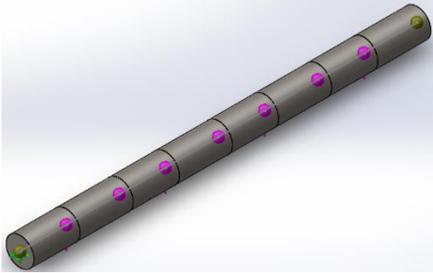


Fuente: [www.sk.com](http://www.sk.com)

### 5.1.14 Análisis CAE de los elementos que componen el molino de martillos.

**5.1.14.1 Análisis CAE en el eje portamartillos.** Se realiza el análisis CAE (Computer Aided Engineering) con la herramienta Solidworks, sujetando el eje en los puntos donde van ubicados los discos e igualmente las cargas donde están ubicados los martillos.

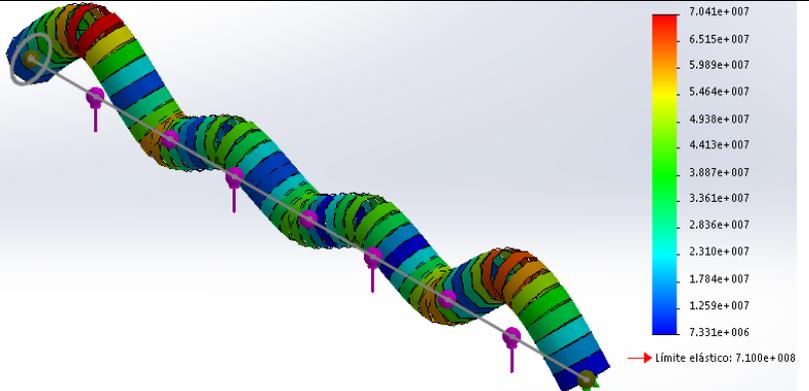
**Tabla 27.** Propiedades para el análisis del eje portamartillos.

PROPIEDADES		
	<b>Nombre:</b>	AISI 4340 Acero
	<b>Tipo de modelo:</b>	Isotrópico elástico lineal
	<b>Criterio de error predeterminado:</b>	Tensión de von Mises máx.
	<b>Límite elástico:</b>	7.1e+008 N/m <sup>2</sup>
	<b>Límite de tracción:</b>	1.11e+009 N/m <sup>2</sup>
	<b>Módulo elástico:</b>	2.05e+011 N/m <sup>2</sup>
	<b>Coefficiente de Poisson:</b>	0.32
	<b>Densidad:</b>	7850 kg/m <sup>3</sup>
	<b>Módulo cortante:</b>	8e+010 N/m <sup>2</sup>
	<b>Coefficiente de dilatación térmica:</b>	1.23e-005 /Kelvin

Fuente: Solidworks.

Posteriormente se crea el enmallado y se ejecuta el modelo, obteniendo así resultados de tensiones, desplazamientos y factor de seguridad.

**Tabla 28.** Resultados de tensiones del eje portamartillos.

<b>Nombre:</b>	Tensiones	
<b>Tipo:</b>	Tensión de von Mises	
<b>Valor Mínimo:</b>	7.33 Mpa	
<b>Valor Máximo:</b>	70.41 Mpa	

Fuente: Solidworks.

Como criterio de diseño óptimo la pieza no debe superar el límite elástico del material de construcción que en este caso es 710 Mpa.

Los valores anteriores son el resultado de un estudio estático, la teoría expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando los esfuerzos se igualan al límite elástico, como se evidencia no va existir falla pues la tensión máxima y el límite elástico no alcanzan a igualarse ( $S_y > \sigma_{\text{máx}}$ ).

**Tabla 29.** Resultados de desplazamientos del eje portamartillos.

<b>Nombre:</b>	Desplazamientos	
<b>Tipo:</b>	URES: Desplazamientos resultantes	
<b>Valor Mínimo:</b>	0 mm	
<b>Valor Máximo:</b>	0.0092 mm	

Fuente: Solidworks.

En la tabla 29 que muestra el análisis de desplazamientos se obtiene un valor máximo de 0.0092 mm, siendo este muy pequeño, lo cual es insignificante y asegura que el eje no presente deformaciones apreciables.

El material seleccionado para el eje es óptimo debido que es poco probable que fallen por ruptura dando como resultado factores de seguridad altos, se obtiene un factor de seguridad estático mínimo de 10, que se puede observar en la tabla 30.

Valor teórico del factor de seguridad estático:

$$N = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_{\text{max}}^2 + 3 * \tau_{\text{max}}^2}$$

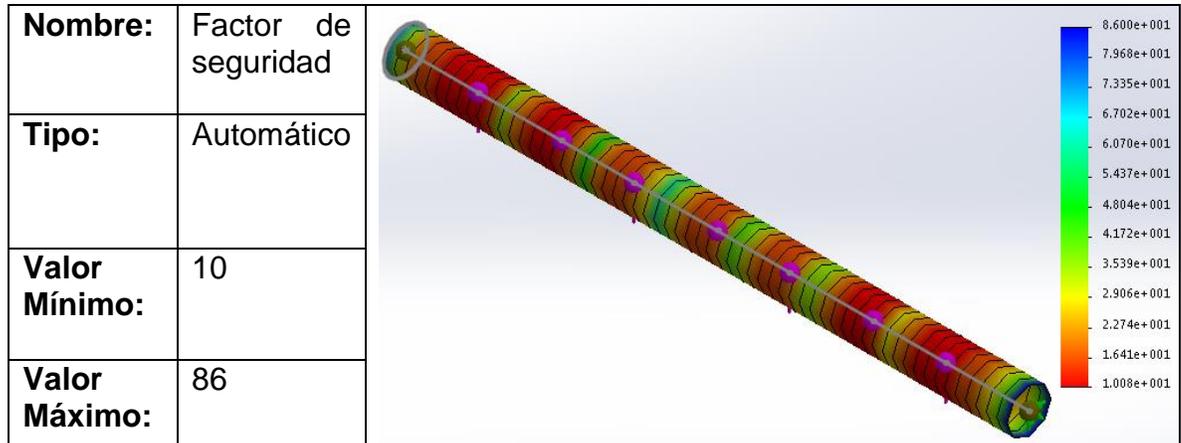
$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}} \cdot 32}{\pi \cdot d^3}$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{T_{\text{max}}}{J/C}$$

$$N = \frac{710 \text{ Mpa}}{68.5 \text{ Mpa}} = \mathbf{10.4}$$

Para el análisis de fatiga el factor de seguridad es de **3,75**.

**Tabla 30.** Resultados de factor de seguridad del eje portamartillos.



Fuente: Solidworks.

**5.1.14.2 Análisis CAE en los martillos.** Los martillos son los encargados de triturar los granos, ellos giran a gran velocidad produciendo una fuerza centrífuga sobre sí misma y la carga de impacto al chocar con los granos que son pulverizados. Para este análisis se sujeta el martillo por uno de los agujeros donde pasa el eje portamartillos, se aplica la fuerza centrífuga a la que está sometido y la fuerza de impacto; en las siguientes figuras se analizan los resultados de tensiones, desplazamiento y el factor de seguridad.

**Tabla 31.** Propiedades para el análisis del martillo.

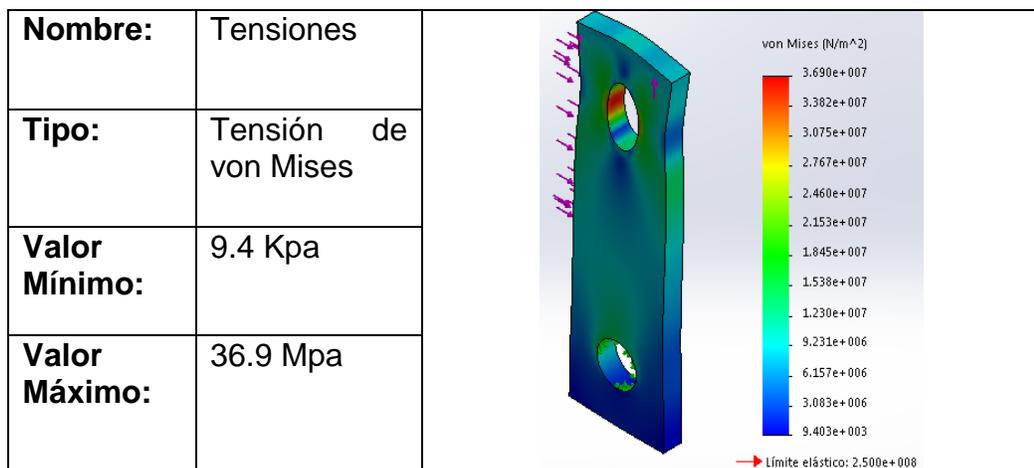
PROPIEDADES		
	<b>Nombre:</b>	ASTM A36 Acero
	<b>Tipo de modelo:</b>	Isotrópico elástico lineal
	<b>Criterio de error predeterminado:</b>	Tensión de von Mises máx.
	<b>Límite elástico:</b>	2.5e+008 N/m <sup>2</sup>
	<b>Límite de tracción:</b>	4e+008 N/m <sup>2</sup>
	<b>Módulo elástico:</b>	2e+011 N/m <sup>2</sup>
	<b>Coefficiente de Poisson:</b>	0.26
	<b>Densidad:</b>	7850 kg/m <sup>3</sup>
	<b>Módulo cortante:</b>	7.93e+010 N/m <sup>2</sup>

Fuente: Solidworks.

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión también conocida como teoría de la energía de cortadura máxima. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles. El software Solidworks tiene como criterio principal de falla la tensión de Von Mises.

Como criterio de diseño óptimo la pieza no debe superar el límite elástico del material de construcción que en este caso es 250 Mpa, como se evidencia no va existir falla pues la tensión máxima de 36.9 Mpa y el límite elástico no alcanzan a igualarse.

**Tabla 32.** Resultados de tensiones del martillo.

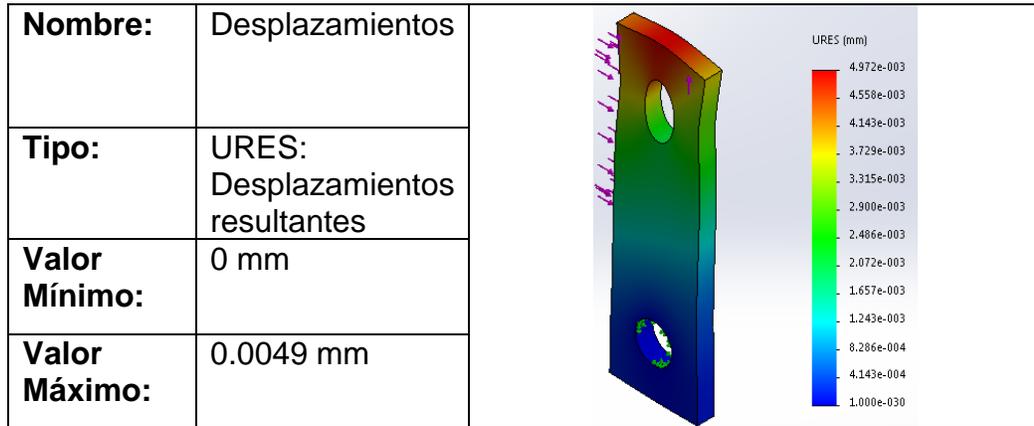


Fuente: Solidworks

Del análisis de tensiones también se observa que la sección crítica del martillo está en los agujeros, lo cual es lógico ya que allí se presenta concentración de esfuerzos y será en esa zona donde la probabilidad de que falle la pieza se alta.

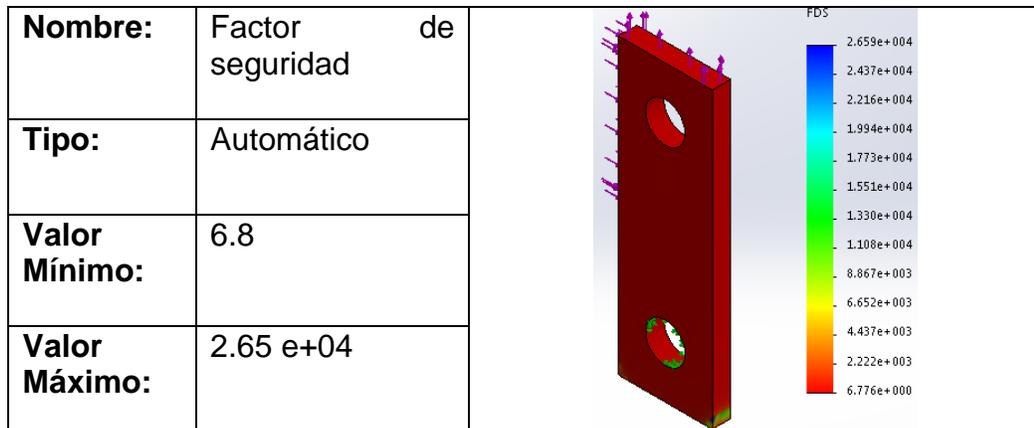
Las deformaciones son mínimas (despreciables), como se demostró en la comprobación de esfuerzos, teniendo en cuenta la fuerza total las deformaciones que se presentaran en la pieza serian despreciables.

**Tabla 33.** Resultados de desplazamientos del martillo.



Fuente: Solidworks

**Tabla 34.** Resultados de factor de seguridad del martillo.



Fuente: Solidworks

Se obtiene un factor de seguridad estático mínimo de 6.8, que se compara con el valor teórico de la siguiente forma:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad \therefore \quad \sigma_{max} = K * \frac{F}{A} \quad \therefore \quad K = 3.313 \frac{d}{D} + 3.76 \left(\frac{d}{D}\right)^2 - 1.71376 \left(\frac{d}{D}\right)^3$$

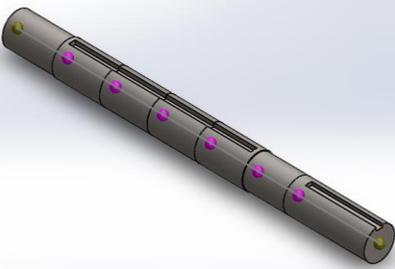
Donde K es la constante de concentración de esfuerzos para una placa plana con un orificio central.

$$\sigma_{max} = 2.22 * \frac{1777}{1.175e-4} = 33.6 \text{ Mpa} \quad \therefore \quad N = \frac{250}{33.6} = 7.4$$

Con lo anterior se comprueba que el material seleccionado para la construcción de los martillos es el óptimo debido que es poco probable que fallen por ruptura dando como resultado factores de seguridad altos.

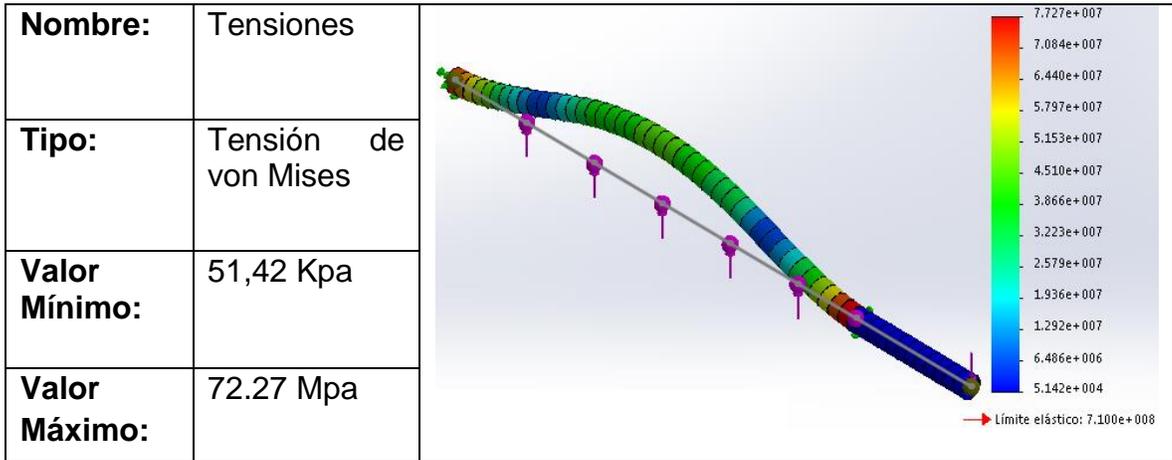
**5.1.14.3 Análisis CAE en el eje del rotor.** El rotor es el corazón de la máquina, por lo tanto, la verificación del diseño del eje mediante el análisis de métodos finitos resulta de vital importancia. Este elemento está hecho de acero AISI 4340, el cual posee una resistencia a la fluencia de 710 Mpa y una resistencia última de 1110 Mpa, lo que lo hace un material confiable y adecuado para esta aplicación. Para el análisis se tiene en cuenta las cargas centrífugas producidas por los elementos que contienen el rotor y también las cargas de impacto que se generan cuando la máquina está moliendo.

**Tabla 35.** Propiedades para el análisis del eje del rotor.

PROPIEDADES		
	<b>Nombre:</b>	AISI 4340
	<b>Tipo de modelo:</b>	Isotrópico elástico lineal
	<b>Criterio de error predeterminado:</b>	Tensión de von Mises máx.
	<b>Límite elástico:</b>	7.1e+008 N/m <sup>2</sup>
	<b>Límite de tracción:</b>	1.11e+009 N/m <sup>2</sup>
	<b>Módulo elástico:</b>	2.05e+011 N/m <sup>2</sup>
	<b>Coefficiente de Poisson:</b>	0.32
	<b>Densidad:</b>	7850 kg/m <sup>3</sup>
	<b>Módulo cortante:</b>	8e+010 N/m <sup>2</sup>
	<b>Coefficiente de dilatación térmica:</b>	1.23e-005 /Kelvin

Fuente: Solidworks.

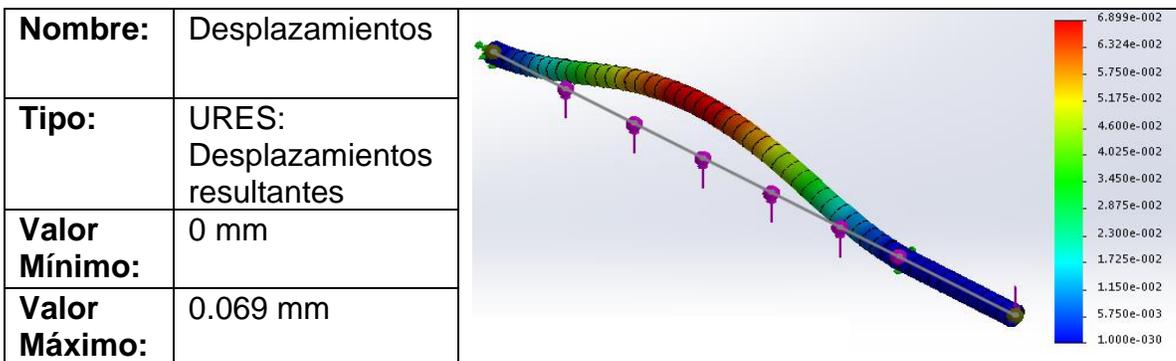
**Tabla 36.** Resultados de tensiones del eje del rotor.



Fuente: Solidworks

Como criterio de diseño óptimo, la pieza no debe superar el límite elástico del material de construcción que en este caso es 710 Mpa, los valores anteriores son el resultado de un estudio estático, la teoría expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando los esfuerzos se igualan al límite elástico, como se evidencia no va existir falla pues la tensión máxima y el límite elástico no alcanzan a igualarse ( $S_y > \sigma_{m\acute{a}x}$ ).

**Tabla 37.** Resultados de desplazamientos del eje del rotor.



Fuente: Solidworks.

En la tabla 37 que muestra el análisis de desplazamientos se obtiene un valor máximo de 0.069 mm, siendo este muy pequeño, lo cual es insignificante y asegura que el eje no presente deformaciones apreciables.

**Tabla 38.** Resultados de factor de seguridad del eje del rotor.

<b>Nombre:</b>	Factor de seguridad	
<b>Tipo:</b>	Automático	
<b>Valor Mínimo:</b>	9.2	
<b>Valor Máximo:</b>	1.38 e+04	

Fuente: Solidworks

El material seleccionado para el eje es óptimo debido que es poco probable que fallen por ruptura dando como resultado factores de seguridad altos, se obtiene un factor de seguridad estático mínimo de 9.2, que se puede observar en la tabla 38.

Valor teórico del factor de seguridad estático:  $Nest = \frac{Sy}{\sigma}$

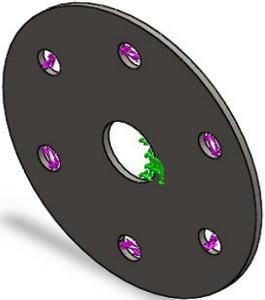
$$Nest = \frac{710 \text{ Mpa}}{90.5 \text{ Mpa}} = 7.84$$

Para el análisis de fatiga el factor de seguridad es de **3.6**, siendo un valor válido para asegurar un buen diseño del eje.

**5.1.14.4 Análisis CAE en los discos separadores.** Los discos separadores se encargan de sostener los ejes portamartillos, estos ejes reciben la fuerza centrífuga de los martillos y la transmiten a los agujeros de los discos, produciendo reacciones diferentes en cada uno.

Para este análisis se ha seleccionado el disco con mayor carga, es sujetado por el centro y se le aplican las reacciones en cada uno de los agujeros con el fin de observar los resultados de tensiones, desplazamiento y el factor de seguridad.

**Tabla 39.** Propiedades para el análisis de los discos separadores.

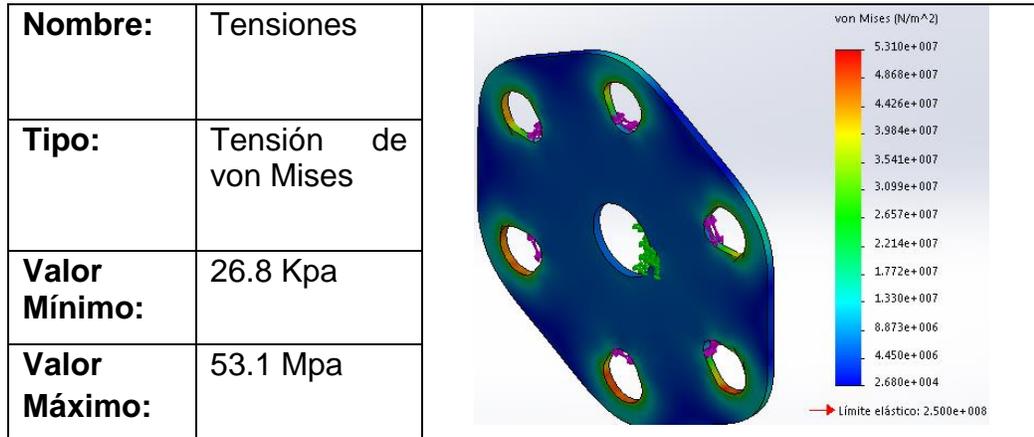
PROPIEDADES		
	<b>Nombre:</b>	ASTM A36 Acero
	<b>Tipo de modelo:</b>	Isotrópico elástico lineal
	<b>Criterio de error predeterminado:</b>	Tensión de von Mises máx.
	<b>Límite elástico:</b>	2.5e+008 N/m <sup>2</sup>
	<b>Límite de tracción:</b>	4e+008 N/m <sup>2</sup>
	<b>Módulo elástico:</b>	2e+011 N/m <sup>2</sup>
	<b>Coefficiente de Poisson:</b>	0.26
	<b>Densidad:</b>	7850 kg/m <sup>3</sup>
	<b>Módulo cortante:</b>	7.93e+010 N/m <sup>2</sup>

Fuente: Solidworks.

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión también conocida como teoría de la energía de cortadura máxima. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles. El software Solidworks tiene como criterio principal de falla la tensión de Von Mises.

Como criterio de diseño óptimo la pieza no debe superar el límite elástico del material de construcción que en este caso es 250 Mpa, como se evidencia no va existir falla pues la tensión máxima de 53.1 Mpa y el límite elástico no alcanzan a igualarse.

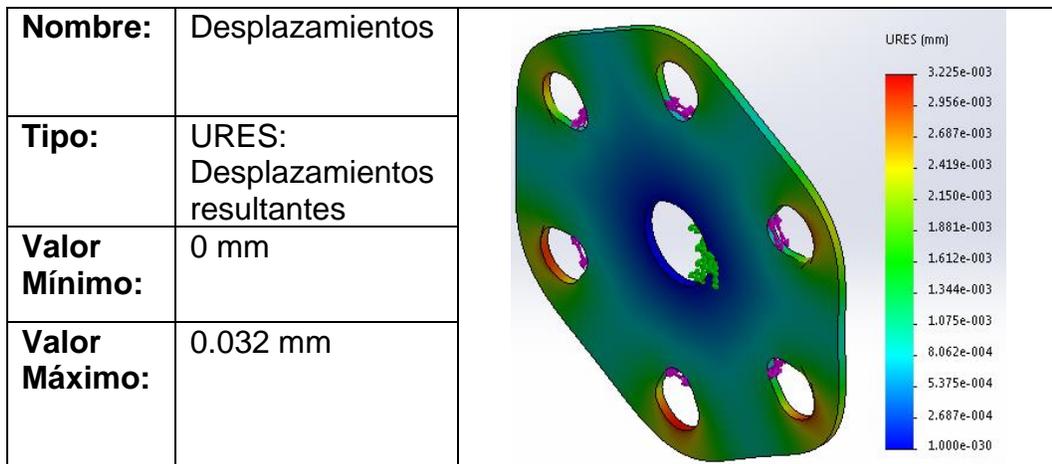
**Tabla 40.** Resultados de tensiones del disco.



Fuente: Solidworks

Las deformaciones son mínimas (despreciables), como se demostró en la comprobación de esfuerzos, teniendo en cuenta la fuerza total las deformaciones que se presentaran en la pieza serian despreciables.

**Tabla 41.** Resultados de desplazamientos del disco.



Fuente: Solidworks

**Tabla 42.** Resultados de factor de seguridad del disco.

<b>Nombre:</b>	Factor de seguridad	
<b>Tipo:</b>	Automático	
<b>Valor Mínimo:</b>	4.7	
<b>Valor Máximo:</b>	9.32 e+03	

Fuente: Solidworks

Se obtiene un factor de seguridad estático mínimo de 4.7, que se compara con el valor teórico de la siguiente forma:

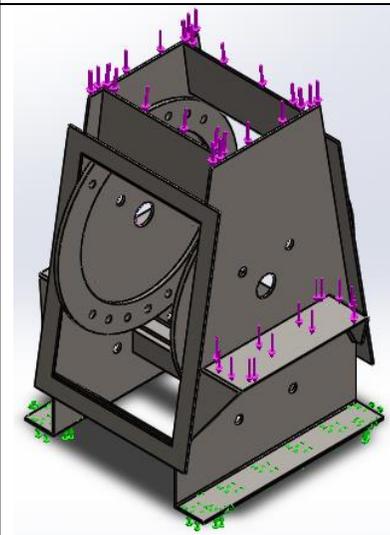
$$N = \frac{S_y}{2 * \tau_{\max}} \quad \therefore \quad \tau_{\max} = \frac{F}{A} \quad \therefore \quad A = d * t$$

$$\tau_{\max} = \frac{3446.5}{8.08e - 5} = 25.7 \text{ Mpa} \quad \therefore \quad N = \frac{250}{2 * 25.7} = 4.85$$

Con lo anterior se comprueba que el material seleccionado para la construcción de los discos separadores es el óptimo debido que es poco probable que fallen por ruptura dando como resultado factores de seguridad altos.

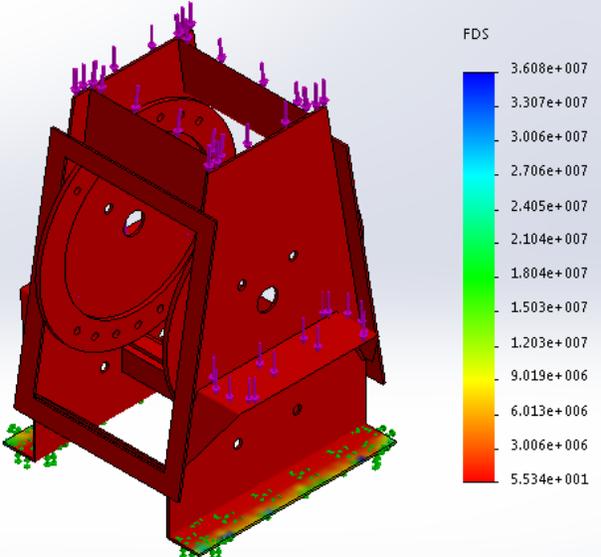
**5.1.14.5 Análisis CAE en la carcasa.** Se realiza el análisis estático de la carcasa que cubre el rotor, sujetándola en la parte inferior donde se encuentra atornillada a la estructura que la soporta, se aplica la carga correspondiente a los rodamientos que sujetan el rotor y la tolva de alimentación que contiene el producto a moler. Para este caso solo vamos a verificar el factor de seguridad reflejado en la tabla 44.

**Tabla 43.** Propiedades para el análisis de la carcasa.

PROPIEDADES		
	<b>Nombre:</b>	ASTM A36 Acero
	<b>Tipo de modelo:</b>	Isotrópico elástico lineal
	<b>Criterio de error predeterminado:</b>	Tensión de von Mises máx.
	<b>Límite elástico:</b>	2.5e+008 N/m <sup>2</sup>
	<b>Límite de tracción:</b>	4e+008 N/m <sup>2</sup>
	<b>Módulo elástico:</b>	2e+011 N/m <sup>2</sup>
	<b>Coefficiente de Poisson:</b>	0.26
	<b>Densidad:</b>	7850 kg/m <sup>3</sup>
	<b>Módulo cortante:</b>	7.93e+010 N/m <sup>2</sup>

Fuente: Solidworks.

**Tabla 44.** Resultados de factor de seguridad de la carcasa

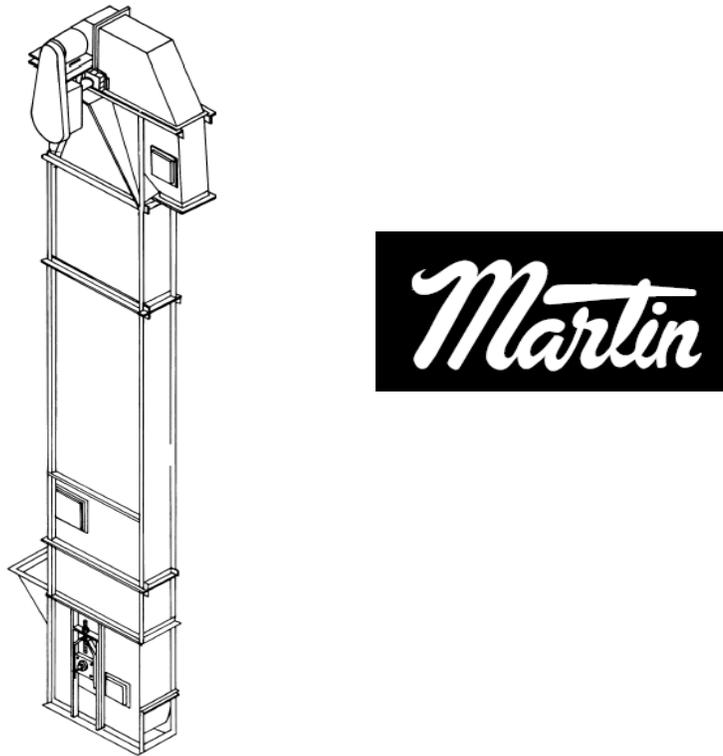
<b>Nombre:</b>	Factor de seguridad	
<b>Tipo:</b>	Automático	
<b>Valor Mínimo:</b>	55	
<b>Valor Máximo:</b>	3.61e+07	

Fuente: Solidworks

Se observa que el factor de seguridad mínimo es de 55, lo que indica que se puede confiar en el diseño de la carcasa.

## 5.2 ELEVADOR DE CANGILONES.

**Figura 45.** Elevador de cangilones de descarga centrifuga.



Fuente: Manejo de materiales a granel.

**5.2.1 Parámetros de selección.** La selección del elevador de cangilones se realiza considerando las recomendaciones del catálogo Martin<sup>12</sup>, donde determina los siguientes factores para una selección adecuada:

- La Capacidad Volumétrica en pies cúbicos por hora. Los elevadores de cangilones deben ser alimentados en forma continua y uniforme.
- La distancia entre centros o la elevación en pies.

---

<sup>12</sup> MARTIN. Manejo de materiales a granel. Elevadores de cangilones sección 6. p H-123.

- El Tamaño de partículas y su clasificación por clase. Se debe considerar el tamaño de partícula máximo y su clasificación, que es el porcentaje que esa partícula representa del total.
- Características del Material y las condiciones de operación, que incluyen la localización (bajo techo o a la intemperie), las horas de operación diarias, etc.

**5.2.2 Selección del tamaño del elevador de cangilones.** Esta máquina tiene como función elevar los productos molidos hasta las tolvas de espera, por eso es importante elegir un elevador de cangilones que se acomode a los requerimientos de la planta, para ello se cuenta con la capacidad del molino de martillos que es de 500 kg/h; el catálogo ofrece un elevador de cangilones de descarga centrifuga de banda (ver Anexo M) para una capacidad volumétrica de 95 lb/pie<sup>3</sup> (1.7 ton/h).

El catálogo presenta las dimensiones para los componentes del elevador como, sección de cabeza, secciones intermedias o pierna, sección del pie, poleas, ejes, banda y cangilones (ver Anexo M); con el propósito de que el producto llegue a las tolvas de espera que están a una altura de 7.5 m, el elevador tendrá 3 secciones intermedias que tienen una longitud de 2.4 m cada una.

**5.2.3 Cálculo de la potencia requerida.** Para la selección adecuada del motorreductor es necesario conocer la potencia que se necesita para que el elevador funcione de forma correcta, en la siguiente tabla se realizan los cálculos y se muestran los resultados.

**Tabla 45.** Cálculo potencia requerida.

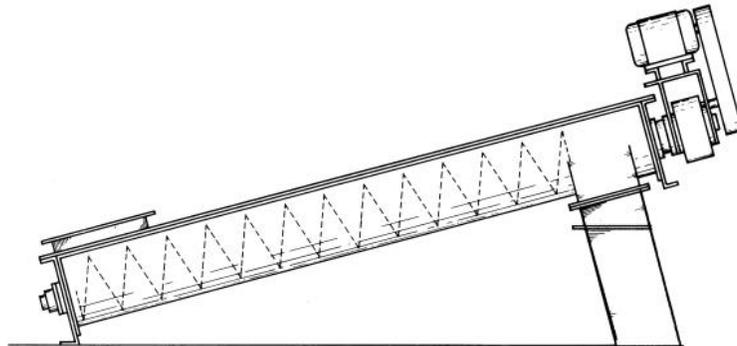
<b>CALCULO POTENCIA REQUERIDA</b>			
$CFH = \frac{TPH * 2000}{\rho}$		$v = \omega * r$	$F_a = \frac{TPH}{3.6 * V} * (H + H_o)$
$CV = \frac{F_a * v}{75 * \eta}$		<b>HP = CV * 0.95</b>	
<b>ITEM</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Capacidad del elevador	CFH	Pie <sup>3</sup> /h	95
Capacidad del elevador	TPH	Ton/h	1.71
Densidad del producto	$\rho$	Lb/pie <sup>3</sup>	36
Radio de la polea	R	m	0.1016
Revoluciones por minuto	rpm	Rev/min	62.9
Velocidad angular	$\omega$	Rad/s	6.59
Velocidad tangencial	v	m/s	0.67
Fuerza de accionamiento	Fa	N	8.02
Altura de elevación	H	m	7.5
1Altura ficticia	Ho	m	3.8
Potencia en caballos de vapor	CV	cv	0.095
Rendimiento del motor	$\eta$	No aplica	0.75
Potencia en caballos fuerza	hp	HP	<b>0.091</b>

De la anterior tabla se observa que el elevador de cangilones va a consumir poca potencia; los fabricantes ofrecen varios tipos de motorreductores que se clasifican dependiendo de la configuración del eje de entrada con respecto al eje de salida, por la forma de montaje se debe seleccionar un motorreductor de engranajes helicoidales con ejes en línea. El catálogo (ver Anexo M) brinda un motorreductor de 0.09 Kw (0.12 hp) con velocidad de salida de 64.9 rpm, se decide emplear este equipo ya que es el que más se ajusta al requerimiento de potencia.

## 5.3 SELECCIÓN DE LOS TORNILLOS TRANSPORTADORES HELICOIDALES

**5.3.1 Tornillo transportador helicoidal inclinado.** La selección del tornillo transportador helicoidal se realiza a través del catálogo Martin<sup>13</sup>, el cual propone una serie de pasos para dicha selección, sin embargo, este manual solo cuenta con información para tornillos en ubicación horizontal y para este caso será un tornillo inclinado (ver figura 46), debido a esto es necesario utilizar ecuaciones y factores correspondientes en función del ángulo de inclinación.

**Figura 46.** Tornillo transportador inclinado



Fuente: Manejo de materiales a granel.

### 5.3.1.1 Paso 1: Parámetros iniciales, factores conocidos.

**Tabla 46.** Paso 1 factores conocidos

Material a transportar	Maíz, sorgo, frijol, soya
Capacidad requerida en pies cúbicos por hora	$40 \frac{ft^3}{h}$
Capacidad requerida en libras por hora	$2200 lb/h$
Distancia a la que se debe transportar el material	$3.5 m$
Altura desde el nivel del piso	$2.0 m$

<sup>13</sup> MARTIN. Manejo de materiales a granel. Transportadores helicoidales. p H-3.

**5.3.1.2 Paso 2: Selección del material.** Es necesario definir el elemento a transportar, parámetros como la densidad, el tamaño, abrasividad, fluidez y factores correspondientes marcan un punto de partida en la selección, para este caso el grano a transportar es el maíz, el cual tiene unas características especiales y se puede encontrar en la tabla de clasificación de dicho catálogo (ver Anexo N), con la especificación del material se determina la capacidad requerida en volumen.

**Tabla 47.** Capacidad requerida tornillo transportador inclinado

PARAMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Capacidad requerida	$Q$	$Q = \frac{Qr}{den}$	$39.28 \frac{ft^3}{h}$
Capacidad requerida en libras por hora	$Qr$	<i>No aplica</i>	2200
Densidad	$Den$	<i>No aplica</i>	$56 \frac{lb}{ft^3}$
Capacidad equivalente	$Q_e$	$Q_c = Q * cf1 * cf2 * cf3 * \frac{1}{c}$	$178.54 ft^3/h$
Factores de capacidad para transportar con paso especial	$Cf1$	<i>Anexo I tabla 1.3</i>	1
Factores de capacidad para transportador con helicoidal especial	$Cf2$	<i>Anexo I tabla 1.4</i>	1
Capacidad para transportador con paletas mezcladoras	$Cf3$	<i>Anexo I tabla 1.5</i>	1
Factor de ángulo de inclinación	$c$	<i>No aplica</i>	$0.22^{14}$

<sup>14</sup> Transportadores tipo sin fin. [en línea]. <<http://cultivopalma.webcindario.com/calculosinfines.xls>>[citado el 4/06/2017].

**5.3.1.3 Paso 3: Diámetro del tornillo.** Teniendo el valor de la capacidad equivalente y el factor de llenado se selecciona el diámetro del tornillo (ver Anexo N), el diámetro del tornillo es de 6 pulgadas.

**5.3.1.4 Paso 4: Determinación velocidad rotación**

**Tabla 48.** Ecuaciones de velocidad de rotación

PARAMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Velocidad de rotación	$N$	$N = \frac{C_r}{C_1}$	26.36 <i>Rpm</i>
Capacidad requerida	$C_r$	<i>No aplica</i>	$39.28 \frac{ft^3}{h}$
Capacidad a 1 RPM	$C_1$	<i>No aplica</i>	$\frac{1.49 ft^3}{h}$

**5.3.1.5 Paso 5: Determinación Tamaño de grano.** El maíz es un grano con diversidad medida geométrica, por eso es necesario tomar varias muestras para determinar su medida máxima, para este caso se selecciona un tamaño de particular clase 3 ya que a pesar de que no todos los granos son iguales en general son partículas grandes, también se debe verificar que no se produzcan atascamientos en el transportador (ver Anexo N).

**5.3.1.6 Paso 6: Determinación del tipo de rodamiento.** Desde el paso 2 se recalca la determinación del material a transportar que es la base para realizar una selección adecuada; el tipo de rodamiento a selecciona en este caso fue el tipo s (ver Anexo N, tabla 1.11).

**5.3.1.7 Paso 7: Determinación de potencia.** Si se supone una eficiencia de 75% entre el motor y el transportador tornillo sin fin, el valor de la potencia del motor es la siguiente:

$$H_{P_{MOTOR}} = \frac{0.3473}{0.75} = 0.46$$

En la tabla 49 se encuentran las ecuaciones, nomenclatura y resultados para poder determinar la potencia que tendrá el tornillo transportador sin fin.

**Tabla 49.** Cálculos de potencia

PARAMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Potencia en vacío	$H_{pf}$	$H_{pf} = \left( L * N * F_d * \frac{F_b}{1000000} \right)$	0.04968 Hp
Velocidad de operación	$N$	Anexo N	120 rpm
Factor de diámetro del transportador	$F_d$	Anexo N	18
Factor del buje para colgante	$F_b$	Anexo N	2
Potencia para mover el material	$H_{pm}$	$H_{pm} = (c * l * w * f_f * f_m * F_p) / (1000000)$	0.05796
Factor de helicoidal	$f_f$	Anexo N	1
Factor de las paletas	$F_p$	Anexo N	1
Potencia total	$H_{pt}$	$H_{pt} = \left( H_{pf} + H_{pm} \right) * \left( \frac{F_o}{e} \right) + H_{pi}$	0.3473 Hp
Potencia de inclinación	$H_{pi}$	$H_{pi} = m * g * h$	0.073 Hp
Factor de sobrecarga	$F_o$	Anexo N	3
Eficiencia de transmisión	$e$	Anexo N	0.95

**5.3.1.8 Paso 8: Selección del motor.** Con el valor de la potencia se selecciona un motor marca Siemens (Ver anexo N), este motor tiene una velocidad nominal de 1200 rpm, por lo tanto, la relación de velocidades es igual a:

$$i = \frac{1200}{26.36} = 45.51$$

**5.3.1.9 Paso 9: Selección de componentes según par transmitido.** Calculando el valor del torque máximo se determina los componentes del tornillo transportador y sus respectivos tamaños del tubo, eje y pernos (ver Anexo N).

$$T = \left( 63,025 * \frac{Hp}{Rpm} \right)$$

Reemplazando los valores de Hp y Rpm se tiene el siguiente resultado:

$$T = 63,025 * \frac{0.46}{26.37} = 1,09 \text{ lb} * \text{in}$$

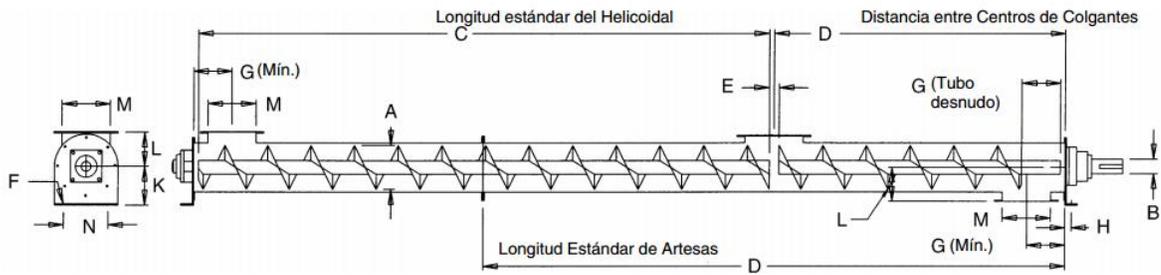
Con este valor y observando los valores del Anexo N se determina un eje de 1 pulgada, ya que:  $1,09 < 3,140$ .

**5.3.1.10 Paso 10: Selección de componentes según par transmitido.** Para seleccionar los componentes indicados de un transportador helicoidal es necesario volver al paso dos en donde se determina el código de clasificación del material, al mismo tiempo en esta tabla (ver Anexo N) se encuentra que para el maíz se selecciona un grupo de componentes 2 (ver Anexo N tabla 1-9).

**5.3.1.11 Paso 11: Tornillo sin fin seleccionado.** Después de los diez (10) pasos del manual Martin para tornillos transportadores sin fin se selecciona el siguiente tornillo transportador sin fin (ver Anexo N).

**5.3.2 Transportador Horizontal.** Para la selección del tornillo alimentador horizontal (ver figura 47), también se selecciona del catálogo Martin, el proceso es el mismo del tornillo inclinado solo que en este caso no se tiene en cuenta la ecuación de potencia inclinada (ver tabla 50), todo el proceso de selección se encuentra en el Anexo N junto con las tablas correspondientes.

**Figura 47.** Tornillo sin fin horizontal



Fuente: Manejo de materiales a granel.

**5.3.2.1 Paso 1: Parámetros iniciales, factores conocidos.**

**Tabla 50.** Paso 1 factores conocidos

Material a transportar	Harina de maíz, sorgo, trigo
Capacidad requerida en pies cúbicos por hora	$40 \frac{ft^3}{h}$
Capacidad requerida en libras por hora	2200 lb/h
Distancia a la que se debe transportar el material	1.6 m
Cualquier otro factor adicional que pueda afectar el transportador o su operación	Ninguno

**5.3.2.2 Paso 2: Selección del material.** La función de este tornillo transportador sin fin es la de ser un evacuador del molino de martillos, una segunda línea que no participe directamente en el proceso de la transformación de materia prima en alimento para peces, brindando otra posibilidad de molienda de productos o de descargue cuando el silo destinado para el almacenamiento se encuentre totalmente lleno y empezar a moler los granos que componen la dieta del pez.

Para este caso se seleccionó harina de maíz, como el producto crítico y principal de salida y sus respectivas especificaciones se encuentran en el Anexo N y con esta información se determina la capacidad requerida (ver tabla 51).

**5.3.2.3 Paso 3. Diámetro del tornillo.** Teniendo el valor de la capacidad equivalente y el factor de llenado se selecciona el diámetro del tornillo, (ver Anexo N); el diámetro del tornillo para este caso también se determinó de 6 pulgadas.

**5.3.2.4 Paso 4. Determinación velocidad rotación.**

$$N = \frac{\text{capacidad requerida}}{\text{capacidad a 1 Rpm}}$$

Reemplazando los valores de capacidad requerida y capacidad a 1 rpm en la siguiente ecuación se tiene el siguiente resultado:

$$N = \frac{55}{1.49} = 36.91 \text{ rpm}$$

**Tabla 51.** Capacidad requerida tornillo transportador horizontal

PARAMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Capacidad requerida	$Q$	$Q = \frac{Q^r}{den}$	$55 \frac{ft^3}{h}$
Capacidad requerida en libras por hora	$Q^r$	No aplica	2200
Densidad	$Den$	No aplica	$40 \frac{lb}{ft^3}$
Capacidad equivalente	$Q_e$	$Q_c = Q * cf1 * cf2 * cf3 * \frac{1}{c}$	$82.5 \frac{ft^3}{h}$
Factores de capacidad para transportar con paso especial	$cf1$	Anexo N tabla 1.3	1.5
Factores de capacidad para transportador con helicoidal especial	$cf2$	Anexo N tabla 1.4	1
Capacidad para transportador con paletas mezcladoras	$cf3$	Anexo N tabla 1.5	1

**5.3.2.5 Paso 5: Determinación Tamaño de grano.** La harina de maíz es un producto uniforme, depende del tamaño del diámetro de la criba, además es un producto con fácil circulación por lo cual no representa ningún problema de atascamiento para el tornillo evacuador, se selecciona un tamaño de partícula clase tres debido a que en general todos los granos son golpeados por los martillos y por la carcasa del molino triturador (ver Anexo N).

**5.3.2.6 Paso 6: Determinación del tipo de rodamiento.** Para el tornillo transportador horizontal se selecciona un rodamiento tipo S (ver anexo N tabla 1.11).

**5.3.2.7 Paso 7: Determinación de potencia.** Si se supone una eficiencia de 65% entre el motor y el transportador tornillo sin fin, el valor de la potencia del motor es la siguiente:

$$H_{P_{MOTOR}} = \frac{0.0668}{0.65} = 0.1 \text{ Hp}$$

En la tabla 52 se encuentran las ecuaciones, nomenclatura y resultados para poder determinar la potencia que tendrá el tornillo transportador sin fin.

**Tabla 52.** Cálculos de potencia

PARAMETRO	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
Potencia en vacío	$H_{p_f}$	$H_{p_f} = \left( L * N * F_d * \frac{F_b}{1000000} \right)$	$2.268 * 10^{-3} \text{ Hp}$
Velocidad de operación	$N$	Anexo N	120 rpm
Factor de diámetro del transportador	$F_d$	Anexo N	18
Factor del buje para colgante	$F_b$	Anexo N	2
Potencia para mover el material	$H_{p_m}$	$H_{p_m} = (c * l * w * f_f * f_m * F_p) / (1000000)$	0.0189
Factor de helicoidal	$f_f$	Anexo N	1
Factor de las paletas	$F_p$	Anexo N	1
Potencia total	$H_{p_t}$	$H_{p_t} = (H_{p_f} + H_{p_m}) * \left( \frac{F_o}{e} \right)$	0.0668 Hp
Factor de sobrecarga	$F_o$	Anexo N	3
Eficiencia de transmisión	$e$	Anexo N	0.95

**5.3.2.8 Paso 8: Selección del motor.** Con el valor de la potencia se selecciona un motor marca Siemens (ver Anexo N), este motor tiene una velocidad nominal de 1200 rpm, por lo tanto, la relación de velocidades es igual a:

$$i = \frac{1200}{36.91} = 32.51$$

**5.3.2.9 Paso 9: Selección de componentes según par transmitido.** Retomando la ecuación de torque y reemplazando los valores de hp y rpm se tiene el siguiente resultado:

$$T = \left( 63,025 * \frac{hp}{rpm} \right)$$
$$T = 63025 * \frac{0.1}{36.91} = 1.71 \text{ lb} * \text{in}$$

Con este valor y observando los valores del Anexo I se determina un eje de 1 pulgada, ya que:  $1,71 < 3,140$ .

**5.3.2.10 Paso 10: Selección de componentes según par transmitido.** Para seleccionar los componentes indicados de un transportador helicoidal es necesario volver al paso dos en donde se determina el código de clasificación del material, al mismo tiempo en esta tabla (ver Anexo N) se encuentra que para la harina de maíz se selecciona un grupo de componentes 1 (ver Anexo N tabla 1-9).

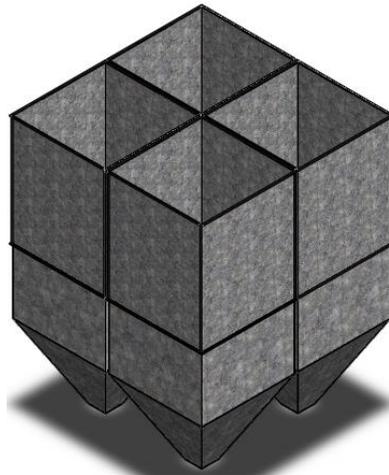
**5.3.3.11 Paso 11: Tornillo sin fin seleccionado.** Después de los diez (10) pasos del manual Martin para tornillos transportadores sin fin se selecciona el siguiente tornillo transportador sin fin (ver Anexo N).

## 5.4 DISEÑO DE LAS TOLVAS DE ESPERA

Las tolvas de espera tienen como objetivo almacenar los productos que provienen del molino de martillos a través del elevador de cangilones, tales como harina de maíz, soya, arroz, trigo entre otros; se cuenta con cuatro tolvas de sección cuadrada

de igual dimensiones. La descarga se realiza por medio de raseras neumáticas que controlan la cantidad exacta de producto que se necesita para el proceso de mezclado.

**Figura 48.** Tolvas de espera



**5.4.1 Cálculo del espesor de la lámina de las tolvas.** Para el diseño se dispone de 4 tolvas, fabricadas en lámina galvanizada cada una de 2.23 m<sup>3</sup> de capacidad, en las que son posible almacenar 1430 Kg de harina aproximadamente, su forma es tronco piramidal con sección superior en paredes verticales. La boca de entrada tiene unas dimensiones de 1 x 1 m y la salida 0.2 x 0.2 m, la altura en la sección de paredes verticales es de 1.9 m y la altura de la tolva inferior es de 0.8 m con un ángulo de inclinación de 63° con respecto a la horizontal, esto asegura que haya buen flujo de material en la descarga.

En la siguiente tabla se muestra el proceso de cálculo basado en la norma UNE-ENV 1991-4<sup>15</sup>, donde se evalúan las presiones que hay en el interior de la tolva y

---

<sup>15</sup>EUROCODIGO 1. Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 4: Acciones en silos y depósitos. Asociación española de normalización y certificación. Marzo 1998.

se procede a escoger el espesor para la pared de la tolva, todos los factores y constantes se pueden apreciar en la norma.

**Tabla 53.** Diseño de la tolva.

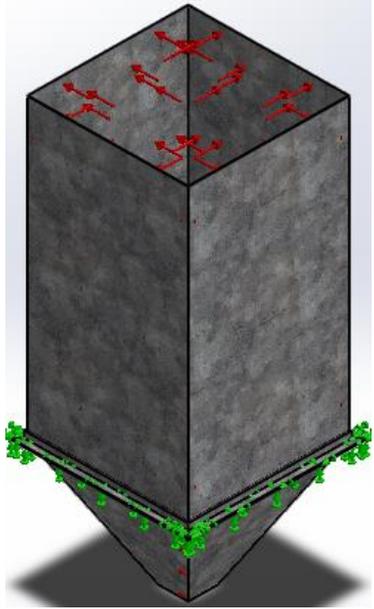
<b>DISEÑO TOLVAS DE ESPERA</b>			
* $V = V_{sup} + V_{inf}$	* $V_{sup} = L * L * H$	* $V_{inf} = \frac{h}{3} * [A_{bm1} + A_{bm2} + \sqrt{A_{bm1} * A_{bm2}}]$	
* $m_{tolva} = \frac{\rho}{V_t}$	* $P_r = Y * \frac{A}{U} * C_z$	* $P_h = Y * \frac{A}{\mu * U} * C_z$	
* $P_v = Y * \frac{A}{K_s * \mu * U} * C_z$	* $C_z = 1 - e^{\left(\frac{-z}{z_0}\right)}$	* $T_{r,h} = P_{r,h} * \frac{D_0}{2}$	
* $\sigma_{r,h} = \frac{T_{r,h}}{100 * \text{espr},h}$	* $N = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{r,h}}$	* $P_n = P_{n3} + P_{n2} + (P_{n1} - P_{n2}) * \frac{x}{h}$	
* $P_{n1} = P_v * (C_b * \cos \alpha^2 + \text{sen } \alpha^2)$	* $P_{n2} = C_b * P_v * \cos \alpha^2$	* $P_{n3} = 3 * \frac{A * Y * K_s}{U * \sqrt{\mu}} * \text{sen } \alpha^2$	
ITEM	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Volumen sección superior	$V_{sup}$	$m^3$	1.9
Longitud del ancho de la sección superior de la tolva	L	m	1
Altura de la sección superior	H	m	1.9
Volumen sección inferior	$V_{inf}$	$m^3$	0.33
Área superior del tronco una pirámide cuadrada	$A_{bm2}$	$m^2$	0.04
Área inferior del tronco una pirámide cuadrada	$A_{bm1}$	$m^2$	1
Altura de la sección inferior	h	m	0.8
Volumen de la tolva	$V_t$	$m^3$	2.23
Densidad del producto a almacenar	$\rho$	$Kg/m^3$	640
Capacidad de la tolva	$m_{tolva}$	Kg	1428
<b>Cálculo de presiones en el interior de la tolva</b>			
Coefficiente rozamiento	$\mu$	No aplica	0.3
Peso específico del producto	Y	$Kg/m^3$	640
Relación de presiones horizontal y vertical	$K_s$	No aplica	0.4

Coefficiente de sobrepresión	$C_z$	No aplica	0.44
Altura pared vertical	$z$	m	1.9
Área de la sección transversal de pared vertical	$A$	$m^2$	1
Perímetro interior	$U$	m	4
Altura relativa	$z_o$	m	2.083
Presión de rozamiento	$P_r$	$Kg/m^2$	95.72
Presión horizontal	$P_h$	$Kg/m^2$	319.1
Presión vertical	$P_v$	$Kg/m^2$	797.7
<b>Calculo de esfuerzo y espesor de la pared vertical de la tolva</b>			
Fuerza de tracción producida por la presión de rozamiento	$T_r$	Kg	47.86
Fuerza de tracción producida por la presión horizontal	$T_h$	Kg	159.5
Diámetro hidráulico	$D_o$	m	1
Espesor de la pared	esp	mm	2
Esfuerzo producido por la presión de rozamiento	$\sigma_r$	$N/mm^2$	2.39
Esfuerzo producido por la presión de rozamiento	$\sigma_h$	$N/mm^2$	7.98
Factor de seguridad para $P_r$	$N_r$	No aplica	85
Factor de seguridad para $P_h$	$N_h$	No aplica	25
Esfuerzo admisible (Anexo J)	$\sigma_{adm}$	$N/mm^2$	270
<b>Calculo de esfuerzo y espesor de la pared inclinada de la tolva</b>			
Presión perpendicular a la pared inclinada de la tolva	$P_n$	$Kg/m^2$	860.9
Presión debida al llenado de la tolva	$P_{n1}$	$Kg/m^2$	924.1
Presión debida al llenado de la tolva	$P_{n2}$	$Kg/m^2$	758.1
Presión debida a la presión vertical	$P_{n3}$	$Kg/m^2$	72.92
Longitud desde la punta de la pirámide hasta el vértice de la descarga	$x$	mm	197.3
Longitud desde la punta de la pirámide hasta el punto de transición	$l_h$	mm	1096
Angulo inclinación de la tolva	$\alpha$	grados	27.14
Coefficiente mayoración sobre el fondo de la tolva	$C_b$	No aplica	1.2
Esfuerzo producido por la presión perpendicular a la pared inclinada de la tolva	$\sigma_n$	$N/mm^2$	47.19
Fuerza de tracción producida por la presión perpendicular a la pared inclinada de la tolva	$T_n$	Kg	943.8
Factor de seguridad para $P_n$	$N_n$	No aplica	4.3

Con el anterior proceso de cálculo se verifica que para una lámina calibre 14 se obtiene un factor de seguridad de 4.3, suficiente para tener seguridad de que las tolvas no van a presentar falla.

**5.4.2 Análisis CAE de las tolvas de espera.** Se procede a crear el análisis CAE por medio del software Solidworks, con el fin de inspeccionar el factor de seguridad estático y así tener una idea de la confiabilidad que nos puede brindar el diseño; para la simulación es necesario sujetar la tolva por medio del marco hecho en perfil angular y aplicar las presiones en sus paredes interiores originadas por el peso del material almacenado.

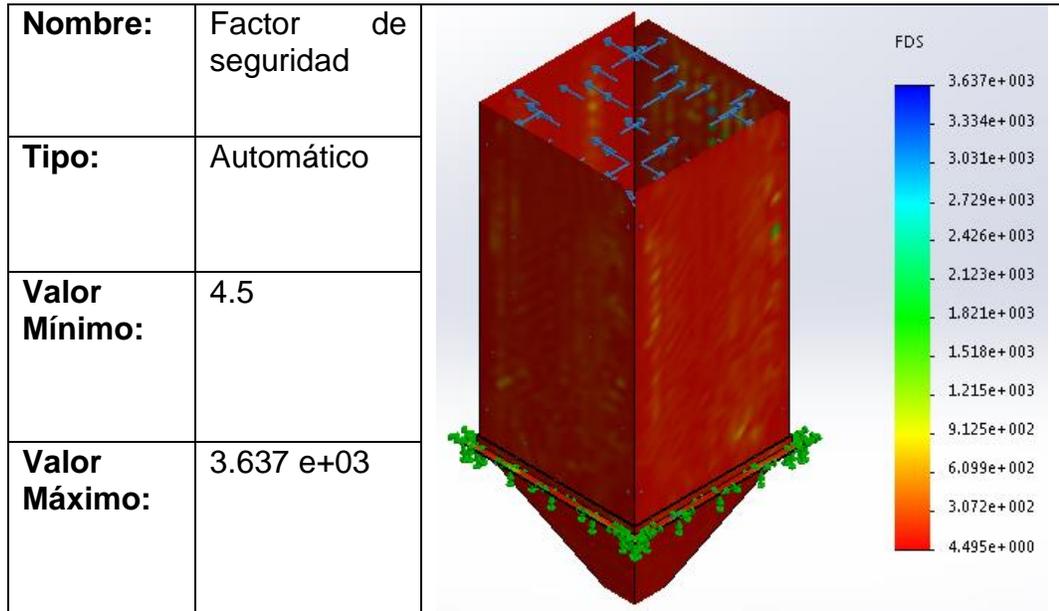
**Tabla 54.** Propiedades para el análisis de las tolvas

PROPIEDADES		
	<b>Nombre:</b>	Acero galvanizado
	<b>Tipo de modelo:</b>	Isotrópico elástico lineal
	<b>Criterio de error predeterminado:</b>	Tensión de von Mises máx.
	<b>Límite elástico:</b>	2.03943e+08 N/m <sup>2</sup>
	<b>Límite de tracción:</b>	3.56901e+08 N/m <sup>2</sup>
	<b>Módulo elástico:</b>	2e+011 N/m <sup>2</sup>
	<b>Coefficiente de Poisson:</b>	0.29
	<b>Densidad:</b>	7870 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Solidworks.

El resultado obtenido es un factor de seguridad de 4.5, siendo este valor satisfactorio y suficiente para aprobar el diseño de las tolvas; en la siguiente figura se puede observar la simulación.

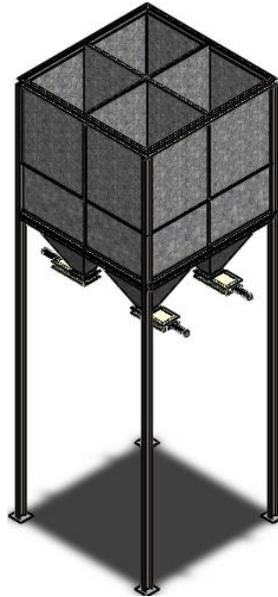
**Tabla 55.** Resultados de factor de seguridad de las tolvas.



Fuente: Solidworks

### 5.4.3 Análisis CAE de la estructura de las tolvas de espera.

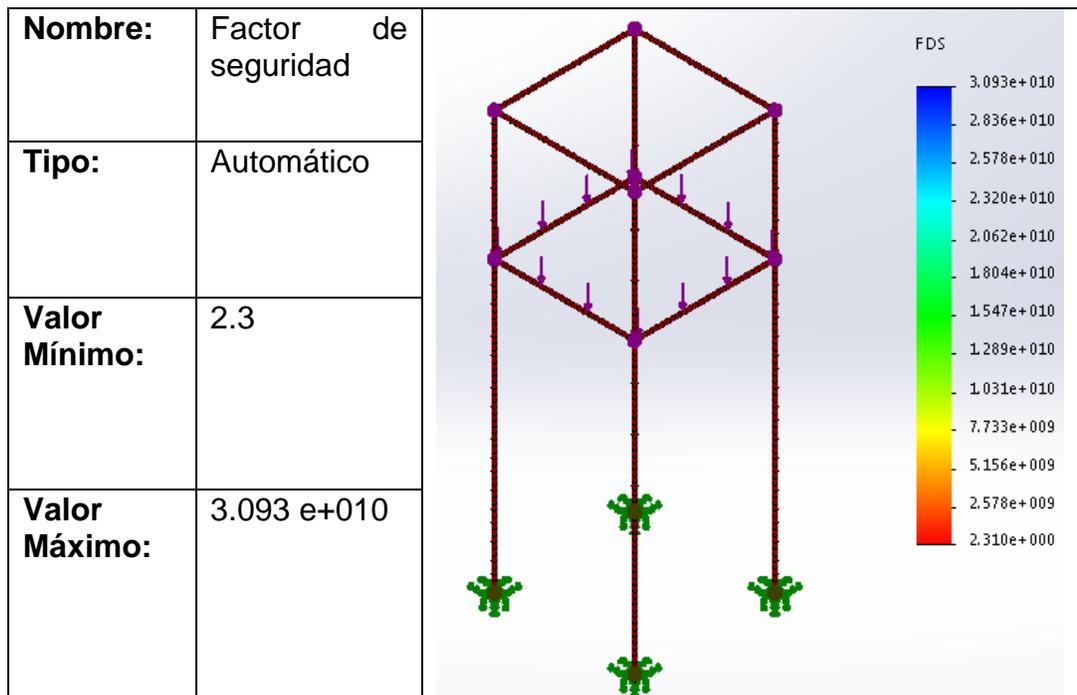
**Figura 49.** Estructura de las tolvas de espera.



Fuente: Solidworks

Se diseña una estructura metálica para sostener las tolvas alcanzando entre la boquilla de descarga y el suelo una distancia de 3.5 m, la estructura debe soportar aproximadamente 6500 kg correspondiente al peso de las tolvas y la carga máxima que ellas pueden soportar, para su construcción se emplea perfil en acero IPN 160 (ver Anexo O) siendo este muy común para estas aplicaciones.

**Tabla 56.** Resultados de factor de seguridad de la estructura.

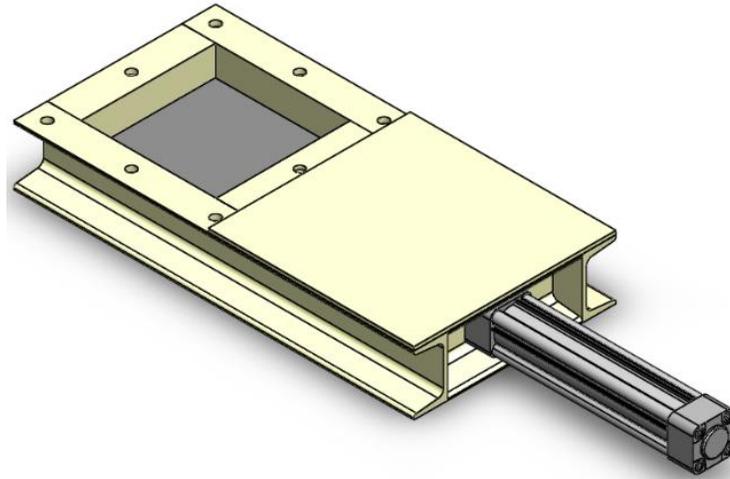


Fuente: Solidworks

Con el apoyo de Solidworks se realiza el análisis estático para comprobar el factor de seguridad, los resultados arrojan un valor de 2.3 indicando que el diseño es aceptable.

**5.4.4 Descarga del producto.** Para la descarga del producto en cada una de las tolvas, se escoge una rasera actuada por medio de un cilindro neumático, esto con el fin interceptar el flujo de material que cae por gravedad y por medio de la automatización de la planta tener las cantidades exactas de los productos para su posterior mezcla.

**Figura 50.** Rasera neumática.

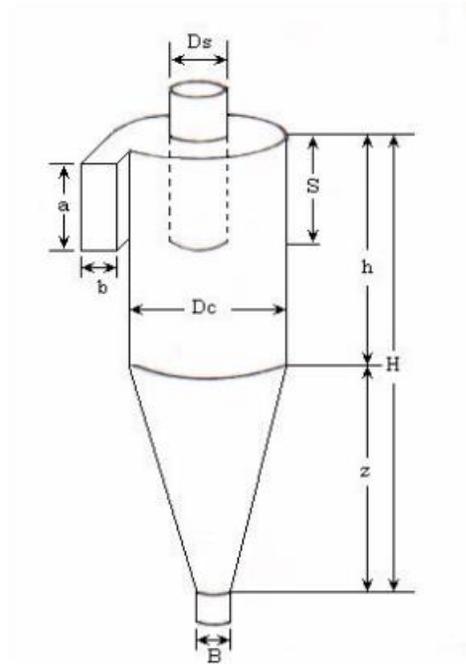


Fuente: Solidworks

La rasera se construye en un sólido marco de acero con cuchilla deslizante sobre bulones mecanizados para seguridad en su movimiento de abierto o cerrado, el cilindro neumático es marca Mindman de referencia MCQI2-11-40-200, el cual tiene un vástago de 40 mm y carrera de 200 mm, las demás especificaciones se pueden observar en el Anexo O.

## 5.5 CICLON DE ALTA EFICIENCIA

**Figura 51.** Ciclón de alta eficiencia



Fuente: Diseño óptimo de ciclones.

**5.5.1 Parámetros de Selección.** La selección del ciclón industrial para la extracción del polvo del molino de martillos se realiza considerando las recomendaciones del artículo Diseño óptimo de ciclones<sup>16</sup>, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Familias de ciclones. Los ciclones de entrada tangencial se clasifican según su eficiencia, por eso existen ciclones de alta eficiencia, convencional y de alta capacidad.
- Relación geométrica. El ciclón industrial varía en sus medidas geométricas dependiendo la familia.

<sup>16</sup> ECHEVERRI LONDOÑO Carlos Alberto; Diseño óptimo de ciclones. Revista Ingenierías Universidad de Medellín vol. 5; Medellín Colombia; julio/diciembre 2006.

- Condiciones de operación. Caudal de la corriente de aire, temperatura y caída de presión.

**5.5.2 Selección de tipo de ciclón, familia.** Esta máquina tiene como función la separación de polvo por acción centrifuga, el molino de martillos tritura materia prima agrícola, por lo que el ciclón de alta eficiencia cumple con los requisitos de granulometría para alcanzar una buena separación del polvo en partículas pequeñas (5 micras), y también cuenta con la posibilidad de poder remover partículas grandes sin afectar su eficiencia , el articulo ofrece una tabla con las características de los ciclones de alta eficiencia (ver Anexo P), para este caso se selecciona un tipo de ciclón convencional Stairmand.

**5.5.3 Cálculos geométricos del ciclón.**

**Tabla 57.** Cálculo geométrico del ciclón

CALCULO POTENCIA REQUERIDA			
$\frac{a}{D_c} = 0.5$ ; $\frac{b}{D_c} = 0.2$ ; $D_s = \frac{D_c}{2}$ ; $\frac{h}{D_c} = 1.5$ ; $\frac{z}{D_c} = 2.5$			
$\frac{H}{D_c} = 4$ $\frac{B}{D_c} = 0.375$			
ITEM	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Diámetro del ciclón	Dc	mm	290
Altura de entrada	a	mm	145
Ancho de entrada	b	mm	58
Altura de salida	S	mm	145
Diámetro de salida	Ds	mm	145
Altura parte cilíndrica	H	mm	435
Altura parte cónica	Z	mm	725
Altura total del ciclón	H	mm	1160
Diámetro de salida de partículas	B	mm	11
Factor de configuración	G	No aplica	421
Número cabezas de velocidad	NH	No aplica	6,4
Número de vórtices	N	No aplica	5,5

**5.5.4 Condiciones de operación.** Se determina las condiciones de operación a las que va a trabajar el ciclón de alta eficiencia, parámetros de temperatura, caída de presión y selección del ventilador.

Este ciclón industrial se encuentra en el proceso de molienda formando una sola maquina con el molino de martillos, en general es la maquina principal del proceso de producción de alimento para peces, por lo tanto, el gas con el que va a trabajar es el aire a temperatura ambiente aproximadamente a 25° C, la densidad del polvo que se maneja en este proceso es de 640 kg/m<sup>3</sup> las demás propiedades del aire se encuentran en la tabla 58.

**Tabla 58.** Propiedades del aire a temperatura ambiente

Temperatura	25° C
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1,184
Viscosidad dinámica (N*s/m <sup>2</sup> )	1,84*10 <sup>-5</sup>
Viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s)	1,56*10 <sup>-5</sup>
Velocidad del sonido (m/s)	346

**5.5.5 Selección del ventilador.** La selección del ventilador se realiza considerando las recomendaciones del catálogo Sodeca<sup>17</sup>, este catálogo ofrece un tipo de ventilador centrífugo de media presión y simple aspiración con envolvente y turbina en fundición de aluminio, para transporte de polvo y material sólido, modelo CMAT-218, las características de este ventilador se encuentran en el Anexo P, el caudal de entrada para este caso es de 357.2 m<sup>3</sup>/h.

**5.5.6 Caída de presión.** Este parámetro está relacionado con la eficiencia del ciclón, producto de las perdidas en la sección de entrada y salida, la velocidad de entrada es directamente proporcional a la caída de presión por lo tanto al aumentar o disminuir el criterio de velocidad la caída de presión también se ve involucrada en

<sup>17</sup> SODECA. Ventiladores centrífugos y extractores en línea para conductos. p H-224.

estos cambios, se debe definir un valor de presión preciso que no aumente los requerimientos de potencia y no genere mayor consumo de energía.

Según la ecuación desarrollada por Shepherd y Lapple se tiene la pérdida de presión:<sup>18</sup>

**Tabla 59.** Caída de presión

CALCULO DE CAIDA DE PRESION			
$\Delta p = \frac{1}{2} * \rho * V_i^2 * N_h$ <b>Ecuación de Shepherd y Lapple</b>			
ITEM	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Densidad del gas portador	$\rho$	Kg/m <sup>3</sup>	1.184
Velocidad de entrada del gas en el ciclón	$V_i$	m/s	20
Número de cabezas de velocidad a la entrada del ciclón	$N_h$	mm	6,4
Caída de presión	$\Delta p$	Pa	1368

**Figura 52.** Ventilador centrífugo Sodeca.



<sup>18</sup>ECHEVERRI LONDOÑO Carlos Alberto; Diseño óptimo de ciclones. Revista Ingenierías Universidad de Medellín vol. 5; Medellín Colombia; julio/diciembre 2006.

## 5.6 SELECCIÓN DUCTO PORTA IMÁN.

**5.6.1 Parámetros de selección.** El ducto porta imán que hace parte del sistema de alimentación del molino ejerce una función de filtro separador de partículas de hierro, para la selección de los imanes se utiliza el catálogo de productos de Centro Magnético<sup>19</sup> el cual cuenta con una diversidad de tipos de separadores magnéticos dependiendo su aplicación.

**5.6.2 Tipo de separador magnético.** La máquina principal es el molino de martillos, por eso se utiliza la placa magnética Spektro que debido a su versatilidad y a su eficiencia ayuda a mantener un buen estado de funcionamiento de dicha máquina; Este ducto se encuentra en la salida del tornillo helicoidal y a la entrada del molino de martillos (ver figura 53), las medidas geométricas se encuentran en la tabla 60.

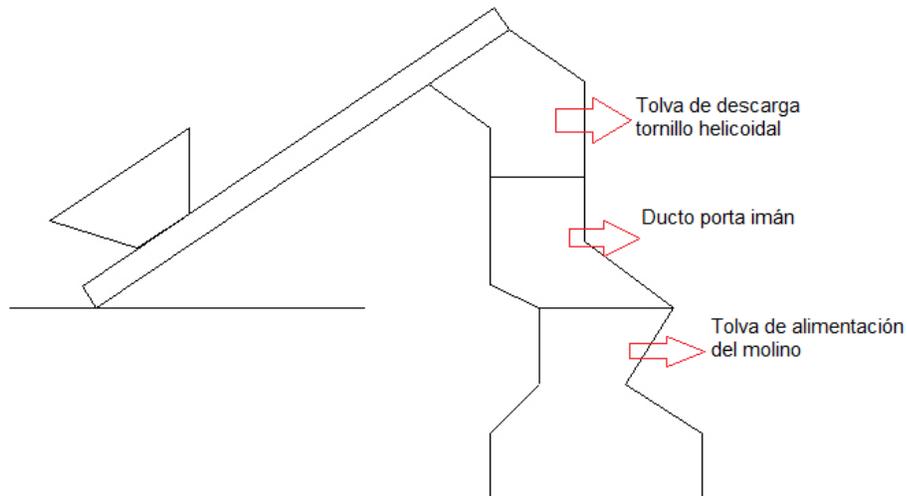
**Tabla 60.** Dimensiones geométricas del ducto porta imán.

DIMENSION	UNIDAD	VALOR
Altura	Mm	20
Ducto entrada	mm	183 x 176
Ducto de salida	mm	236 x 200
Espesor de la lámina HR	Pulgada	1" $\frac{3}{8}$

---

<sup>19</sup> Separadores magnéticos, centro magnético. [en línea]. <<http://centromagnetico.com/separadores-magneticos/>>. [citado el 4 de junio del 2017]

**Figura 53.** Posición del ducto porta imán.



**5.6.3 Tipo de magneto.** Se fabricará con un imán de alta potencia con neodimio que está compuesto de neodimio (Nd), hierro (Fe), boro (B) y una transición de algunos metales, son imanes de pequeños en apariencia metálica<sup>20</sup> y tiene las siguientes características:

- Potencia: N48 DE 13,700 A 14,300 Gauss.
- Temperatura máxima: 80 °C
- Capacidad para levantar: 500 g de metal
- Alcance de 3 pulgadas.
- Medidas del martillo: 22 x 11 x 11.

---

<sup>20</sup> Imanes de neodimio; Centro magnético [en línea]. < <http://centromagnetico.com/imanos/> > [citado 11/07/2017].

## 6 CONSTRUCCION, PRUEBAS Y HOJAS DE RUTA.

El proceso de construcción de las máquinas de la sección de molienda se llevó acabo en la empresa INDARS S.A.S, donde se pudo contar con total disposición de las máquinas y trabajadores que dispone la empresa.

**Figura 54.** Instalaciones de la empresa



## 6.1 CONSTRUCCIÓN DEL MOLINO DE MARTILLOS

**6.1.1 Carcasa, puertas y tolva de alimentación del molino de martillos.** Estas partes se fabricaron en lámina HR calibre 3/16" fácil de conseguir en el mercado en medidas de 1220 x 2440 mm, se cortaron y doblaron las piezas de manera óptima para aprovechar al máximo el material, cabe señalar que las hojas de ruta de construcción de las piezas del molino se pueden observar en el Anexo Q.

**Figura 55.** Carcasa, puertas y tolva de alimentación.



**6.1.2 Rotor del molino de martillos.** El rotor del molino está compuesto por los siguientes elementos: Eje principal, ejes portamartillos, bujes separadores, discos separadores y martillos. El eje principal se maquinó en un torno convencional y al igual que los ejes portamartillos son elaborados en acero AISI 4340.

**Figura 56.** Maquinado eje principal



Los discos separadores se fabricaron en lámina HR calibre 10 (3.42 mm), cortados con plasma mediante una máquina CNC obteniendo un corte más preciso; los martillos se hicieron en platina HR 1¼" x ¼" y se cortaron con la cizalla hidráulica.

**Figura 57.** Discos separadores y martillos.



**Figura 58.** Ensamble del rotor



**6.1.3 Sistema de transmisión de potencia.** La transmisión de potencia está constituida por un motor eléctrico de 6 hp que gira a 3400 rpm, la polea conductora es de 6" y la conducida de 5" obteniendo una velocidad aproximada de 2800 rpm en el rotor del molino, las poleas son de 4 canales con cuñero de 1/4", las correas son en tipo V de referencia A45 y los rodamientos de referencia UC206-18 son fijados en los soportes que tiene la carcasa de molino.

**Figura 59.** Transmisión de potencia.



**6.1.4 Bastidor del molino de martillos.** El bastidor es la estructura que soporta el molino de martillos se elaboró con perfil estructural UPN 80, se cortaron las piezas a las medidas respectivas y se soldaron formando el marco que corresponde al bastidor.

**Figura 60.** Bastidor del molino de martillos.



## 6.2 CONSTRUCCIÓN DE LAS TOLVAS DE ESPERA

Las tolvas se fabricaron en lámina galvanizada calibre 14 (1.94 mm) de 1220 x 2440 mm, las piezas de la sección inferior fueron cortadas, dobladas y soldadas, mientras las piezas de la sección superior vienen atornilladas, las secciones de cada tolva vienen atornilladas entre sí, con tonillos de medida 9/16" x 1/2" con sus respectivas tuercas.

**Figura 61.** Sección inferior de las tolvas.



**Figura 62.** Sección superior y ensamble de las tolvas.



### 6.3 PRUEBAS DEL MOLINO DE MARTILLOS

Para el diseño del molino de martillos fue necesario partir de la capacidad de molienda, que se establece en 500 Kg/h, de acuerdo a esto se empezaron a cuantificar los requerimientos de los diferentes elementos de la máquina, como el número de martillos, la velocidad de giro y la potencia del motor; con el propósito de comparar el análisis teórico con lo práctico se realiza una fase de pruebas.

Para empezar, se conecta el motor eléctrico a las 3 fases, se pone a girar el molino en vacío y se mide la corriente con las pinzas amperimétricas para ver la corriente que consume el motor en el arranque, teniendo en cuenta que la corriente nominal del motor es de 5.5 amperios.

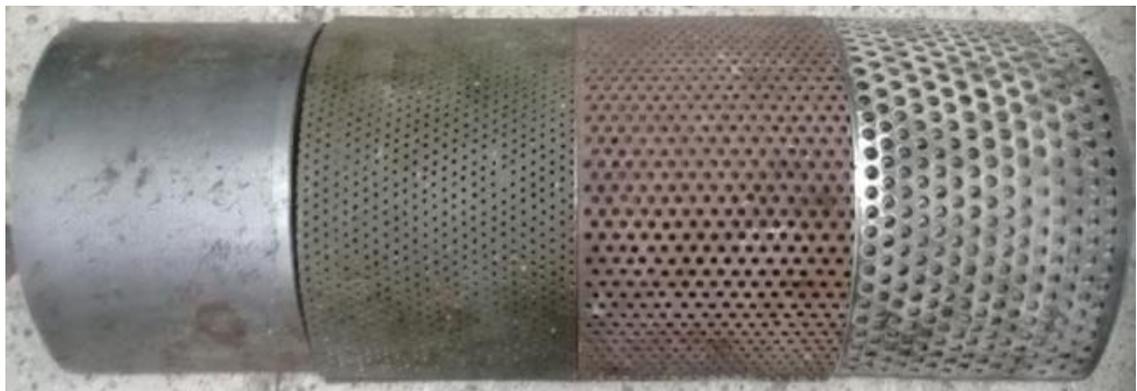
**Figura 63.** Corriente del molino en vacío.



Como es evidente en la figura anterior las pinzas amperimétricas están marcando 1,4 amperios, lo cual indica que el motor trabaja muy suave en el arranque estando el molino en vacío, se procede a cargar el molino con el producto a moler para realizar más pruebas donde se evaluarán parámetros como capacidad de molienda, corriente y el comportamiento con diferentes cribas y granos.

El primer grano a moler es maíz que fue el producto base con el que se diseñó el molino de martillos, para ello se hacen varias pruebas en las que se intercambian las cribas, para facilitar su manejo se clasificaron con un número y cada una corresponde al diámetro del agujero, por ejemplo, la criba número 1 tiene orificios de 2 mm de diámetro.

**Figura 64.** Cribas.



La prueba consistió en cargar el molino con 15 Kg de maíz para las cribas 1 y 2, y con 10 Kg las cribas 3 y 4, se tomó el tiempo que duró la molienda de todo el producto, simultáneamente se chequeó la variación de la corriente y posteriormente se volvió a pesar el producto que salió del molino. La siguiente tabla resume todos los datos producidos en las pruebas.

**Tabla 61.** Prueba con maíz.

FECHA: 8/07/2017		PRUEBAS MOLINO DE MARTILLOS							
PRODUCTO:	Maíz								
Prueba	Criba N°	Diámetro orificio [mm]	Tiempo 1 [Seg]	Tiempo 2 [Seg]	Prom. Tiempo [Seg]	Prom. Tiempo [Hrs]	Masa [Kg]	Capacidad [Kg/h]	Corriente [A]
1	1	2	129	128	128,5	0,03569	14,718	412,333	4,9
2	1	2	128	127	127,5	0,03542	14,547	410,739	4,9
3	2	3	71	72	71,5	0,01986	14,712	740,744	4,8
4	2	3	72	70	71	0,01972	14,696	745,149	4,9
5	2	3	69	71	70	0,01944	14,473	744,326	4,7
6	3	6	23	22	22,5	0,00625	9,532	1525,120	3,8
7	4	9	19	19	19	0,00528	9,631	1824,821	3

Del análisis de estos resultados se obtiene que entre más fina sea la criba la capacidad del molino disminuye y la corriente aumenta, también se deduce que de la criba número 1 se consigue un producto de tamaño fino adecuado para la extrusión del pellet con una capacidad de 410 Kg/h, las otras cribas generan un producto más grueso.

**Figura 65.** Grano de maíz entero vs molido.



De manera similar se realiza las pruebas con otros granos tales como: soya, arroz, sorgo y trigo.

**Tabla 62.** Prueba con soya.

FECHA: 8/07/2017		PRUEBAS MOLINO DE MARTILLOS							
PRODUCTO:	Soya	Diámetro orificio [mm]	Tiempo 1 [Seg]	Tiempo 2 [Seg]	Prom. Tiempo [Seg]	Prom. Tiempo [Hrs]	Masa [Kg]	Capacidad [Kg/h]	Corriente [A]
Prueba	Criba N°								
1	1	2	302	305	303,5	0,08431	14,741	174,852	4,3
2	2	3	115	117	116	0,03222	9,866	306,186	4,3
3	3	3	37	40	38,5	0,01069	9,428	881,579	4,1
4	4	3	23,27	24,1	23,685	0,00658	9,936	1510,222	4

Con la soya se prueban las 4 cribas, obteniendo el mismo comportamiento del maíz donde el tamaño del agujero de la criba determina la capacidad de molienda, aunque también es visible que la capacidad disminuye de forma notoria.

**Figura 66.** Grano de soya entero vs molido.



Para los demás granos se determina hace las pruebas solo con la criba número 1, puesto que el producto recomendable para seguir el proceso de extrusión se logra con esta criba.

**Tabla 63.** Prueba con arroz.

FECHA: 8/07/2017		PRUEBAS MOLINO DE MARTILLOS							
PRODUCTO:		Arroz							
Prueba	Criba N°	Diámetro orificio [mm]	Tiempo 1 [Seg]	Tiempo 2 [Seg]	Prom. Tiempo [Seg]	Prom. Tiempo [Hrs]	Masa [Kg]	Capacidad [Kg/h]	Corriente [A]
1	1	2	150	147	148,5	0,0413	19,281	467,418	2,5
2	1	2	151	150	150,5	0,0418	19,366	463,240	2,7

**Tabla 64.** Prueba con sorgo.

FECHA: 8/07/2017		PRUEBAS MOLINO DE MARTILLOS							
PRODUCTO:		Sorgo							
Prueba	Criba N°	Diámetro orificio [mm]	Tiempo 1 [Seg]	Tiempo 2 [Seg]	Prom. Tiempo [Seg]	Prom. Tiempo [Hrs]	Masa [Kg]	Capacidad [Kg/h]	Corriente [A]
1	1	2	219	220	219,5	0,0610	19,904	326,4437	5,2
2	1	2	221	221	221	0,0614	19,791	322,3873	5

**Tabla 65.** Prueba con trigo.

FECHA: 8/07/2017		PRUEBAS MOLINO DE MARTILLOS							
PRODUCTO:		Trigo							
Prueba	Criba N°	Diámetro orificio [mm]	Tiempo 1 [Seg]	Tiempo 2 [Seg]	Prom. Tiempo [Seg]	Prom. Tiempo [Hrs]	Masa [Kg]	Capacidad [Kg/h]	Corriente [A]
1	1	2	238	239	238,5	0,0663	19,708	297,4792	3,2
2	1	2	240	239	239,5	0,0665	19,881	298,8376	3,2

Se puede considerar que la forma y las propiedades que presenta cada producto influyen bastante en la capacidad del molino, pudiéndose evaluar que en cada prueba las capacidades fueron distintas.

**Figura 67.** Productos molidos.

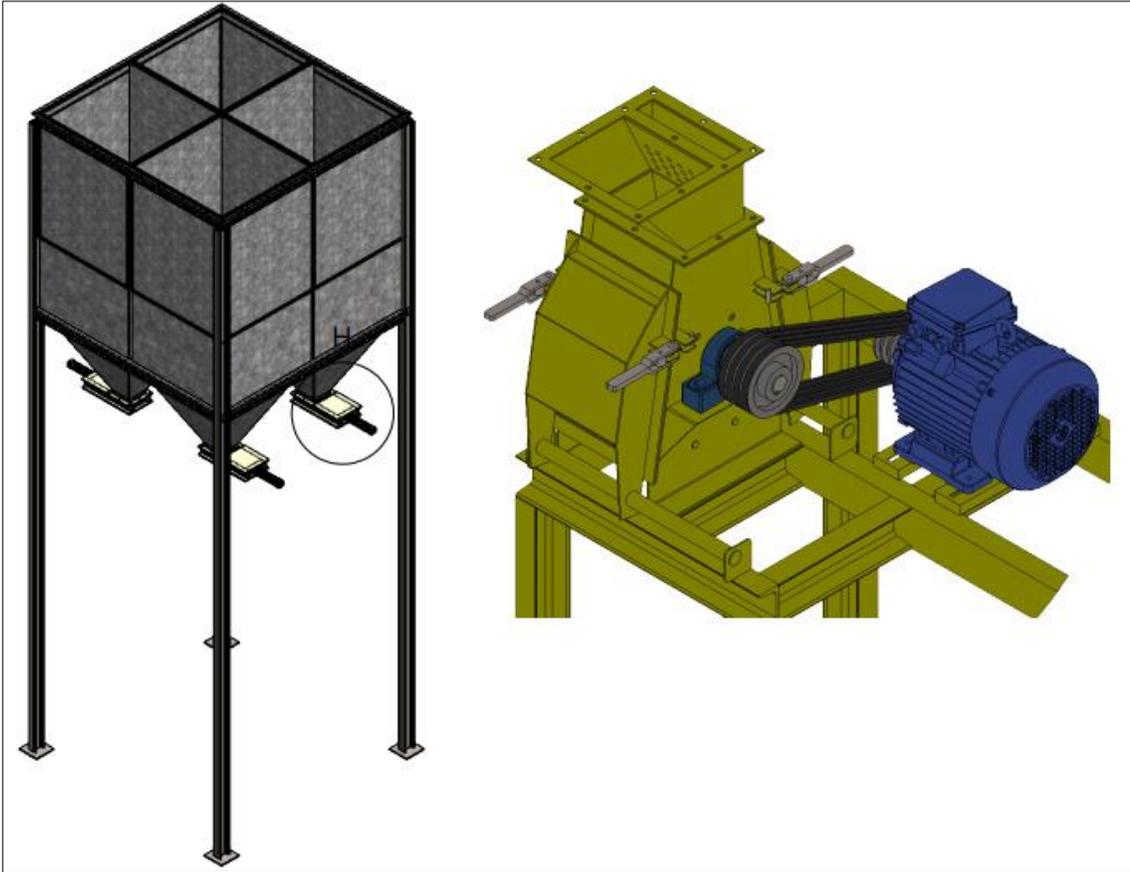


#### **6.4 HOJAS DE RUTA**

La transformación del acero que es la materia prima fundamental de las máquinas de este proyecto se somete a un conjunto de operaciones individuales necesarios para el proceso de fabricación de piezas; poder llegar a la forma geométrica indicada es el objetivo del mecanizado que por medio de las maquinas-herramientas y siguiendo las hojas de ruta instruyen y facilitan todo el proceso de fabricación por parte de los operarios.

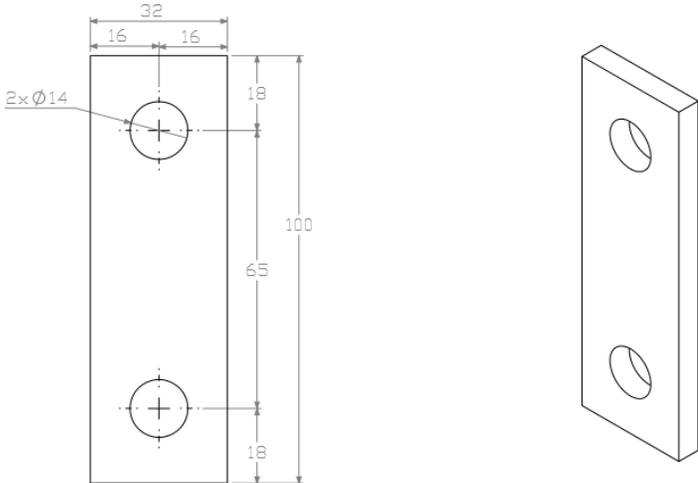
En las siguientes tablas se muestran las hojas de ruta correspondiente a la construcción y ensamble del molino de martillos y tolvas de espera, por limitación de espacio en el contenido del libro solo se muestran algunas hojas de ruta las demás se pueden apreciar en el Anexo Q.

Figura 68. Tolvas de espera y molino de martillos.

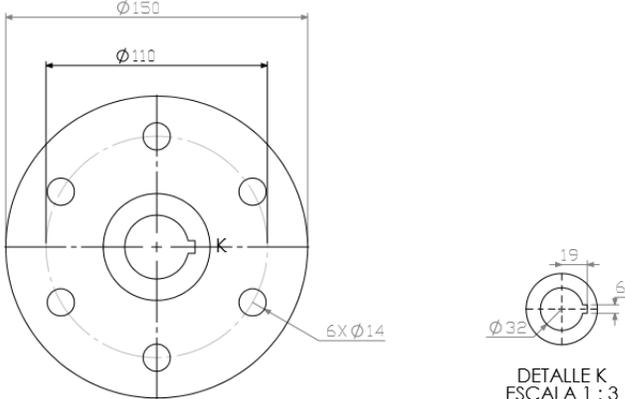
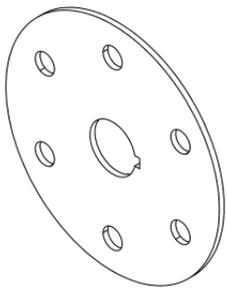


## 6.4.1 Hojas de ruta piezas del molino

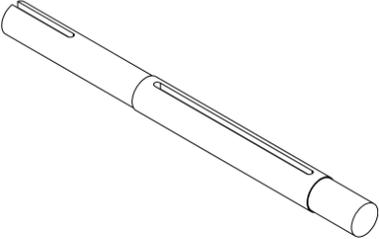
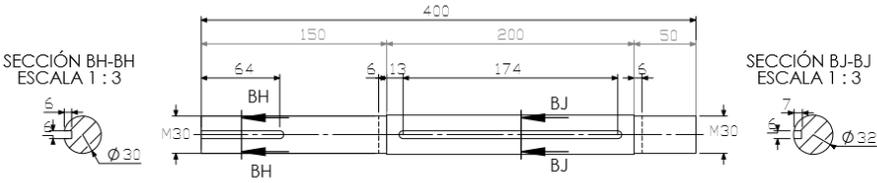
**Tabla 66.** Hoja de ruta martillos

N.º de pieza 01	Nombre de la pieza Martillo		Fecha: 26/06/2017	
Material: HR 1 ¼" x ¼"	Tamaño: Espesor: 6.35 mm Ancho: 32 mm x Largo: 100 mm		Página 1	
			Cantidad: 24	
				
Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)	
10	Corte: Operación inicial de mecanizado, se corta la pieza a la medida determinada.	Cizalla cortadora CN	5	
20	Taladrado de agujeros 2 x 14 mm de diámetro a 18 mm del borde inferior y a 16 mm de la esquina inferior izquierda	Taladro	5	
30	Rectificado: Es una pieza plana se rectifica la superficie frontal y lateral	Pulidora	3	
				

**Tabla 67.** Hoja de discos separadores

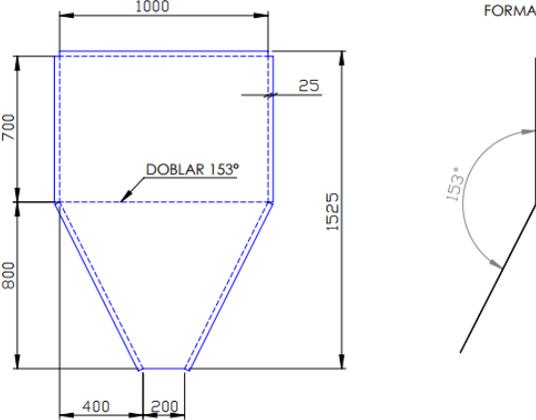
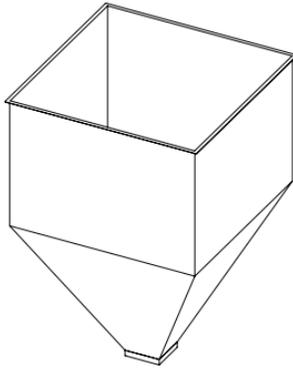
<b>N.º de pieza</b> <b>02</b>	<b>Nombre de la pieza</b> Discos	<b>Fecha: 26/06/2017</b>	
<b>Material:</b> <b>Lámina calibre</b> <b>10</b>	Tamaño: Espesor: 3,42 mm Diámetro: 150 mm	Página 2 Cantidad: 5	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>			
Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: se programa la máquina CNC con el croquis de la pieza, y esta realiza el corte del disco, los agujeros de 14 mm, el agujero del eje central de 32 mm y el cuñero de ¼ ``	Mesa de corte CNC por plasma	6
20	Rectificado: se rectifican las perforaciones donde van ubicados los ejes del rotor.	Taladro de columna	3
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>			

**Tabla 68.** Hoja del eje principal

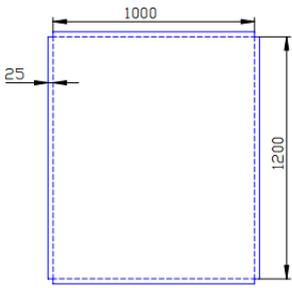
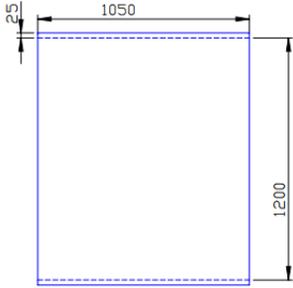
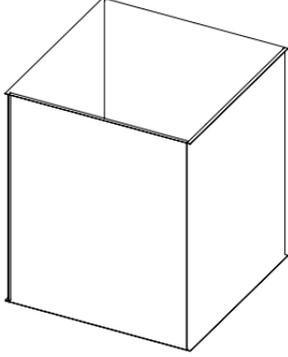
<b>N.º de pieza</b> <b>04</b>	<b>Nombre de la pieza</b> Eje Principal	<b>Fecha: 26/06/2017</b>	
<b>Material:</b> <b>Acero 4340</b>	Tamaño: Longitud: 400 mm Diámetro: 332 mm	Página 4	
		Cantidad: 1	
			
			
Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Operación inicial de mecanizado, se corta la pieza a la medida determinada.	Cortadora de disco	1
20	Cilindrado: Se cilindra el eje en los extremos para un diámetro de 30 mm, el extremo izquierdo a una longitud de 150 mm y el extremo derecho con 50 mm.	Torno Revólver 12 velocidades	15
30	Rosca: M32X0.75	Torno paralelo 2,5m entre puntos y volteo 800mm	4
40	Corte: Cuñero sección R de 64 mm x 6 mm	Fresadora	5
41	Corte: Cuñero seccion v de 174 mm x 6 mm.	Fresadora	5
			

## 6.4.2 Hoja de ruta las tolvas de espera.

**Tabla 69.** Hoja ruta sección inferior

N.º de pieza 20	Nombre de la pieza Tolva inferior		Fecha: 26/06/2017	
Material: Lámina Galvanizada. Cal 14	Tamaño: Ancho 1000[mm] Altura: 1525 [mm]		Página 15	
			Cantidad: 4	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">CANT: 4 LÁMINA GALVANIZADA CAL 14</p>				
Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)	
10	Corte: Cortar 4 láminas galvanizadas de 1525 mm x 1000 mm, realizar un corte a 800 mm de cualquiera de los dos bordes y realizar un corte diagonal a 400 mm de la esquina izquierda y también para la esquina derecha, el dobles es de 153°.	Cizalla cortadora CN	10	
20	Soldar: Juntar todas las laminas por medio de un cordón de soldadura de 10 mm.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	10	
30	Rectificado: Se pulen las esquinas y los filos de la pieza	Pulidora	4	
				

**Tabla 70.** Hoja ruta sección superior

N.º de pieza 21	Nombre de la pieza Tolva superior	Fecha: 26/06/2017	
<b>Material:</b> <b>Lámina Galvanizada</b> <b>Cal 14</b>	Tamaño: Ancho 1000[mm] Altura: 1200 [mm]	Página 16	
		Cantidad: 4	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>CANT: 2 DOBLAR PESTAÑAS A 90°</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>CANT: 2 DOBLAR PESTAÑAS A 90°</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>			
Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar 2 láminas galvanizadas de 1000 mm x 1200 mm y realizar un dobles de 25 mm a 90°.	Cizalla cortadora CN	5
20	Corte: Cortar 2 láminas galvanizadas de 1050 mm x 1200 mm, y realizar un dobles de 25 mm a 90°.	Cizalla cortadora CN	5
30	Soldar: Juntar todas las laminas por medio de un cordón de soldadura de 10 mm.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	10
			

### 6.4.3 Hoja de ruta de ensamble.

**Tabla 71.** Subensamble 002 molino de martillos

Hoja de ruta de ensambles		Fecha: 26/06/2017															
Sub-Ensamble 002	Carcasa principal	Página 2															
		Cantidad: 1															
<table border="1" data-bbox="1015 724 1367 877"> <thead> <tr> <th>Núm</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Laterales</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Bridas</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Ramplas</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Aro interno</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Base chumaceras</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Puente</td> </tr> </tbody> </table>				Núm	Descripción	1	Laterales	2	Bridas	3	Ramplas	4	Aro interno	5	Base chumaceras	6	Puente
Núm	Descripción																
1	Laterales																
2	Bridas																
3	Ramplas																
4	Aro interno																
5	Base chumaceras																
6	Puente																
Núm de operación	Descripción de la operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)														
10	Soldar: El aro interno debe ir soldado a la lateral a 212 mm del bode superior y simetricamente respecto al eje y.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	2														
11	Soldar: Se solda la base de la chumacera a 173 mm del borde inferior	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	2														
12	Soldar: Se solda el puente, su posicion debajo del aro interno a 92 mm del borde inferior de la lateral.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	2														
20	Soldar: Soldar a traslape la rampla a la brida, encajando en el vacio de la brida de forma de ventana.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	3														
30	Soldar: se debe aplicar una soldadura de esquina entre las bridas y las laterales, a 47 mm del borde superior.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	4														

**Tabla 72.** Ensamble 005 tolvas de espera.

Hoja de ruta de ensambles		Fecha: 26/06/2017	
Ensamble Total 005	Tolvas de espera	Página 5	
		Cantidad: 4	
Núm de operación	Descripción de la operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Ensamble: Se unen la tolva superior con la tolva inferior, esta union se hace por medio de tornillos.	Llave para tuerca	8
20	Se instalan las tolvas en la estructura, por medio de tornillos se asegura la tolva	Llave para tuerca	8
30	Se atornilla en la parte inferior de la tolva la racera que servira para controlar el flujo de descarga de la tolva.	Llave para tuerca	2

## 7. ANALISIS DE COSTOS Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

Todos los materiales y servicios utilizados en el proceso de fabricación y ensamble de las máquinas fueron aportados por la empresa INDARS S.A.S, quien cotizó las materias primas con proveedores locales; para el análisis de costos del proyecto se debe determinar el valor de las máquinas que se diseñaron y construyeron, al igual que las máquinas que se seleccionaron, correspondientes a la sección de molienda de la planta piloto productora de alimento para peces.

### 7.1 COSTOS DEL MOLINO DE MARTILLOS Y TOLVAS DE ESPERA

En el valor final del molino de martillos y las tolvas de espera, se incluyeron costos por concepto de materia prima, manufactura, ensamble y diseño; para evaluar con más detalle estos valores es necesario ir al Anexo R.

**Tabla 73.** Costo total del molino de martillos

CONCEPTO		VALOR
Materia prima		\$ 4.649.100
Manufactura		\$ 616.000
Ensamble		\$ 387.800
Diseño		\$ 2.125.000
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 7.777.900</b>
Imprevistos y otros 5% del subtotal		\$ 388.895
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 8.166.795</b>

**Tabla 74.** Costo total de las tolvas de espera

CONCEPTO		VALOR
Materia prima		\$ 4.790.500
Manufactura		\$ 540.000
Ensamble		\$ 380.800
Diseño		\$ 1.062.500
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 6.773.800</b>
Imprevistos y otros 5% del subtotal		\$ 338.690
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 7.112.490</b>

## 7.2 COSTO DE LAS MÁQUINAS SELECCIONADAS EN EL PROYECTO.

**Tabla 75.** Costo maquinas seleccionadas.

DESCRIPCION	VALOR UNIT.
Transportador tornillo sinfín diam. 6" x 3,5 m largo	\$ 4.500.000
Transportador tornillo sinfín diam 6" x 2 m largo	\$ 3.800.000
Elevador de cangilones B43-193	\$ 7.300.000
Ciclón	\$ 1.500.000
Ducto porta-imán	\$ 500.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 17.600.000</b>

## 7.3 COSTO TOTAL DE LA SECCIÓN DE MOLIENDA.

En este ítem se suma el total de las máquinas de la sección de molienda teniendo en cuenta los demás componentes que conforman la sección de molienda de la planta, como son la estructura, máquinas complementarias y el ensamble general.

**Tabla 76.** Costo total de la sección de molienda.

DESCRIPCION	VALOR UNIT.
Molino de martillos	\$ 8.166.795
Tolvas de espera	\$ 7.112.490
Transportador tornillo sinfín diam. 6" x 3,5 m largo	\$ 4.500.000
Transportador tornillo sinfín diam 6" x 2 m largo	\$ 3.800.000
Elevador de cangilones B43-193	\$ 7.300.000
Ciclón	\$ 1.500.000
Ducto porta-imán	\$ 500.000
Máquinas complementarias	\$ 6.000.000
Estructura	\$ 3.500.000
Ensamble general	\$ 500.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 42.879.285</b>

## 7.4 COSTO TOTAL DE LA PLANTA GENERAL

El costo total de toda la planta de alimentos incluye la sección de mezclado y extrusión, además el costo de la estructura, ensamble complementos y la automatización.

**Tabla 77.** Costo total de la planta de alimentos.

DESCRIPCION	VALOR UNIT.
Sección de molienda	\$ 42.879.285
Sección de mezclado y extrusión	\$ 50.000.000
Estructura, ensamble, máquinas complementarias, automatización y otros	\$ 75.000.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 167.879.285</b>

## 7.5 VIABILIDAD DEL PROYECTO

La viabilidad del proyecto se realiza desde el punto de vista del piscicultor, el cual debe incurrir en gastos de producción y operación, siendo el alimento concentrado el insumo que tiene el mayor costo; para realizar el análisis se tiene en cuenta el valor total de la planta que representaría la inversión inicial, además se determinan los ingresos y egresos para hacer un flujo de caja por un período de 5 años y posteriormente se implementan los criterios decisorios de una inversión tales como VPN, TIR y PAYBACK.

Con el fin de determinar el costo de producir el alimento se tienen en cuenta los costos de producción y costos operacionales, que están representados de la siguiente manera:

**Tabla 78.** Costos para producir alimento concentrado

<b>COSTOS DE PRODUCCION</b>	INGREDIENTES
	ENERGÍA
	OPERADORES
<b>COSTOS OPERACIONALES</b>	ALMACENAMIENTO
	MANTENIMIENTO

**7.5.1 Costos de los ingredientes.** Para conocer el costo de los ingredientes se debe conocer la receta empleada en la elaboración de alimentos balanceado para peces, en el análisis se tiene en cuenta la siguiente fórmula que proporciona la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO):

**Tabla 79.** Formulación de alimento balanceado para peces

INGREDIENTES	FORMULACION		
	INICIACION	LEVANTE	ENGORDE
HARINA DE PESCADO	18%	12%	10%
MAIZ	0%	24%	35%
ARROZ	0%	3%	6%
SOYA	63%	39%	28%
YUCA	7%	10%	10%
TRIGO	10%	10%	10%
VITAMINAS Y SUPLEMENTOS	2%	2%	1%

El territorio nacional tiene una topografía apta para el cultivo de cereales y legumbres, haciendo posible adquirir los ingredientes básicos del concentrado con menor costo si estos son cultivados por el mismo productor; en la siguiente tabla se estima el precio por kg de cada producto.

**Tabla 80.** Precio de los ingredientes por Kg.

INGREDIENTE	COP\$/KG
HARINA DE PESCADO	\$ 1.270
MAIZ	\$ 789
ARROZ	\$ 920
SOYA	\$ 1.159
YUCA	\$ 634
TRIGO	\$ 890
VITAMINAS Y SUPLEMENTOS	\$ 3.000

Reemplazando el porcentaje por el precio de cada componente se obtiene el costo por Kg de cada producto según la formulación.

**Tabla 81.** Precio del producto por Kg según formulación.

INGREDIENTES	FORMULACION		
	INICIACION	LEVANTE	ENGORDE
HARINA DE PESCADO	\$ 229	\$ 152	\$ 127
MAIZ	\$ -	\$ 189	\$ 276
ARROZ	\$ -	\$ 28	\$ 55
SOYA	\$ 730	\$ 452	\$ 325
YUCA	\$ 44	\$ 63	\$ 63
TRIGO	\$ 89	\$ 89	\$ 89
VITAMINAS Y SUPLEMENTOS	\$ 60	\$ 60	\$ 30
<b>COSTO (COP\$/KG)</b>	<b>\$ 1.152</b>	<b>\$ 1.034</b>	<b>\$ 965</b>

**7.5.2 Costo de energía.** El costo de la energía se obtiene sumando la potencia eléctrica consumida por los motores que accionan las máquinas principales de la planta, posteriormente se calcula el costo de energía para producir un Kg de producto conociendo que la planta opera 8 horas al día con una producción de 100 Kg/h.

**Tabla 82.** Costo energético.

COSTO ENERGÉTICO					
MAQUINA	POTENCIA (KW)	HORAS DE TRABAJO DIARIAS	VALOR (COP\$/Kw-H)	VALOR TOTAL DIA	VALOR TOTAL AÑO
SECCION DE MOLIENDA					
MOLINO DE MARTILLOS	4,5	6	\$ 447	\$ 12.069	\$ 4.405.185
CICLÓN	0,2	6	\$ 447	\$ 536	\$ 195.786
TRANSPORTADOR TORNILLO SINFÍN	0,75	6	\$ 447	\$ 2.012	\$ 734.198
ELEVADOR DE CANGILONES 1	0,37	6	\$ 447	\$ 992	\$ 362.204
SECCION DE MEZCLA Y EXTRUSIÓN					
MEZCLADORA	3,6	4	\$ 447	\$ 6.437	\$ 2.349.432
ELEVADOR DE CANGILONES 2	0,4	4	\$ 447	\$ 715	\$ 261.048
ACONDICIONADOR	0,4	8	\$ 447	\$ 1.430	\$ 522.096
EXTRUSORA	16	8	\$ 447	\$ 57.216	\$ 20.883.840
SECADOR	0,6	8	\$ 447	\$ 2.146	\$ 783.144
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 83.553</b>	<b>\$ 30.496.933</b>
				<b>COP\$/KG</b>	<b>\$ 104</b>
				<b>COP\$/TON</b>	<b>\$ 104.442</b>

**7.5.3 Precio final del alimento concentrado.** Para determinar el precio final del producto se suman los costos de producción y operacionales; el gasto de operadores se toma con base en el sueldo que ellos ganan (\$25000 diarios) y se divide en la producción diaria resultando \$31 por operario, para manejar la planta es necesario contar con 3 personas, el almacenamiento se le da un valor de \$3.000.000 mensuales y se calcula su costo por Kg, finalmente el mantenimiento de la planta está representado como un valor correspondiente al 2% de los costos de producción.

**Tabla 83.** Precio del producto.

PRECIO DEL PRODUCTO		
REFERENCIA	COP\$/KG	COP\$/TON
<b>Costos de producción</b>		
Ingredientes	\$ 1.152	\$ 1.152.000
Energía	\$ 104	\$ 104.000
Operadores	\$ 93	\$ 93.000
<b>Total costos</b>	<b>\$ 1.349</b>	<b>\$ 1.349.000</b>
<b>Costos operacionales</b>		
Almacenamiento	\$ 125	\$ 125.000
Mantenimiento	\$ 27	\$ 26.980
<b>Total gastos</b>	<b>\$ 152</b>	<b>\$ 151.980</b>
<b>Precio bruto del producto</b>		
Total costos	\$ 1.349	\$ 1.349.000
Total gastos	\$ 152	\$ 151.980
<b>TOTAL BRUTO</b>	<b>\$ 1.501</b>	<b>\$ 1.500.980</b>
RENTABILIDAD	16%	12%
<b>TOTAL NETO</b>	<b>\$ 1.787</b>	<b>\$ 1.705.659</b>

**Tabla 84.** Comparación de precios en bulto.

PRODUCTO	PRECIO (KG)	PRECIO (TON)	BULTO X (40 KG)	BULTO X (40 KG) COMERCIAL	DIFERENCIA DE PRECIO	PORCENTAJE
Iniciación	\$ 1.787	\$ 1.705.659	\$ 71.480	\$ 110.000	\$ 38.520	35%
Levante	\$ 1.644	\$ 1.568.886	\$ 65.760	\$ 97.000	\$ 31.240	32%
Engorde	\$ 1.560	\$ 1.488.909	\$ 62.400	\$ 73.000	\$ 10.600	15%

En la tabla se comprueba la variación del precio de un bulto de 40 Kg producido en la planta y un bulto de 40 Kg adquirido en el comercio, se puede notar una gran diferencia en los precios, obteniendo un 35% menos en el producto de iniciación, 32% en el de levante y 15% en el de engorde.

**7.5.4 Costos piscicultura.** La viabilidad del proyecto se elaborada para un productor intermedio que genera aproximadamente 45 toneladas anuales de cachama, la información de los costos fue tomada del plan de producción de una empresa piscícola de Santander, y se recopilan en la siguiente tabla:

**Tabla 85.** Costos de producción piscícola.

<b>COSTOS PISCICULTURA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Semilla mojará	Alevino	120.000	\$ 120	\$ 14.400.000
<b>Laborales</b>				
Preparación estanque	Jornal	5	\$ 25.000	\$ 135.000
Recibo de alevinos	Jornal	1	\$ 25.000	\$ 15.000
Suministro de alevinos	Jornal	135	\$ 25.000	\$ 3.375.000
Asistencia técnica	Visita	24	\$ 81.250	\$ 1.950.000
Cosecha	Jornal	118	\$ 25.000	\$ 2.940.000
Celaduría	Jornal	72	\$ 25.000	\$ 1.800.000
Transporte	Kg	106.920	\$ 60	\$ 6.415.200
Arriendo del terreno	Hectárea	12	\$ 1.200.000	\$ 14.400.000
Imprevistos y mantenimiento	Mes	12	\$ 1.000.000	\$ 12.000.000
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 43.030.200</b>
<b>Insumos</b>				
Alimento cría	Kg	2162	\$ 1.787	\$ 3.863.494
Alimento Levante	Kg	37189	\$ 1.645	\$ 61.175.905
Alimento Engorde	Kg	44540	\$ 1.560	\$ 69.482.400
Mallas	Rollo	72	\$ 17.500	\$ 1.260.000
Cal	Bulto	2,5	\$ 14.000	\$ 35.000
Fertilizantes	Kg	48	\$ 2.047	\$ 98.256
Agua	Mes	12	\$ 150.000	\$ 1.800.000
Energía	Mes	12	\$ 100.000	\$ 1.200.000
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 138.915.055</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 196.345.255</b>
			<b>KG PRODUCIDOS</b>	<b>45000</b>
			<b>COSTO/KG</b>	<b>\$ 4.363</b>

Como resultado se obtiene que producir 1 Kg de pescado cuesta COP\$4363 (cuatro mil trescientos sesenta y tres pesos colombianos).

**7.5.5 Valor presente neto (VPN) y Tasa interna de retorno (TIR).** Se hace un flujo de caja proyectado para el periodo de tiempo en el que se quiere analizar la viabilidad del proyecto (5 años), consecutivamente se emplearan los criterios decisorios como el VPN y la TIR.

**Tabla 86.** Flujo de caja.

FLUJO DE CAJA						
PERIODOS ANUALES	0	1	2	3	4	5
SALDO INICIAL	\$ (166.164.532)	\$ -	\$ 34.290.000	\$ 69.951.600	\$ 107.039.664	\$ 145.611.251
INGRESOS		\$ 230.625.000	\$ 239.850.000	\$ 249.444.000	\$ 259.421.760	\$ 269.798.630
EGRESOS		\$ (196.335.000)	\$ (204.188.400)	\$ (212.355.936)	\$ (220.850.173)	\$ (229.684.180)
SALDO FINAL		\$ 34.290.000	\$ 69.951.600	\$ 107.039.664	\$ 145.611.251	\$ 185.725.701

Con la ayuda de Excel y usando la función “VNA” (valor neto actual) que representa de igual manera el VPN, se selecciona la tasa de descuento o actualización a la que se quiere calcular, los valores del flujo de caja que se proyectaron y la inversión inicial. De esta manera, se obtiene un valor para el VPN, que, de manera simplista, considera que:

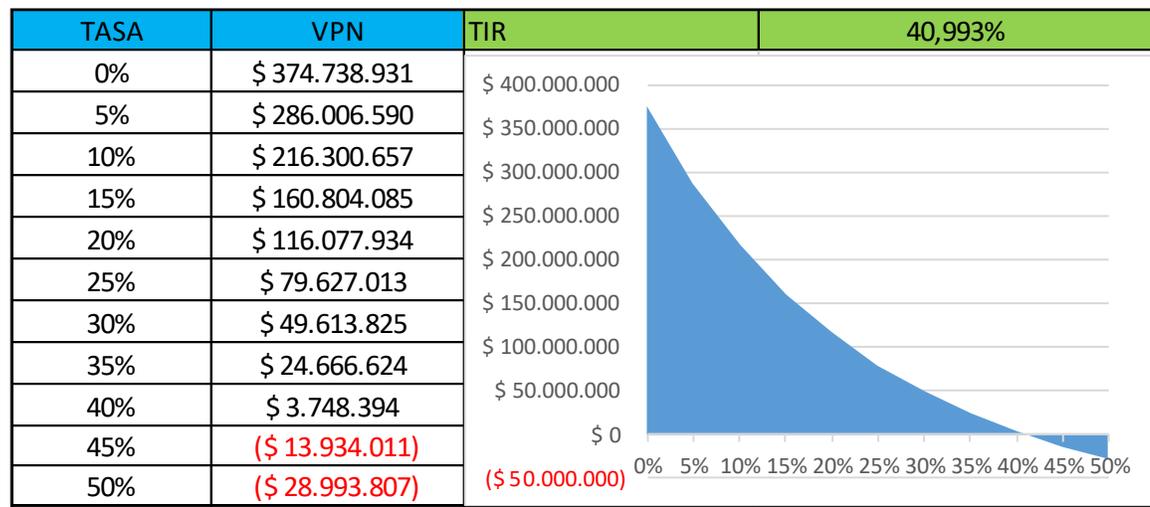
- Si el VPN es positivo: El proyecto es rentable.
- Si el VPN es negativo: El proyecto no es rentable.
- Si el VPN es cero: El proyecto es indiferente.

**Tabla 87.** Valor presente neto

Valor Actual Neto (VNA)			
Año	FNE	$(1 + i)^n$	$FNE / (1 + i)^n$
0	\$ (167.879.285)		\$ (167.879.285)
1	\$ 34.290.000	1,12	\$ 30.616.071
2	\$ 69.951.600	1,25	\$ 55.764.987
3	\$ 107.039.664	1,40	\$ 76.188.719
4	\$ 145.611.251	1,57	\$ 92.538.582
5	\$ 185.725.701	1,76	\$ 105.385.751
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 192.614.825</b>
<b>VNA</b>			<b>\$ 192.614.825</b>
Tasa de interés			12%

La tabla 88 muestra el valor del VPN para distintas tasas de descuento, resaltando que aquella tasa que vuelve cero al VPN corresponde a la TIR. La gráfica que resulta muestra de manera simple para que valores de tasa de descuento es rentable el negocio.

**Tabla 88.** Tasa interna de retorno



### 7.5.6 Reembolso sobre la inversión (PAYBACK)

**Tabla 89.** Reembolso sobre la inversión.

Año	Flujo	Descuento	Acumulado
0	\$ (167.879.285)	\$ (167.879.285)	\$ (167.879.285)
1	\$ 34.290.000	\$ 30.616.071	\$ (137.263.214)
2	\$ 69.951.600	\$ 55.764.987	\$ (81.498.226)
3	\$ 107.039.664	\$ 76.188.719	\$ (5.309.508)
4	\$ 145.611.251	\$ 92.538.582	\$ 87.229.075
5	\$ 185.725.701	\$ 105.385.751	\$ 192.614.825
<b>Tasa</b>	<b>12%</b>	$\text{Período de Payback} = \left[ \frac{\text{Período último con Flujo}}{\text{Acumulado Negativo}} \right] + \left[ \frac{\text{Valor absoluto del último Flujo acumulado negativo}}{\text{Valor del Flujo de Caja en el siguiente periodo}} \right]$	
<b>PAYBACK</b>	<b>3,057376152</b>		

El periodo para la recuperación de la inversión es aproximadamente de 3 años, deduciendo junto con los otros criterios que el proyecto es rentable.

## 8. CONCLUSIONES

- El diseño y la construcción de las diversas máquinas de la planta productora de pellets para peces etapa molienda tuvieron un funcionamiento óptimo, las pruebas realizadas comprobaron que los cálculos y procedimientos efectuados para dicha elaboración resultaron acordes para lo que se previa de este prototipo, de esta manera se demuestra una vez más el liderazgo y compromiso que tiene la Universidad Industrial de Santander, generando desarrollo tecnológico y vinculándose exitosamente con proyectos que permiten procesos de mejora y cambios en la industria santandereana.
- La selección de los equipos de la sección de molienda de la planta productora de pellets para peces, fueron establecidos según los lineamientos de capacidad otorgados por la empresa INDARS S.A.S., las características principales de las maquinas se documentaron a través de tablas.
- La correcta aplicación de teorías relacionadas con el diseño mecánico y el análisis y simulación en ingeniería CAE avalaron el diseño y construcción del molino de martillos y las tolvas de recepción y descarga, por otro lado, para el proceso de selección de equipos complementarios (elevador de cangilones, ciclón, transportador tornillo sin fin helicoidal, etc.) fue necesario recurrir a manuales de información de ingeniería.
- Se realizó la planificación de procesos de manufactura junto con la elaboración de hojas de rutas correspondientes que garantizaron el cumplimiento de la construcción y ensamble de las máquinas que componen la sección de molienda de la planta.

- El proceso de construcción y ensamble de las diferentes máquinas fue desarrollado por mano de obra certificada por INDARS.S.A.S., contribuyendo de esta manera y certificando el compromiso que adquirió cuando apoyó esta estrategia de diseño, permitiendo a los autores desarrollar un proyecto en el que ampliaron y aplicaron sus conocimientos respecto al diseño mecánico aprendidos en la academia universitaria.
- La planta de alimentos para peces en general es una propuesta de diseño viable económicamente que busca impulsar los pequeños y medianos microempresarios del sector de la piscicultura, resolviendo la necesidad de abastecimiento alimenticio para las diferentes etapas de crecimiento del alevín, permitiéndole tener una producción autosostenible y que cumpla con los estándares de calidad.
- El molino de martillos está diseñado para una capacidad de molienda moderada y se fijó con parámetros iniciales para maíz, sin embargo, al probar con otros productos (arroz, sorgo, soya, trigo, etc.), la eficiencia de molienda de esta máquina fue alta, además de esto se comprobó que, si se quiere sacar un producto más fino para la extrusión del pellet, se debe utilizar cribas de diámetros más pequeños afectando la capacidad de molienda pues esta tiende a disminuir.
- El molino de martillos también presenta un diseño versátil pues al utilizar cribas de agujero de diámetro más grande y al tener una salida de evacuación, le permite al agricultor procesar otros productos agrícolas.

## BIBLIOGRAFIA

CORREDOR HERNANDEZ, Jaime y VELEZ LAGUADO, Víctor. Cálculo y diseño de ciclones industriales montaje de un prototipo. Bucaramanga. Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander 1984.

CUADRADO MONCAYO, Iván y RUEDA CASTILLO, José. Diseño y construcción de un molino de martillos. Quito 2009. Trabajo de grado. Universidad San Francisco de Quito Colegio Politécnico.

EUROCODIGO 1. Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 4: Acciones en silos y depósitos. Asociación española de normalización y certificación. Marzo 1998.

GROOVER, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna. México: Prentice Hall, 1997.

KALPAKJIAN, S y SCHMID, SR. Manufactura ingeniería y tecnología. 5 ed. México: PEARSON Prentice Hall, 2008.

MARTIN. Manejo de materiales a granel. Elevadores de cangilones sección 6.

MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Educación, 1992.

PERRY, Robert. Manual del ingeniero químico. 6 ed. Tomo II. McGraw Hill.

VÁSQUEZ TORRES, Wálter; Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces; Villavicencio. Editorial Juan XXIII, 2004.

SHIGLEY, Joseph E. Diseño en ingeniería mecánica. 8 ed. México. McGraw-Hill 2008.

SKF. Bearing calculator. [www.skf.com](http://www.skf.com)

XVIGAS. Aplicación para análisis de vigas. [www.pwnage2apps.esy.es](http://www.pwnage2apps.esy.es)

# ANEXOS

## ANEXO A. NUTRIENTES ESENCIALES EN EL ALIMENTO PARA PECES

Los nutrientes consumidos por los peces, después de ser digeridos en el estómago e intestino, son absorbidos a través de las paredes del intestino hacia el torrente circulatorio en la forma de moléculas simples. Esas moléculas circulan en el cuerpo y son tomadas por diferentes tejidos en donde son objeto de un sinnúmero de reacciones químicas diferentes. El punto final de esas reacciones es la degradación total para liberar la energía contenida en las moléculas o el crecimiento del organismo evidenciado por la producción de nuevos tejidos.<sup>21</sup> La mayor parte del alimento consumido por los peces está constituida de por tres grupos de macronutrientes: proteínas, carbohidratos y lípidos.

**Proteína.** De todos los compuestos que hacen parte del cuerpo de los animales, la proteína es el más importante por varias razones: es el constituyente básico de las células, representa después del agua el grupo químico más abundante en ellas, como nutriente es utilizado para crecimiento y como fuente de energía y como ingrediente en dietas artificiales, es el componente más escaso y costoso.<sup>22</sup>

Los aminoácidos son las unidades que conforman las proteínas, y por lo mismo, son esenciales para la formación y regeneración de tejidos; existen dos grupos de aminoácidos: los esenciales (AAE) y los no esenciales (AANE). Los AAE no pueden ser sintetizados por el organismo en cantidades adecuadas y por lo tanto, debe adquirirlos a partir de la dieta, son considerados esenciales los siguientes aminoácidos: arginina, histidina, fenilalanina, triptófano, valina, leucina, isoleucina,

---

<sup>21</sup> VÁSQUEZ TORRES, Wálter, "Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces". Villavicencio. Editorial Juan XXIII, 2004, p. 22.

<sup>22</sup> VÁSQUEZ TORRES, Wálter, "Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces". Villavicencio. Editorial Juan XXIII, 2004, p. 24.

metionina, treonina y lisina. Los AANE glicina, prolina, tirosina, serina, cisteína, cistina, alanina, glutamina, ácido aspártico y ácido glutámico son igualmente importantes en la estructura proteica, sin embargo, si hay deficiencia en la ingestión de uno varios de ellos, estos pueden ser sintetizados a nivel celular a partir de aminoácidos esenciales.<sup>23</sup>

Tabla 1. Composición proximal, Energía digestible (ED) y composición de aminoácidos esenciales (% de la PB) de algunos ingredientes de uso común en la fabricación de raciones para peces y exigencias de proteína bruta, de aminoácidos esenciales y de energía digestible de cinco especies de pez cultivados comercialmente (Adaptado de NRC, 1993).

Nutrientes y AAE	Ingredientes de origen animal (harinas) (% del ingrediente, excepto EB)					Ingredientes de origen vegetal (% del ingrediente, excepto EB)						Exigencias nutricionales (% de la dieta)				
	Pescado <sup>1</sup>	Carne y huesos	Sangre	Visceras	Plumas	Torta de Soja <sup>2</sup>	Torta de Algodón	Maíz	Sorgo	Salvado de Trigo	Salvado de Ajoz	Tilapia	Carpa	Baga canal	Trucha	Cachama (%)
PB	62,3	50,9	89,2	59,7	83,3	44,8	41,7	8,5	9,9	16,4	12,8	32	35	32	38	32
Lípidos	5,0	9,7	0,74	13,6	5,4	1,1	1,8	3,6	2,8	4,0	14,6	-	-	-	-	6
Fibra		2,4	1,0	2,1	1,2	7,3	11,3	2,3	2,3	9,9	5,3	-	-	-	-	-
Cenizas	21,3	29,2	2,3	14,5	2,9	6,3	6,4	1,3	1,8	5,3	7,4	-	-	-	-	-
ED (Kcal/Kg)	3.211 <sup>2</sup>	3.186 <sup>2</sup>	4.289 <sup>2</sup>	3.459 <sup>2</sup>	3.400 <sup>3</sup>	3.010 <sup>4</sup>	3.110 <sup>4</sup>	2.200 <sup>4</sup>	-	2.790 <sup>4</sup>	-	3.000	3.200	3.000	3.600	-
Arginina	6,77	6,62	4,20	6,80	6,78	7,57	9,63	5,05	3,73	5,24	4,92	1,18	1,31	1,2	1,50	1,62
Histidina	2,15	1,88	5,76	1,82	0,74	2,65	2,01	3,05	2,22	2,38	1,32	0,48	0,64	0,42	0,70	0,96
Isoleucina	4,30	2,90	1,09	3,85	4,38	4,53	2,79	4,12	4,14	3,11	2,73	10,87	0,76	0,73	0,90	1,05
Leucina	7,28	5,89	12,12	6,88	7,97	7,79	4,36	14,23	12,92	5,61	5,46	0,96	1,00	0,98	1,40	1,24
Lisina	7,27	3,24	8,35	5,12	2,19	6,51	4,59	2,94	2,82	3,53	4,06	1,43	1,74	1,43	1,80	1,81
Metionina	2,70	1,28	1,21	1,84	0,86	1,27	2,21	2,0	2,42	1,15	1,56	0,90 <sup>5</sup>	0,94 <sup>6</sup>	0,64 <sup>4</sup>	1,00 <sup>4</sup>	0,62
Cistina	1,20	0,98	1,39	1,40	4,44	1,56	1,09	2,58	1,61	1,58	1,01	-	-	-	-	0,25
Fenilalanina	3,76	3,33	6,63	3,51	4,53	4,95	5,09	5,65	4,85	3,53	3,36	1,59 <sup>7</sup>	1,99 <sup>7</sup>	1,40 <sup>4</sup>	1,80 <sup>4</sup>	1,03
Tirosina	3,12	2,14	2,95	3,13	2,88	3,50	1,94	3,64	3,53	3,31	3,28	-	-	-	-	-
Treonina	4,13	3,24	4,21	1,57	4,54	3,97	2,47	4,11	3,43	2,80	2,65	1,06	1,19	0,56	0,80	1,12
Triptofano	0,96	0,59	1,16	0,77	0,62	1,42	1,01	0,94	1,01	1,52	0,84	0,28	0,24	0,14	0,20	-
Valina	4,85	4,81	8,38	4,79	7,78	4,50	4,08	5,18	5,25	4,20	5,62	0,78	1,10	0,84	1,20	1,24

<sup>1</sup> Harina blanca extraída mecánicamente; <sup>2</sup> ED para Trucha; <sup>3</sup> ED para catfish; <sup>4</sup> Extraída con solvente; <sup>5</sup> Metionina + cistina; <sup>6</sup> Fenilalanina + tirosina; <sup>7</sup> Vásquez, 2001 (AAE estimados a partir de la composición de AAE del tejido del pez).

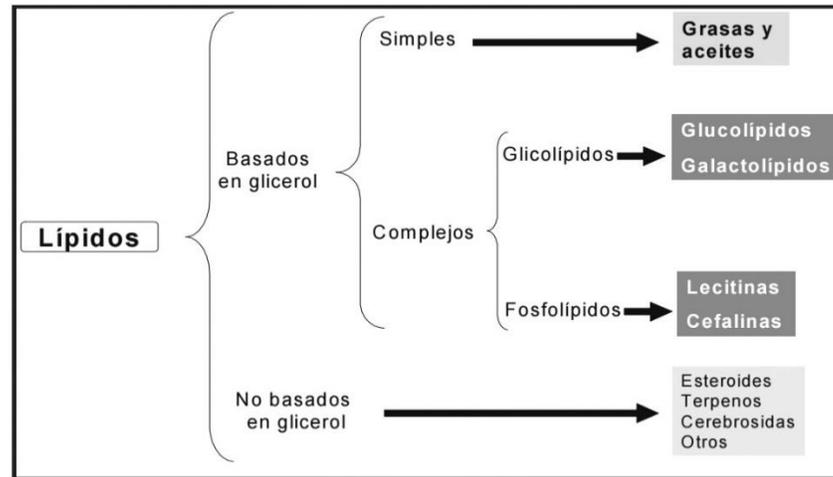
Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

**Lípidos.** Comprenden un grande y variado grupo de compuestos orgánicos que son insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos. Los peces requieren lípidos en la dieta, grasas y aceites principalmente, para utilizarlos como fuentes de energía metabólica y de ácidos grasos esenciales. Fisiológicamente los ácidos grasos libres constituyen la principal fuente de combustible aerobio para el metabolismo energético del músculo de los peces. De igual manera los fosfolípidos, que son el segundo grupo más abundante después de los triglicéridos, hacen parte

<sup>23</sup> VÁSQUEZ TORRES, Wálter; Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Villavicencio; Editorial Juan XXIII, 2004, p. 25.

de la estructura celular y son fundamentales en el mantenimiento de la integridad y funcionamiento de las biomembranas.<sup>24</sup>

Figura 3.5.1 Clasificación general de los lípidos



Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

**Carbohidratos.** Usualmente son definidos como sustancias compuestas de “unidades de azúcares” que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. En el cuerpo de los animales la presencia de tales compuestos es relativamente baja en comparación con la proteína y las grasas. En contraste, en los organismos vegetales es el compuesto más abundante.

Según Lovell (1998), aunque los carbohidratos son una importante fuente de energía y hacen parte de un gran número de metabolitos intermediarios en el organismo de los peces tales como la glucosa sanguínea, nucleótidos, glucoproteínas, etc., no son considerados nutrientes esenciales. De otro lado, a la fecha se ha demostrado que la ausencia de carbohidratos en la dieta reduce

<sup>24</sup> *Ibid*, p. 32.

significativamente la ganancia de peso diario como consecuencia directa de una hipotrofia muscular (reducción del tamaño celular hasta en un 50%).<sup>25</sup>

**Vitaminas.** Las vitaminas son compuestos orgánicos de bajo peso molecular necesarios en la dieta de los animales en cantidades relativamente pequeña para un buen crecimiento, salud y correcto funcionamiento del organismo. De manera general se puede considerar que las vitaminas son:<sup>26</sup>

- Componentes naturales de los alimentos, diferentes en su estructura química de los carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales y agua.
- Están presentes en los alimentos en cantidades mínimas.
- Son esenciales para el metabolismo (actúan como grupos prostéticos de las enzimas). Algunas vitaminas que son esenciales para un cierto grupo de animales pueden no serlo para otros.
- Su carencia en la dieta provoca síntomas específicos (enfermedades deficitarias, avitaminosis).
- Generalmente ni pueden ser sintetizados.

**Minerales.** Son elementos químicos inorgánicos que hacen parte del organismo de los peces, son necesarios para el correcto desarrollo y funcionamiento y se requiere en las cantidades semejantes a las exigidas por otros animales domésticos; sin embargo, es importante anotar que existe una gran diferencia en lo que respecta a la forma como estos son absorbidos del medio externo; para los animales terrestres la única vía es a partir de los alimentos y el agua ingeridos, en tanto que para los organismos acuáticos, además de este mecanismo existe la alternativa de absorberlos directamente del agua, en donde la mayoría están disueltos, a través de las branquias y de la piel.<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> VÁSQUEZ TORRES, Wálter; Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces; Villavicencio. Editorial Juan XXIII, 2004, p. 35.

<sup>26</sup> VÁSQUEZ TORRES, Wálter; Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces; Villavicencio. Editorial Juan XXIII, 2004, p.42

<sup>27</sup> *Ibid*, p. 53.

Tabla 3. Composición de Vitaminas liposolubles e hidrosolubles en ingredientes de uso común en la fabricación de raciones para peces y exigencias en cuatro especies de pez cultivados comercialmente (Adaptado de NRC, 1993).

Vitaminas	Ingredientes de origen animal (harinas)					Ingredientes de origen vegetal						Exigencias nutricionales*			
	Pescado	Carne y huesos	Sangre	Visceras	Plumas	Torta de Soja	Torta de Algodón	Maíz	Sorgo	Salvado de Trigo	Salvado de Arroz	Tilapia	Carpa	Bagre canal	Trucha
<b>LIPOSOLUBLES</b>															
Vitamina A (UI/kg)	-	-	-	-	-	374.0	330	5000	616.0	385	-	-	4000	2000	2500
Vitamina D (UI/kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5000	2400
Vitamina E (UI/kg)	89	1.1	-	2.2	-	2.4	16.0	20.9	12.1	23.9	14.5	-	100	50	50
Vitamina K (mg/kg)	-	-	-	-	-	-	-	0.22	-	-	-	-	-	R	R
<b>HIDROSOLUBLES</b>															
Riboflavina (mg/kg)	9.1	4.5	2.9	10.5	2.0	2.9	3.3	1.1	1.1	2.0	0.4	6.0	7.0	9.0	4.0
Ac. pantoténico (mg/kg)	9.9	4.4	3.2	11.1	8.9	16.3	13.7	5.1	11.0	17.8	3.3	10.0	30.0	15.0	20.0
Niacina (mg/kg)	59.0	51.0	22.0	47.0	21.0	28.0	41.0	23.0	37.0	95.0	23.0	-	28.0	14.0	10.0
Vitamina B <sub>12</sub> (µg/kg)	90.0	217.0	13.0	301.0	83.0	-	0	-	-	-	-	-	-	R	10.0
Colina (mg/kg)	3099	2136	600.0	6029	895.0	2609	2764	504.0	638.0	1247	878.0	-	900	400	1000
Biotina (mg/kg)	0.08	0.14	0.28	0.09	0.04	0.32	0.97	0.07	0.23	0.24	0.08	-	1.0	R	0.15
Ac. fólico (mg/kg)	0.35	0.5	0.4	0.51	0.22	0.6	1.4	0.30	0.20	1.2	0.20	-	-	1.5	1.0
Tiamina (B <sub>1</sub> ) (mg/kg)	1.7	0.2	0.3	0.2	0.1	6.0	6.6	3.7	4.1	14.2	1.4	-	0.5	1.0	1.0
Pridoxina (B <sub>6</sub> ) (mg/kg)	5.9	8.7	4.5	4.4	2.98	6.0	7.0	4.69	4.7	8.0	-	-	6.0	3.0	3.0
Vitamina C (mg/kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.0	R	50	50

R= Requerido en la dieta pero no determinado; \* En % o mg/kg de dieta.; - No disponible

Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

Tabla 5. Composición de macrominerales (% de la materia natural) y microminerales (mg/kg de materia natural) en ingredientes de uso común en la fabricación de raciones para peces y exigencias de minerales en cuatro especies de pez cultivados comercialmente (Adaptado de NRC, 1993).

	Ingredientes de origen animal (harinas)					Ingredientes de origen vegetal						Exigencias nutricionales*			
	Pescado	Carne y huesos	Sangre	Visceras	Plumas	Torta de Soja	Torta de Algodón	Maíz	Sorgo	Salvado de Trigo	Salvado de Arroz	Tilapia	Carpa	Bagre canal	Trucha
<b>MACROMINERALES</b>															
Calcio (%)	7.31	9.4	0.41	3.51	0.25	0.30	0.17	0.03	0.03	0.13	0.03	R	-	R	1.0 E
Fósforo (%)	3.81	4.58	0.30	1.83	0.66	0.65	1.17	0.28	0.28	1.16	0.27	0.5	0.6	0.45	0.6
Potasio (%)	0.83	1.13	0.15	0.39	0.28	2.11	1.39	0.33	0.31	1.22	0.13	-	-	R	0.7
Cloro (%)	0.50	0.74	0.25	0.54	0.28	0.04	0.04	0.05	0.08	0.05	0.08	-	-	R	0.9 E
Magnesio (%)	0.18	1.13	0.15	0.18	0.20	0.29	0.41	0.11	0.13	0.57	0.11	0.06	0.05	0.04	0.05
Sodio (%)	0.78	0.73	0.38	0.82	0.69	0.04	0.04	0.01	0.04	0.05	0.07	-	-	R	0.6 E
<b>MICROMINERALES</b>															
Cobre (mg/Kg)	5.90	1.50	8.2	14.12	6.4	23.0	19.0	3.5	10.0	11.0	-	R	3.0	5.0	3.0
Hierro (mg/Kg)	181.0	508.0	2769.0	442.0	74.0	140.0	208.0	33.0	48.0	145.0	-	-	150.	30.0	60.0
Manganeso (mg/Kg)	12.4	12.5	6.4	11.0	12.5	30.6	21.0	2.7	15.8	115.0	18.0	R	13.0	2.4	13.0
Selenio (mg/Kg)	1.62	0.25	-	0.78	0.82	0.10	0.06	0.07	0.20	0.64	0.27	-	-	0.25	0.3
Zinc (mg/Kg)	90.0	89.0	306.0	121	68.0	52.0	61.0	19.0	17.0	95.0	17.0	20.0	30.0	20.0	30.0

R= Requerido en la dieta pero no determinado; E= estimado; \* En % o mg/kg de dieta; - No disponible

Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

## ANEXO B. ALIMENTO NATURAL Y ARTIFICIAL

**Alimento natural de los peces.** En el ambiente natural los peces consiguen balancear su dieta escogiendo entre diversos alimentos disponibles los que mejor satisfacen sus exigencias nutricionales. De una manera general la productividad natural de un ecosistema acuático, como alimento para los peces, posee elevado valor energético, altos niveles de proteína de excelente calidad y también es fuente de vitaminas y minerales.

Tabla 7. Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural presente en el agua de los estanques de cultivo de peces (Adaptado de Hephher, 1989)

Alimento natural	MS (%)	Composición de la Materia Seca (% MS)				
		PB	Lípidos	Cenizas	ENN	EB (Kcal/kg)
Fitoplancton	14-22	17-31	4-10	27-47	-	2200-3800
Vegetación acuática	15.8	14.6	4.5	13.9	-	3900
Rotíferos	11.2	64.3	20.3	6.2	-	4900
Oligoquetos	7.3	49.3	19.0	5.8	-	5600
Artemia (Anostraca)	11.0	61.6	19.5	10.1	-	5800
Cladóceros	9.8	56.5	19.3	7.7	28.2	4800
Copépodos	10.3	52.3	26.4	7.1	9.2	5500
Insectos	23.2	55.9	18.6	4.9	20.1	5100
Chironomides (larvas)	19.1	59.0	4.9	5.8	22.5	5000
Moluscos	32.2	39.5	7.8	32.9	7.5	3900

Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

**Cultivos exclusivamente con alimento natural.** En este sistema básico de cultivo, el crecimiento de los peces depende totalmente del consumo de parte de los animales vivos y vegetales, presentes en forma natural en el cuerpo de agua del estanque o depósito donde se cultivan los peces. El crecimiento variará en función de la productividad natural del agua utilizada y también de la densidad de biomasa total de las especies cultivadas en dicho sistema, de esta manera el crecimiento será proporcional a la productividad natural del estanque y tenderá a decrecer con

el aumento de la biomasa hasta el nivel máximo de carga. Esta estrategia de alimentación generalmente se emplea en sistemas de cultivos extensivos, con muy bajas densidades de carga.

**Cultivos con alimento natural + fertilización.** Con el objetivo de incrementar la producción de alimento vivo, organismos vegetales y animales en un cuerpo de agua, se utilizan compuestos orgánicos e inorgánicos denominados fertilizantes, estos sirven como el primer recurso esencial de agua. De esta manera se aumenta la producción de peces y la capacidad de cultivo del sistema. La estrategia de alimentación incrementando la productividad acuática a través de la fertilización, también es típica de sistemas extensivos, permite aumentar la densidad de biomasa de los cultivos.

**Cultivos con dietas suplementarias.** Cuando la densidad de los peces, así como los requerimientos de producción, son tales que la productividad del cuerpo del agua por sí solo no puede sostener o no sostiene en forma adecuada el crecimiento de los animales, entonces se hace necesario el suministro de una dieta suplementaria exógena que pueda ser ofrecida en forma directa como un recurso suplementario de nutrientes para el cultivo; en este sistema, los requerimientos dietéticos de los organismos en cultivo son satisfechos por una combinación de alimento natural y alimento suplementario.

Los alimentos suplementarios normalmente consisten de subproductos animales o vegetales de bajo costo y pueden involucrar el uso de un sólo producto en forma fresca o en forma no procesada. (i.e. los desperdicios de molinos, los desperdicios de cervecerías o las cascarillas de arroz), o el uso de una combinación de diferentes materiales alimenticios en forma de mezclas o procesados como un pellet. Esta estrategia de alimentación es típica de un sistema de cultivo semi-intensivo.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S17.htm>> [citado en 23 de noviembre de 2016]

**Cultivos con dietas completas.** Implica la provisión externa de un alimento de alta calidad nutricionalmente completo, que tenga un perfil de nutrientes predeterminado. Tradicionalmente las dietas completas toman la forma de un pellet seco o húmedo que consiste en la combinación de diferentes ingredientes, cuyo contenido de nutrientes totales se asemeja a los requerimientos dietéticos conocidos para los peces, bajo condiciones de máximo crecimiento. En vista de las altas densidades de siembra de peces generalmente empleadas con esta estrategia de alimentación, se asume que la productividad natural del estanque, no proporciona ningún beneficio a este tipo de cultivo. Esta estrategia de alimentación es típica de sistemas de cultivo intensivo.

## ANEXO C. FORMULACIÓN DE DIETAS PARA PECES DE CULTIVO

Cuando se formule una dieta práctica para usarse en sistemas intensivos de acuicultura, se deberán considerar los siguientes factores:<sup>29</sup>

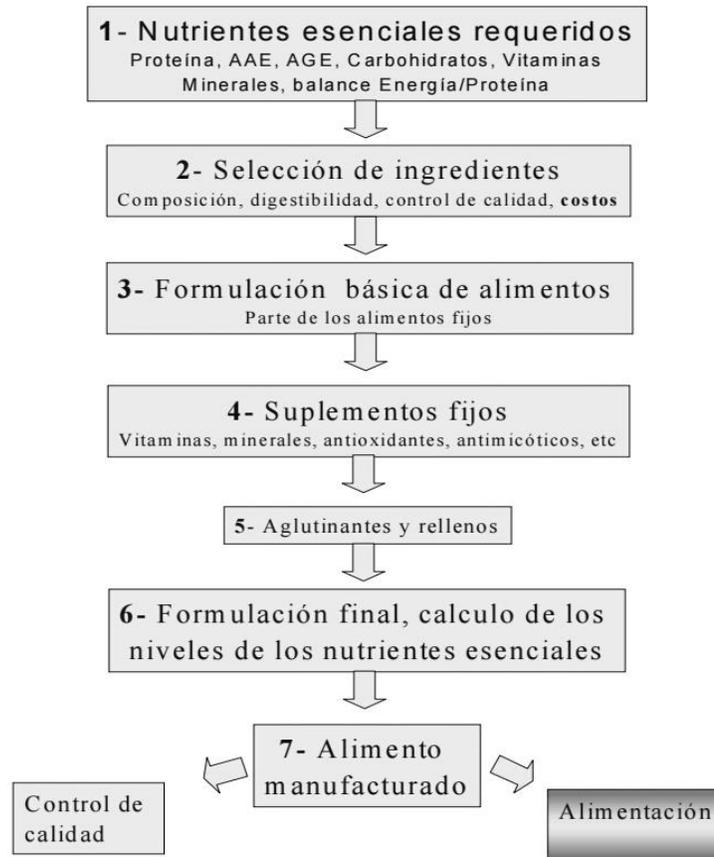
- **Valor en el mercado de las especies que van a ser cultivadas:** como una regla práctica los costos del alimento no deberán exceder del 20 al 25% del valor de los animales cultivados en la granja.
- **Comportamiento alimenticio y capacidad digestiva de las especies cultivadas:** ¿la especie que va a ser cultivada, es un carnívoro, omnívoro o herbívoro?, ¿es un comedor de fondo, pelágico o de superficie?, ¿se alimenta durante el día, durante los crepúsculos o es nocturno?, ¿se alimenta ayudado por la vista o el olfato?, ¿consume alimentos secos o húmedos?, ¿se alimenta rápidamente o come lentamente?, ¿la especie a cultivar tiene secreciones ácidas en el estómago?, ¿posee ésta un sistema completo de enzimas digestivas?. Estos factores, junto con la unidad de producción propuesta dictarán si se utiliza un alimento flotante, uno de poca flotación o uno que se precipite rápidamente.
- **Procesos de manufactura de alimentos que se pretende utilizar:** mezcla directa, peletizado en frío, peletizado convencional a vapor, peletizado por expansión a vapor, hojuelas, granulados o microencapsulados. Por ejemplo: el peletizado por expansión a vapor requiere dentro de la formulación, la presencia de grandes cantidades de granos de cereales que contengan almidón, para facilitar la gelatinización de éste y obtener la textura de expansión deseada.

---

<sup>29</sup> FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S16.htm>> [citado en 23 de noviembre de 2016]

- **Requerimientos de nutrientes dietéticos de las especies a ser cultivadas:** éstas incluyen la proteína dietética, los aminoácidos esenciales, los ácidos grasos esenciales, las vitaminas, los minerales y la energía (si es conocida) para todos los estados del ciclo de vida de los organismos.

Figura 5.2. Procedimiento básico para la formulación de dietas completas para peces (Cho et al. 1985)



Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

- **Recursos disponibles de ingredientes alimenticios:** el contenido de nutrientes en los ingredientes disponibles para la alimentación, incluyendo el control de calidad y los costos (como recurso y con el transporte). La disponibilidad, la calidad nutricional y costos de los ingredientes individuales (incluyendo fuentes de micronutrientes, tales como: vitaminas, aminoácidos,

antioxidantes e inhibidores de hongos), dictarán el tipo de ración que se puede formular.

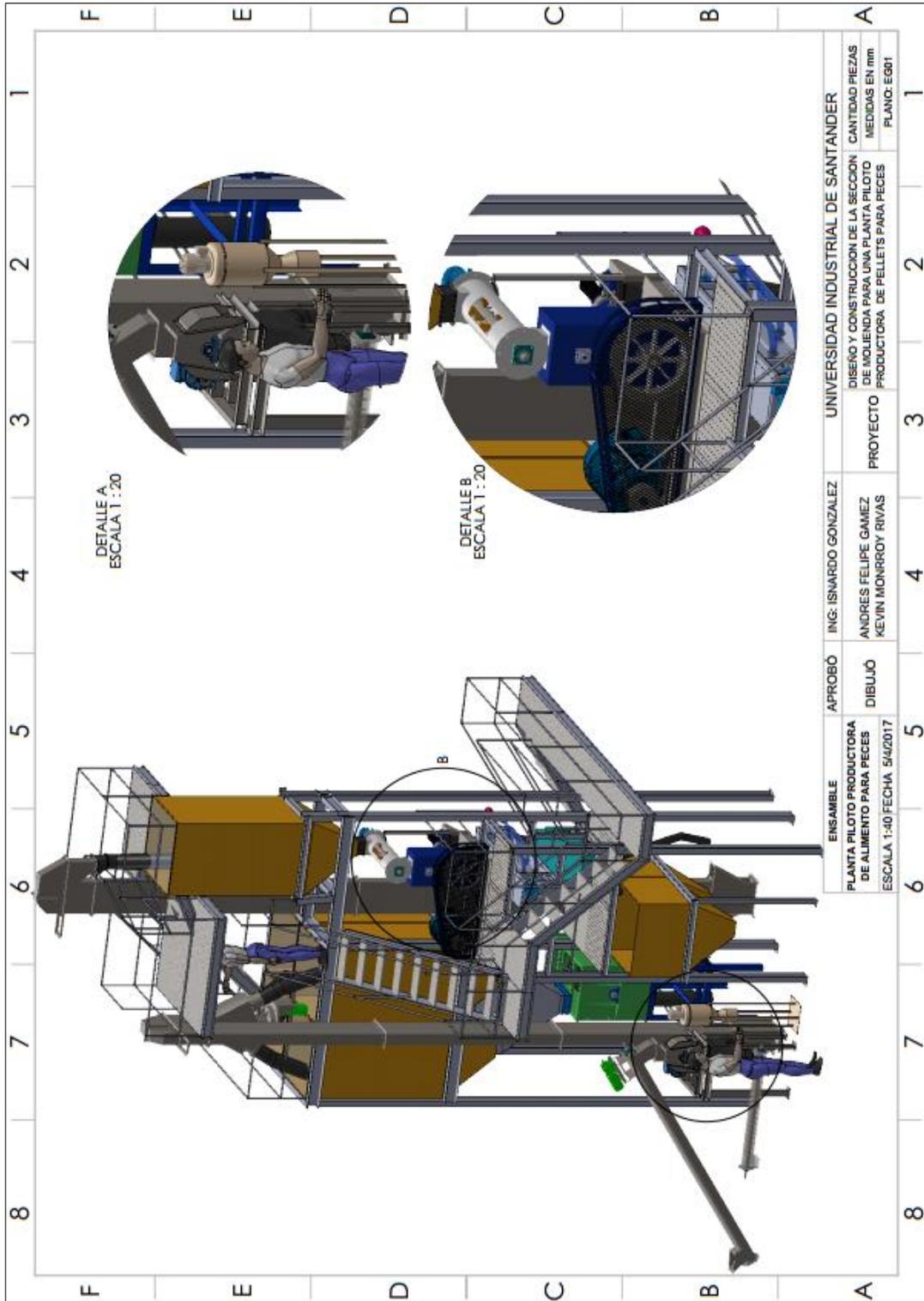
- **Digestibilidad de los recursos de ingredientes en diferentes especies de peces:** la disponibilidad biológica de los nutrientes individuales (proteínas, aminoácidos, lípidos, carbohidratos, minerales, vitaminas y energía), contenidos en los diferentes ingredientes para elaborar alimentos para las especies de peces.
- **Fase de desarrollo de los peces:** Postlarvas, alevinos, juveniles y reproductores de una misma especie presentan exigencias nutricionales diferentes, por lo que requieren de formulaciones específicas con niveles de ingredientes que también son diferentes según dicho estado de desarrollo.

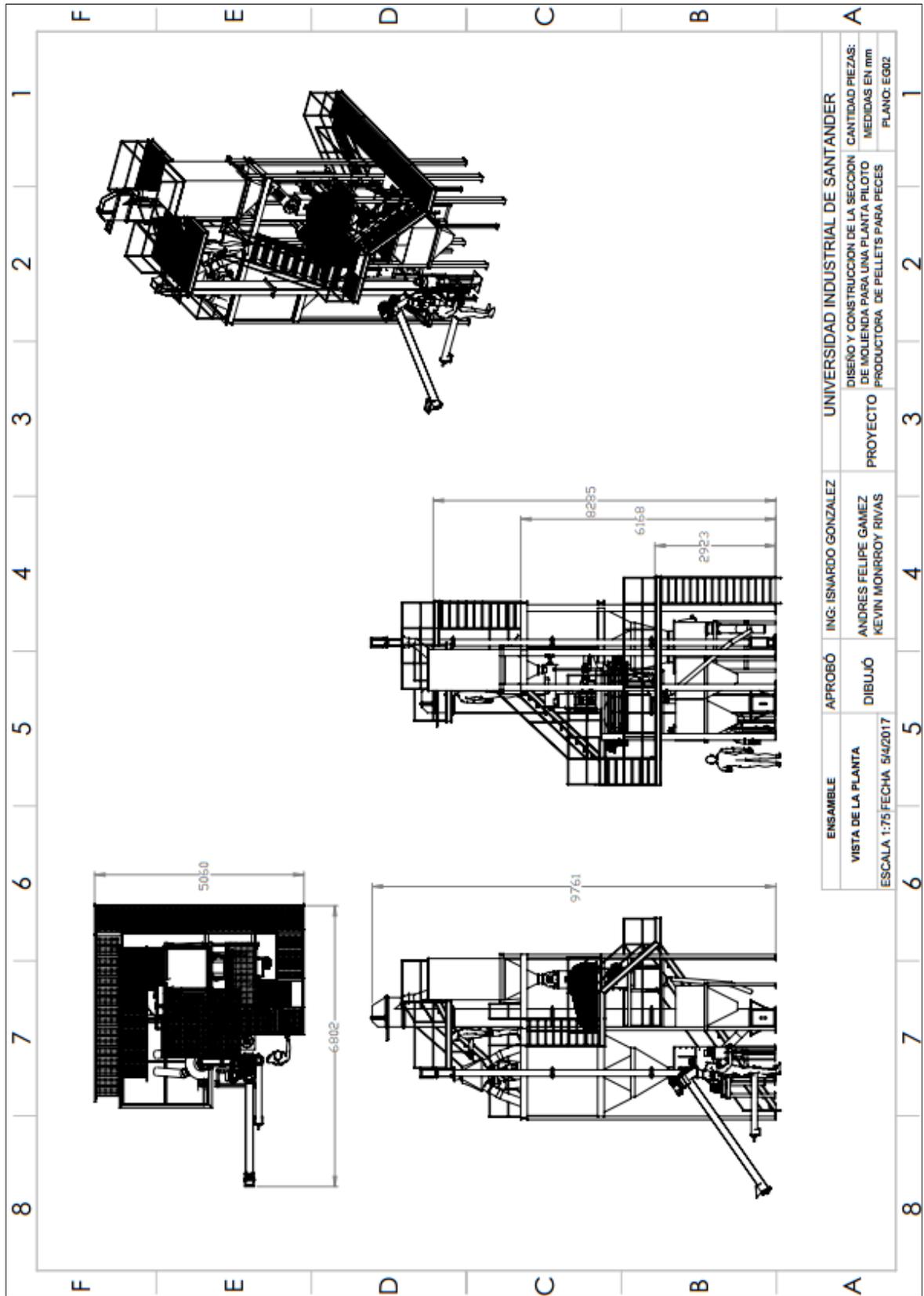
Tabla 9. Niveles de inclusión de algunos ingredientes utilizados en dietas para *Colossoma* y *Piaractus* (Tomado de D'aguabi, 1992)

INGREDIENTES	Restricción (% máximo en la dieta)		
	Alevinos	Engorde	Reproductor
Torta de algodón	5	15	0
Harina de arroz	20	20	20
Arroz quebrantado	10	10	10
Harina de carne y hueso	5	5	5
Fermento de cervecaría	10	10	10
Residuos de pollo	10	10	10
Harina de yuca	5	5	5
Maíz amarillo quebrado	5	10	10
Harina de gluten de maíz	12	5	5
Harina de pescado	10	5	5
Harina de Harina de Sangre	5	5	5
plumas hidrolizadas	7	5	5
Torta de soya	10	10	10
Harina de sorgo	5	30	30
Solubles de pescado	6	6	6
Harina de trigo	20	40	40

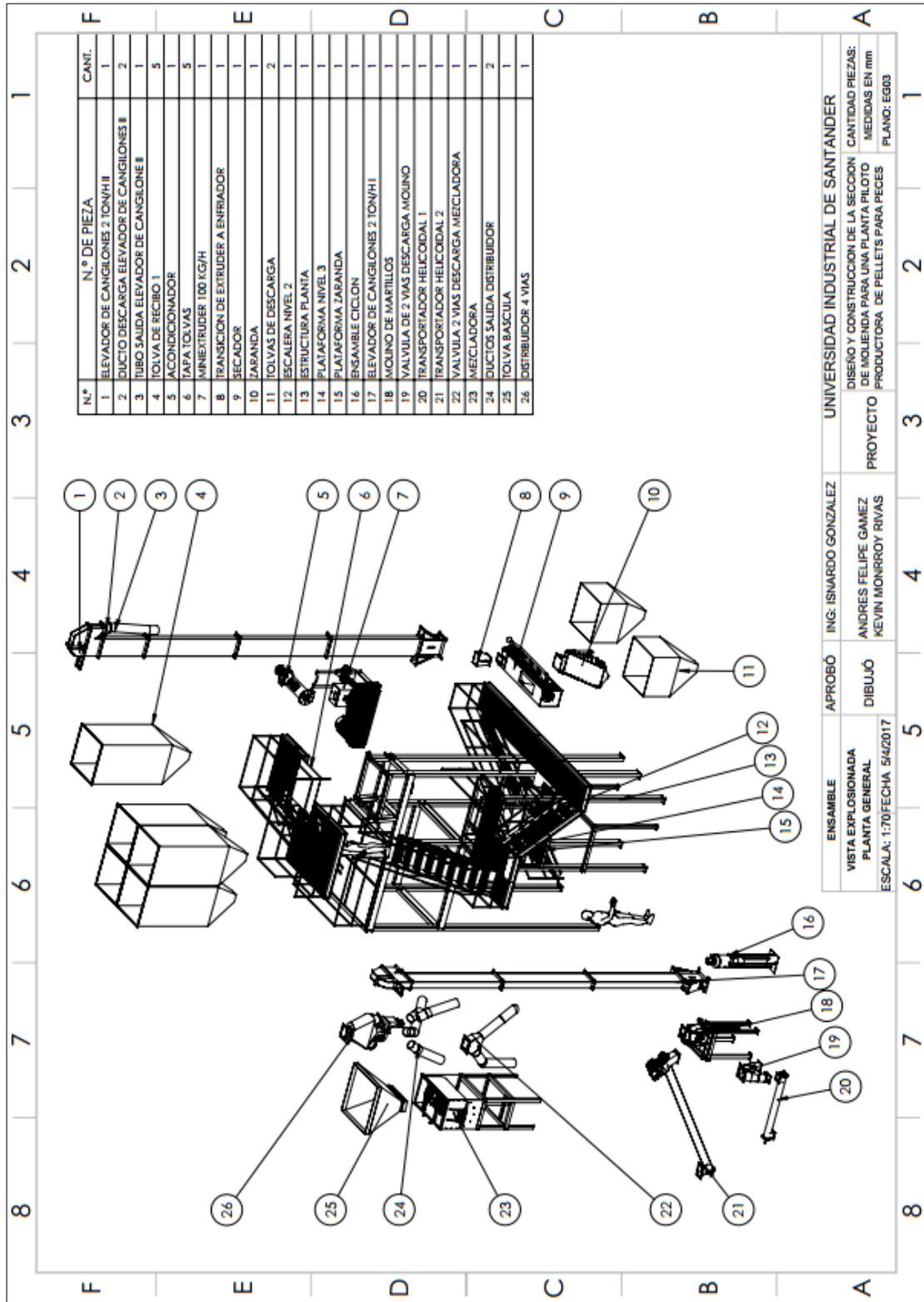
Fuente: Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces

## ANEXO D. PLANOS DE LA PLANTA GENERAL.





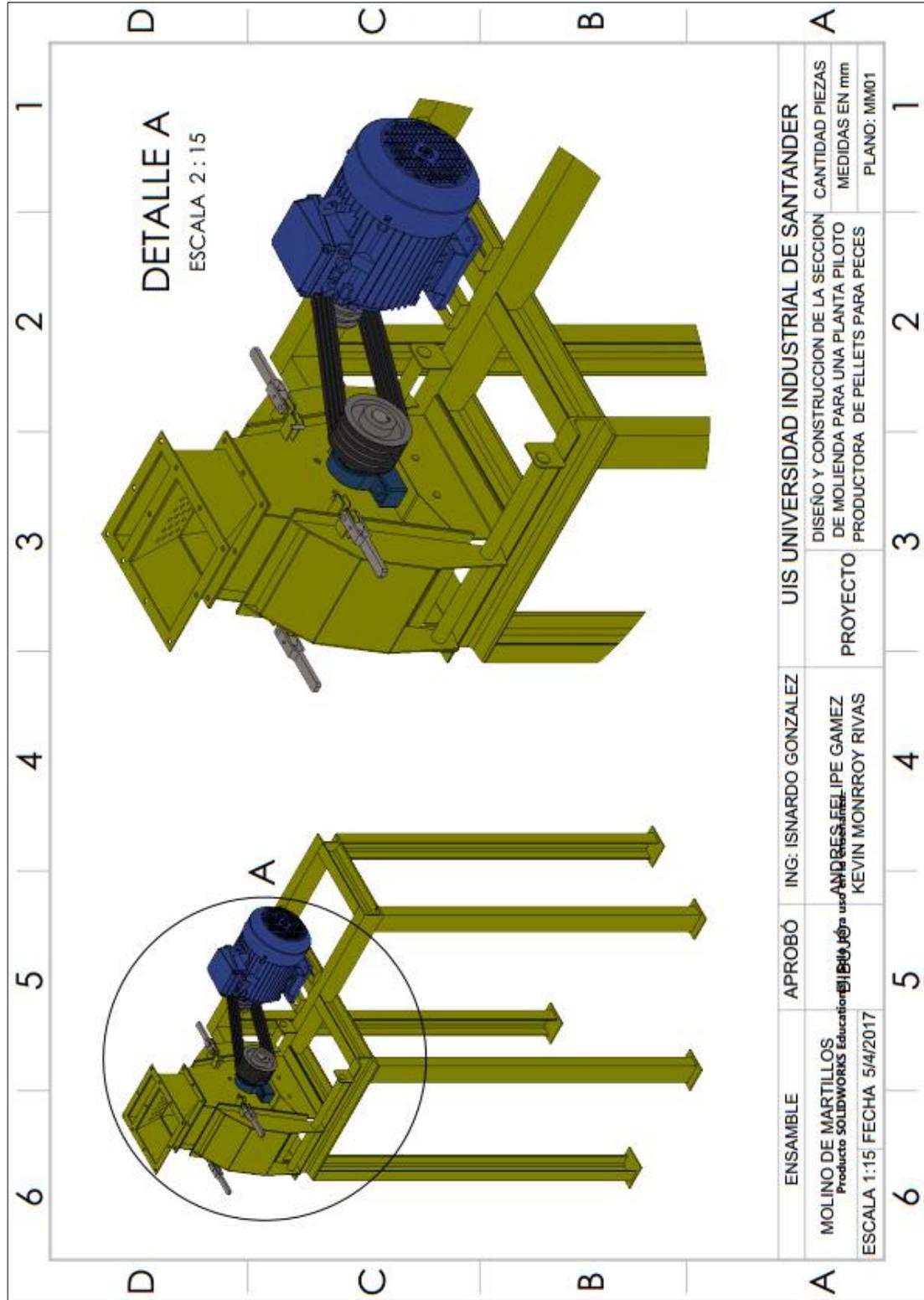
ENSAMBLE	APROBÓ	ING. ISNARDO GONZALEZ	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
VISTA DE LA PLANTA	DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ KEVIN MONROY RIVAS	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLENIA PARA UNA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES
ESCALA 1:75 FECHA 5/4/2017			CANTIDAD PIEZAS: MEDIDAS EN mm PLANO: EG02

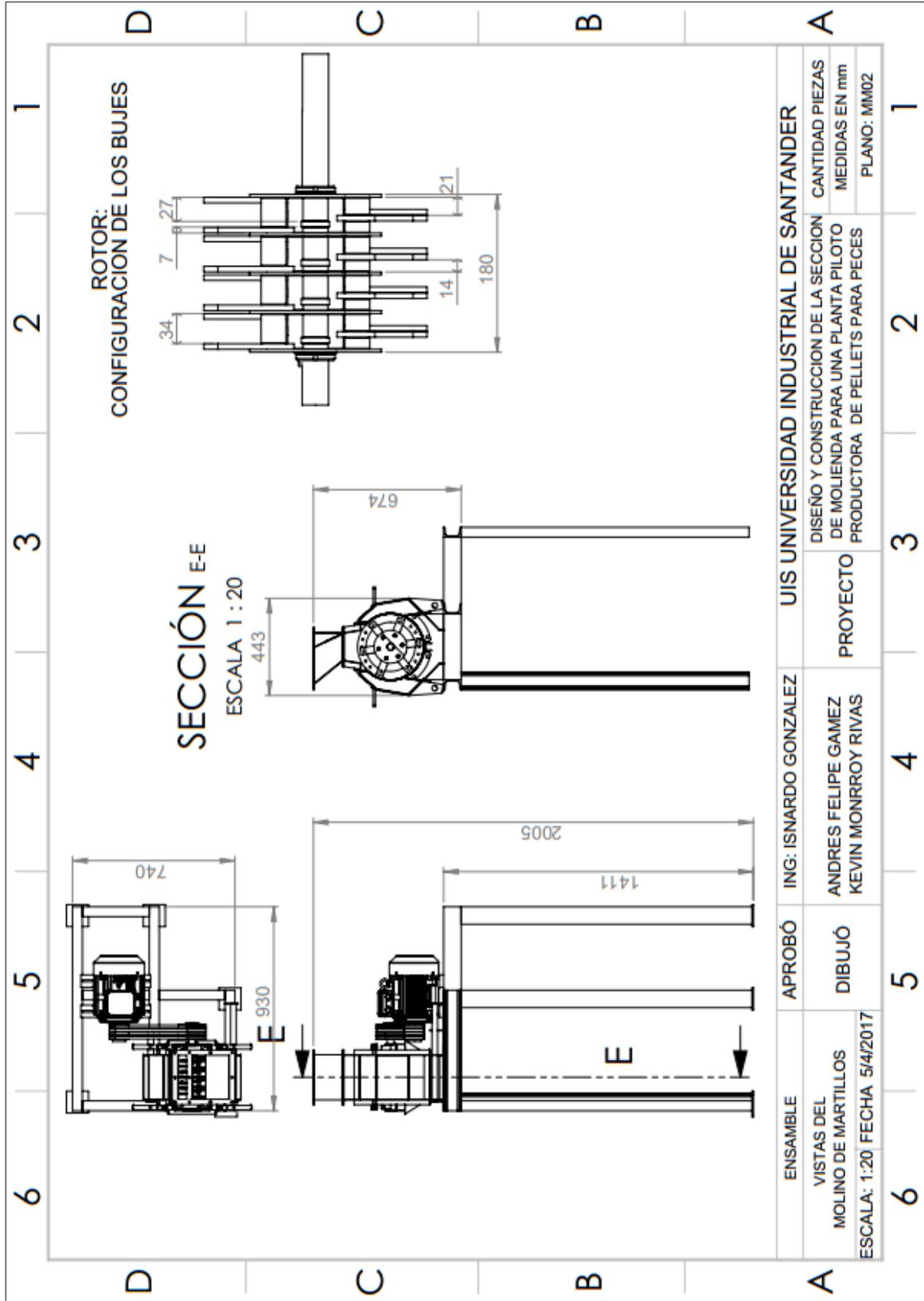


N.º	N.º DE PIEZA	CANT.
1	ELEVADOR DE CANGILONES 2 TON/HI	1
2	DUCTO DESCARGA ELEVADOR DE CANGILONES B	2
3	TUBO SALIDA ELEVADOR DE CANGILONES B	1
4	TOLVA DE RECIBO 1	5
5	ACONDICIONADOR	1
6	TAPA TOLVAS	5
7	MINIEXTRUDER 100 KG/H	1
8	TRANSICION DE EXTRUDER A ENFRIADOR	1
9	SECADOR	1
10	ZARANDA	1
11	TOLVAS DE DESCARGA	2
12	ESCALERA NIVEL 2	1
13	ESTRUCTURA PLANTA	1
14	PLATAFORMA NIVEL 3	1
15	PLATAFORMA ZARANDA	1
16	ENGAMBLE CICLON	1
17	ELEVADOR DE CANGILONES 2 TON/HI	1
18	MOLINO DE MARTILLOS	1
19	VALVULA DE 2 VIAS DESCARGA MOLINO	1
20	TRANSPORTADOR HELICOIDAL 1	1
21	TRANSPORTADOR HELICOIDAL 2	1
22	VALVULA 2 VIAS DESCARGA MECLADORA	1
23	MECLADORA	1
24	DUCTOS SALIDA DISTRIBUIDOR	2
25	TOLVA BASCULA	1
26	DISTRIBUIDOR 4 VIAS	1

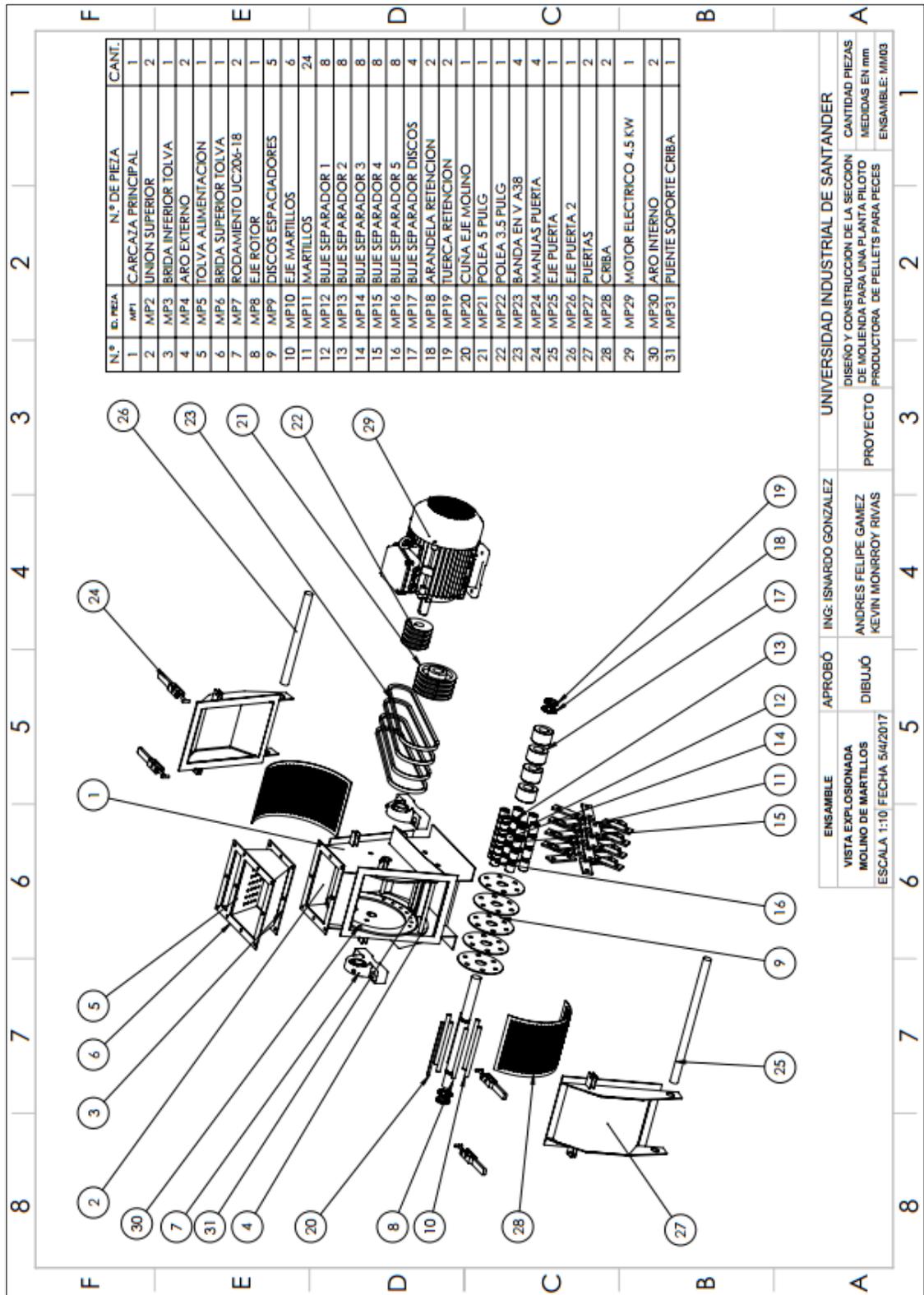
ENSAMBLE VISTA EXPLOSIONADA PLANTA GENERAL ESCALA: 1:70 FECHA 5/4/2017	APROBÓ ING: ISMARTO GONZALEZ	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
DIBUJÓ ANDRES FELIPE GAMEZ KEVIN MONSROY RIVAS	PROYECTO DE MOLENADA PARA UNA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	CANTIDAD PIEZAS: MEDIDAS EN mm PLANO: EGG03

## ANEXO E. PLANOS DEL MOLINO DE MARTILLOS.





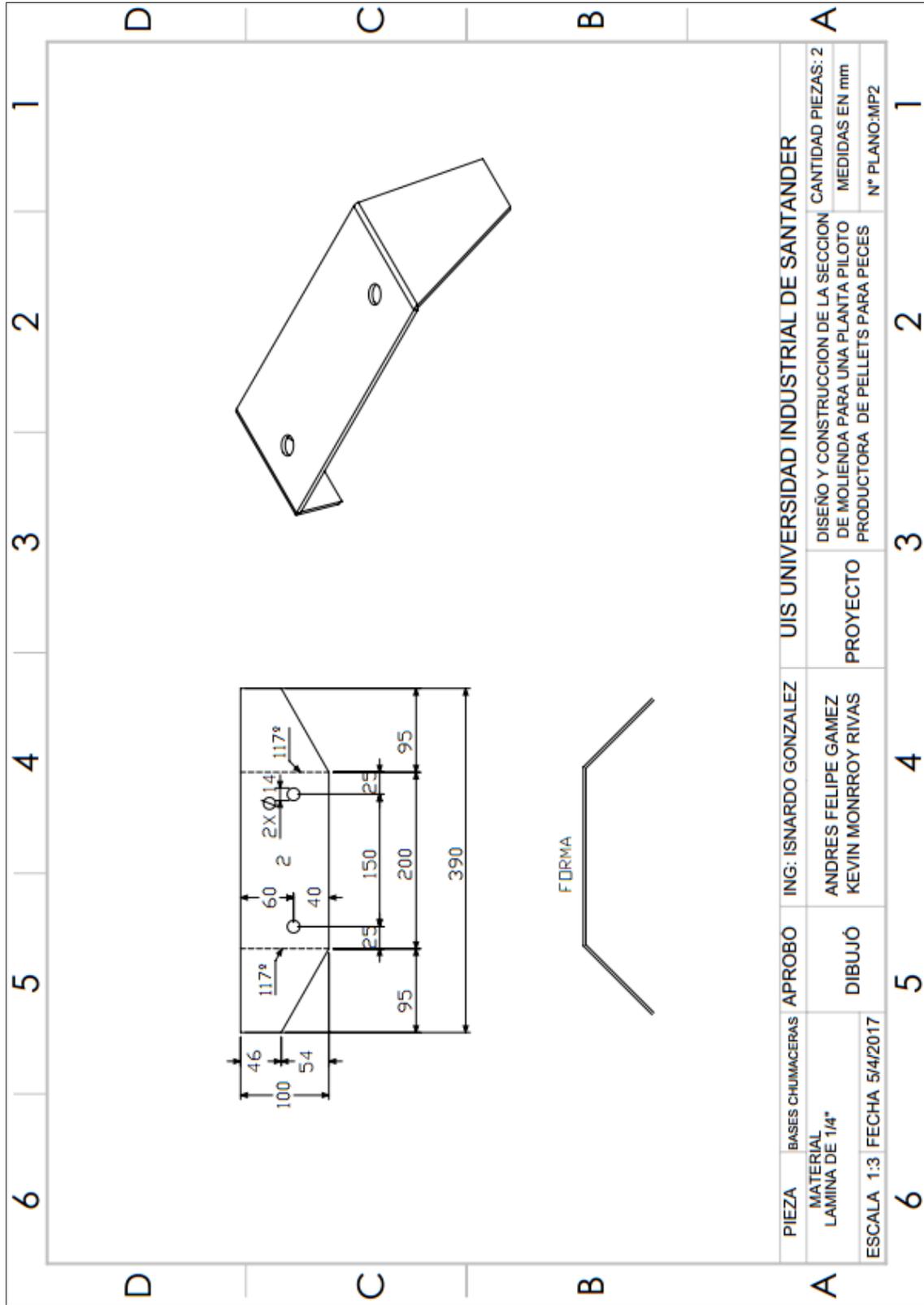
ENSAMBLE	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CANTIDAD PIEZAS
VISTAS DEL	DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION	DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO	MEDIDAS EN mm
MOLINO DE MARTILLOS	DIBUJÓ	KEVIN MONRROY RIVAS	PROYECTO	PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	PLANO: MM02
ESCALA: 1:20	FECHA 5/4/2017				

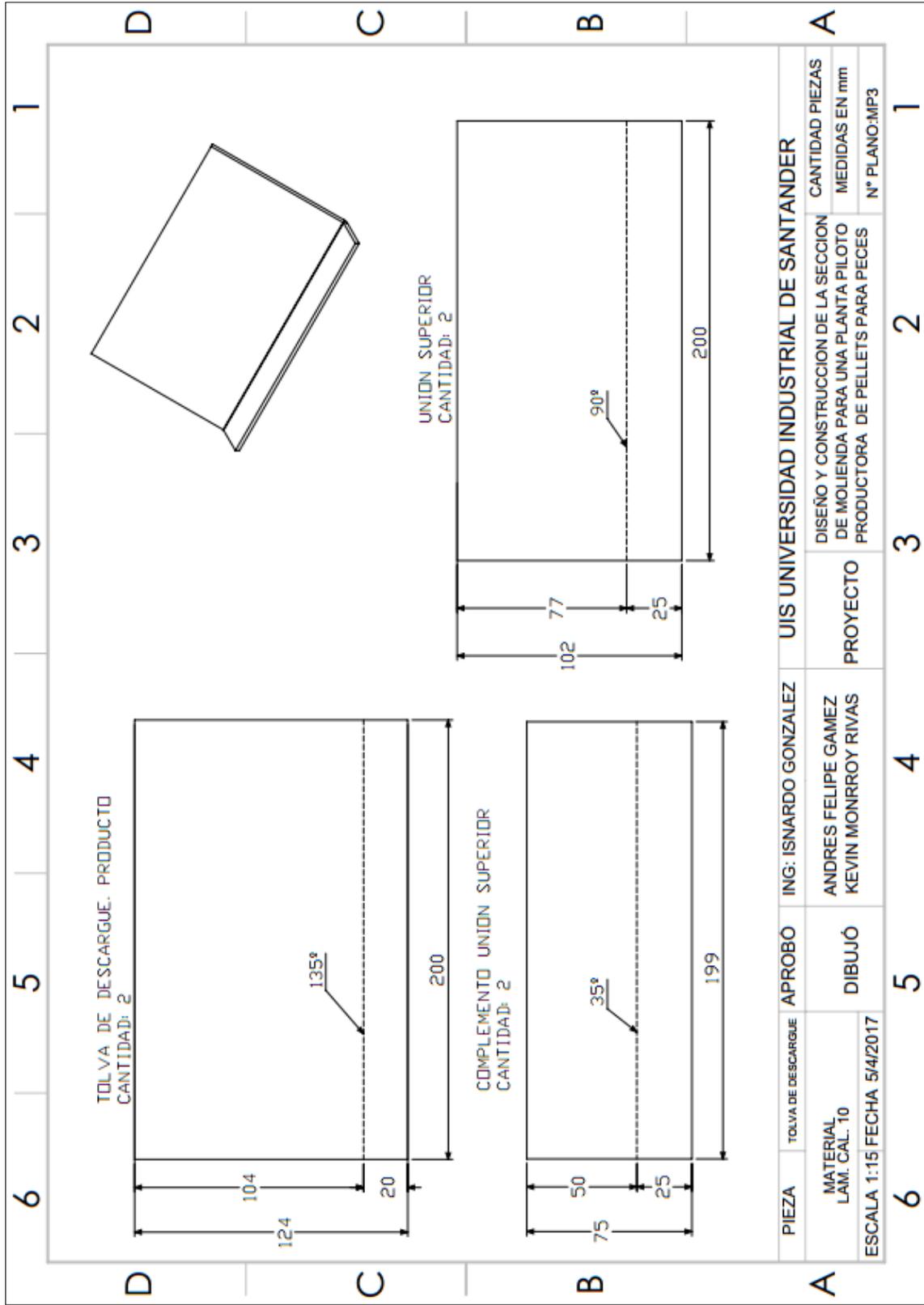


N.º	ID. PIEZA	N.º DE PIEZA	CANT.
1	MP1	CARCAZA PRINCIPAL	1
2	MP2	UNION SUPERIOR	2
3	MP3	BRIDA INFERIOR TOLVA	1
4	MP4	ARO EXTERNO	2
5	MP5	TOLVA ALIMENTACION	1
6	MP6	BRIDA SUPERIOR TOLVA	1
7	MP7	RODAMIENTO UC-206-18	2
8	MP8	EJE ROTOR	1
9	MP9	DISCOS ESPACIADORES	5
10	MP10	EJE MARTILLOS	6
11	MP11	MARTILLOS	24
12	MP12	BUJE SEPARADOR 1	8
13	MP13	BUJE SEPARADOR 2	8
14	MP14	BUJE SEPARADOR 3	8
15	MP15	BUJE SEPARADOR 4	8
16	MP16	BUJE SEPARADOR 5	8
17	MP17	BUJE SEPARADOR DISCOS	4
18	MP18	ARANDELA RETENCION	2
19	MP19	TUERCA RETENCION	2
20	MP20	CUNA EJE MOLINO	1
21	MP21	POLEA 5 PULG	1
22	MP22	POLEA 3.5 PULG	1
23	MP23	BANDA EN V A38	4
24	MP24	MANIJAS PUERTA	4
25	MP25	EJE PUERTA	1
26	MP26	EJE PUERTA 2	1
27	MP27	FUERTAS	2
28	MP28	CRIBA	2
29	MP29	MOTOR ELECTRICO 4.5 KW	1
30	MP30	ARO INTERNO	2
31	MP31	PUENTE SOPORTE CRIBA	1

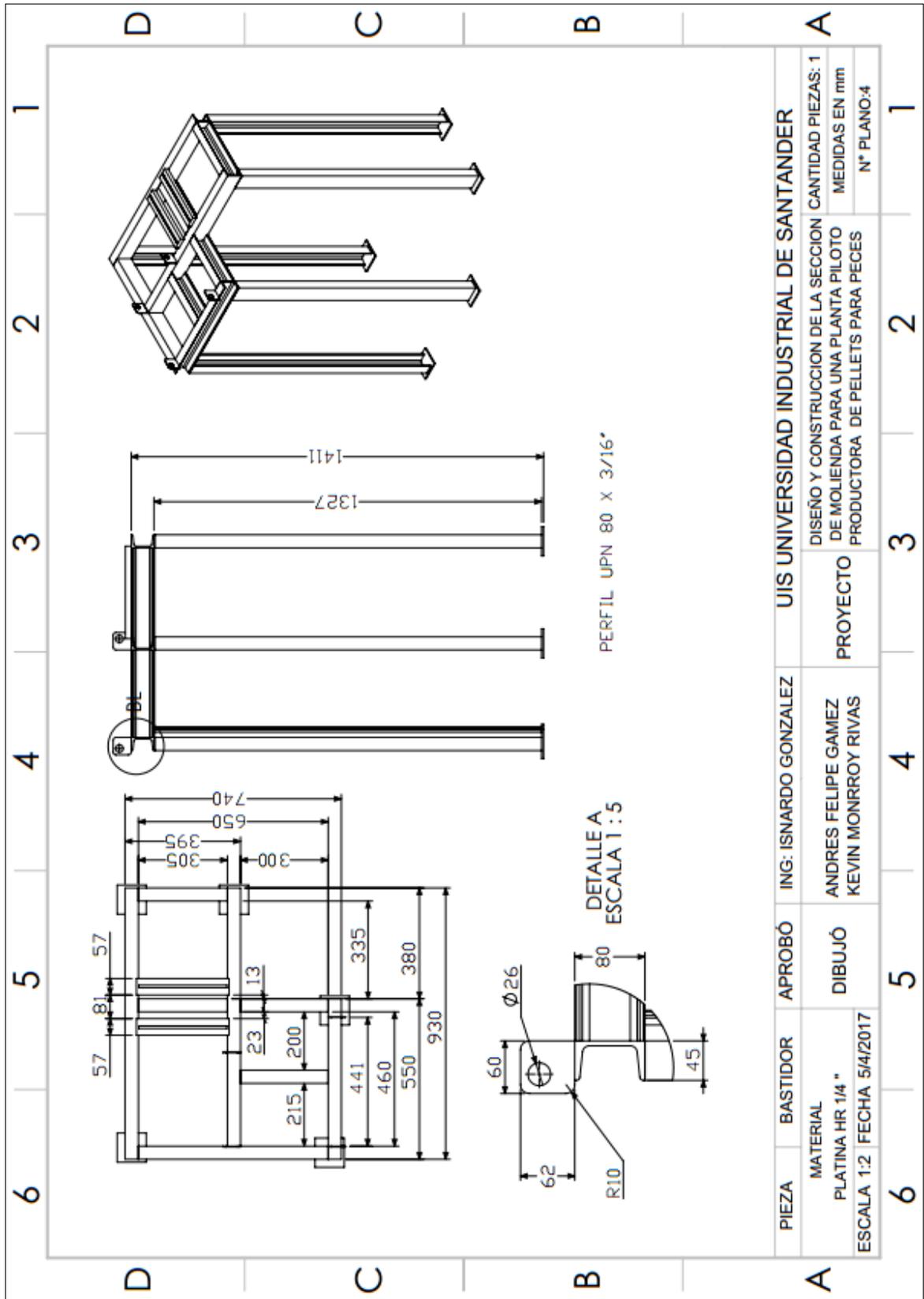
ENSAMBLE	APROBO	ING: ISVARDO GONZALEZ	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
VISTA EXPLOSIONADA	DIBUJO	ANDRES FELIPE GAMEZ KEVIN MONROY RIVAS	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO
MOLINO DE MARTILLOS	PROYECTO	PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	CANTIDAD PIEZAS MEDIDAS EN mm
ESCALA 1:10 FECHA 5/4/2017			ENSAMBLE: MM03







PIEZA	TOLVA DE DESCARGUE	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	CANTIDAD PIEZAS
MATERIAL	LAM. CAL. 10	DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ KEVIN MONRROY RIVAS	PROYECTO	DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO
ESCALA	1:15	FECHA	5/4/2017	PRODUCTORA	DE PELLETS PARA PECES
6	5	4	3	2	1

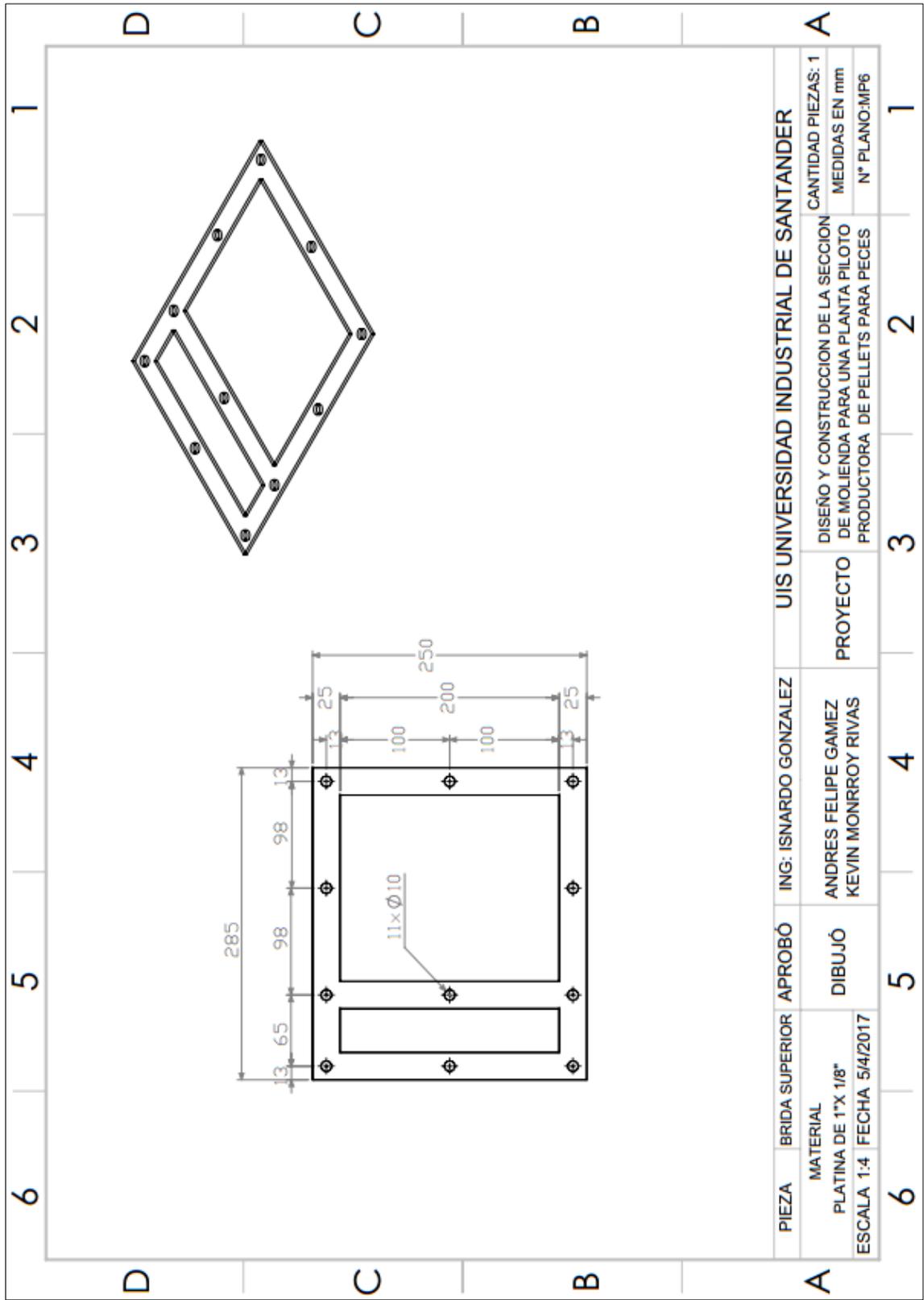


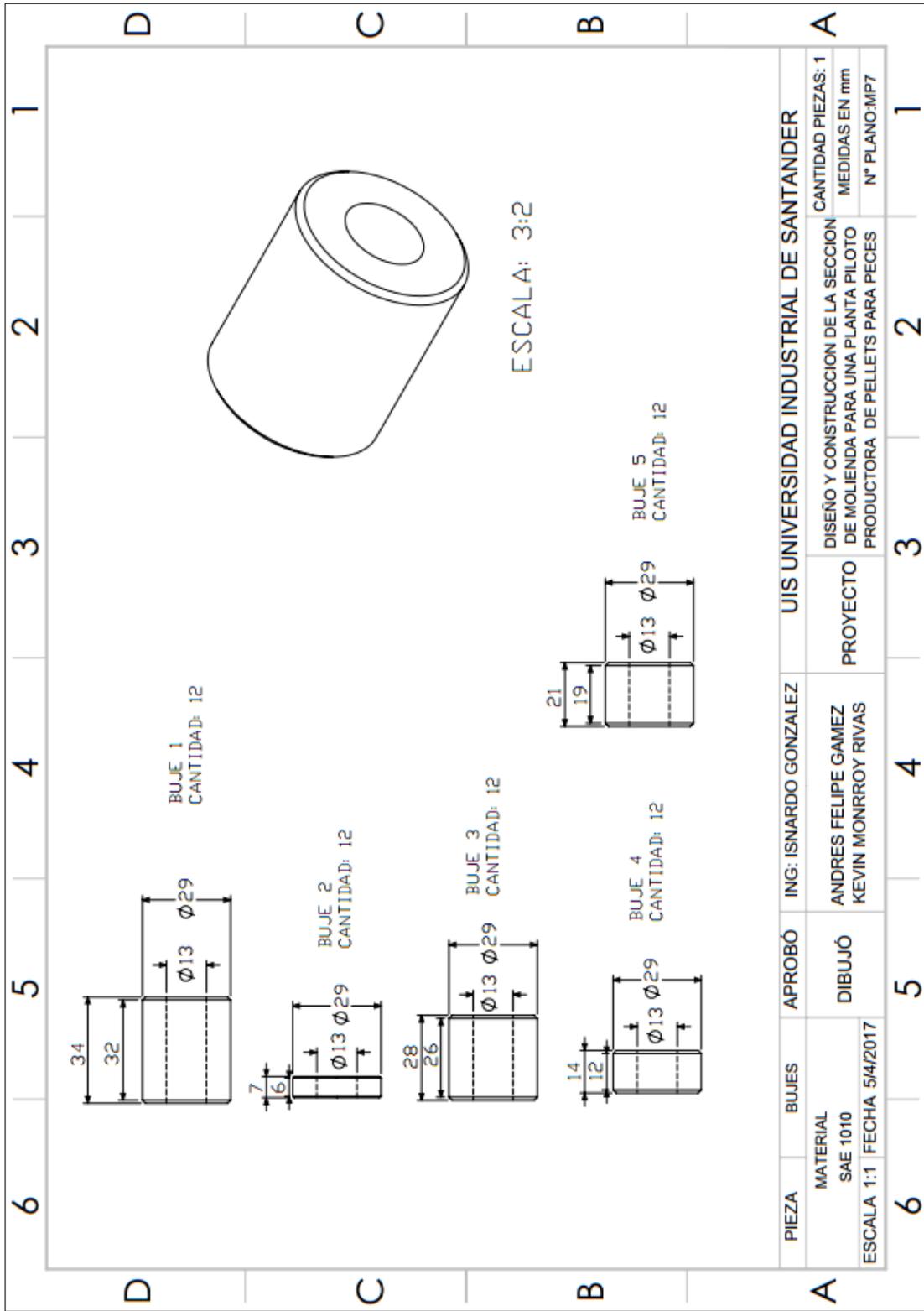
PIEZA	BASTIDOR	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	PROYECTO	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	CANTIDAD PIEZAS: 1
MATERIAL PLATINA HR 1/4 *	DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ KEVIN MONROY RIVAS					MEDIDAS EN mm
ESCALA 1:2	FECHA 5/4/2017						N° PLANO:4

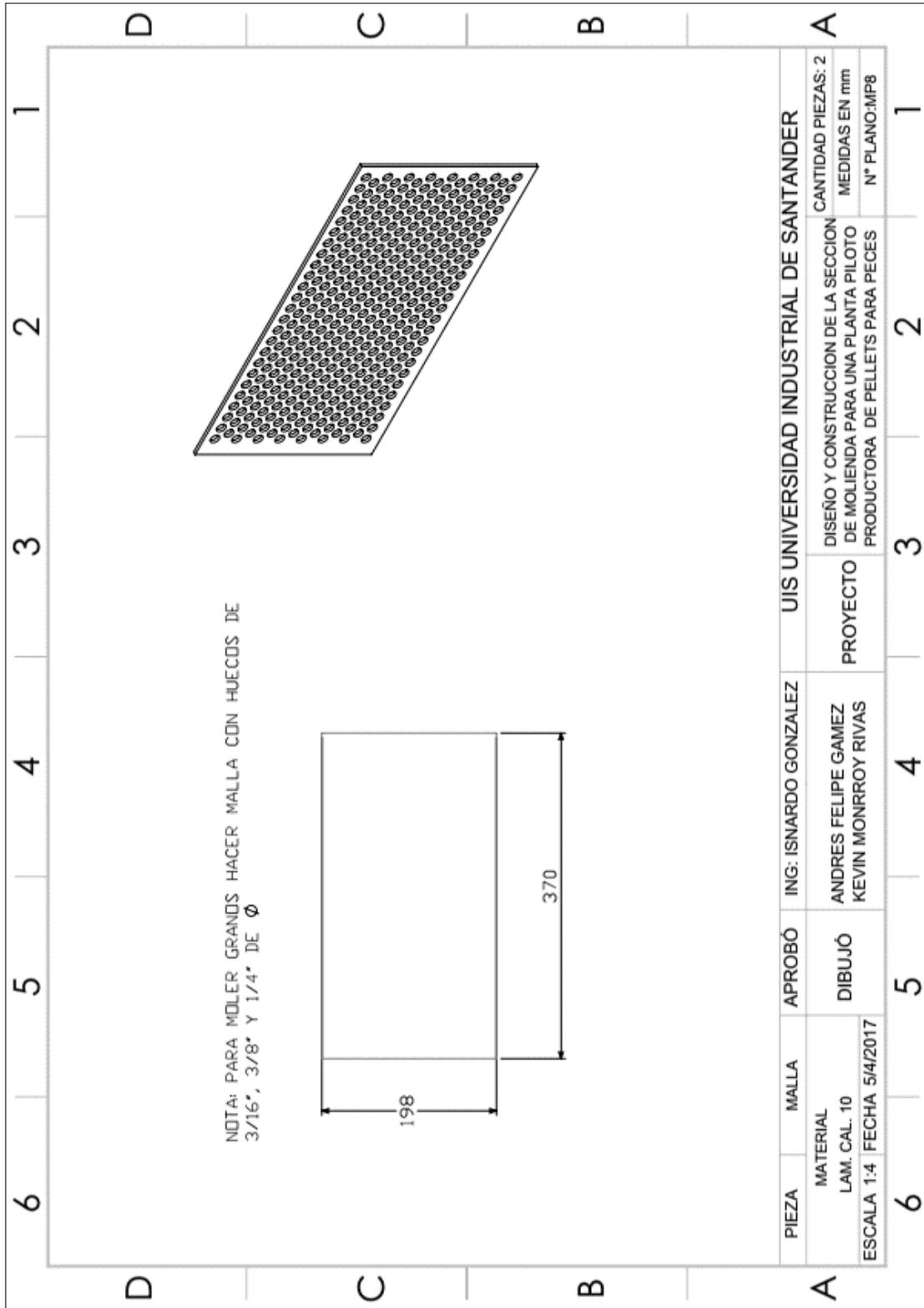
6 5 4 3 2 1

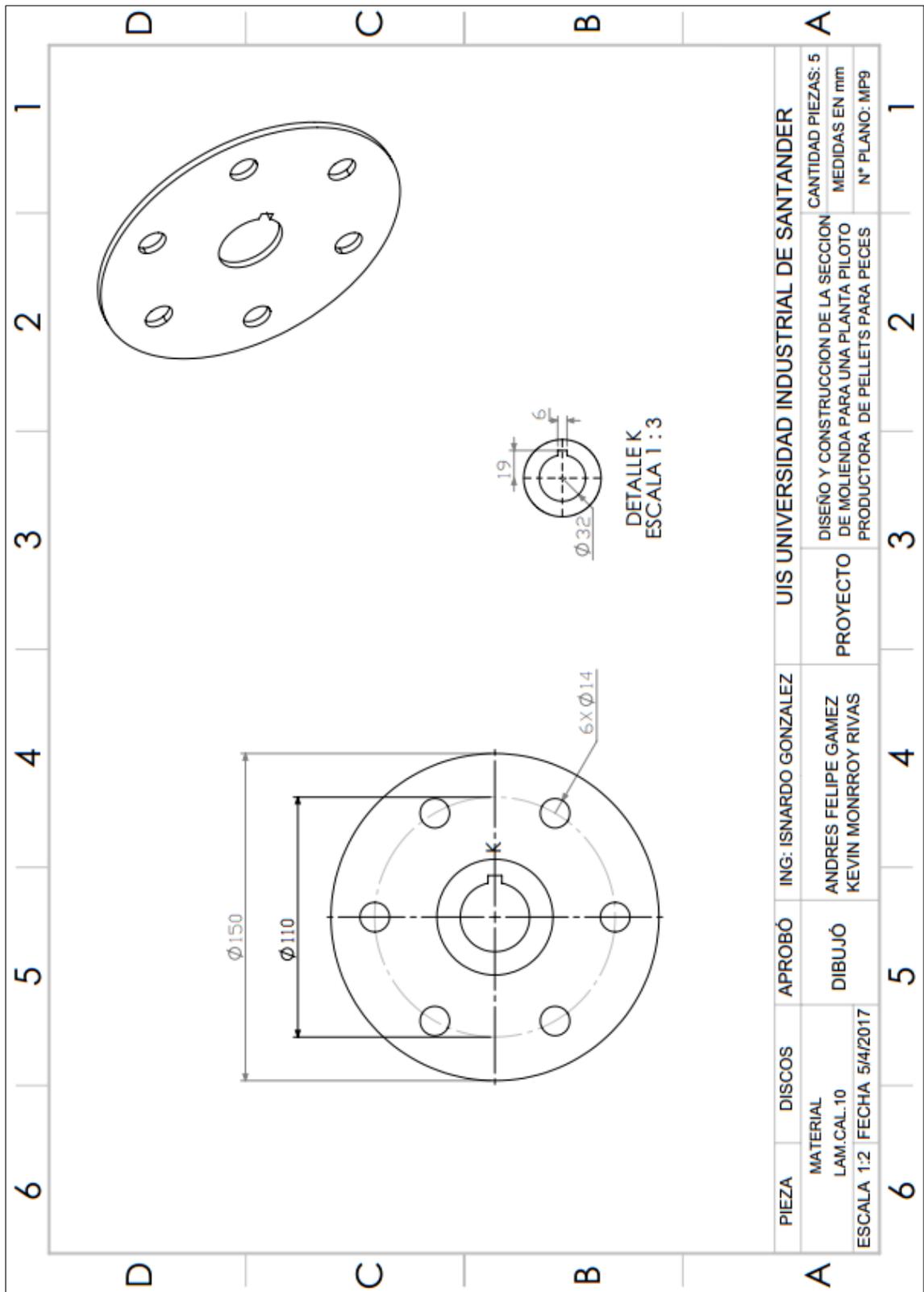
6 5 4 3 2 1





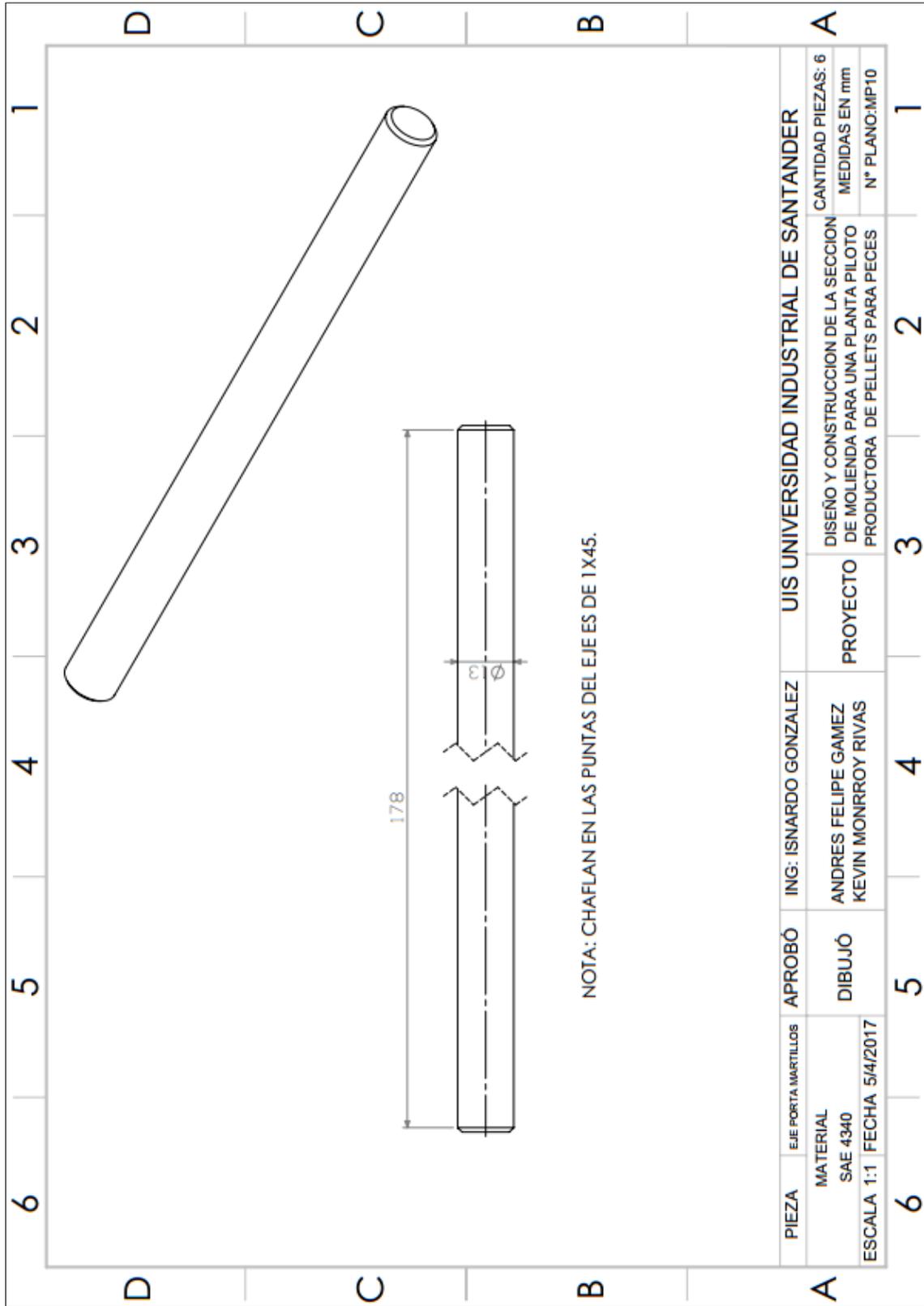


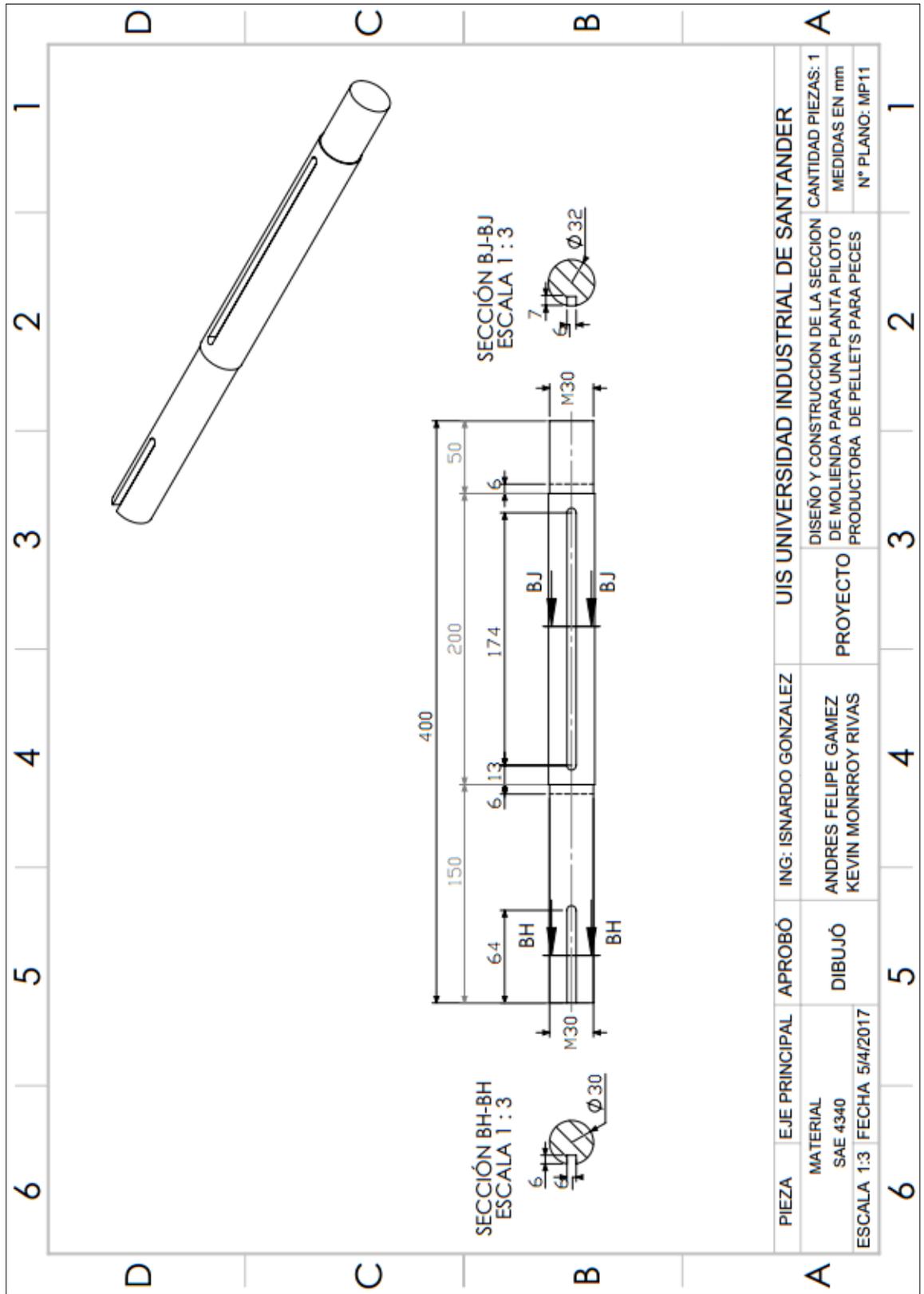




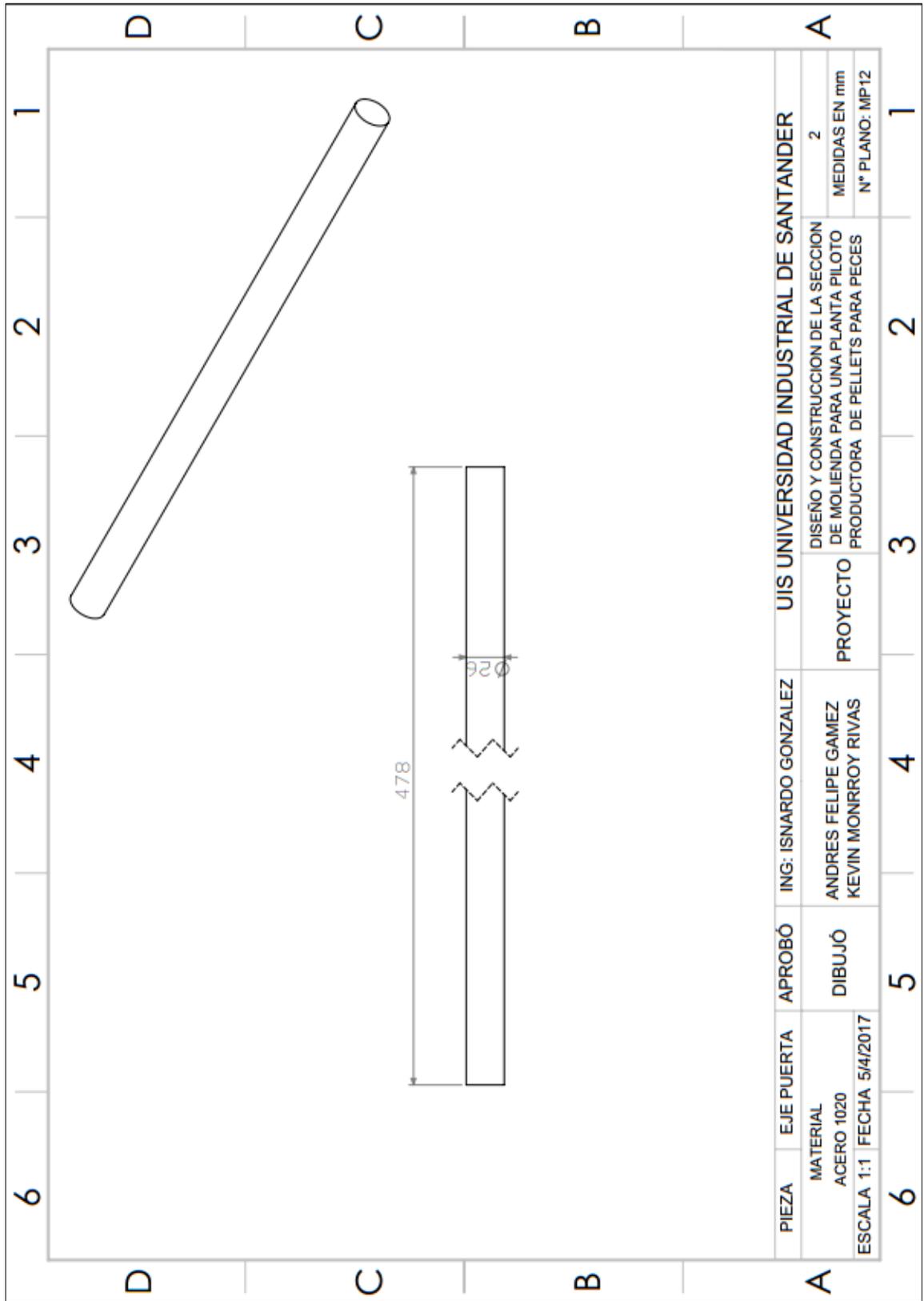
PIEZA	DISCOS	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	PROYECTO	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	CANTIDAD PIEZAS: 5
MATERIAL	LAM.CAL.10	DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ KEVIN MONRROY RIVAS	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES		MEDIDAS EN mm
ESCALA 1:2	FECHA 5/4/2017					N° PLANO: MP9

6 5 4 3 2 1 A B C D 6 5 4 3 2 1

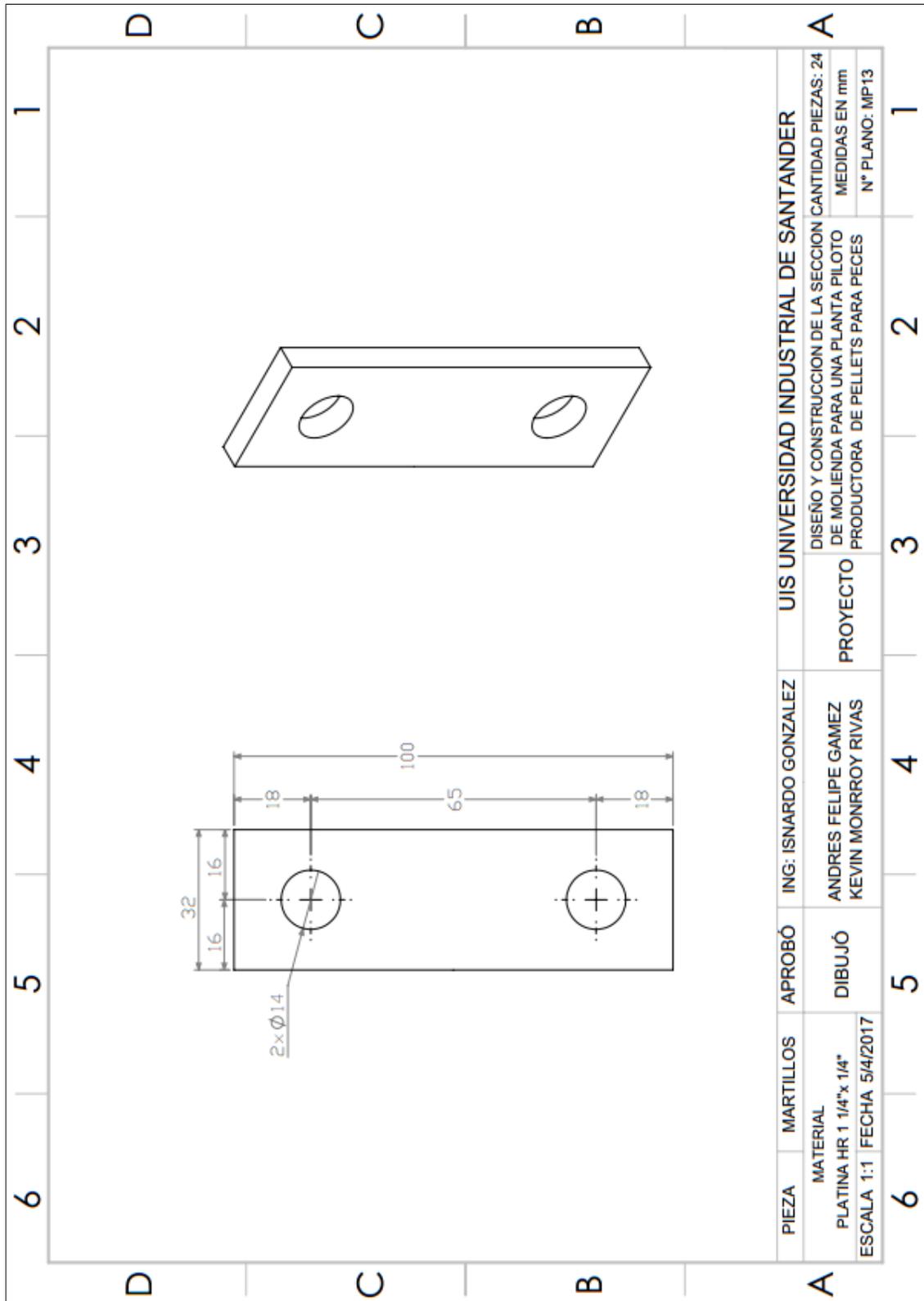




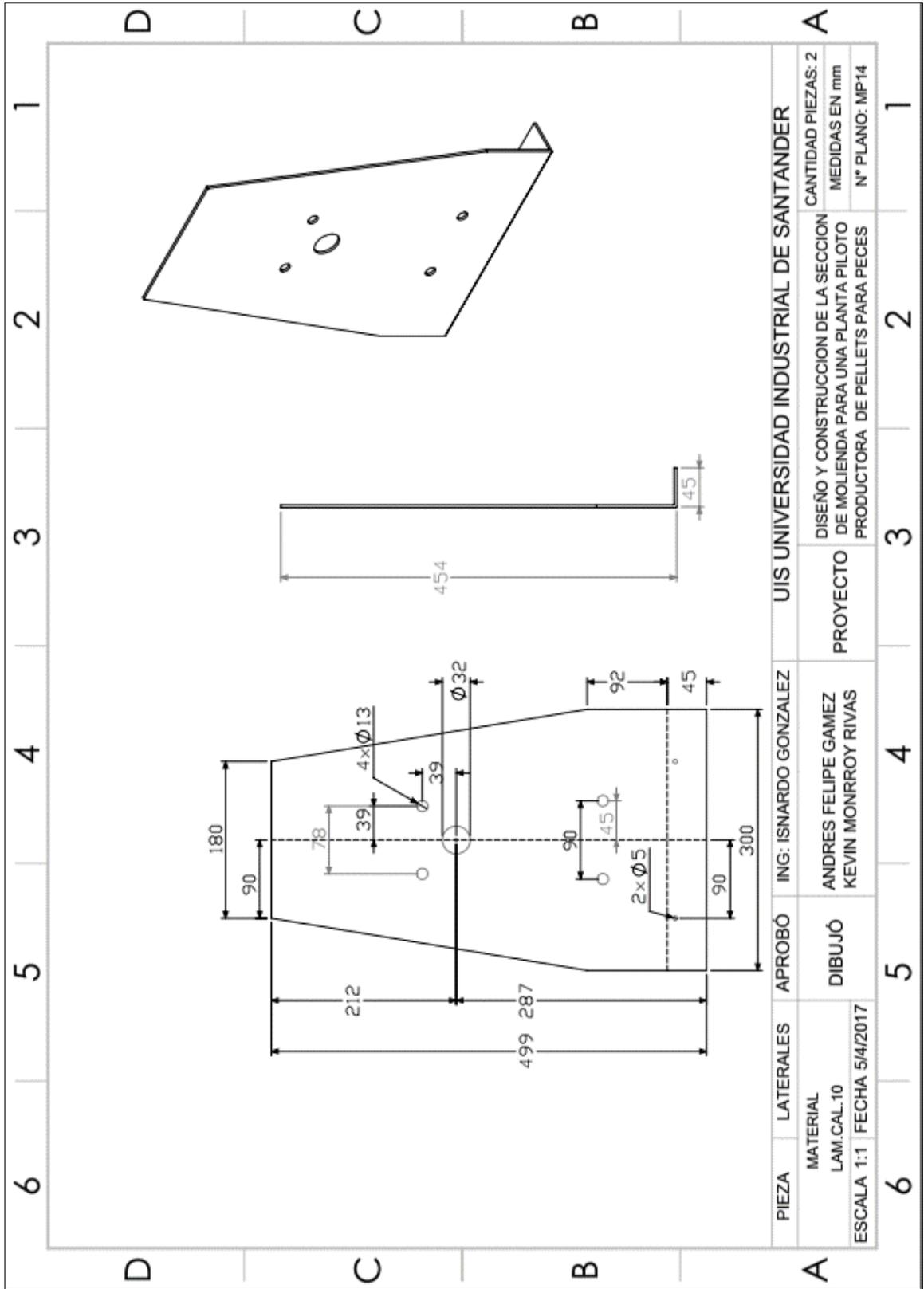
PIEZA	EJE PRINCIPAL	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	PROYECTO	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	CANTIDAD PIEZAS: 1
MATERIAL SAE 4340	DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ KEVIN MONRROY RIVAS					MEDIDAS EN mm
ESCALA 1:3	FECHA 5/4/2017						N° PLANO: MP11

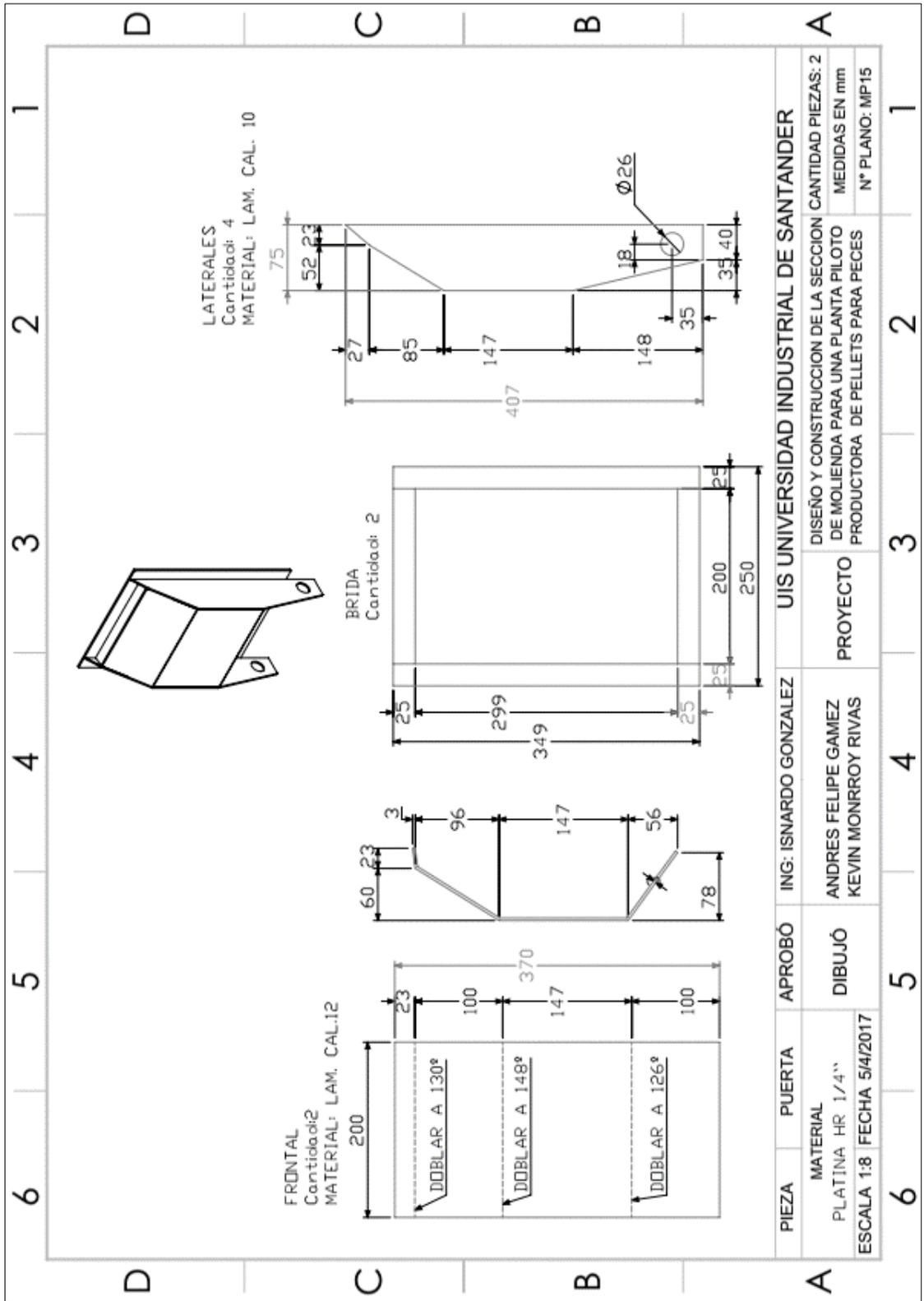


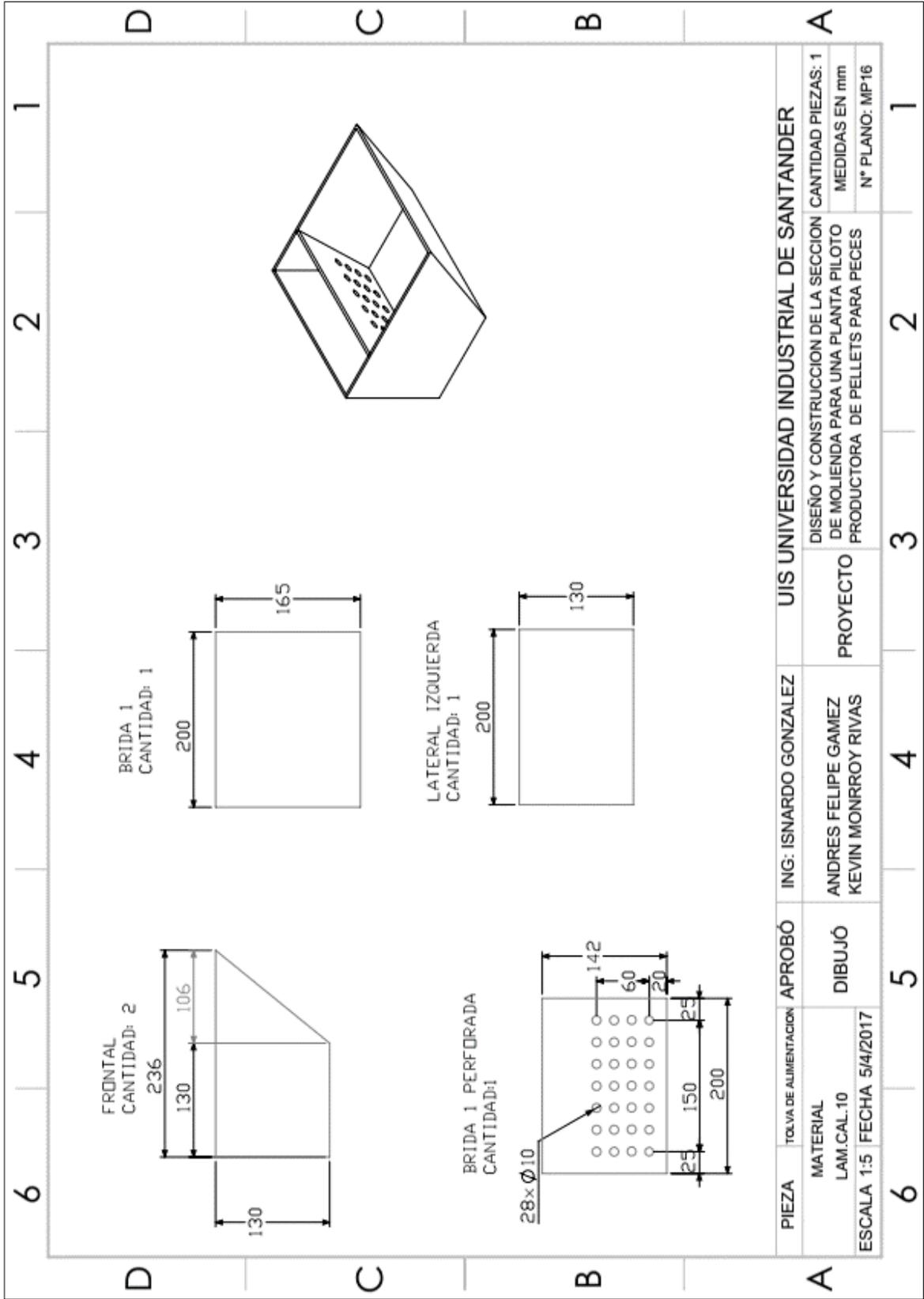
PIEZA	EJE PUERTA	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
MATERIAL		DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION		
ACERO 1020			KEVIN MONRROY RIVAS	DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO		
ESCALA 1:1	FECHA 5/4/2017			PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES		
6	5	4	3	2	1	



PIEZA	MARTILLOS	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
MATERIAL		DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ	PROYECTO	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION CANTIDAD PIEZAS: 24
PLATINA HR 1 1/4"x 1/4"			KEVIN MONRROY RIVAS	DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO	MEDIDAS EN mm
ESCALA 1:1	FECHA 5/4/2017			PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	N° PLANO: MP-13

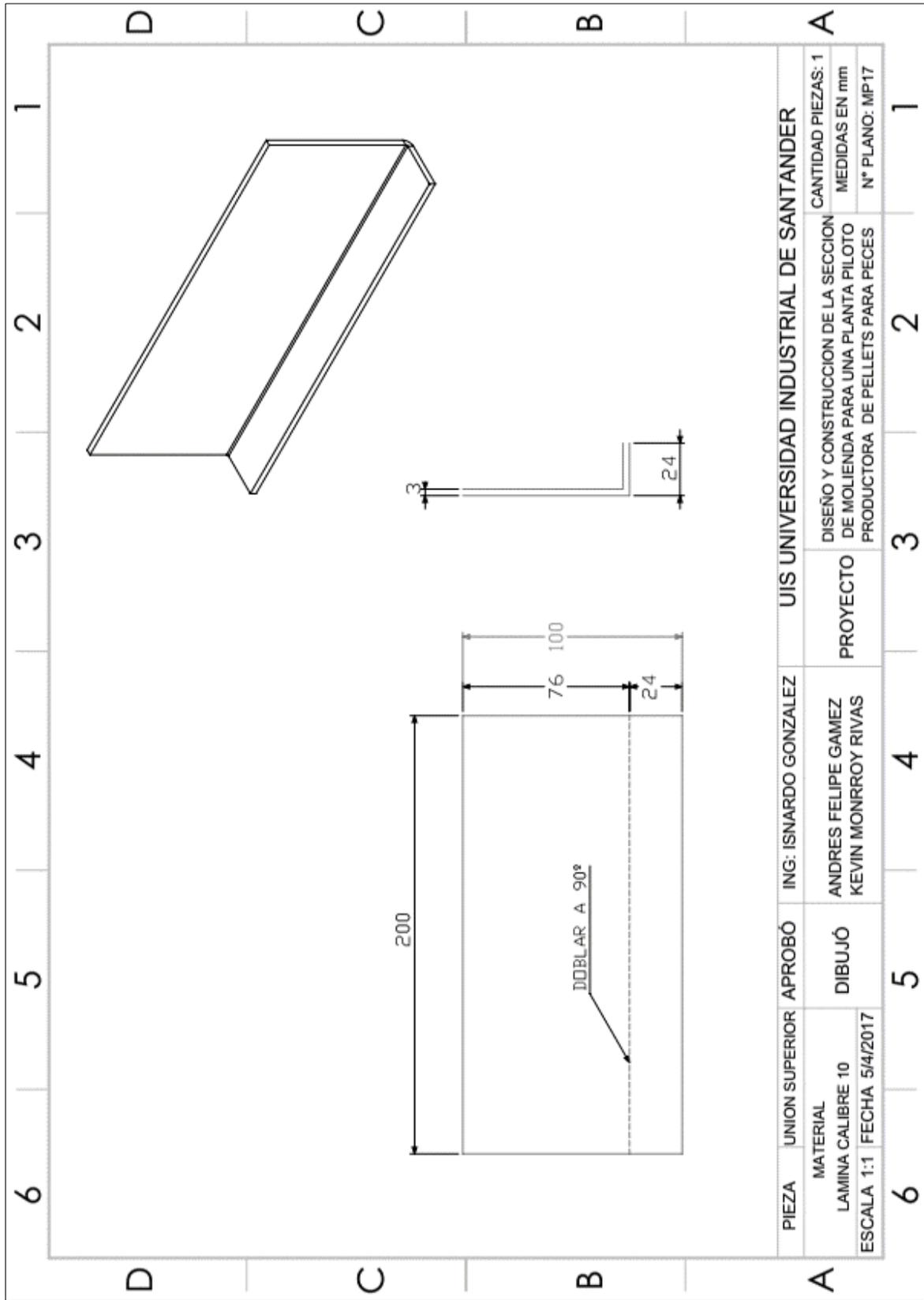






PIEZA	TOLVA DE ALIMENTACION	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
MATERIAL	LAM.CAL.10	DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ KEVIN MONRROY RIVAS	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO
ESCALA 1:5	FECHA 5/4/2017			PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES
				CANTIDAD PIEZAS: 1 MEDIDAS EN mm N° PLANO: MP16

6 5 4 3 2 1



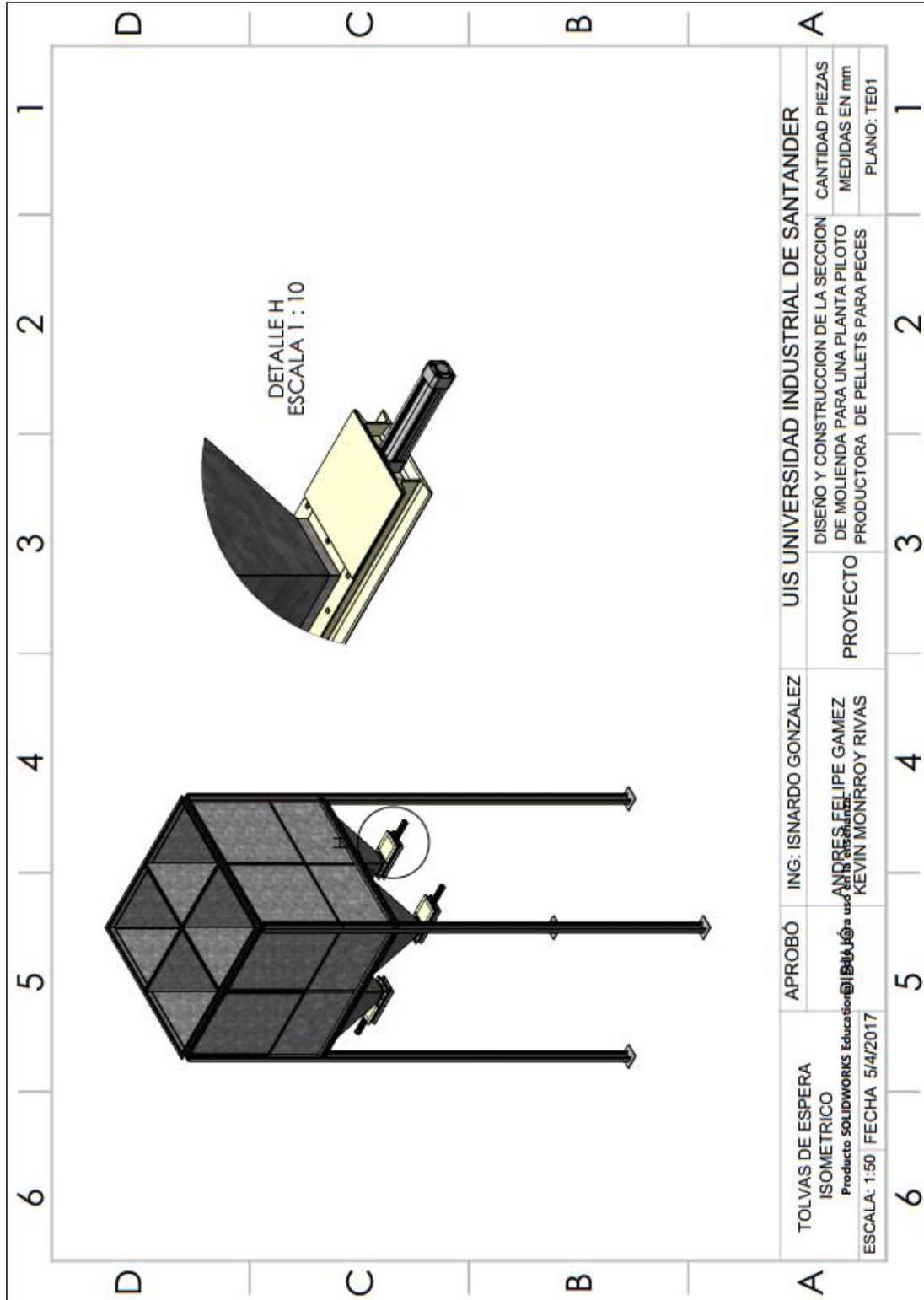
PIEZA	UNION SUPERIOR	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
MATERIAL	LAMINA CALIBRE 10	DIBUJÓ	ANDRES FELIPE GAMEZ KEVIN MONRROY RIVAS	PROYECTO	DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	CANTIDAD PIEZAS: 1 MEDIDAS EN mm N° PLANO: MP17
ESCALA 1:1	FECHA 5/4/2017					

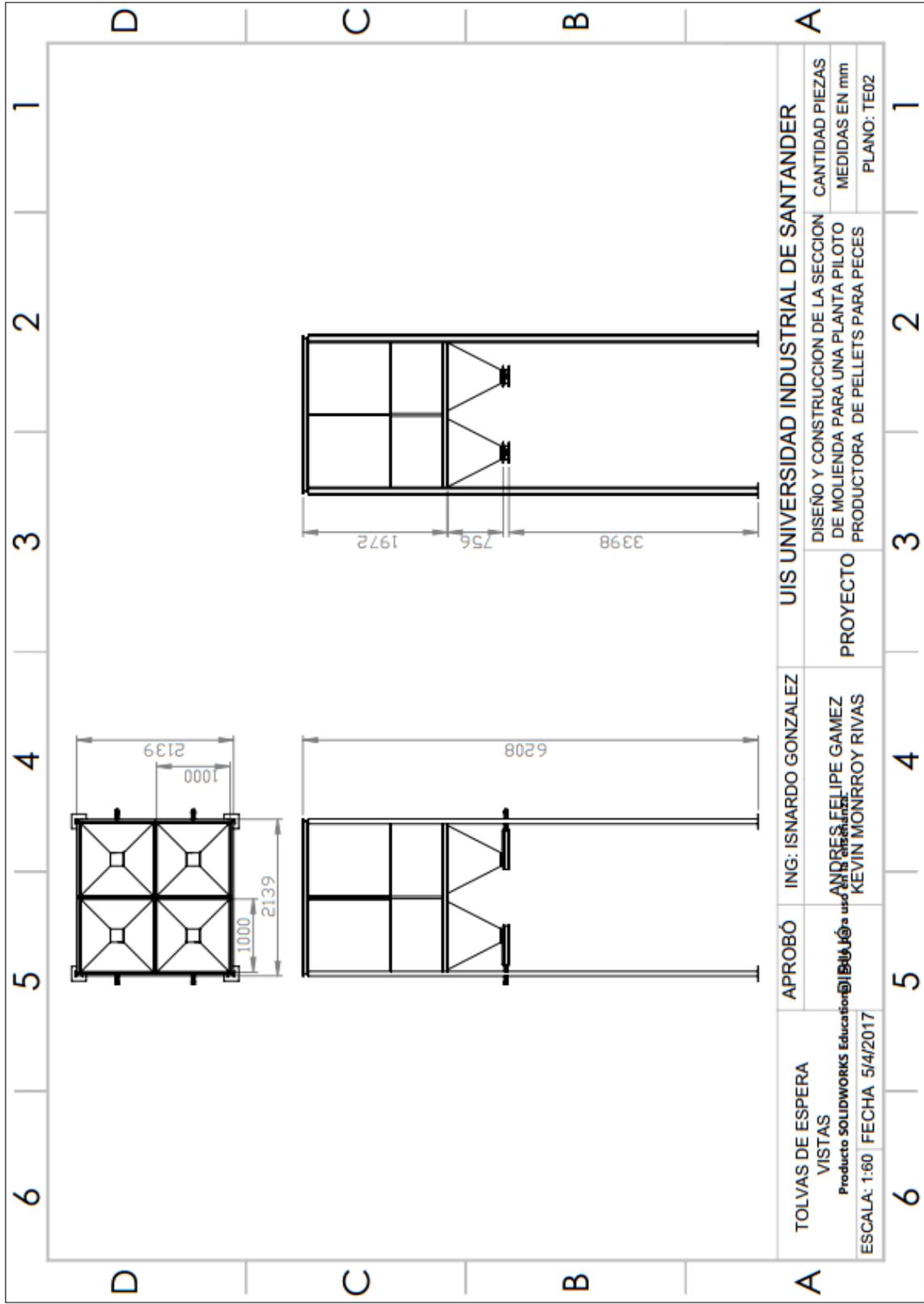
6 5 4 3 2 1

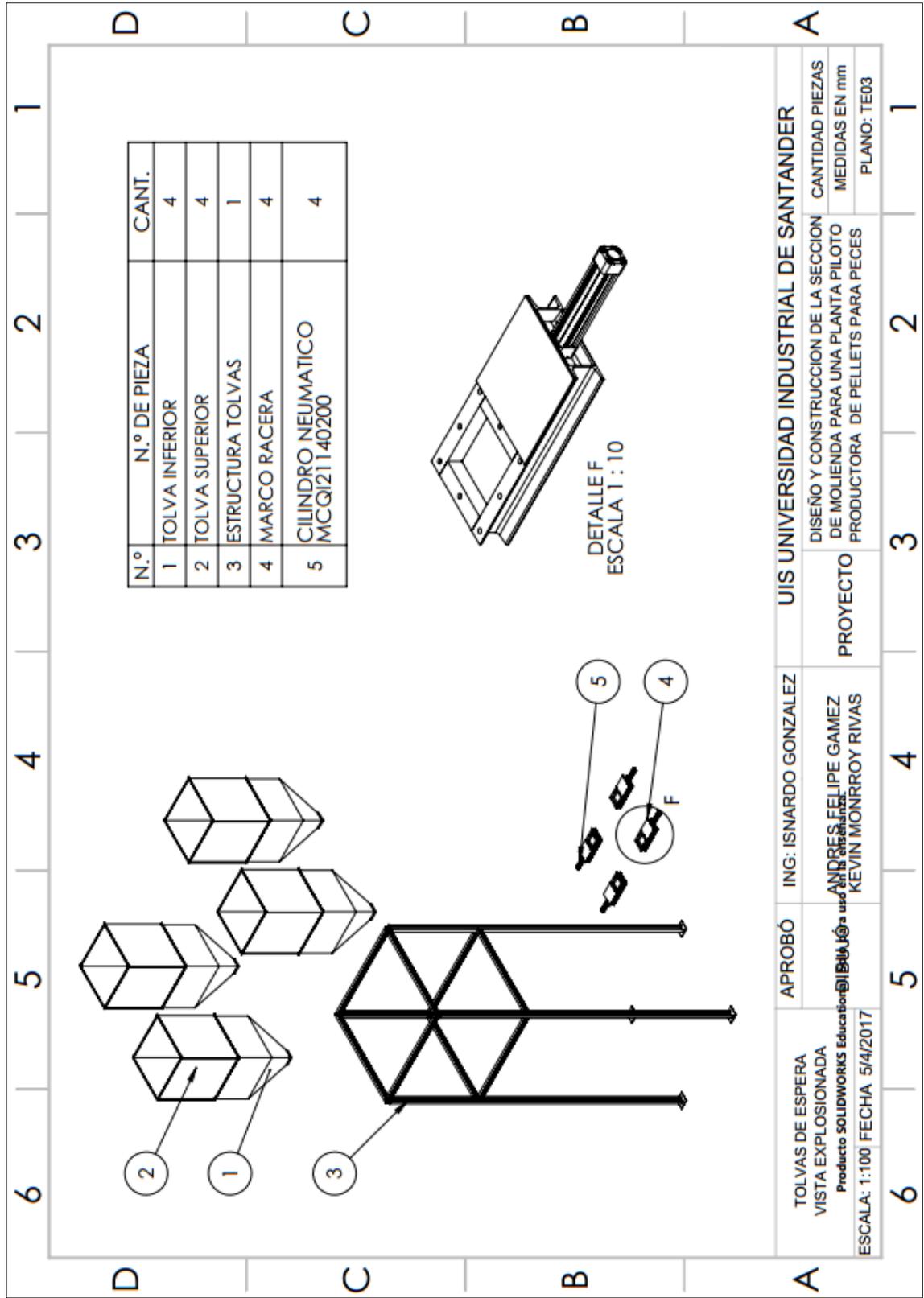
A B C D

6 5 4 3 2 1

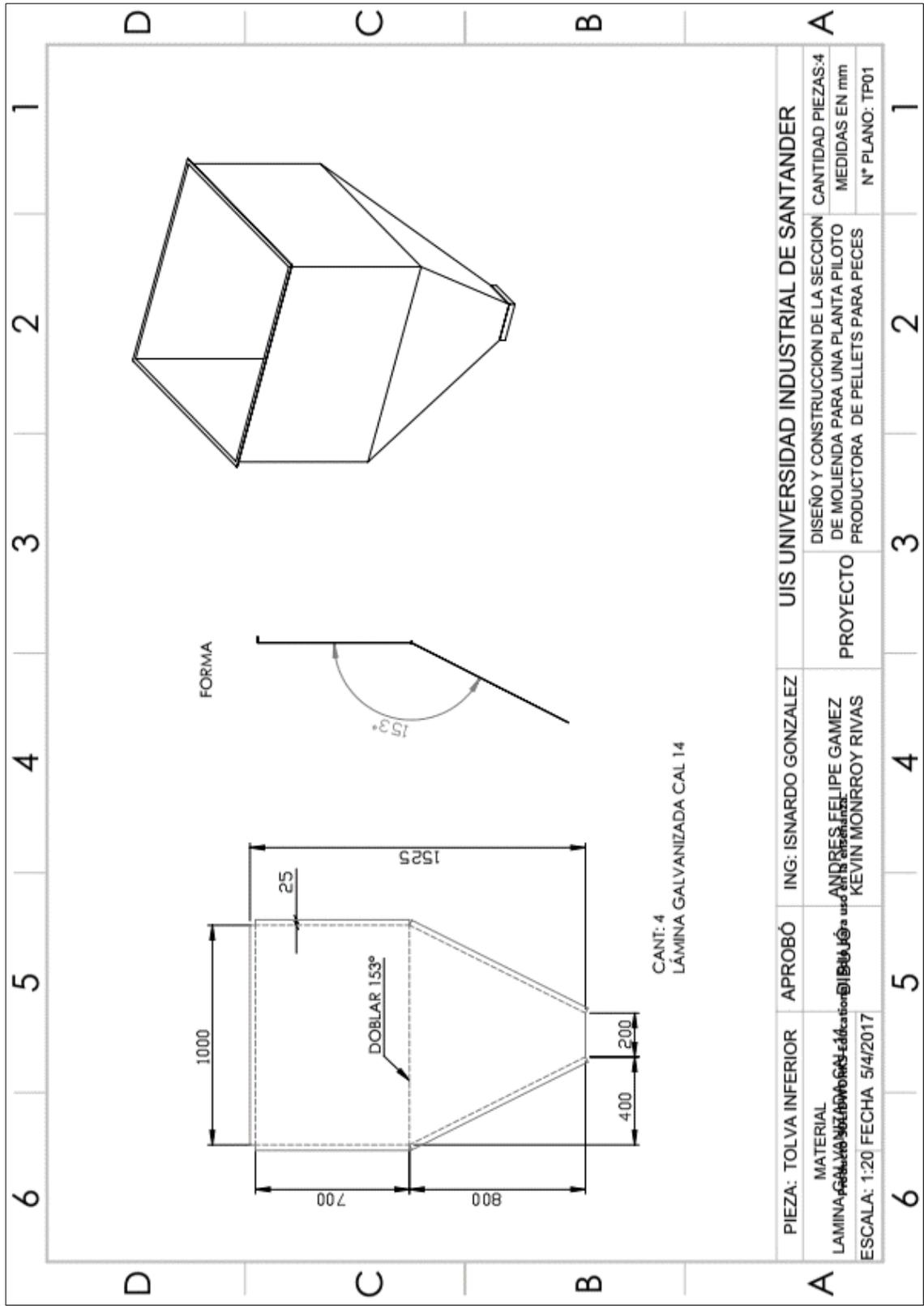
## ANEXO F. PLANOS DE LAS TOLVAS DE ESPERA



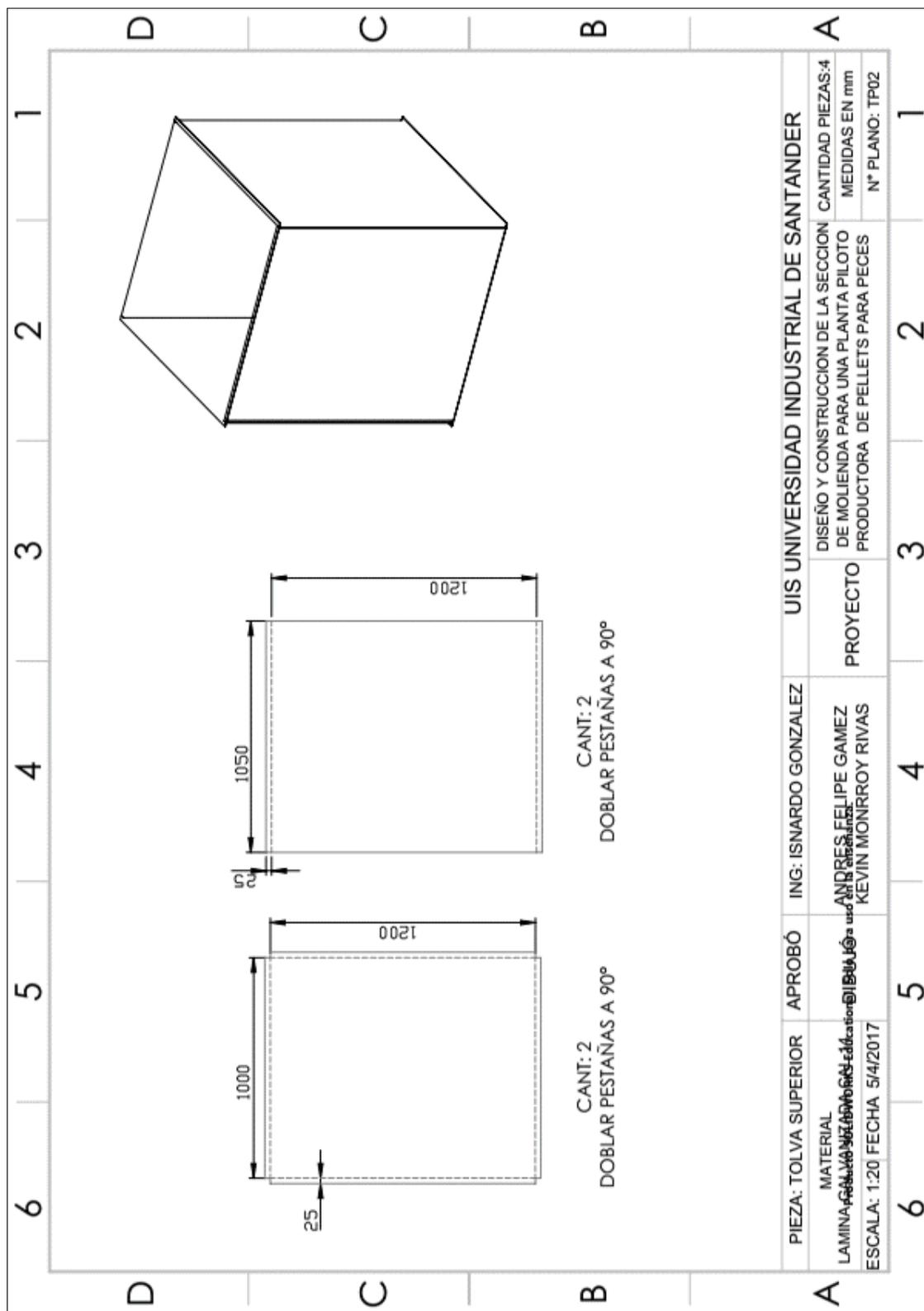




TOLVAS DE ESPERA VISTA EXPLOSIONADA Producto SOLIDWORKS Education		APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
Escuela de Ingeniería de Alimentos		ANDRÉS FELIPE GAMEZ KEVIN MONRROY RIVAS		DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	
ESCALA: 1:100 FECHA 5/4/2017				CANTIDAD PIEZAS MEDIDAS EN mm PLANO: TE03	
6	5	4	3	2	1



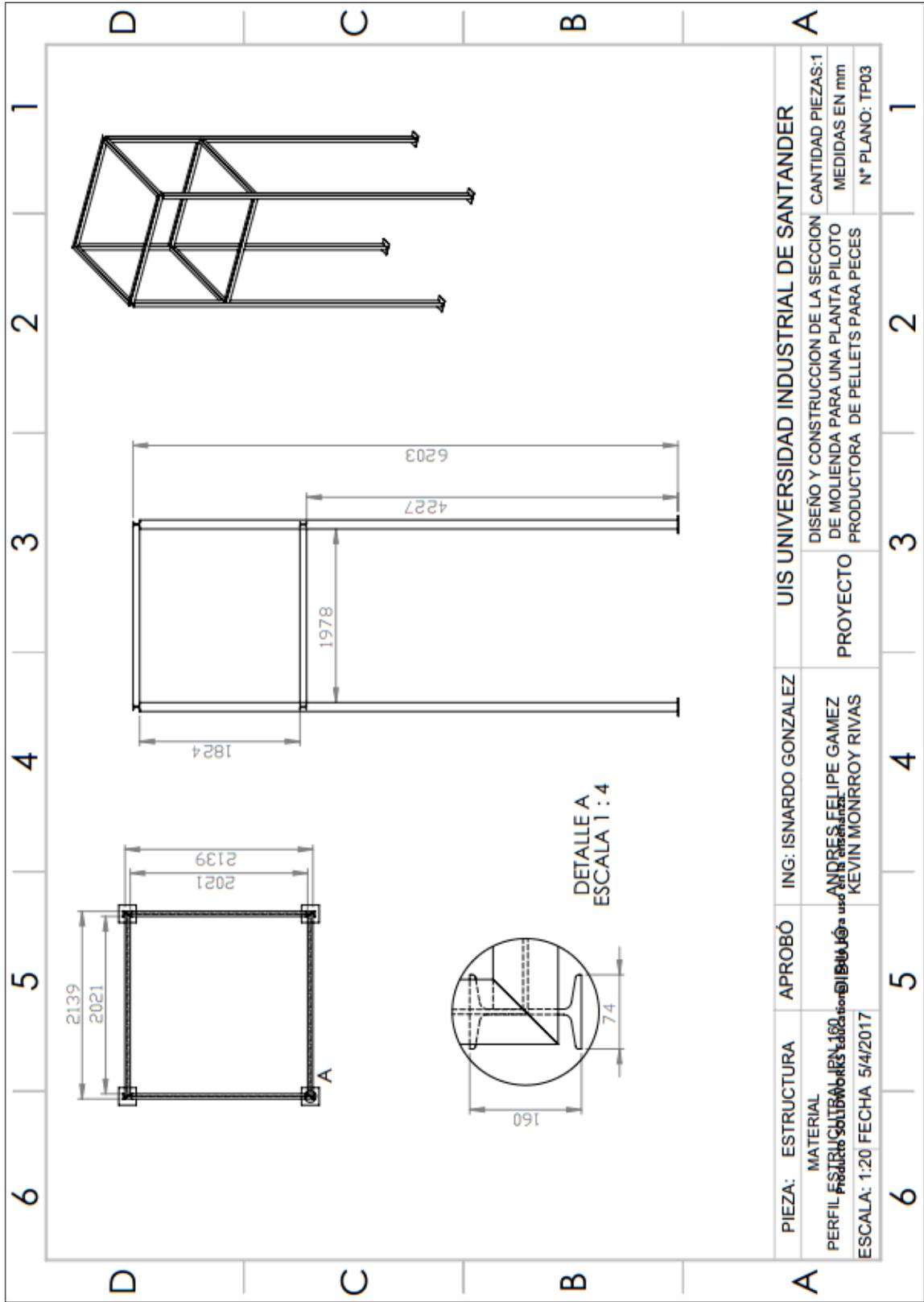
PIEZA: TOLVA INFERIOR	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
MATERIAL			DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION	CANTIDAD PIEZAS:4
LAMINA GALVANIZADA CAL 14	ANDRES FELIPE GAMEZ		DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO	MEDIDAS EN mm
ESCALA: 1:20	KEVIN MONROY RIVAS		PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	N° PLANO: TP01
FECHA: 5/4/2017				



CANT: 2  
DOBLAR PESTAÑAS A 90°

CANT: 2  
DOBLAR PESTAÑAS A 90°

PIEZA: TOLVA SUPERIOR	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
MATERIAL			DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION	CANTIDAD PIEZAS:4	
LAMINA GALVALUM 1575x1050x0.6	ANDRES FELIPE GAMEZ	KEVIN MONRROY RIVAS	DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO	MEDIDAS EN mm	
ESCALA: 1:20	FECHA 5/4/2017		PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	N° PLANO: TP02	

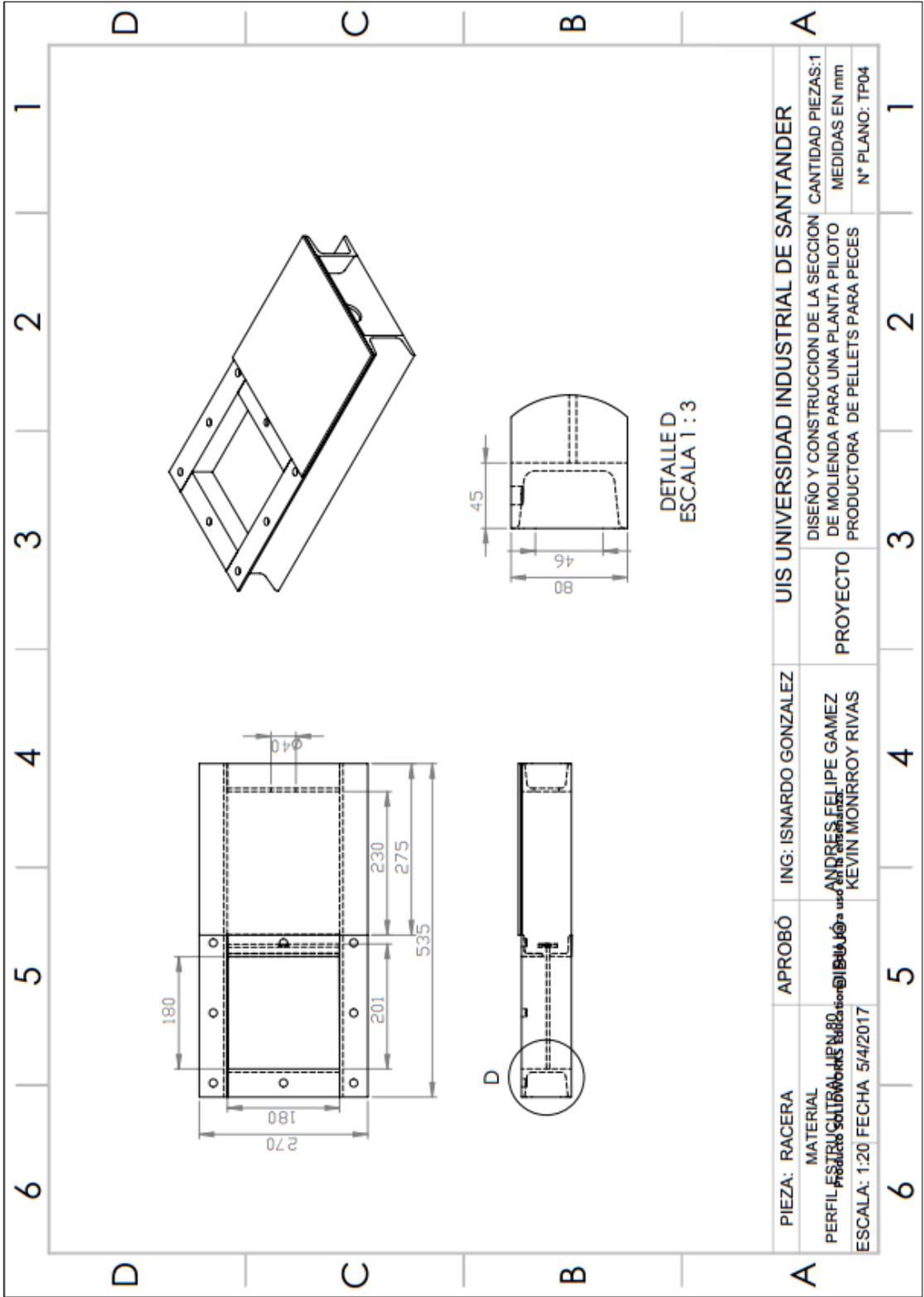


PIEZA: ESTRUCTURA MATERIAL PERFIL 60x60x160	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	CANTIDAD PIEZAS:1 MEDIDAS EN mm
ESCALA: 1:20 FECHA 5/4/2017	ANDES FELIPE GAMEZ KEVIN MONRROY RIVAS				N° PLANO: TP03

6 5 4 3 2 1

D C B A

6 5 4 3 2 1



PIEZA: RACERA	APROBÓ	ING: ISNARDO GONZALEZ	UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
MATERIAL			DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA SECCION	CANTIDAD PIEZAS:1
PERFIL ESTRUCTURAL			DE MOLIENDA PARA UNA PLANTA PILOTO	MEDIDAS EN mm
ESCALA: 1:20	FECHA: 5/4/2017		PRODUCTORA DE PELLETS PARA PECES	N° PLANO: TP04

## ANEXO G. CALCULO DE ANCHO MINIMO DEL MARTILLO

<b>CALCULO DE ANCHO MINIMO DEL MARTILLO</b>			
$A_{\text{trav}} = \frac{f_{\text{centr}} \cdot N_n}{2 \cdot (S_{\text{sy}})} \quad A_{\text{trav}} = L_p \cdot t \quad l_b = l_p + 2 \cdot r$			
$C_{\text{mínimo}} = 2 \cdot l_b \quad C_{\text{minimo}} = c$			
ITEM	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Área transversal	$A_{\text{Trans}}$	$\text{m}^2$	$4.1204 \cdot 10^{-5}$
Fuerza centrífuga	$F_c$	N	2839
Resistencia de fluencia al corte	$S_{\text{sy}}$	Mpa	150.1
Factor de seguridad	$N_n$	No aplica	4.357
Distancia desde el borde superior hasta el hueco del martillo	$L_p$	m	$1.287 \cdot 10^{-3}$
Espesor del martillo	$t$	m	0.032
Ancho mínimo del martillo	$C_{\text{mínimo}}$	m	0.016

## ANEXO H. CATÁLOGO DEL MOTOR PARA EL MOLINO DE MARTILLOS



**THREE-PHASE INDUSTRIAL ELECTRIC MOTORS IEC-STANDARD**  
**MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS USO INDUSTRIAL IEC-ESTÁNDAR**

**EBERLE**  
ELECTRIC MOTORS  
A *Metalcorte* company

IN FALTA DE INFORMACIÓN  
CONTACTAR CON:  
METALCORTE S.A.  
CALLE 100 N. 100  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
TEL: 011 478 2000  
WWW.METALCORTE.COM

Power Potencia (HP)	Frame Carcaza (IEC)	Speed Velocidad (rpm)	Current Intensidad Nominal				Torque Cuplo			Efficiency Rendimiento η%			Power Factor Factor de Potencia cos φ			Service Factor Factor de Servicio	IP Rotor Del Rotor (Kqms)	Weight Peso (Kg)
			220 V		380 V		Cn (Kqms)	Cp/Cn (%)	Cm/Cn (%)	50%	75%	100%	50%	75%	100%			
			In (A)	Ia (A)	In (A)	Ia (A)												

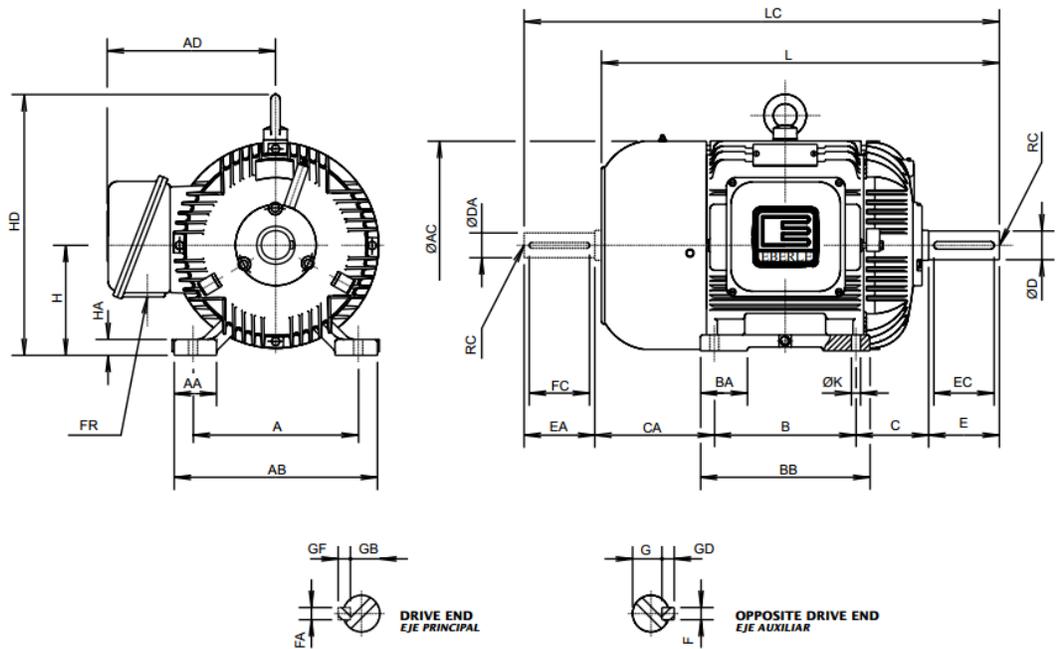
**2 POLES - 60 Hz / 2 POLOS - 60 Hz**

1/6	0,12	56a	3370	0,75	2,9	0,43	1,7	0,036	310	240	44,0	53,0	58,0	0,57	0,67	0,74	1,15	0,0007	3,3
1/4	0,18	56b	3345	1,06	4,5	0,61	2,6	0,053	280	280	45,0	55,0	60,0	0,59	0,69	0,76	1,15	0,0007	3,4
1/3	0,25	63a	3360	1,14	5,3	0,66	3,1	0,07	270	245	62,0	69,0	71,0	0,57	0,71	0,80	1,15	0,0014	4,9
1/2	0,37	63b	3370	1,62	7,7	0,93	4,4	0,106	295	260	68,0	72,5	73,0	0,63	0,75	0,82	1,15	0,0014	4,9
3/4	0,55	71a	3410	2,31	12,2	1,33	7,0	0,16	270	250	64,0	73,0	75,0	0,62	0,75	0,84	1,15	0,0022	9,0
1	0,75	71b	3410	2,96	18,3	1,71	10,6	0,21	280	270	68,0	76,0	77,0	0,66	0,79	0,85	1,15	0,0025	10,0
1,5	1,1	80a	3430	4,33	28,2	2,50	16,3	0,31	280	270	73,0	78,0	78,5	0,67	0,79	0,86	1,15	0,0048	13,5
2	1,5	80b	3425	5,43	36,0	3,14	20,8	0,42	300	280	78,0	80,5	81,0	0,73	0,84	0,88	1,15	0,0056	15,0
3	2,2	90S	3480	8,29	62,4	4,79	36,0	0,62	310	300	75,0	79,5	81,5	0,68	0,80	0,86	1,15	0,0100	20,0
4	3	90L	3470	10,8	88,3	6,23	51,0	0,83	335	310	78,0	81,5	82,5	0,71	0,82	0,87	1,15	0,0120	23,5
5	3,7	100L	3470	13,0	104	7,52	60,0	1,03	300	300	81,5	84,0	84,5	0,75	0,84	0,88	1,15	0,0170	29,0
6	4,5	112Ma	3500	15,3	133	8,82	76,5	1,23	300	310	83,0	85,0	85,5	0,75	0,85	0,89	1,15	0,0320	40,0
7,5	5,5	112M	3500	19,4	142	11,7	82,2	1,53	310	320	84,0	86,5	86,5	0,74	0,83	0,87	1,15	0,0322	41,0
10	7,5	132S	3520	25,4	187	14,7	108	2,1	310	300	83,0	86,5	87,5	0,78	0,85	0,87	1,15	0,0640	54,0
12,5	9,2	132Ma	3500	31,0	243	17,3	140	2,6	300	270	83,0	87,0	88,0	0,80	0,87	0,89	1,15	0,0750	67,0
15	11	132M	3515	36,5	310	21,1	179	3	340	300	85,0	89,0	89,5	0,80	0,87	0,89	1,15	0,0836	71,0
20	15	160Ma	3550	48,9	400	28,2	231	4,1	320	300	85,5	88,0	89,0	0,84	0,88	0,89	1,15	0,1750	93,0
25	18,5	160M	3540	58,8	516	34,0	298	5	300	280	86,0	88,5	89,5	0,88	0,91	0,92	1,15	0,2360	107
30	22	160L	3540	68,7	587	39,7	339	6,1	310	300	87,0	89,0	89,5	0,90	0,91	0,92	1,15	0,3100	125
40	30	200M	3550	95,7	658	55,2	380	8,1	330	310	88,0	90,0	90,2	0,85	0,88	0,89	1,15	0,6500	208
50	37	200L	3550	117,6	856	67,9	494	10,1	340	315	89,0	90,8	91,5	0,86	0,89	0,90	1,15	0,7200	247
60	45	225S/M	3545	136,6	1140	78,8	658	12,1	280	240	87,0	91,2	92,5	0,84	0,87	0,88	1,0	1,060	270
75	55	225S/M	3545	173,9	1438	100,4	830	15,2	320	305	88,0	91,8	92,8	0,86	0,89	0,90	1,0	1,300	314
100	75	250S/M	3550	232,8	1625	134,4	938	20	205	270	90,4	92,5	93,5	0,86	0,88	0,89	1,0	1,950	420
125	90	280S/M	3550	290,3	2026	167,6	1170	25	220	270	90,5	93,0	93,7	0,82	0,87	0,89	1,0	2,800	540
150	110	280S/M	3550	347,3	2425	200,5	1400	30	200	230	90,7	93,3	94,0	0,83	0,87	0,89	1,0	3,400	576
175	132	315S/M	3570	405,1	3031	233,9	1750	35	210	240	91,7	93,5	94,0	0,84	0,88	0,89	1,0	5,100	703
200	150	315S/M	3570	456,9	3327	263,8	1921	40	205	230	92,0	93,5	94,2	0,86	0,89	0,90	1,0	6,100	800
250	185	315S/M	3570	576,9	4027	333,1	2325	50	210	230	92,4	93,7	94,3	0,85	0,88	0,89	1,0	7,100	900
300	220	355M/L	3575	694,5	5194	401,0	2999	60	205	220	91,0	93,3	94,0	0,86	0,88	0,89	1,0	7,500	1270
350	225	355M/L	3575	800,4	6386	462,2	3687	70	200	210	91,5	93,5	94,1	0,88	0,90	0,90	1,0	8,500	1390
400	295	355M/L	3580	912,9	7739	527,1	4468	80	210	220	91,5	93,5	94,3	0,89	0,90	0,90	1,0	10,000	1460
450	330	355M/L	3580	1022	8688	590	5016	90	220	230	92,0	94,0	94,5	0,89	0,90	0,90	1,0	11,000	1500

**4 POLES - 60 Hz / 4 POLOS - 60 Hz**

1/8	0,09	56a	1710	0,91	2,77	0,53	1,60	0,05	300	330	36,0	44,5	50,0	0,42	0,48	0,53	1,15	0,0007	3,3
1/6	0,12	56b	1680	1,07	3,12	0,62	1,80	0,07	285	235	39,0	47,0	52,0	0,44	0,52	0,58	1,15	0,0007	3,3
1/4	0,18	63a	1695	1,11	4,50	0,64	2,60	0,1	245	260	53,0	60,0	64,0	0,47	0,59	0,68	1,15	0,0014	4,8
1/3	0,25	63b	1680	1,44	6,24	0,83	3,60	0,15	300	285	53,0	61,0	65,0	0,47	0,59	0,69	1,15	0,0014	4,8
1/2	0,37	71a	1700	1,92	9,53	1,11	5,50	0,21	225	245	62,0	68,5	71,0	0,49	0,61	0,71	1,15	0,0041	9,6
3/4	0,55	71b	1680	2,88	13,9	1,66	8,00	0,32	265	265	68,0	71,5	72,0	0,50	0,62	0,70	1,15	0,0041	9,6
1	0,75	80a	1730	2,96	19,1	1,71	11,0	0,42	210	270	74,0	77,5	78,0	0,65	0,77	0,84	1,15	0,0087	14,0
1,5	1,1	80b	1700	4,33	30,1	2,50	17,4	0,63	210	240	75,0	78,5	79,0	0,66	0,78	0,85	1,15	0,0094	14,7
2	1,5	90S	1730	5,94	40,0	3,43	23,1	0,83	220	260	79,0	81,0	81,5	0,60	0,73	0,80	1,15	0,0180	19,8
3	2,2	90L	1720	8,43	65,0	4,87	37,5	1,3	290	310	81,0	82,5	83,0	0,64	0,75	0,83	1,15	0,0250	24,0
4	3	100La	1710	10,8	75,3	6,23	43,5	1,7	240	260	80,0	83,0	83,5	0,70	0,82	0,86	1,15	0,0240	29,0
5	3,7	100L	1730	13,7	106	7,93	61,1	2,1	290	330	83,5	85,0	85,0	0,67	0,79	0,83	1,15	0,0300	32,0
6	4,5	112Ma	1750	16,7	117	9,63	67,4	2,5	260	320	85,0	85,5	86,0	0,62	0,75	0,81	1,15	0,0650	41,0
7,5	5,5	112M	1740	20,6	159	11,9	92,0	3,1	265	335	84,5	86,5	87,0	0,63	0,75	0,81	1,15	0,0650	42,0
10	7,5	132S	1750	26,0	191	15,0	110	4,1	215	275	86,0	87,5	87,5	0,73	0,83	0,85	1,15	0,1310	55,0
12,5	9,2	132Ma	1750	31,2	267	18,0	154	5,1	210	265	86,5	87,5	87,5	0,78	0,86	0,89	1,15	0,1580	63,0
15	11	132M	1750	37,3	319	21,5	184	6,1	245	355	87,0	88,0	88,5	0,75	0,84	0,88	1,15	0,2100	67,0
20	15	160M	1745	49,2	416	28,4	240	8,2	225	300	87,0	88,7	89,5	0,75	0,84	0,88	1,15	0,3390	106
25	18,5	160L	1750	60,1	521	34,7	301	10,2	220	330	87,5	90,0	90,5	0,81	0,86	0,89	1,15	0,3900	116
30	22	180M	1760	72,6	648	41,9	374	12,2	200	320	90,0	90,7	91,0	0,78	0,85	0,88	1,15	0,5000	151
40	30	200M	1770	96,0	727	55,4	420	16,2	250	270	89,7	91,2	91,7	0,77	0,85	0,88	1,15	1,1200	211
50	37	200L	1770	119,1	837	68,8	483	20	230	255	89,7	92,0	92,4	0,80	0,86	0,88	1,15	1,3000	237
60	45	225S/M	1770	140,4	883	81,1	510	24	230	270	91,3	92,7	93,0	0,81	0,87	0,89	1,0	1,7000	265
75	55	225S/M	1765	177,5	999	102,5	577	30	220	255	91,5	92,8	93,0	0,80	0,86	0,88	1,0	2,0000	291
100	75	250S/M	1770	238,1	1663	137,5	960	40	250	260	92,0	93,0	93,5	0,78	0,84	0,87	1,0	3,4000	427
125	90	280S/M	1775	293,3	1992	169,3	1150	50	240	250	92,0	93,2	93,8	0,84	0,87	0,88	1,0	5,7000	545
150	110	280S/M	1770	346,9	2169	200,3	1252	60	220	230	92,5	93,6	94,1	0,85	0,88	0,89	1,0	6,7000	615
175	132	315S/M	1775	409,3	2657	236,3	1534	70	210	220	93,0	93,8	94,1	0,84	0,87	0,88	1,0	10,5000	790
200	150	315S/M	1780	465,8	2991	268,9	1727	80	200	200	93,4	94,3	94,5	0,84	0,87	0,88	1,0	12,5000	878
250	185	315S/M	1780	575,7	3733	332,4	2155	100	210	200	93,5	94,4	94,5	0,85	0,88	0,89	1,0	14,5000	966
300	220	355M/L	1780	698,7	4877	403,4	2816	120	210	200	93,7	94,5	94,5	0,84	0,87	0,88	1,0	16,0000	1300

3	2,2	90S	3480	8,29	62,4	4,79	36,0	0,62	310	300	75,0	79,5	81,5	0,68	0,80	0,86	1,15
---	-----	-----	------	------	------	------	------	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------



FRAME CARCAZA	POLES POLOS	DIMENSIONS IN MILLIMETERS / DIMENSIONES EN MILÍMETROS																								BEARINGS / RODAMIENTOS								
		A	AA	AB	ØAC	AD	B	BA	BB	C	CA	DRIVE END / PUNTA DEL EJE										H	HA	HD	ØK	L	LC	FR R W G (B S P)	R C D 1 N 3 3 2	L A.	L D A.	OPTIONEL ITEM 4.6.5 POLES OPCIONAL 4,6,5 POLOS		
		ØD	E	F	G	G D	EC	ØDA	EA	FA	GB	GF	FC	H	HA	HD	ØK	L	LC	R W G (B S P)	D 1 N 3 3 2	L A.	L D A.	OPTIONEL ITEM 4.6.5 POLES OPCIONAL 4,6,5 POLOS										
56	2 a 8	90	18	106	100	85	71	18	87	36	54	96	20	3	7,2	3	10	96	20	3	7,2	3	10	56	2	-	5,8	178	201	1 x 3/8"	A 2	6200zz	6200zz	-
63	2 a 8	100	23	120	118	94	80	28	100	40	78	116	23	4	8,5	4	12	96	20	3	7,2	3	10	63	8	-	9	200	241	1 x 3/8"	A 2	6201zz	6201zz	-
71	2 a 8	112	27	136	142	120	90	30	110	45	88	146	30	5	11	5	16	116	23	4	8,5	4	12	71	9	-	7	241	276	1 x 1/2"	A 2	6203zz	6203zz	-
80	2 a 8	125	32	155	164	131	100	35	125	50	93	196	40	6	15,5	6	25	146	30	5	11	5	16	80	11	-	10	274	313	1 x 1/2"	A 3,15	6204zz	6204zz	-
90 S	2 a 8	140	35	174	188	152	100	38	128	56	104	246	50	8	20	7	32	166	40	5	13	5	16	90	11	-	10	301	350	1 x 3/4"	A 3,15	6205zz	6205zz	-
90 L	2 a 8	140	35	174	188	152	125	38	153	56	104	246	50	8	20	7	32	166	40	5	13	5	16	90	11	-	10	326	375	1 x 3/4"	A 3,15	6205zz	6205zz	-
100 L	2 a 8	160	35	192	205	161	140	43	170	63	118	286	60	8	24	7	40	226	50	6	18,5	6	25	100	14	-	12	366	431	1 x 3/4"	A 3,15	6206zz	6206zz	-
112 M	2 a 8	190	40	220	222	179	140	50	177	70	128	286	60	8	24	7	40	246	50	8	20	7	32	112	16	259	12	388	448	1 x 1"	A 5	6307zz	6306zz	-
132 S	2 a 8	216	44	248	253	195	140	55	184	89	150	386	80	10	33	8	56	286	60	8	24	7	40	132	18	295	12	453	519	1 x 1"	A 5	6308zz	6308zz	-
132 M	2 a 8	216	44	248	253	195	178	55	222	89	150	386	80	10	33	8	56	286	60	8	24	7	40	132	18	295	12	491	557	1 x 1"	A 5	6308zz	6308zz	-
160 M	2 a 8	254	60	304	298	237	210	65	258	108	174	426	110	12	37	8	80	426	110	12	37	8	80	160	22	359	15	589	712	2 x 1 1/2"	A 5	6309zzC3	6309zzC3	-
160 L	2 a 8	254	60	304	298	237	254	65	302	108	174	426	110	12	37	8	80	426	110	12	37	8	80	160	22	359	15	633	756	2 x 1 1/2"	A 5	6309zzC3	6309zzC3	-
180 M	2 a 8	279	67	337	342	286	241	75	287	121	200	486	110	14	42,5	9	100	486	110	14	42,5	9	100	180	22	408	15	643	782	2 x 1 1/2"	M 16	6311C3	6311C3	NU311C3
180 L	2 a 8	279	67	337	342	286	279	75	325	121	200	486	110	14	42,5	9	100	486	110	14	42,5	9	100	180	22	408	15	681	820	2 x 1 1/2"	M 16	6311C3	6311C3	NU311C3
200 M	2 a 8	318	75	382	383	307	267	80	317	133	222	55m6	110	16	49	10	100	486	110	14	42,5	9	100	200	25	450	19	699	842	2 x 2"	M 20*	6312C3	6312C3	NU312C3
200 L	2 a 8	318	75	382	383	307	305	80	355	133	222	55m6	110	16	49	10	100	486	110	14	42,5	9	100	200	25	450	19	737	880	2 x 2"	M 20*	6312C3	6312C3	NU312C3
225 S/M	2	356	80	426	428	353	286 311	85	367	149	245 220	55m6	110	16	49	10	100	55m6	110	16	49	10	100	225	28	503	19	777	900	2 x 2"	M 20	6313C3	6313C3	-
225 S/M	4 a 8	356	80	426	428	353	286 311	85	367	149	245 220	60m6	140	18	53	11	130	60m6	140	18	53	11	130	225	28	503	19	807	960	2 x 2"	M 20	6313C3	6313C3	NU313C3
250 S/M	2	406	90	480	482	381	311 349	105	409	168	296 258	60m6	140	18	53	11	130	60m6	140	18	53	11	130	250	30	555	24	893	1055	2 x 2"	M 20	6314C3	6314C3	-
250 S/M	4 a 8	406	90	480	482	381	311 349	105	409	168	296 258	65m6	140	18	58	11	130	60m6	140	18	53	11	130	250	30	555	24	893	1055	2 x 2"	M 20	6314C3	6314C3	NU314C3
280 S/M	2	457	100	537	572	436	368 419	128	489	190	349 297	65m6	140	18	58	11	130	65m6	140	18	58	11	130	280	36	623	24	1042	1186	2 x 2"	M 20	6314C3	6314C3	-

# ANEXO I. CATALOGO Y TABLAS PARA LA SELECCIÓN DE CORREAS



**TABLA N° 3 - COEFICIENTE DE CORRECCION DE LA POTENCIA**

Tabla N° 3 - Coeficiente de corrección de la potencia						
Tipo de máquina conductora Tipo de máquina conducida	Motores de corriente alterna, torque normal, a jaula de ardilla, síncronos: fase partida. Motores de corriente continua, bobinado en shunt. Máquinas de combustión interna, cilindros múltiples.			Motores de corriente alternada, alto torque, alto deslizamiento, bobinado en serie y anillado colector. Motores de corriente continua, bobinado en serie y bobinado compound. Máquina a combustión interna, monocilíndrica. Ejes en línea. Arranque directo y con embrague		
	Servicio intermedio hasta 7 horas diarias	Servicio normal 8 a 15 horas diarias	Servicio continuo más de 16 horas diarias	Servicio intermedio hasta 7 horas diarias	Servicio normal 8 a 15 horas diarias	Servicio continuo más de 16 horas diarias
Agitador para líquidos y semilíquidos, ventiladores y aspiradores, compresores y bombas centrífugas. Sopladores hasta 10 HP. Transportadores livianos.	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Cintas transportadoras para arena, granos, etc. Mezcladores de panadería. Sopladores de más de 10 HP, generadores. Línea a ejes (ejes principales), máquinas de lavaderos, máquinas herramienta, punzadoras, prensa, guillotinas, bombas rotativas positivas. Máquinas de imprenta, zarandas vibradoras y giratorias.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Máquina de ladrillos y cerámicas, elevadores a cangilones. Generadores y excitatrices. Compresores a pistón, transportadores, molinos a martillos, molinos batidores para papel, bombas a pistón, sopladores positivos. Pulverizadores, desmenuzadoras, sierras y máquinas para elaboración de madera, máquinas textiles.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias, mandíbulas, bolas). Molinos (bolas, laminadores, barras). Calamandra para goma, bambury-extrusoras.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

El uso de un coeficiente de corrección = 2 es recomendado para equipos sujetos a impactos. Cuando es necesario el uso de poleas tensoras, adicionar al coeficiente de corrección, los valores del cuadro siguiente:

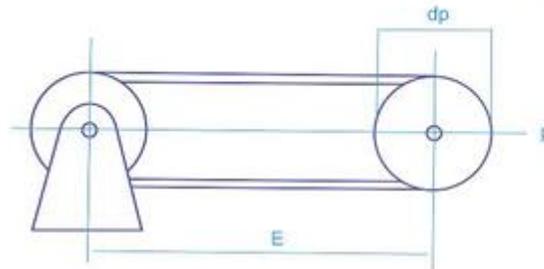
Posición de la polea tensora	Sobre el lado flojo	Interior - Exterior +0,1
	Sobre el lado tenso	Interior +0,1 Exterior +0,2

Fuente: Catálogo DUNLOP

# CORREAS DE TRANSMISIÓN INDUSTRIAL

## MEDICION DE LA LONGITUD PRIMITIVA

Sección	Diámetros primitivos (milímetros)	Desarrollos primitivos (milímetros)	Carga de medición (p) NW
Z	57.6	180	110
A	95.5	300	200
B	127.3	400	300
C	228.8	700	750
D	318.3	1000	1400
E	573.0	1800	1800



Para calcular la longitud primitiva de la correa, se procede de la siguiente forma:



$$l_p = 2 E + d_p \times \pi \text{ en mm}$$

- $l_p$  Longitud primitiva de la correa (mm).
- $E$  Distancia entre ejes de las poleas (mm).
- $d_p$  Diámetro primitivo de una polea (mm).

Sección	X (mm)	X <sub>1</sub> (mm)
Z	13	25
A	17	33
B	26	43
C	32	56
D	43	76
E	52	105

Desarrollo externo = longitud primitiva nominal + valor X  
Desarrollo interno = longitud primitiva nominal - valor X<sub>1</sub>

Tabla N° 6 Longitud primitiva nominal						
Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
41	1066	1075	1086	-	-	-
42	1092	1106	1100	-	-	-
43	1117	1134	1140	-	-	-
44	1143	1153	1156	1191	-	-
45	1168	1186	1184	1217	-	-
46	1193	1199	1204	1242	-	-
47	1219	1232	1237	1267	-	-
48	1244	1262	1268	1293	-	-
49	1270	1280	1288	1318	-	-
50	1295	1306	1318	1344	-	-
51	1320	1330	1328	1357	-	-
52	1346	1354	1367	1394	-	-
53	1371	1381	1392	1429	-	-
54	1397	1405	1410	1442	-	-
55	1422	1429	1443	1460	-	-
56	1447	1459	1460	1497	-	-
57	1473	1492	1491	1527	-	-
58	1498	1507	1512	1550	-	-
59	1524	1532	1541	1576	-	-
60	1549	1556	1556	1598	-	-
61	-	1584	1601	1623	-	-
62	-	1605	1626	1648	-	-
63	-	1633	1641	1674	-	-
64	-	1658	1674	1699	-	-
65	-	1683	1695	1725	-	-
66	-	1714	1724	1745	-	-
67	-	1742	1743	1775	-	-
68	-	1767	1770	1788	-	-
69	-	1785	1794	1826	-	-
70	-	1813	1818	1847	-	-

Fuente: Catálogo DUNLOP



TABLA Nº 2 - SECCION A

Nº R.P.M. De la polea menor		Presión Base (en HP)										Presión adicional por relación de transmisión (en HP)												
		Diámetro primitivo de la polea menor (mm)										Presión adicional por relación de transmisión (en HP)												
		86	71	76	81	86	91	96	102	107	112	117	122	127	1,00 al 1,01	1,02 al 1,04	1,05 al 1,08	1,09 al 1,12	1,13 al 1,18	1,19 al 1,24	1,25 al 1,34	1,35 al 1,51	1,52 al 1,99	2,00 y sobre
1160	0,54	0,69	0,84	0,99	1,13	1,28	1,42	1,56	1,70	1,84	1,98	2,12	2,26	0,00	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	
1750	0,68	0,90	1,11	1,32	1,53	1,73	1,93	2,13	2,33	2,53	2,72	2,91	3,10	0,00	0,03	0,07	0,10	0,13	0,16	0,20	0,23	0,26	0,29	
3450	0,85	1,21	1,57	1,91	2,25	2,57	2,88	3,19	3,48	3,76	4,02	4,28	4,52	0,00	0,06	0,13	0,19	0,26	0,32	0,39	0,45	0,52	0,58	
200	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,48	0,51	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	
400	0,26	0,32	0,38	0,43	0,49	0,55	0,60	0,66	0,71	0,77	0,82	0,88	0,93	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	
600	0,35	0,43	0,52	0,60	0,68	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16	1,23	1,31	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	
800	0,43	0,53	0,64	0,75	0,85	0,95	1,06	1,16	1,26	1,37	1,47	1,57	1,67	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	
1000	0,49	0,62	0,75	0,88	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,88	2,00	0,00	0,02	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	
1200	0,55	0,71	0,86	1,01	1,16	1,31	1,46	1,60	1,75	1,89	2,04	2,18	2,32	0,00	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18	0,20	
1400	0,61	0,78	0,96	1,13	1,30	1,47	1,64	1,81	1,97	2,14	2,30	2,46	2,62	0,00	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,16	0,18	0,21	0,24	
1600	0,65	0,85	1,05	1,24	1,43	1,62	1,81	2,00	2,18	2,37	2,55	2,73	2,90	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	
1800	0,69	0,91	1,13	1,34	1,56	1,77	1,97	2,18	2,38	2,58	2,78	2,97	3,17	0,00	0,03	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	
2000	0,73	0,97	1,21	1,44	1,67	1,90	2,12	2,35	2,57	2,78	2,99	3,20	3,41	0,00	0,04	0,07	0,11	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	0,34	
2200	0,76	1,02	1,28	1,53	1,78	2,02	2,26	2,50	2,74	2,97	3,19	3,42	3,64	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	
2400	0,79	1,07	1,34	1,61	1,88	2,14	2,39	2,65	2,89	3,14	3,38	3,61	3,84	0,00	0,04	0,09	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,36	0,40	
2600	0,81	1,11	1,40	1,69	1,97	2,24	2,51	2,78	3,04	3,29	3,54	3,78	4,02	0,00	0,05	0,10	0,15	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44	
2800	0,83	1,14	1,45	1,75	2,05	2,34	2,62	2,90	3,17	3,43	3,69	3,94	4,18	0,00	0,05	0,10	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,42	0,47	
3000	0,84	1,17	1,49	1,81	2,12	2,42	2,72	3,00	3,28	3,55	3,81	4,07	4,31	0,00	0,06	0,11	0,17	0,22	0,28	0,34	0,39	0,45	0,50	
3200	0,85	1,19	1,53	1,86	2,18	2,49	2,80	3,09	3,38	3,66	3,92	4,18	4,42	0,00	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	
3400	0,85	1,21	1,56	1,90	2,24	2,56	2,87	3,17	3,46	3,74	4,01	4,26	4,50	0,00	0,06	0,13	0,19	0,25	0,32	0,38	0,44	0,51	0,57	
3600	0,85	1,22	1,59	1,94	2,28	2,61	2,93	3,23	3,52	3,80	4,07	4,32	4,56	0,00	0,07	0,13	0,20	0,27	0,34	0,40	0,47	0,54	0,61	
3800	0,84	1,23	1,60	1,96	2,31	2,65	2,97	3,28	3,57	3,85	4,11	4,36	4,58	0,00	0,07	0,14	0,21	0,28	0,36	0,43	0,50	0,57	0,64	
4000	0,83	1,22	1,61	1,98	2,33	2,67	3,00	3,31	3,60	3,87	4,13	4,36	4,58	0,00	0,07	0,15	0,22	0,30	0,37	0,45	0,52	0,60	0,67	
4200	0,81	1,22	1,61	1,99	2,35	2,69	3,01	3,32	3,61	3,87	4,12	4,34	4,54	0,00	0,08	0,16	0,24	0,31	0,39	0,47	0,55	0,63	0,71	
4400	0,78	1,20	1,60	1,98	2,35	2,69	3,01	3,31	3,59	3,85	4,08	4,29	4,47	0,00	0,08	0,16	0,25	0,33	0,41	0,49	0,58	0,66	0,74	
4600	0,75	1,18	1,58	1,97	2,33	2,68	3,00	3,29	3,56	3,80	4,02	4,21	4,37	0,00	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43	0,52	0,60	0,69	0,77	
4800	0,72	1,15	1,56	1,95	2,31	2,65	2,96	3,25	3,50	3,73	3,93	4,09	4,23	0,00	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	
5000	0,67	1,11	1,53	1,91	2,27	2,61	2,91	3,19	3,43	3,64	3,81	3,95	-	0,00	0,09	0,19	0,28	0,37	0,47	0,56	0,65	0,75	0,84	
5200	0,63	1,07	1,48	1,87	2,23	2,55	2,84	3,10	3,33	3,51	3,66	-	-	0,00	0,10	0,19	0,29	0,39	0,49	0,58	0,68	0,78	0,88	
5400	0,57	1,02	1,43	1,81	2,16	2,48	2,76	3,00	3,20	3,36	-	-	-	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,61	0,71	0,81	0,91	
5600	0,51	0,96	1,37	1,75	2,09	2,39	2,65	2,87	3,05	3,18	-	-	-	0,00	0,10	0,21	0,31	0,42	0,52	0,63	0,73	0,84	0,94	
5800	0,44	0,89	1,30	1,67	2,00	2,28	2,53	2,72	2,87	-	-	-	-	0,00	0,11	0,22	0,33	0,43	0,54	0,65	0,76	0,87	0,98	
6000	0,37	0,81	1,21	1,57	1,89	2,16	2,38	2,55	-	-	-	-	-	0,00	0,11	0,22	0,34	0,45	0,56	0,67	0,79	0,90	1,01	

Fuente: Catálogo DUNLOP



## CORREAS DE TRANSMISIÓN INDUSTRIAL



### TABLA N° 4 - FACTOR DE CORRECCION EN FUNCION DE LA LONGITUD DE LA CORREA

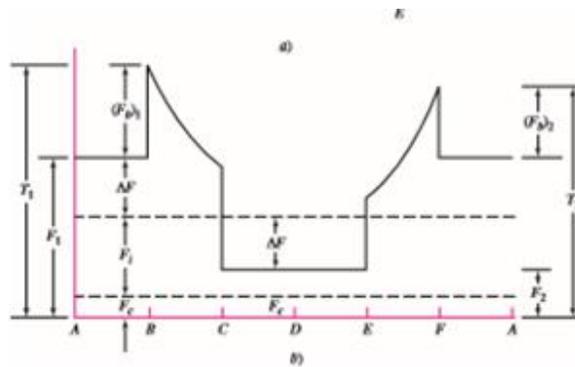
Tabla N° 4		Sección de la correa				
Longitud correa	Z	A	B	C	D	E
16	0.80	-	-	-	-	-
24	0.83	-	-	-	-	-
26	0.84	0.81	-	-	-	-
31	0.89	0.84	-	-	-	-
35	0.92	0.87	0.81	-	-	-
38	0.93	0.88	0.83	-	-	-
42	0.95	0.90	0.85	-	-	-
46	0.97	0.92	0.87	-	-	-
51	0.99	0.94	0.89	0.80	-	-
55	1.00	0.96	0.90	0.81	-	-
60	-	0.98	0.92	0.82	-	-
68	-	1.00	0.95	0.85	-	-
75	-	1.02	0.97	0.87	-	-
80	-	1.04	0.98	0.89	-	-
81	-	1.04	0.98	0.89	-	-
85	-	1.05	0.99	0.90	-	-
90	-	1.06	1.00	0.91	-	-
96	-	1.08	1.02	0.92	-	-
97	-	1.08	1.02	0.92	-	-
105	-	1.10	1.04	0.94	-	-
112	-	1.11	1.05	0.95	-	-
120	-	1.13	1.07	0.97	0.86	-
128	-	1.14	1.08	0.98	0.87	-
144	-	-	1.11	1.00	0.90	-
158	-	-	1.13	1.02	0.92	-
173	-	-	1.15	1.04	0.93	-
180	-	-	1.16	1.05	0.94	0.91
195	-	-	1.18	1.07	0.96	0.92
210	-	-	1.19	1.08	0.98	0.94
240	-	-	1.22	1.11	1.00	0.96
270	-	-	1.25	1.14	1.03	0.99
300	-	-	1.27	1.16	1.05	1.01
330	-	-	-	1.19	1.07	1.03
360	-	-	-	1.21	1.09	1.05
390	-	-	-	1.23	1.11	1.07
420	-	-	-	1.24	1.12	1.09
480	-	-	-	-	1.16	1.12
540	-	-	-	-	1.18	1.14
600	-	-	-	-	1.20	1.17
660	-	-	-	-	1.23	1.19

Fuente: Catálogo DUNLOP

**TABLA N° 5 - FACTOR DE CORRECCION EN FUNCION DEL ARCO DE CONTACTO**

Tabla N° 5	Factor de corrección	
	Arco de contacto sobre poleas menor	Poleas acanaladas
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81
150°	0.92	0.82
147°	0.91	0.83
144°	0.90	0.83
140°	0.89	0.84
137°	0.88	0.85
134°	0.87	0.85
130°	0.86	0.86
127°	0.85	0.85
124°	0.84	0.84
120°	0.82	0.82
118°	0.81	0.81
115°	0.80	0.80
113°	0.79	0.79
110°	0.78	0.78
108°	0.77	0.77
106°	0.77	0.77
104°	0.76	0.76

Fuente: Catálogo DUNLOP



**Tabla 17-16**

Algunos parámetros de bandas en V\*

Sección de la banda	$K_d$	$K_v$
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

\*Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

La potencia que se transmite por banda se basa en  $\Delta F = F_1 - F_2$ , donde

$$\Delta F = \frac{63\,025 H_d / N_b}{n(d/2)} \quad (17-22)$$

entonces, de la ecuación (17-8), la tensión mayor  $F_1$  está dada por

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1} \quad (17-23)$$

De la definición de  $\Delta F$ , la tensión menor  $F_2$  se obtiene mediante

$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad (17-24)$$

De la ecuación (j) en la sección 17-2

**Fuente:** SHIGLEY. Diseño en ingeniería mecánica

$$r_1 = r_1 + (r_b)_1 = r_1 + \frac{K_D}{D}$$

$$T_2 = F_1 + (F_b)_2 = F_1 + \frac{K_D}{D}$$

donde  $K_D$  se da en la tabla 17-16. La ecuación de la relación tensión-pasada, según la emplea la Gates Rubber Company, es de la forma

$$T^b N_P = K^b$$

donde  $N_P$  es el número de pasadas y  $b$  es aproximadamente 11. Vea la tabla 17-17. La regla de Miner se utiliza para sumar el daño ocasionado por los dos picos de tensión:

$$\frac{1}{N_P} = \left(\frac{K}{T_1}\right)^{-b} + \left(\frac{K}{T_2}\right)^{-b}$$

o bien

$$N_P = \left[ \left(\frac{K}{T_1}\right)^{-b} + \left(\frac{K}{T_2}\right)^{-b} \right]^{-1} \quad (17-27)$$

La vida en horas  $t$  está dada por

$$t = \frac{N_P L_P}{720V} \quad (17-28)$$

**Tabla 17-17**

Parámetros de durabilidad para algunas secciones de banda en V

Fuente: M. E. Spotts, *Design of Machine Elements*, 6a. ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1985.

Sección de la banda	$10^8$ a $10^9$ picos de fuerza		$10^9$ a $10^{10}$ picos de fuerza		Diámetro mínimo de polea, pulg
	$K$	$b$	$K$	$b$	
A	674	11.089			3.0
B	1 193	10.926			5.0
C	2 038	11.173			8.5
D	4 208	11.105			13.0
E	6 061	11.100			21.6
3V	728	12.464	1 062	10.153	2.65
5V	1 654	12.593	2 394	10.283	7.1
8V	3 638	12.629	5 253	10.319	12.5

**Fuente:** SHIGLEY. Diseño en ingeniería mecánica

## ANEXO J. TABLAS PARA EL DISEÑO DE EJES

<ul style="list-style-type: none"> <li>[-] AISI 321 Acero inoxidable recocido (</li> <li>[-] AISI 347 Acero inoxidable recocido (</li> <li>[-] AISI 4130 Acero recocido a 865C</li> <li>[-] AISI 4130 Acero normalizado a 870C</li> <li>[-] AISI 4340 Acero recocido</li> <li style="background-color: #e0e0e0;">[-] <b>AISI 4340 Acero normalizado</b></li> <li>[-] AISI 316L Acero inoxidable</li> <li>[-] AISI Acero para herramientas tipo A</li> <li>[-] Acero aleado</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Propiedad</th> <th>Valor</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Módulo elástico</td> <td>205000</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de Poisson</td> <td>0.32</td> <td>N/D</td> </tr> <tr> <td>Módulo cortante</td> <td>80000</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Densidad de masa</td> <td>7850</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Límite de tracción</td> <td>1110</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Límite de compresión</td> <td></td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Límite elástico</td> <td>710</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de expansión térmica</td> <td>1.23e-005</td> <td>/K</td> </tr> <tr> <td>Conductividad térmica</td> <td>44.5</td> <td>W/(m·K)</td> </tr> </tbody> </table>	Propiedad	Valor	Unidades	Módulo elástico	205000	N/mm <sup>2</sup>	Coefficiente de Poisson	0.32	N/D	Módulo cortante	80000	N/mm <sup>2</sup>	Densidad de masa	7850	kg/m <sup>3</sup>	Límite de tracción	1110	N/mm <sup>2</sup>	Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>	Límite elástico	710	N/mm <sup>2</sup>	Coefficiente de expansión térmica	1.23e-005	/K	Conductividad térmica	44.5	W/(m·K)
Propiedad	Valor	Unidades																													
Módulo elástico	205000	N/mm <sup>2</sup>																													
Coefficiente de Poisson	0.32	N/D																													
Módulo cortante	80000	N/mm <sup>2</sup>																													
Densidad de masa	7850	kg/m <sup>3</sup>																													
Límite de tracción	1110	N/mm <sup>2</sup>																													
Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>																													
Límite elástico	710	N/mm <sup>2</sup>																													
Coefficiente de expansión térmica	1.23e-005	/K																													
Conductividad térmica	44.5	W/(m·K)																													

Fuente: Solidworks

### AISI 4340 Steel, normalized, 25 mm round

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Alloy Steel](#); [AISI 4000 Series Steel](#); [Low Alloy Steel](#); [Carbon Steel](#); [Medium Carbon Steel](#)

**Material Notes:** AISI 4340 has a favorable response to heat treatment (usually oil quenching followed by tempering) and exhibits a good combination of ductility and strength when treated thusly. Uses include piston pins, bearings, ordnance, gears, dies, and pressure vessels.

**Key Words:** alloy steels, UNS G43400, AMS 5331, AMS 6359, AMS 6414, AMS 6415, ASTM A322, ASTM A331, ASTM A505, ASTM A519, ASTM A547, ASTM A646, MIL SPEC MIL-S-16974, B.S. 817 M 40 (UK), SAE J404, SAE J412, SAE J770, DIN 1.6565, JIS SNCM 8, IS 1570 40Ni2Cr1Mo28, IS 1570 40NiCr1Mo15

**Vendors:** No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in <sup>3</sup>	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	363	363	
Hardness, Knoop	392	392	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell B	100	100	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell C	40	40	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Vickers	384	384	Converted from Brinell hardness.
Tensile Strength, Ultimate	1282 MPa	185900 psi	
Tensile Strength, Yield	862 MPa	125000 psi	
Elongation at Break	12.2 %	12.2 %	
Reduction of Area	36.3 %	36.3 %	
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Bulk Modulus	159 GPa	23100 ksi	Estimated from elastic modulus
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical for steel
Machinability	50 %	50 %	annealed and cold drawn. Based on 100% machinability for AISI 1212 steel.

Fuente: www.matweb.com

3. Emplee la figura 5-8 para estimar la resistencia a la fatiga modificada  $s_n$ .
  4. Aplique un factor de material  $C_m$  de la siguiente lista.
 

Acero forjado:	$C_m = 1.00$	Hierro colado maleable:	$C_m = 0.80$
Acero colado:	$C_m = 0.80$	Hierro colado gris:	$C_m = 0.70$
Acero pulverizado:	$C_m = 0.76$	Hierro colado dúctil:	$C_m = 0.66$
  5. Aplique un factor de tipo de esfuerzo:  $C_{st} = 1.0$  para el esfuerzo flexionante,  $C_{st} = 0.80$  para la tensión axial.
  6. Aplique un factor de confiabilidad  $C_R$  de la tabla 5-1.
  7. Aplique un factor de tamaño  $C_s$ , mediante la figura 5-9 y la tabla 5-2, como guías.
  8. Calcule la resistencia a la fatiga estimada real  $s'_n$ , con
- $$s'_n = s_n (C_m)(C_{st})(C_R)(C_s) \quad (5-4)$$

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas

**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

**TABLA 5-2** Factores de tamaño

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para $D$ en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_s = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_s = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_s = 0.859 - 0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para $D$ en mm
$D \leq 7.62$	$C_s = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_s = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_s = 0.859 - 0.000837D$

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas

## ANEXO K. TABLAS PARA EL DISEÑO DE CUÑAS

**TABLA 11-1** Tamaño de la cuña en función del diámetro del eje

Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 1/4	1/4	1/4	3/16
1 1/4	1 1/8	5/16	5/16	1/4
1 3/8	1 1/2	3/8	3/8	1/4
1 1/2	2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 1/4	2 3/4	5/8	5/8	7/16
2 3/4	3 1/4	3/4	3/4	1/2
3 1/4	3 1/2	7/8	7/8	5/8
3 1/2	4 1/2	1	1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1

**Fuente:** MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas

AISI 1020 Steel, hot rolled, 19-32 mm (0.75-1.25 in) round				
<b>Categories:</b> <a href="#">Metal</a> ; <a href="#">Ferrous Metal</a> ; <a href="#">Carbon Steel</a> ; <a href="#">AISI 1000 Series Steel</a> ; <a href="#">Low Carbon Steel</a>				
<b>Material Notes:</b>	Applications include parts in the case hardened condition where core strength is not critical, and for shafts of larger cross section that are not highly stressed. Other uses include lightly stressed gears with hard wearing surfaces and case hardened pins and chains.			
<b>Key Words:</b>	UNS G10200, AMS 5032, AMS 5045, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A510, ASTM A519, ASTM A29, A108, A510, A512, A513, A519, A544, A575 M10120, A576, A635, A659, A827, A830, BS 970 040A20, 050A20 (En2C), 050A20 (En2D), 060A20, BS 970 Part 1 070M20, DEF STAN95-1-1 C1020, SAE J412, SAE J414, DIN 1.0402, AFNOR CC 20, UNI C 20, SS14 1450 (Sweden), SAE J403			
<b>Vendors:</b>	No vendors are listed for this material. Please <a href="#">click here</a> if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.			
Physical Properties		Metric	English	Comments
Density		7.87 g/cc	0.284 lb/in <sup>3</sup>	
Mechanical Properties		Metric	English	Comments
Hardness, Brinell		111	111	
Hardness, Knoop		128	128	Converted from Brinell Hardness
Hardness, Vickers		112	112	Converted from Brinell Hardness
Tensile Strength, Ultimate		380 MPa	55100 psi	
Tensile Strength, Yield		205 MPa	29700 psi	
Elongation at Break		25 %	25 %	
Reduction of Area		50 %	50 %	
Modulus of Elasticity		186 GPa	27000 ksi	
Bulk Modulus		148 GPa	21500 ksi	calculated from elastic modulus and Poisson's ratio
Poissons Ratio		0.29	0.29	
Shear Modulus		72.0 GPa	10400 ksi	calculated from elastic modulus and Poisson's ratio

**Fuente:** [www.matweb.com](http://www.matweb.com)

## ANEXO L. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

### Vida nominal

La vida nominal de un rodamiento según la normativa ISO 281 es

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

Si la velocidad es constante, es preferible calcular la vida expresada en horas de funcionamiento utilizando la ecuación

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

donde

$L_{10}$  = vida nominal básica (con una confiabilidad del 90%) [millones de revoluciones]

$L_{10h}$  = vida nominal SKF (con una confiabilidad del 90%) [horas de funcionamiento]

$C$  = capacidad de carga dinámica básica [kN]

$P$  = carga dinámica equivalente del rodamiento [kN] (→ página 85)

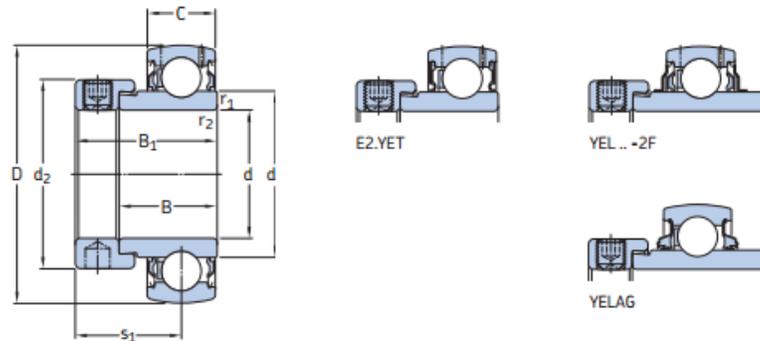
$n$  = velocidad de giro [r. p. m.]

$p$  = exponente de la ecuación de la vida útil

- para los rodamientos de bolas,  $p = 3$
- para los rodamientos de rodillos,  $p = 10/3$

Fuente: SKF. Catálogo de rodamientos

**2.4 Rodamientos Y con un anillo de fijación excéntrico, ejes en pulgadas**  
 $d \frac{1}{2} - 2 \frac{7}{16}$  pulg.  
 12,7 – 61,913 mm



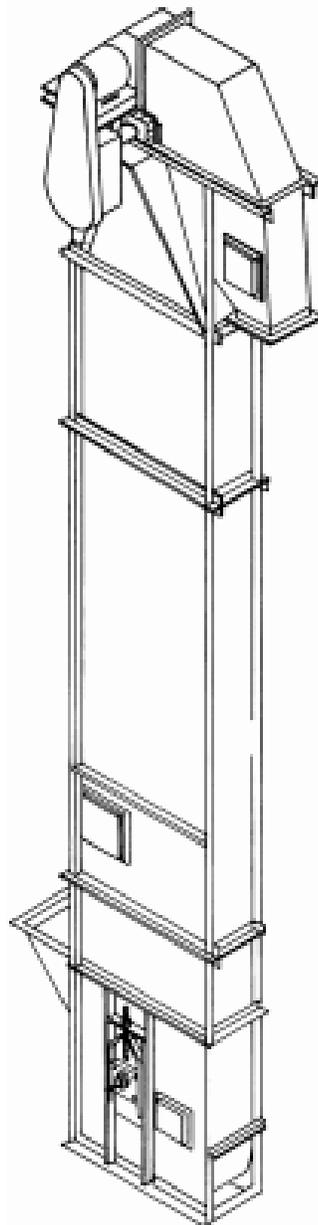
Dimensiones									Capacidad de carga básica dinámica C	Carga límite de fatiga Pu	Velocidad límite con tolerancia del eje h6	Masa kg	Designación	
d	D	B	B1	C	d1	d2	s1	r1,2 min.						
pulg./mm mm									kN	kN	r. p. m.	kg	-	
$\frac{1}{2}$ 12,7	40	19,1	28,6	12	24,2	27,2	22,6	0,3	9,56	4,75	0,2	9 500	0,13	YET 203-008
$\frac{3}{4}$ 19,05	47	21,5	31	14	28,2	32,4	24	0,6	12,7	6,55	0,28	8 500	0,16	E2.YET 204-012
	47	21,5	31	14	28,2	32,4	24	0,6	12,7	6,55	0,28	8 500	0,17	YET 204-012
	47	34,2	43,7	14	28,2	32,4	26,6	0,6	12,7	6,55	0,28	8 500	0,2	YEL 204-012-2F
1 25,4	52	21,5	31	15	33,7	37,4	23,5	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,18	E2.YET 205-100
	52	21,5	31	15	33,7	37,4	23,5	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,18	YET 205-100
	52	34,9	44,4	15	33,7	37,4	26,9	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,22	YEL 205-100-2F
	52	34,9	44,4	15	33,7	37,4	26,9	0,6	14	7,8	0,335	1 500	0,23	YELAG 205-100
$1 \frac{1}{8}$ 28,575	62	23,8	35,7	18	39,7	44,1	26,7	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,32	E2.YET 206-102
	62	23,8	35,7	18	39,7	44,1	26,7	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,32	YET 206-102
	62	36,5	48,4	18	39,7	44,1	30,1	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,39	YEL 206-102-2F
	62	36,5	48,4	18	39,7	44,1	30,1	0,6	19,5	11,2	0,475	1 200	0,39	YELAG 206-102
$1 \frac{3}{16}$ 30,163	62	23,8	35,7	18	39,7	44,1	26,7	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,3	E2.YET 206-103
	62	23,8	35,7	18	39,7	44,1	26,7	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,3	YET 206-103
	62	36,5	48,4	18	39,7	44,1	30,1	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,35	YEL 206-103-2F
	62	36,5	48,4	18	39,7	44,1	30,1	0,6	19,5	11,2	0,475	1 200	0,36	YELAG 206-103
$1 \frac{1}{4}$ 31,75	62	23,8	35,7	18	39,7	44,1	26,7	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,27	E2.YET 206-104
	62	23,8	35,7	18	39,7	44,1	26,7	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,28	YET 206-104
	72	25,4	38,9	19	46,1	51,1	29,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,48	E2.YET 207-104
	72	25,4	38,9	19	46,1	51,1	29,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,49	YET 207-104
	72	37,6	51,1	19	46,1	51,1	32,3	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,57	YEL 207-104-2F
	72	37,6	51,1	19	46,1	51,1	32,3	1	25,5	15,3	0,655	1 100	0,59	YELAG 207-104
$1 \frac{5}{16}$ 33,338	72	25,4	38,9	19	46,1	51,1	29,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,46	YET 207-105
$1 \frac{3}{8}$ 34,925	72	25,4	38,9	19	46,1	51,1	29,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,43	E2.YET 207-106
	72	25,4	38,9	19	46,1	51,1	29,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,44	YET 207-106
	72	37,6	51,1	19	46,1	51,1	32,3	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,5	YEL 207-106-2F
	72	37,6	51,1	19	46,1	51,1	32,3	1	25,5	15,3	0,655	1 100	0,52	YELAG 207-106

Fuente: SKF. Catálogo de rodamientos

## ANEXO M. TABLAS PARA SELECCIÓN DEL ELEVADOR DE CANGILONES



### SECCIÓN VI



### ELEVADORES DE CANGILONES SECCIÓN VI

Introducción .....	H-124
Características Estándar Series 100 y Series 700.....	H-125
Selección de Elevadores .....	H-126
Tabla de Materiales .....	H-127
Descarga Centrífuga de Cadena	
Series 100 y 200 .....	H-128
Descarga Centrífuga de Banda	
Series 100 y 200 .....	H-129
Descarga Continua de Cadena	
Series 700 y 800 .....	H-130
Descarga Continua de Banda	
Series 700 y 800 .....	H-131
Elevadores de Descarga Centrífuga para Servicio Pesado	
Series MDC26 y MDC30 Cadena .....	H-132
Series MDB30 Banda.....	H-133
Series DRB30 Banda.....	H-134
Elevadores de Descarga Continua de Súper Capacidad	
Series SC700 Cadena .....	H-135
Dimensiones de Elevadores de Cangilones	
Diagrama de Elevadores .....	H-136
Dimensiones de Elevadores de Cangilones.....	H-137
Cangilones y Cadena.....	H-138
Patrón de Barenos de los Cangilones.....	H-139
Fórmulas para Calcular el Número de Cangilones, Tornillos para Cangilones, Arandelas y Longitud de Cadena o de Banda.....	H-140
Elevadores para Grano Descarga Centrífuga	
Alta Velocidad Series 500 .....	H-141

Fuente: MARTIN. Manejo de materiales

## Serie 100 de Banda (La Serie 200 tiene el Tensor en la Cabeza)

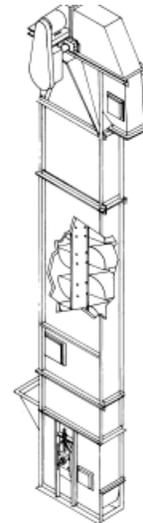
Los elevadores de Banda de descarga centrífuga pueden manejar materiales secos que fluyen libremente con tamaño de partículas de pequeñas a medianas y que sean moderada, mediana o extremadamente abrasivos.

### Cangilones

La capacidad indicada corresponde a cangilones AA. El estilo C puede ser utilizado para manejar materiales mojados o pegajosos. Consulte a *Martin* para recomendaciones específicas.

### Banda

Los elevadores de banda de descarga centrífuga, se suministran con banda 100% de poliéster en armazón de PVC o de varias capas recubiertas de hule, diseñadas especialmente para servicio de elevador. Se encuentran disponibles muchos otros tipos de bandas.



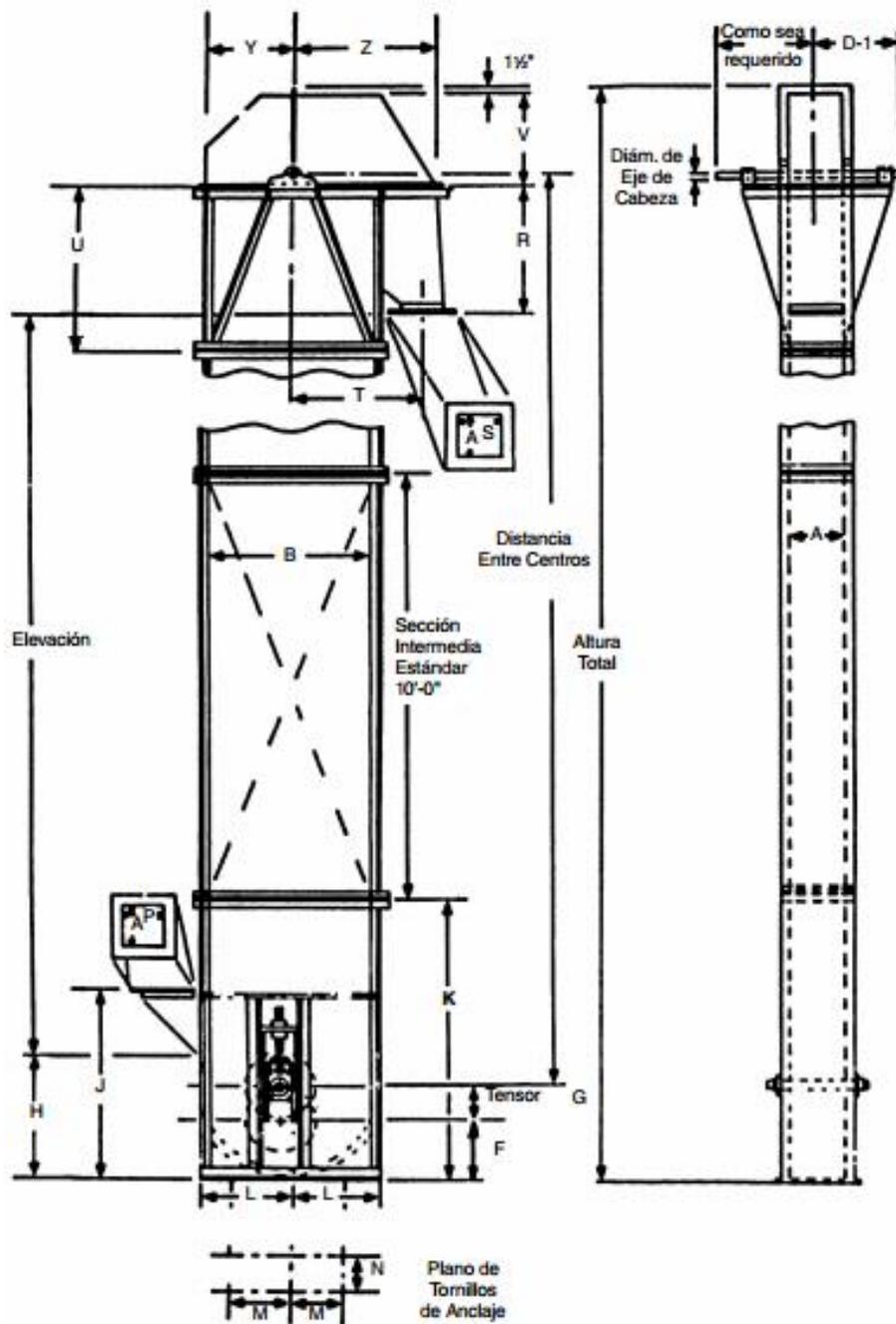
### Elevador de Cangilones de Banda de Descarga Centrífuga Serie 100

Número de Elevador	Capacidad Máx. P.C.H.	Cangilones				Banda		Tamaño Máx. Partícula		Tamaño Nom. de la Caja		Poles en Cabeza		Poles en Bota	
		Ancho	Proy.	Prof.	Espacio	Ancho	P.P.M.	100%	10%	Ancho	Prof.	Diámetro	RPM	Diámetro	Diámetro de Eje
B43-139	95	4	2¼	3	8	5	140	¼	1	8	18	8.00	62.9	8.00	1.5000
B64-141	293	6	4	4.25	13	7	235	½	2½	11¼	35	20.00	43.8	16.00	1.5000
B64-140	324	6	4	4.25	13	7	260	½	2½	11¼	39	24.00	40.5	16.00	1.5000
B85-142	543	8	5	5.5	16	9	230	¾	3	13¾	39	20.00	42.9	14.00	2.0000
B85-143	591	8	5	5.5	16	9	250	¾	3	13¾	42	24.00	39	16.00	2.0000
B106-144	911	10	6	6.25	16	11	225	1	3½	15¼	42	20.00	41.9	16.00	2.0000
B106-145	1013	10	6	6.25	16	11	250	1	3½	15¼	48	24.00	39	20.00	2.0000
B127-146	1425	12	7	7.25	18	13	250	1¼	4	17¾	48	24.00	39	20.00	2.4375

### Series 100 y 700 Banda y Cadena

No. de Elevador de Cadena	No. de Elevador de Banda	No. de Elevador de Banda	No. de Elevador de Cadena	Dimensiones <sup>®</sup> (En Pulgadas)																		
				Cuerpo		Bota								Cabeza								
				A	B	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	S	T	U	V	Y	Z	D-1 <sup>®</sup>
C43-101		B43-139		8	18	9	6	27¼	36¼	42	9	6	10	6	15	8	17½	36	14	9	20¼	13
C64-102				9¼	35	13	9	26¼	43	72	17¼	14¼	13¼	13	29¼	10	28¼	42	19¼	17¼	30¼	13
		B64-140		11¼	39	14	9	26¼	43	72	19¼	16¼	15¼	13	31¼	10	30¼	42	21¼	19¼	32¼	14
C85-103		B64-141		11¼	35	13	9	26¼	43	72	17¼	14¼	15¼	13	29¼	10	28¼	42	19¼	17¼	30¼	14
C85-104			C85-766	11¼	39	14	9	26¼	43	72	19¼	16¼	15¼	13	31¼	10	30¼	42	21¼	19¼	32¼	14
C85-105	B85-790		C85-767	11¼	39	14	9	26¼	43	72	19¼	16¼	15¼	13	31¼	10	30¼	42	21¼	19¼	32¼	14
C85-107				11¼	42	16	9	32¼	50	72	21	18	15¼	13	32¼	10	33¼	42	24	21	36¼	14¼
C85-108				11¼	42	16	9	32¼	50	72	21	18	15¼	13	32¼	10	33¼	42	24	21	36¼	14¼
	B105-791	B85-142	C105-768	13¼	39	14	9	26¼	43	72	19¼	16¼	17¼	13	31¼	10	30¼	42	21¼	19¼	32¼	15
C106-110				13¼	42	16	9	32¼	50	72	21	18	17¼	13	32¼	10	33¼	42	24	21	36¼	15¼
C106-111		B85-143		13¼	42	16	9	32¼	50	72	21	18	17¼	13	32¼	10	33¼	42	24	21	36¼	15¼
C106-112			C107-770	13¼	48	19	9	40¼	60	72	24	21	17¼	15	35¼	13	36¼	48	27¼	24	40¼	16
C106-113			C107-771	13¼	48	19	9	40¼	60	72	24	21	17¼	15	35¼	13	36¼	48	27¼	24	40¼	16
C106-116	B107-792			15¼	42	16	9	32¼	50	72	21	18	19¼	13	32¼	10	33¼	42	24	21	36¼	17
		B106-144		15¼	42	16	9	32¼	50	72	21	18	19¼	13	32¼	10	33¼	42	24	21	36¼	17
C127-117	B127-793		C127-772	15¼	48	19	9	40¼	60	72	24	21	19¼	15	35¼	13	36¼	48	27¼	24	40¼	17
C127-119	B128-795	B106-145	C127-773	15¼	48	19	9	40¼	60	72	24	21	19¼	15	35¼	13	36¼	48	27¼	24	40¼	17
C127-120			C128-776	15¼	48	19	9	40¼	60	72	24	21	19¼	15	35¼	13	36¼	48	27¼	24	40¼	17
C127-122			C128-777	15¼	54	21	10	39	60¼	72	27	24	19¼	17	38¼	17	41¼	48	31	27	45	18¼
		B127-146		28	64	26	10	29¼	60¼	72	32	29	30¼	26¼	36	17	46¼	48	36¼	32	53	24
		S																				

Fuente: MARTIN. Manejo de materiales



Fuente: MARTIN. Manejo de materiales

# Cangilones y Cadena

<b>Estilo AA</b> Son cangilones para usarse en elevadores de descarga centrífuga en el manejo de materiales de flujo relativamente libre. Se pueden montar en cadena o banda y suministrarse en hierro dúctil o en diferentes materiales plásticos.		Tamaño de cangilón			Peso (lb)	Capacidad pies cúbicos X — X
		A	B	C		
		4	2½	3	1.0	.01
		6	4	4½	2.7	.03
		8	5	5½	4.8	.07
		10	6	6½	7.7	.12
		12	7	7½	12.0	.19
14	7	7½	13.9	.23		
16	8	8½	21.8	.34		

## Descarga Centrífuga de Banda, Serie 100

No. de cangilones, tornillos para cangilones, roldanas y longitud de banda

No. de Elevador	Cangilones Estilo AA Maleable			Tornillos para Cangilones y Roldanas (Tornillos Norway)		Banda (Incluyendo 3 Cangilones Traslapados)	
	Tamaño (Pulg.)	Espaciamento (Pulg.)	* Cantidad	Tamaño (Pulg.)	Cantidad	No. de Perforaciones a hacer en la Banda	Longitud (Pies)
B43-139	4 x 3	8	3.12 + (3 x Distancia entre Centros)	½ x 1	2 x (No. de Cangilones)	6 + (No. de Tornillos)	5' + (2 x Distancia entre Centros)
B64-140	6 x 4	13	4.85 + (1.85 x Distancia entre Centros)	½ x 1	2 x (No. de Cangilones)	6 + (No. de Tornillos)	9' + (2 x Distancia entre Centros)
B64-141	6 x 4	13	4.34 + (1.85 x Distancia entre Centros)	½ x 1	2 x (No. de Cangilones)	6 + (No. de Tornillos)	9' + (2 x Distancia entre Centros)
B85-142	8 x 5	16	3.34 + (1.5 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	5 x (No. de Cangilones)	15 + (No. de Tornillos)	9' + (2 x Distancia entre Centros)
B85-143	8 x 5	16	4.13 + (1.5 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	5 x (No. de Cangilones)	15 + (No. de Tornillos)	10' + (2 x Distancia entre Centros)
B106-144	10 x 6	16	3.53 + (1.5 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	5 x (No. de Cangilones)	15 + (No. de Tornillos)	9' + (2 x Distancia entre Centros)
B106-145	10 x 6	16	4.34 + (1.5 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	5 x (No. de Cangilones)	15 + (No. de Tornillos)	10' + (2 x Distancia entre Centros)
B127-146	12 x 7	18	3.86 + (1.33 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	5 x (No. de Cangilones)	15 + (No. de Tornillos)	11' + (2 x Distancia entre Centros)
B127S-146S	12 x 7	16	6.28 + (3 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	5 x (No. de Cangilones)	15 + (No. de Tornillos)	15' + (2 x Distancia entre Centros)
B127-147	12 x 7	18	4.72 + (1.33 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	5 x (No. de Cangilones)	15 + (No. de Tornillos)	13' + (2 x Distancia entre Centros)
B147-148	14 x 7	18	3.86 + (1.33 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	7 x (No. de Cangilones)	21 + (No. de Tornillos)	11' + (2 x Distancia entre Centros)
B147-149	14 x 7	18	4.72 + (1.33 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	7 x (No. de Cangilones)	21 + (No. de Tornillos)	13' + (2 x Distancia entre Centros)
B168-150	16 x 8	18	3.31 + (1.33 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	7 x (No. de Cangilones)	21 + (No. de Tornillos)	10' + (2 x Distancia entre Centros)
B168-152	16 x 8	18	4.72 + (1.33 x Distancia entre Centros)	¾ x 1½	7 x (No. de Cangilones)	21 + (No. de Tornillos)	13' + (2 x Distancia entre Centros)

Fuente: MARTIN. Manejo de materiales



**Dati tecnici**

P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	sf	i		
------------------------	--	------------------------	----	---	---	---

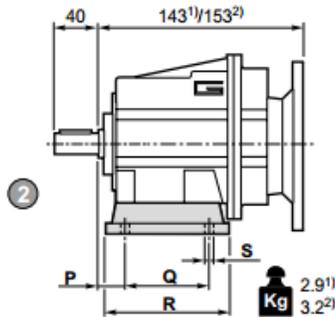
**0.06**

56A4 (1400 min <sup>-1</sup> )	279	2	20.3	5.03	CMG002	B5/B14
	230	2	16.7	6.10		B5/B14
	187	3	13.6	7.49		B5/B14
	156	4	14.2	8.99		B5/B14
	138	4	12.5	10.16		B5/B14
	116	5	10.5	12.07		B5/B14
	105	5	13.3	13.40		B5/B14
	92.5	6	11.8	15.14		B5/B14
	77.1	7	9.8	18.17		B5/B14
	64.9	8	8.3	21.58		B5/B14
	59.6	9	7.6	23.51		B5/B14
	55.8	10	7.1	25.10		B5/B14
	51.7	11	6.6	27.08		B5/B14
	43.1	13	5.5	32.49		B5/B14
	33.3	17	4.2	42.04		B5/B14
	31.2	18	4.0	44.89	B5/B14	
	28.7	19	3.6	48.86	B5/B14	
	25.4	22	3.2	55.10	B5/B14	

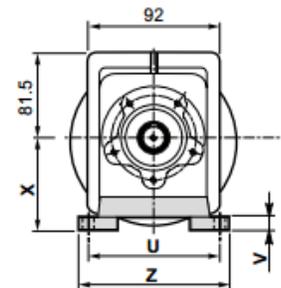
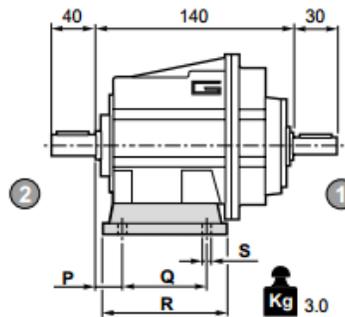
**0.09**

56B4 (1400 min <sup>-1</sup> )	279	3	13.5	5.03	CMG002	B5/B14
	230	4	11.1	6.10		B5/B14
	187	4	9.1	7.49		B5/B14
	156	5	9.4	8.99		B5/B14
	138	6	8.3	10.16		B5/B14
	116	7	7.0	12.07		B5/B14
	105	8	8.9	13.40		B5/B14
	92.5	9	7.8	15.14		B5/B14
	77.1	11	6.5	18.17		B5/B14
	64.9	13	5.5	21.58		B5/B14
	59.6	14	5.1	23.51		B5/B14
	55.8	15	4.7	25.10		B5/B14
	51.7	16	4.4	27.08		B5/B14

**CMG 002 H..**



**CMGIS 002 H..**



Versione H / H Version										
CMG CMGIS	P	Q	R	S	U	V	X	Z	Piede / Foot	
									Tipo / Type	Peso / Weight [kg]
002	18	60	80	9	100	10	60	120	H60	0.2
	18	80	104	9	110 - 120	10	75	145	H75	0.3
	18	50 - 87	110	9	110	10	85	135	H85	0.4

Fuente: Motorreductores TRANSTECNO

## ANEXO N. TABLAS PÁRA LA SELECCIÓN DE LOS TORNILLOS TRANSPORTADORES HELICOIDALES

### Tabla 1-2 Características de los Materiales



Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Series de Componentes	Factor de Material F <sub>a</sub>	Carga de Arieta
Hule peletizado (pellets)	50-55	D3-45	L-S-B	2	1.5	30A
Hulla (ver Carbon, Antracita)	-	-	-	-	-	-
Ilmenita, mineral	140-160	D3-37	H	3	2	15
Jabón Detergente	15-50	B6-35FQ	L-S-B	1	0.8	30A
Jabón en escamas	5-15	B6-35QXY	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, hojuelas	15-25	C1/2-35Q	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, perlas o granulado	15-35	B6-35Q	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, polvo	20-25	B6-25X	L-S-B	1	0.9	45
Kafir (Maíz)	40-45	C1/2-25	H	3	0.5	45
Kryalith (ver Criolita)	-	-	-	-	-	-
Lactato de Calcio	26-29	D3-45QTR	L-S	2	0.6	30A
Lactosa	32	A40-35PU	S	1	0.6	30A
Ladrillo, molido 1/4"	100-120	B6-37	H	3	2.2	15
Leche, en polvo	20-45	B6-25PM	S	1	0.5	45
Leche, entera, en polvo	20-36	B6-35PUX	S	1	0.5	30A
Leche, malteada	27-30	A40-45PX	S	1	0.9	30A
Leche, seca, en hojuelas	5-6	B6-35PUY	S	1	0.4	30A
Lignito (ver Lignito de Carbón)	-	-	-	-	-	-
Limanita café, mineral	120	C1/2-47	H	3	1.7	15
Linaza (ver Lino)	-	-	-	-	-	-
Lindano (Hexacloro Benceno)	-	-	-	-	-	-
Lino, semilla	43-45	B6-35X	L-S-B	1	0.4	30A
Lino, semilla, harina	25-45	B6-45W	L-S	1	0.4	30A
Lino, semilla, torta	48-50	D7-45W	L-S	2	0.7	30A
Litargirio (Óxido de Plomo)	-	-	-	-	-	-
Lithopone	45-50	A325-35MR	L-S	1	1	30A
Lodos de drenaje secos	40-50	E-47TW	H	3	0.8	15
Lodos de drenaje, secos, molidos	45-55	B-46S	H	2	0.8	30B
Lúpulo, agotado, húmedo	50-55	D3-45V	L-S	2	1.5	30A
Lúpulo, agotado, Seco	35	D3-35	L-S-B	2	1	30A
Madera, Astilla Cribada	10-30	D3-45VY	L-S	2	0.6	30A
Madera, Harina	16-36	B6-35N	L-S	1	0.4	30A
Madera, Viruta	8-16	E-45VY	L-S	2	1.5	30A
Maíz, medio molido	40-45	B6-35P	L-S-B	1	0.5	30A
Maíz, germen	21	B6-35PY	L-S-B	1	0.4	30A
Maíz, grano*	56	E-35	L-S	2	-	30A
Maíz, harina	32-40	B6-35P	L-S	1	0.5	30A
Maíz, mazorca, entera*	12-15	E-35	L-S	2	-	30A
Maíz (olote, molido)	17	C1/2-25Y	L-S-B	1	0.6	45
---	---	---	---	---	---	---

Fuente: MARTIN. Manejo de materiales



# Factores de Capacidad

**Tabla 1-3**

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial $CF_1$		
Paso	Descripción	$CF_1$
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1.00
Corto	Paso = $\frac{1}{2}$ Diámetro del Helicoidal	1.50
Medio	Paso = $\frac{1}{3}$ Diámetro del Helicoidal	2.00
Largo	Paso = $\frac{1}{4}$ Diámetro del Helicoidal	0.67

**Tabla 1-4**

Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial $CF_2$			
Tipo de Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal con Corte	1.95	1.57	1.43
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	3.75	2.54
Helicoidal de Listón	1.04	1.37	1.62

\*No se recomienda  
 Si no se utilizan ninguno de los tipos anteriores de helicoidal:  $CF_2 = 1.0$ .

**Tabla 1-5**

Capacidad para Transportador con Paletas Mezcladoras $CF_3$					
Paletas Estándar de Paso Invertido a 45°	Paletas por Paso				
	Ninguna	1	2	3	4
Factor $CF_3$	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32

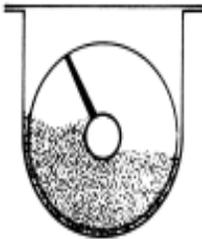
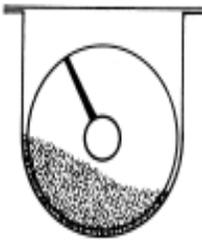
**Fuente:** MARTIN. Manejo de materiales

# Tabla de Capacidad para Transportadores Helicoidales Horizontales

(Consulte a *Martin* para transportadores inclinados)



Tabla 1-6

Carga de Artesa		Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM
			A 1 RPM	A Máx. RPM	
<b>45%</b>		4	0.62	114	184
		6	2.23	368	165
		9	8.20	1270	155
		10	11.40	1710	150
		12	19.40	2820	145
		14	31.20	4370	140
		16	46.70	6060	130
		18	67.60	8120	120
		20	93.70	10300	110
		24	164.00	16400	100
	30	323.00	29070	90	
<b>30% A</b>		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
	30	216.00	12960	60	

Fuente: MARTIN. Manejo de materiales

**Tabla 1-7**

Tabla de Tamaños Máximos de Partículas					
Dímetro de Helicoidal (Pulgadas)	Tubo D.E.* (Pulgadas)	Separación Radial (Pulgadas)	Clase 1 10% de Partículas Partícula Máxima (Pulgadas)	Clase 2 25% Partículas Partícula Máxima (Pulgadas)	Clase 3 95% Partículas Partícula Máxima (Pulgadas)
6	2%	2%	1%	½	½
9	2%	3%	2%	1%	¾
9	2%	3%	2%	1%	¾
12	2%	5%	2%	2	1
12	3%	4%	2%	2	1
12	4	4%	2%	2	1
14	3%	5%	3%	2%	1½
14	4	5%	2%	1½	1½
16	4	6%	3%	2%	1½
16	4%	6%	3%	2%	1½
18	4	7%	4%	3	1½
18	4%	7%	4%	3	1½
20	4	8%	4%	3%	2

**Tabla 1-8**

Grupo de Componentes 1					
Dímetro del Helicoidal (Pulgadas)	Dímetro del Eje (Pulgadas)	Número de Helicoidal		Espesor, Calibre Americano Estándar (Pulgadas)	
		Helicoidales Continuos	Helicoidales Seccionales	Artesa	Cubierta
6	1½	6H304	6S307	Calibre 16	Calibre 16
9	1½	9H306	9S307	Calibre 14	Calibre 14
9	2	9H406	9S409	Calibre 14	Calibre 14
12	2	12H408	12S409	Calibre 12	Calibre 14

**Tabla 1-9**

Grupo de Componentes 2					
Dímetro del Helicoidal (Pulgadas)	Dímetro del Eje (Pulgadas)	Número de Helicoidal		Espesor, Calibre Americano Estándar (Pulgadas)	
		Helicoidales Continuos	Helicoidales Seccionales	Artesa	Cubierta
6	1½	6H308	6S309	Calibre 14	Calibre 16
9	1½	9H312	9S309	Calibre 10	Calibre 14
9	2	9H412	9S412	Calibre 10	Calibre 14
12	2	12H412	12S412	¾"	Calibre 14

Fuente: MARTIN. Manejo de materiales

**Tabla 1-11**

Selección de Bujes para Colgantes				
Grupos de Componentes de Bujes	Tipos de Bujes	Material Recomendado para Ejes de Acoplamiento Δ	Temperatura de Operación Máxima Recomendada	F <sub>b</sub>
B	Bolas (Rodamientos)	Estándar	180°F	1.0
L	Bronce	Estándar	300°F	1.7
S	Bronce <i>Martin</i> *	Estándar	850°F	2.0
	Bronce Grafitado	Estándar	500°F	
	Bronce Impregnado de Aceite	Estándar	200°F	
	Madera Impregnado de Aceite	Estándar	160°F	
	Nylatron	Estándar	250°F	
	Nylon	Estándar	160°F	
	Teflon	Estándar	250°F	
	UHMW	Estándar	225°F	
Uretano	Estándar	200°F		
H	Hierro Endurecido <i>Martin</i> *	Endurecido	500°F	3.4
	Hierro Endurecido	Endurecido	500°F	4.4
	Sup. Endurecida	Endurecido o Especial	500°F	
	Stellite	Especial	500°F	
	Cerámica	Especial	1000°F	

\*Metal Sinterizado. Auto Lubricado.

**Tabla 1-12**

Factor del Diámetro del Transportador, F <sub>d</sub>			
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F <sub>d</sub>	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F <sub>d</sub>
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300.0

**Tabla 1-13**

Factor del Bujes para Colgante		
Tipo de Bujes		Factor del Bujes para Colgante F <sub>b</sub>
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce <i>Martin</i>	2.0
S	Bronce Grafitado	2.0
	Bronce, Impregnado en Aceite	
	* Madera, Impregnado en Aceite	
	* Nylatron *	
	* Nylon	
* Teflón		
* UHMW		
* Uretano		
	* Hierro Endurecido <i>Martin</i>	3.4
H	* Superficie Endurecida	4.4
	* Stellite	
	* Cerámica	

\* Bujes no lubricados o bujes sin lubricación adicional.

**Fuente:** MARTIN. Manejo de materiales

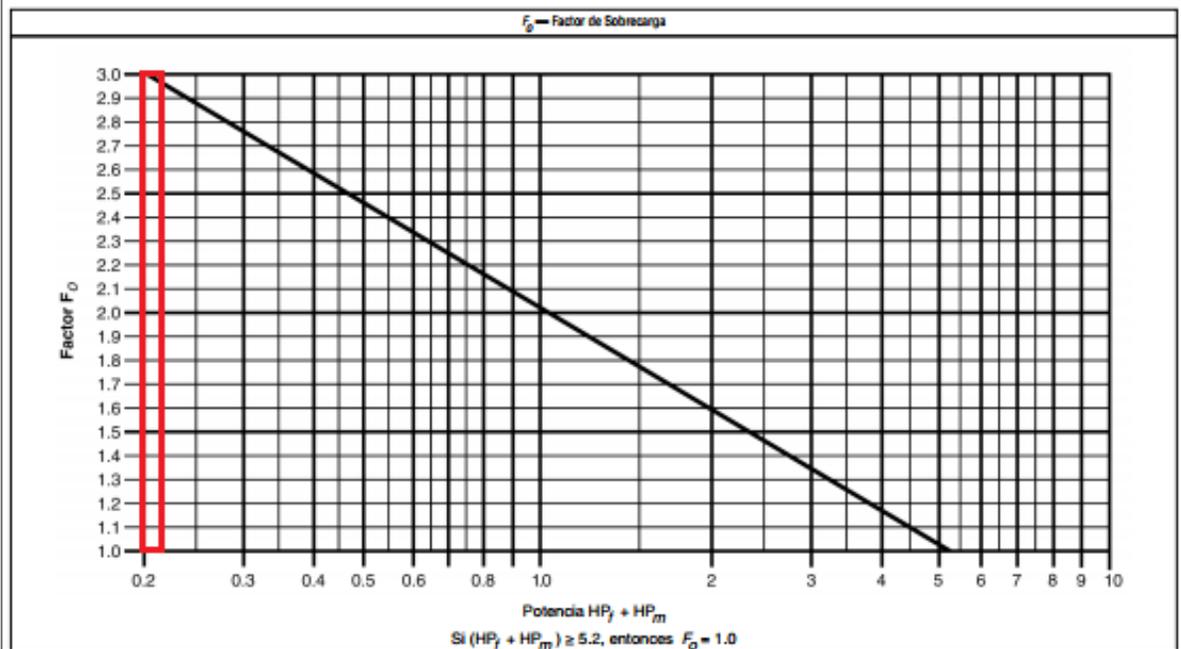
**Tabla 1-14**  
Factor,  $F_f$

Tipo de Helicidad	$F_f$ Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	33%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doble	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—
*No recomendada				

**Tabla 1-15**

Factor de Paleta, $F_p$					
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido					
Número de Paletas por Paso	0	1	2	3	4
Factor de Paleta — $F_p$	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

**Tabla 1-16**



**Tabla 1-17**

Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones				
Transmisión para Transportador Helicoidal o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	Motorreductor con Cople	Motorreductor con Transmisión de Cadena	Corona Sinfin
.88	.87	.95	.87	Consulte a <i>Martin</i>

Fuente: MARTIN. Manejo de materiales

**Tabla 1-18**

Acoplamiento	Tubo		Ejes		Diámetro del Perno (Pulgadas)	Pernos			
	Ced. 40		Torque (lb-Pulgadas)*			Pernos al Corte (lb-Pulgadas)▼		Resistencia de los Barrenos (lb-Pulgadas)	
	Tamaño (Pulgadas)	Torque (lb-Pulgadas)	Estándar CEMA (C-1018)	Estándar ANSI (C-1045)		No. de Pernos		No. de Pernos	
						2	3	2	3
1	1½	3,140	820	999	¾	1,380	2,070	1,970	2,955
1½	2	7,500	3,070	3,727	¾	3,660	5,490	5,000	7,500
2	2½	14,250	7,600	9,233	¾	7,600	11,400	7,860	11,790
2½	3	23,100	15,090	18,247	¾	9,270	13,900	11,640	17,460
3	3½	32,100	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	15,540	23,310
3	4	43,000	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	25,000	37,500
3½	4	43,300	42,550	51,568	¾	25,600	38,400	21,800	32,700

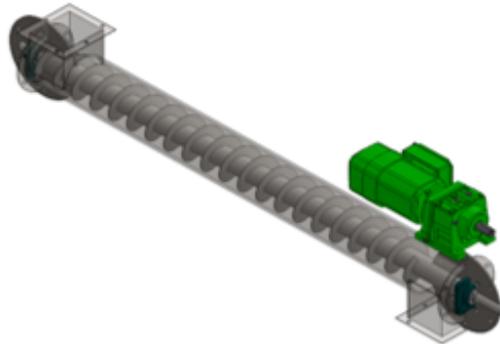
**Fuente:** MARTIN. Manejo de materiales

**TABLA 1-20 TORNILLO TRANSPORTADOR SIN FIN INCLINADO**



Longitud	138 "	Potencia	1 HP
Diámetro del eje helicoidad	6"	RPM Motor	1200
Secciones del eje	2	Cantidad	1
RPM Tornillo sin fin	27	Bache de produccion	2200 lb

**TABLA 1-21 TORNILLO TRANSPORTADOR SIN FIN HORIZONTAL**



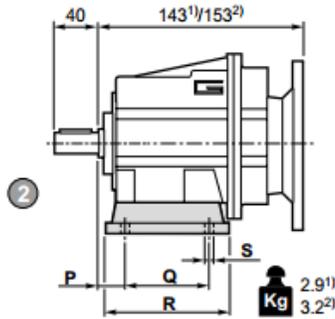
Longitud	63 "	Potencia	1 HP
Diámetro del eje helicoidad	6"	RPM Motor	1200
Secciones del eje	1	Cantidad	1
RPM Tornillo sin fin	37	Bache de produccion	2200 lb

Dati tecnici

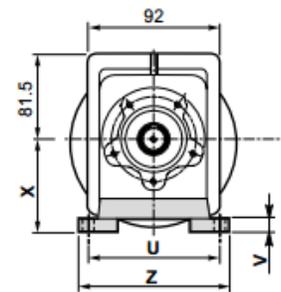
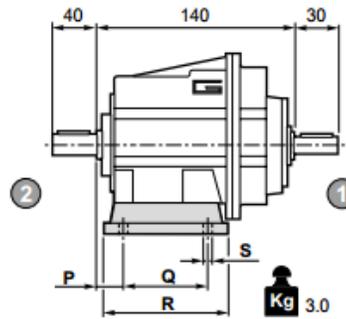
Technical data

P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	sf	i		P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	sf	i					
<b>0.55</b>						<b>0.55</b>									
80A4 (1400 min <sup>-1</sup> )	279	18	2.2	5.03	CMG002	B5/B14	80A4	72.8	69	4.0	19.24	CMG032	B5/B14		
	230	22	1.8	6.10		B5/B14	(1400 min <sup>-1</sup> )	66.2	76	3.7	21.15		B5/B14		
	187	27	1.5	7.49		B5/B14	56.0	90	3.3	24.99	B5/B14				
	156	32	1.5	8.99		B5/B14	45.8	110	2.7	30.57	B5/B14				
	138	37	1.4	10.16		B5/B14	40.9	123	2.4	34.20	B5/B14				
	116	43	1.2	12.07		B5/B14	36.2	139	2.2	38.63	B5/B14				
	105	48	1.5	13.40		B5/B14	31.7	159	1.9	44.18	B5/B14				
	92.5	55	1.3	15.14		B5/B14	27.3	185	1.6	51.30	B5/B14				
	77.1	65	1.1	18.17		B5/B14	23.0	219	1.4	60.80	B5/B14				
	64.9	78	0.9	21.58		B5/B14	19.2	257	1.2	72.83	CMG033		B5/B14		
	59.6	85	0.8	23.51		B5/B14							B5/B14		
	23.0	219	0.9	60.90		B5/B14	14.4	344	0.9	97.45	CMG042		B5/B14		
	367	14	4.4	3.82		CMG012	B5/B14	23.0	219	2.2			60.80	B5/B14	
	302	17	3.6	4.63			B5/B14	19.2	257	1.9			72.83	CMG043	B5/B14
246	20	2.9	5.69	B5/B14	14.4		344	1.5	97.45	B5/B14					
181	28	2.9	7.72	B5/B14	12.1		408	1.2	115.74	B5/B14					
153	33	2.4	9.17	B5/B14	9.9		497	1.0	140.81	B5/B14					
143	35	2.3	9.81	B5/B14	9.9		497	1.0	140.81	B5/B14					
122	41	2.4	11.50	B5/B14	8.0		615	0.8	174.26	B5/B14					
118	43	2.3	11.90	B5/B14	<b>0.75</b>		80B4 (1400 min <sup>-1</sup> )	279	25	1.6		5.03	CMG002		B5/B14
101	50	2.4	13.80	B5/B14				230	30	1.3		6.10			B5/B14
95.7	53	2.3	14.62	B5/B14				187	37	1.1		7.49			B5/B14
78.4	64	1.9	17.86	B5/B14				156	44	1.1		8.99			B5/B14
73.4	69	1.7	19.07	B5/B14				138	50	1.0		10.16			B5/B14
70.6	71	1.7	19.83	B5/B14				116	59	0.8		12.07			B5/B14
59.4	85	1.4	23.56	B5/B14											
47.4	106	1.1	29.56	B5/B14											
39.5	128	0.9	35.47	B5/B14											

CMG 002 H..



CMGIS 002 H..



Versione H / H Version										
CMG CMGIS	P	Q	R	S	U	V	X	Z	Piede / Foot	
									Tipo / Type	Peso / Weight [kg]
002	18	60	80	9	100	10	60	120	H60	0.2
	18	80	104	9	110 - 120	10	75	145	H75	0.3
	18	50 - 87	110	9	110	10	85	135	H85	0.4

Fuente: Motorreductores TRANSTECNO

## ANEXO O. TABLAS Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO DE LAS TOLVAS DE ESPERA

### USO O APLICACIONES

La Lámina galvanizada lisa calidad comercial de acero base (Full Hard) se comercializa en Lámina cortada y es empleada para la formación de teja de zinc ondulada, este producto tiene aplicaciones en techos, cerramientos y puertas entre otros usos.

La Lámina galvanizada lisa calidad comercial de acero base (Recocida) se comercializa en Lámina cortada o bobina, para diferentes usos, por lo general en líneas blancas, conformación de elementos eléctricos, ornamentación, etc.

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

#### ▪ PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICAS

Las siguientes propiedades químicas y mecánicas corresponden a las del material base:

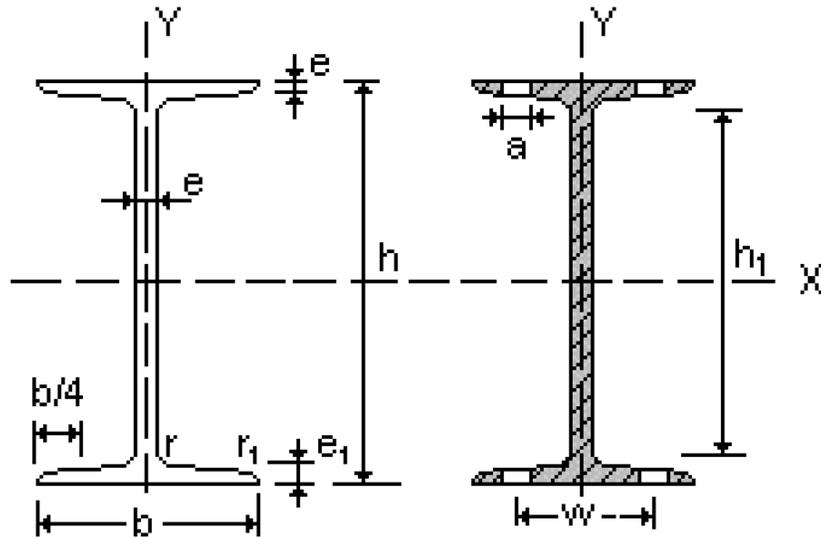
ESPECIFICACION	Grado Temper	Acabado Superficial	PROPIEDADES MECANICAS <sup>1</sup>							COMPOSICION QUIMICA			
			Esfuerzo de Tensión (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación %						C max	Mn max	P max	S max
				Discriminación de acuerdo al espesor nominal (mm)									
				0.25-0.40	0.40-0.60	0.60-1.00	1.00-1.60	1.60-2.50	2.5 o más				
Material Base	A	D	270 min	32 mínimo	34 mínimo	36 mínimo	37 mínimo	38 mínimo	39 mínimo	0.15	0.60	0.050	0.050
	1	D	No aplica										

A: Recocida 1: Full Hard con una dureza (Hardness) 85 HRB mínimo D: Acabado Mate producido por la rugosidad de los rodillos de laminación ó superficie química.

**Fuente:** Corpacero

## Perfiles IPN

Perfil	Dimensiones							Términos de sección									Agujeros			Peso p kp/m	
	h mm	b mm	e = r mm	e <sub>1</sub> mm	r <sub>1</sub> mm	h <sub>1</sub> mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>a</sub> cm <sup>6</sup>	w mm	a mm		e <sub>2</sub> mm
IPN 80	80	42	3,9	5,9	2,3	59	304	7,58	11,4	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	0,93	87,5	22	-	4,43	5,95
IPN 100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	370	10,6	19,9	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	1,72	268	28	-	5,05	8,32
IPN 120	120	58	5,1	7,7	3,1	92	439	14,2	31,8	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	2,92	685	32	-	5,67	11,2
IPN 140	140	66	5,7	8,6	3,4	109	502	18,3	47,7	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	4,66	1540	34	11	6,29	14,4
IPN 160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	575	22,8	68,0	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	7,08	3138	40	11	6,91	17,9
IPN 180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	640	27,9	93,4	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	10,3	5924	44	13	7,53	21,9
IPN 200	200	90	7,5	11,3	4,5	159	709	33,5	125	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	14,6	10520	48	13	8,15	26,3
IPN 220	220	98	8,1	12,2	4,9	175	775	39,6	162	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	20,1	17760	52	13	8,77	31,1
IPN 240	240	106	8,7	13,1	5,2	192	844	46,1	206	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	27,0	28730	56	17	9,39	36,2
IPN 260	260	113	9,4	14,1	5,6	208	906	53,4	257	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	36,1	44070	60	17	10,15	41,9
IPN 280	280	119	10,1	15,2	6,1	225	966	61,1	316	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	47,8	64580	62	17	11,04	48,0
IPN 300	300	125	10,8	16,2	6,5	241	1030	69,1	381	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	61,2	91850	64	21	11,83	54,2
IPN 320	320	131	11,5	17,3	6,9	257	1090	77,8	457	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	78,2	128800	70	21	12,72	61,1



# MCQ12 series

## ISO-VDMA STANDARD PROFILE CYLINDER

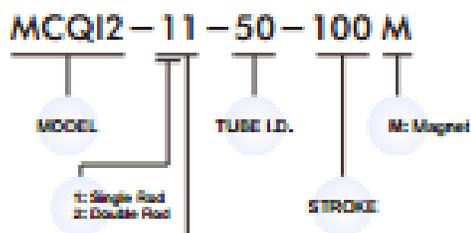


Table for standard stroke

Tube I.D.	Stroke (mm)
∅ 32, 40	55, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500
∅ 50, 63	↑ 600
∅ 80, 100	↑ 600, 700

\* Stroke out of specification is also available.  
 \* Please consult us if stroke out of specification.

### Order example



Code	Symbol	Description
1	1	Double acting / Male thread
2	1	Double rod / Double acting / Male thread
2	2	Double rod / Adjustable male thread (Please mark "adjustable" attachment) at order list.

\* Order example for special specification, refer to page 6-7.  
 \* Order example for Rc or NPT thread please consult us.

### Features

- **Non lubrication**  
Special housing and bushing enables self lubrication of piston rod.
- **High quality long service life**  
Hard anodized aluminum cylinder tubes offer a high resistance to corrosion and low internal friction.
- **ISO-VDMA Standard specification**  
Conforms to ISO-8431 and VDMA 24562 specification enabling worldwide interchangeability.
- **Easy to insert reed switch**  
With four grooves on the tube, proximity and reed sensors can be easily inserted into any position.

### Specification

Model	MCQ12
Tube I.D. (mm)	32, 40, 50, 63, 80, 100
Medium	Air
Operating pressure range	0.05-1 MPa
Proof pressure	1.5 MPa
Ambient temperature	-5- +60°C (No freezing)
Available speed range	50-500 mm/sec
Sensor switch (R)	RCl

\* RCl specification, please refer to page 8-11.

### Mounting accessories

\* Use the same accessories with MCQV.

FAC - MCQV - 50

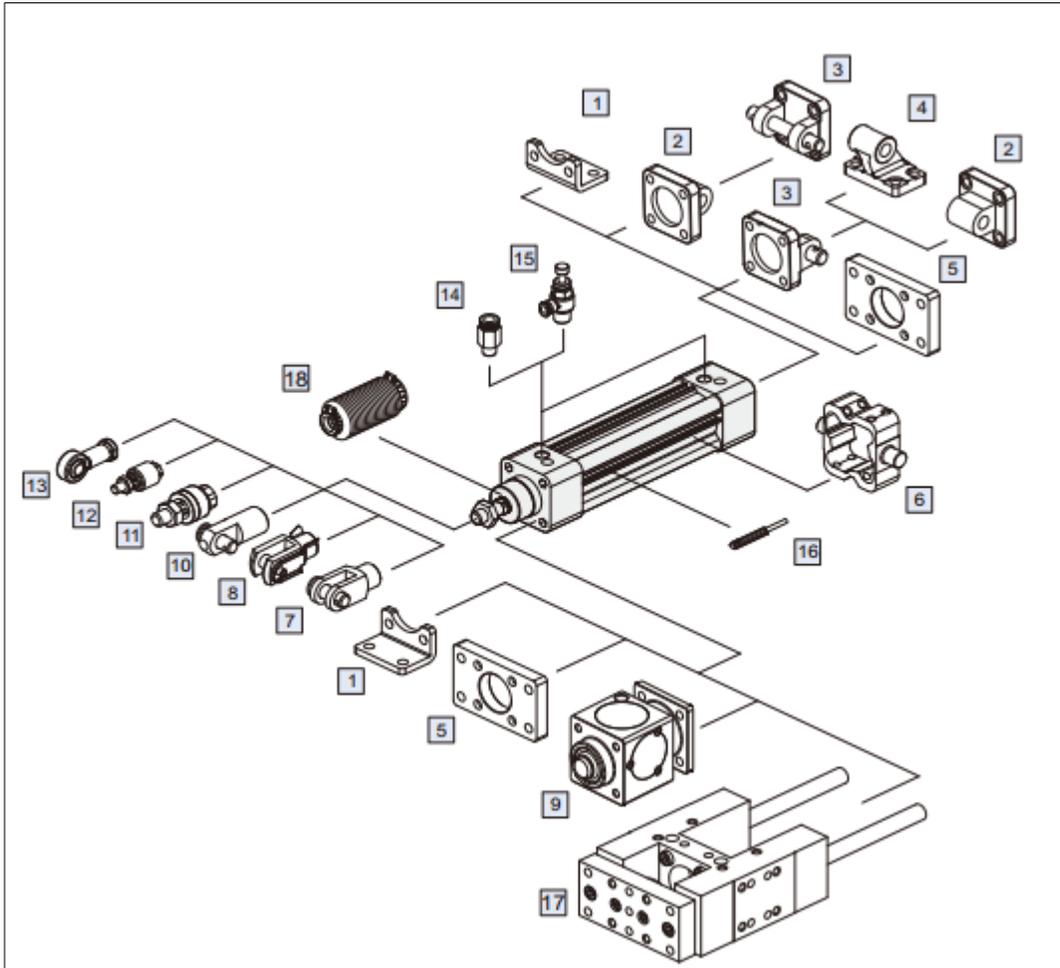


#### MOUNTING TYPE

	LB
	CA
	CB
	CDB (+CB-Fig)
	FAC
	FBC
	TA
	TB
	TC
	Y
	I
	YS (+Study set)

Model is MCQ12

Refer to MCQV dimension



Fuente: Catálogo MINDMAN

## ANEXO P. SELECCIÓN DE CICLON DE ALTA EFICIENCIA

Tabla 2. Características de los ciclones de alta eficiencia

Dimensión	Nomenclatura	Tipo de ciclón		
		Stairmand	Swift	Echeverri
Diámetro del ciclón	Dc/Dc	1.0	1.0	1.0
Altura de entrada	a/Dc	0.5	0.44	0.5
Ancho de entrada	b/Dc	0.2	0.21	0.2
Altura de salida	S/Dc	0.5	0.5	0.625
Diámetro de salida	Ds/Dc	0.5	0.4	0.5
Altura parte cilíndrica	h/Dc	1.5	1.4	1.5
Altura parte cónica	z/Dc	2.5	2.5	2.5
Altura total del ciclón	H/Dc	4.0	3.9	4.0
Diámetro salida partículas	B/Dc	0.375	0.4	0.375
Factor de configuración	G	551.22	698.65	585.71
Número cabezas de velocidad	NH	6.4	9.24	6.4
Número de vórtices	N	5.5	6.0	5.5

Fuente: ECHEVERRY, Carlos. Diseño óptimo de ciclones

# CMA



Posibilidad de diferentes posiciones de impulsión

**Ventiladores centrifugos de media presión y simple aspiración con envoltorio y turbina en fundición de aluminio**

**Ventilador:**

- Envoltorio en fundición de aluminio
- Turbina en fundición de aluminio
- Modelos 324, 325 y 426 turbina en poliamida, modelo 531-2T-3 turbina en chapa de acero

**Motor:**

- Motores eficiencia IE-2, excepto potencias inferiores a 0,75 kw monofásico y 2 velocidades
- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55, excepto modelos monofásicos protección IP54
- Monofásicos 220V, 60Hz, y trifásicos 220/380V, 60Hz
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C. + 120°C, máximo +70°C los modelos con turbina de poliamida

**Acabado:**

- Anticorrosivo en resina de poliéster, polimerizada a 190°C., previo desengrase alcalino y pretratamiento libre de fosfatos.

**Bajo demanda:**

- Bobinados especiales para diferentes tensiones
- Turbinas en fundición de aluminio para los modelos 324, 325 y 426
- Ventilador preparado para transportar aire hasta 250°C
- Certificación ATEX Categoría 2 (ver serie CMA/ATEX)

**Código de pedido**

CMA — 531 — 2T — 1,5 — 60Hz

CMA: Ventiladores centrifugos de media presión y simple aspiración con envoltorio y turbina en fundición de aluminio

Tamaño turbina

Número de polos motor  
2=3500 r/min. 60 Hz

T=Trifásico  
M=Monofásico

Potencia motor (c.v.)

Fuente: SODECA. Manual de ventiladores

## Características técnicas

60Hz

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)		Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel de presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)
		220V	380V				
CMA-218-2T	3504	0,61	0,35	0,09	265	63	6
CMA-218-2M	3504	0,6		0,09	265	63	6
CMA-324-2T	3420	1,21	0,7	0,18	440	70	9
CMA-324-2M	3420	1,5		0,18	440	70	9
CMA-325-2T	3336	1,64	0,95	0,25	600	73	11
CMA-325-2M	3336	2,2		0,25	600	73	11
CMA-426-2T	3318	1,78	1,03	0,37	850	75	13
CMA-426-2M	3318	2,95		0,37	850	75	13
CMA-527-2T	3360	2,42	1,4	0,55	1000	80	14,8
CMA-527-2M	3360	3,9		0,55	1000	80	14,8
CMA-528-2T-1	3336	3,12	1,8	0,75	1250	82	23,5
CMA-528-2M-1	3336	5,2		0,75	1250	82	23,5
CMA-528-2T-1,5	3420	4,42	2,55	1,1	1750	83	26
CMA-528-2M-1,5	3420	7,1		1,1	1750	83	26
CMA-531-2T-1,5	3456	4,42	2,55	1,1	1790	84	29
CMA-531-2M-1,5	3456	7,1		1,1	1790	84	29
CMA-531-2T-2	3420	5,89	3,4	1,5	2000	85	31
CMA-531-2M-2	3420	9,3		1,5	2000	85	31
CMA-531-2T-3	3360	8,23	4,75	2,2	2400	86	30
CMA-540-2T	3468	5,89	3,4	1,5	2600	85	38
CMA-545-2T-3	3408	8,23	4,75	2,2	2630	86	54
CMA-545-2T-4	3456	10,91	6,3	3	3550	88	64

## Características acústicas

Espectro de potencia sonora Lw(A) en dB(A) por banda de frecuencia en Hz

Modelo	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Modelo	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
218	29	43	61	67	71	66	63	54	531-1,5	50	64	82	88	92	89	84	75
324	36	50	68	74	78	75	70	61	531-2	51	65	83	89	93	90	85	76
325	39	53	71	77	81	78	73	64	531-3	52	66	84	90	94	91	86	77
426	41	56	73	79	83	80	75	66	540	54	67	85	91	96	92	87	79
527	46	60	78	84	88	85	80	71	545-3	56	68	86	92	97	93	88	80
528-1	48	62	80	86	90	87	82	73	545-4	57	70	88	94	99	95	90	82
528-1,5	49	63	81	87	91	88	83	74									

## Dimensiones mm

CMA-218...531

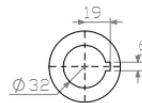
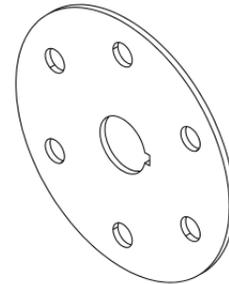
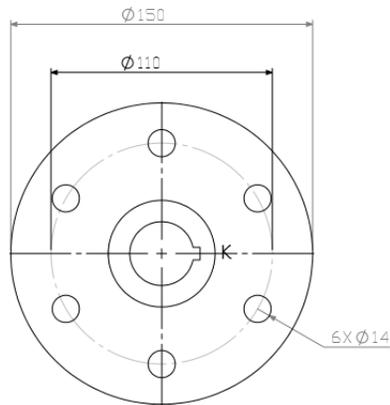
Modelo	A	A1	B	C	C1	C2	eD	ed	ed1	ed2	E	H	H1	el	eK	ek	eO	eO1	V	v	X	x1	Y
CMA-218	241	236	288	239	208	32	80	113	90	M5	110	170	114,5	90	54	76	5,5	7	140	100	80	50	20
CMA-324	311	302	356	268	202	38	80	130	112	M5	145	205	145	108	62	90	7	9	173	125	90	60	20
CMA-325	335	328	399	271	223	40	94	140	122	M6	155	235	152	120	80	102	7	9	180	145	110	80	20
CMA-426	354	344	412	291	250	40	117	155	132	M6	162	240	163	140	90	119	7	13	210	160	105	65	26
CMA-527	371	361	440	295	254	42	125	170	147	M6	168	260	170	155	100	129	7	13	220	170	120	80	20

Fuente: SODECA. Manual de ventiladores

**ANEXO Q. HOJAS DE RUTA PARA LA CONSTRUCCION Y ENSAMBLE DEL  
MOLINO DE MARTILLOS Y LAS TOLVAS DE ESPERA**

<b>N.º de pieza</b> <b>01</b>	<b>Nombre de la pieza</b> Martillo	<b>Fecha: 26/06/2017</b>	
	<b>Material:</b> HR 1 ¼" x ¼"	Tamaño: Espesor: 6.35 mm Ancho: 32 mm x Largo: 100 mm	Página 1 Cantidad: 24
<b>Núm</b>	<b>Operación</b>	<b>Maquina y/o herramienta</b>	<b>Tiempo de operación (min)</b>
<b>10</b>	Corte: Operación inicial de mecanizado, se corta la pieza a la medida determinada.	Cizalla cortadora CN	5
<b>20</b>	Taladrado de agujeros 2 x 14 mm de diámetro a 18 mm del borde inferior y a 16 mm de la esquina inferior izquierda	Taladro	5
<b>30</b>	Rectificado: Es una pieza plana se rectifica la superficie frontal y lateral	Pulidora	3

<b>N.º de pieza</b> <b>02</b>	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Discos	
<b>Material:</b> <b>Lámina calibre</b> <b>10</b>	Tamaño: Espesor: 3,42 mm Diámetro: 150 mm	Página 2
		Cantidad: 5

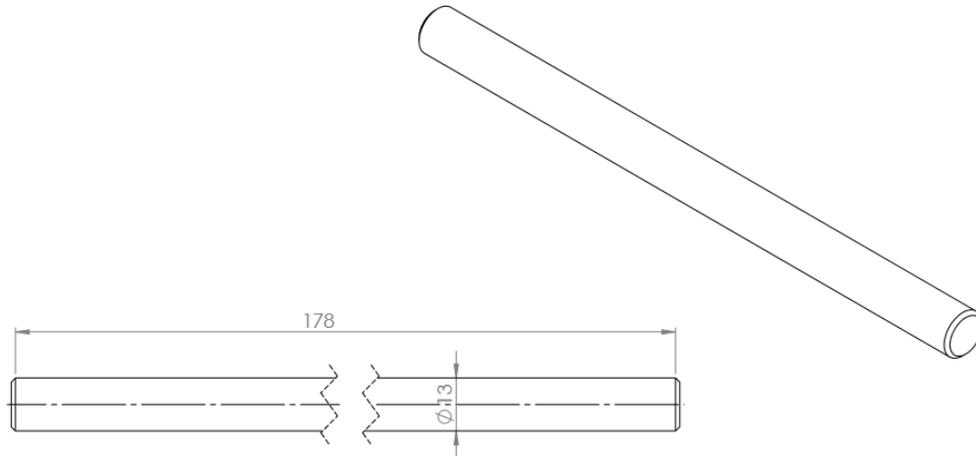


DETALLE K  
ESCALA 1 : 3

Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: se programa la máquina CNC con el croquis de la pieza, y esta realiza el corte del disco, los agujeros de 14 mm, el agujero del eje central de 32 mm y el cuñero de ¼ ``	Mesa de corte CNC por plasma	6
20	Rectificado: se rectifican las perforaciones donde van ubicados los ejes del rotor.	Taladro de columna	3



<b>N.º de pieza</b> 03	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Eje porta martillos	
<b>Material:</b> Acero 4340	Tamaño: Longitud: 178 mm	Página 3
	Diámetro: 12,70 mm	Cantidad: 6

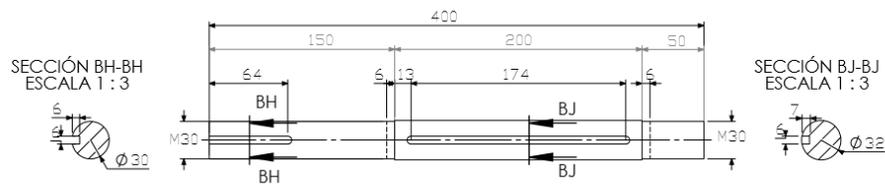
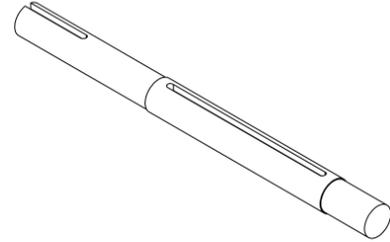


NOTA: CHAFLAN EN LAS PUNTAS DEL EJE ES DE 1X45.

Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Operación inicial de mecanizado, se corta la pieza a la longitud determinada.	Cortadora de disco	1
20	Chaflán: Se realizan chaflanes de 45° a las esquinas para dar un mejor terminado.	Torno revólver 12 velocidades	1



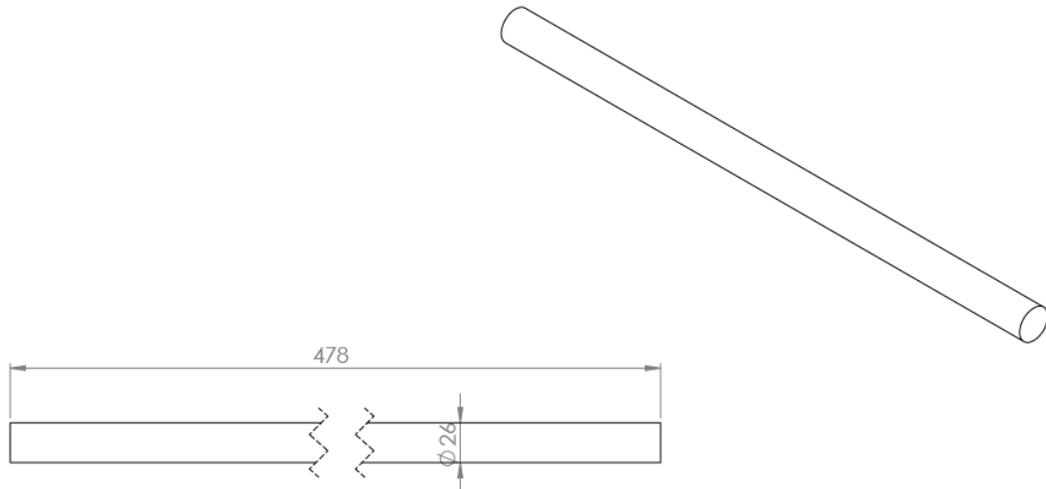
<b>N.º de pieza</b> <b>04</b>	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Eje Principal	
<b>Material:</b> <b>Acero 4340</b>	Tamaño: Longitud: 400 mm Diámetro: 332 mm	Página 4
		Cantidad: 1



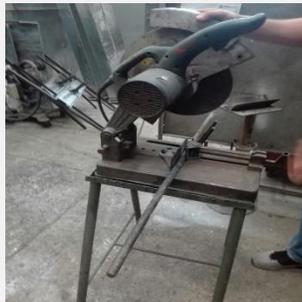
Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Operación inicial de mecanizado, se corta la pieza a la medida determinada.	Cortadora de disco	1
20	Cilindrado: Se cilindra el eje en los extremos para un diámetro de 30 mm, el extremo izquierdo a una longitud de 150 mm y el extremo derecho con 50 mm.	Torno Revólver 12 velocidades	15
30	Rosca: M32X0.75	Torno paralelo 2,5m entre puntos y volteo 800mm	4
40	Corte: Cuñero sección R de 64 mm x 6 mm	Fresadora	5
41	Corte: Cuñero seccion v de 174 mm x 6 mm.	Fresadora	5



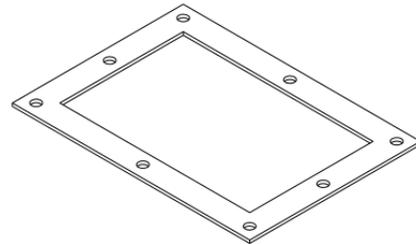
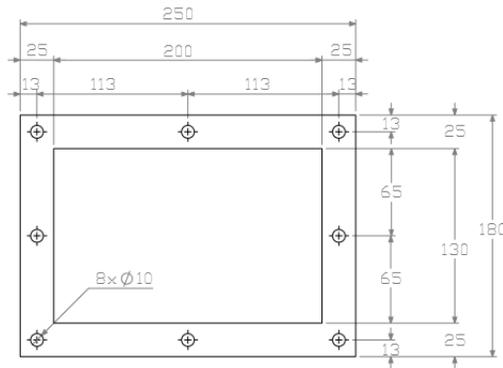
<b>N.º de pieza</b> 05	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Eje puerta	
<b>Material:</b> Acero 4340	Tamaño: Longitud: 478 mm Diámetro: 26 mm	Página 5
		Cantidad: 1



Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Operación inicial de mecanizado, se corta la pieza a la longitud determinada.	Cortadora de disco	1



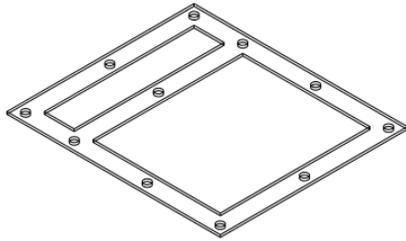
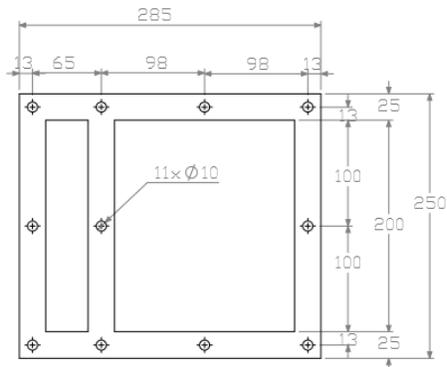
<b>N.º de pieza</b> <b>06</b>	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Brida Inferior tolva	
<b>Material:</b> <b>Platina de</b> <b>1" x 1/8</b>	Tamaño: Ancho 250 mm	<b>Página 6</b>
	Altura: 180 mm	<b>Cantidad: 1</b>



Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
<b>10</b>	Corte: Cortar dos platinas de 200 mm x 25 mm y otras dos platinas de 130 mm x 25 mm.	Cizalla cortadora CN	2
<b>20</b>	Taladrado de ocho (8) agujeros de 10 mm de diametro 13 mm del borde superior y de la esquina superior izquierda, los agujeros verticales estan separados a 78 mm cada uno y los horizontales a 113 mm.	Taladro de columna broca máx. 1 1/2"	3
<b>30</b>	Rectificado: Se le aplica a las superficies planas.	Pulidora	3



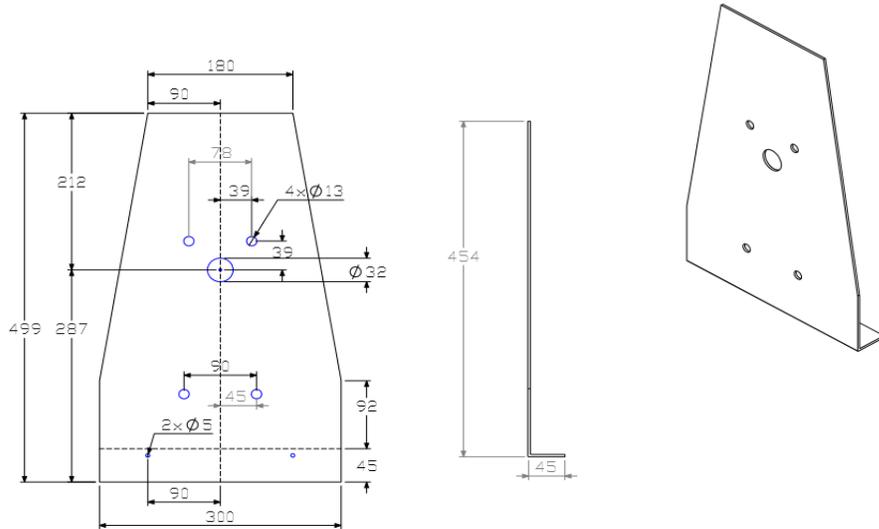
<b>N.º de pieza</b> <b>07</b>	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Brida Superior	
<b>Material:</b> <b>Platina de</b> <b>1" x 1/8</b>	Tamaño: Ancho 250 mm	Página 7
	Altura: 180 mm	Cantidad: 1



Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar tres platinas de 200 mm x 25 mm y otras dos platinas de 285 mm x 25 mm.	Cizalla cortadora CN	2
20	Taladrado de seis (6) agujeros de 10 mm de diametro en el sector izquierdo de la pieza los huecos verticales estan separados a 113 mm y los horizontales a 65 mm , los otros cinco (5) huecos estarán ubicados en la sección derecha de la brida los huecos verticales tendrán la misma separación que los de la sección izquierda y los horizontales aumentan su separación a 98 mm.	Cortadora	5
30	Rectificado: Se le aplica a las superficies planas.	Pulidora	1

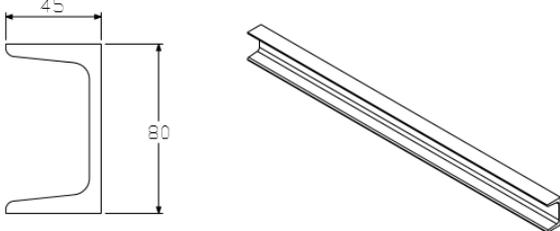
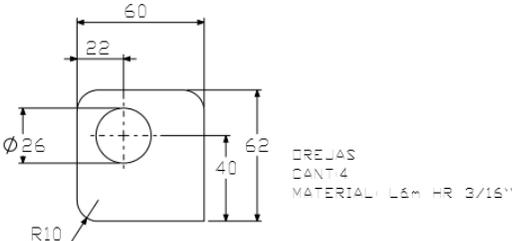
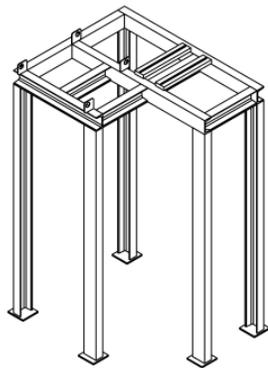


<b>N.º de pieza</b> 08	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Placa lateral	
<b>Material:</b> Lamina calibre 10	Tamaño: Ancho 300 mm	Página 8
	Altura: 499 mm	Cantidad: 2

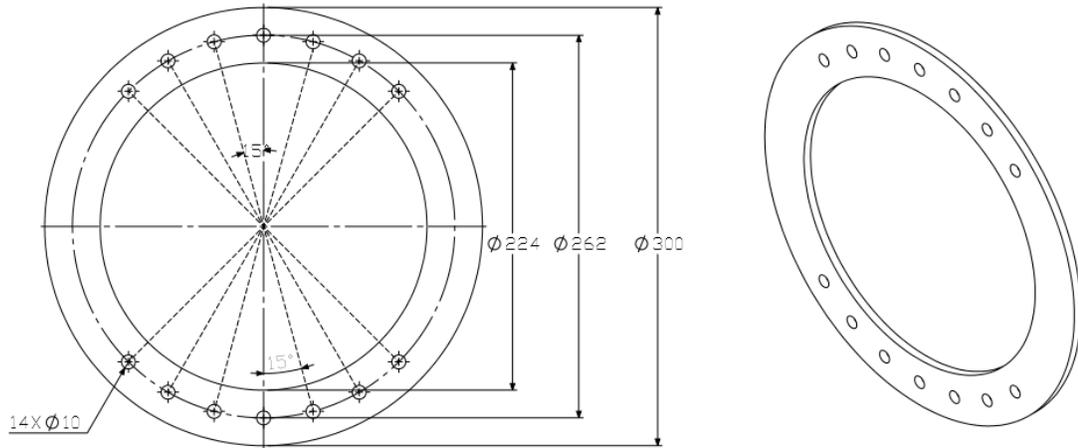


Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar lámina en forma de rectángulo de 499 mm x 300 mm	Cizalla cortadora CN	2
20	Corte: Realizar el corte de dos triángulos de 364 mm de base y 60 mm de altura, este corte se hace desde el borde superior, el resultado es una placa en forma de trapecio con 180 mm de base menor y 300 mm de base mayor.	Cizalla cortadora CN	2
30	Doblar: Doblez de 90° en el borde inferior de la placa de 45 mm de longitud.	Dobladora Lámina CN	2
40	Perforación: Realizar cuatro huecos de 13 mm de diámetro, dos huecos de 5 mm de diámetro, y una perforación de 32 mm de diámetro.	Taladro	2



N.º de pieza 09		Nombre de la pieza Bastidor	Fecha: 26/06/2017	
Material: Perfil UPN 80		Tamaño	Página 9	
			Cantidad: 1	
 <p>Cortar perfiles según plano MP4</p>  <p>DREJAS CANT:4 MATERIAL: L60 HR 3/16"</p> 				
Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)	
10	Corte: Cortar 5 perfiles de 1327 mm, 2 perfiles de 930 mm, 2 perfiles de 300 mm, 2 perfiles de 305 mm, 1 perfil de 740 mm y un perfil de 400 mm.	Cizalla cortadora CN	6	
11	Corte: cortar cuatro laminas de 62 mm x 60 mm y realizar la perforacion de 26 mm de diámetro, tal como indica el plano	Cizalla cortadora CN	2	
30	Taladrar: taladrado de los agujeros de los pasantes cada uno con diámetro de 26 [mm], a 37 [mm] del norte inferior y a 15 [mm] de distancia desde la esquina inferior izquierda.	Taladro	5	
40	Soldadura: Se procede a soldar los perfiles entre si, utilizando un cordón de soldadura de 10 [mm].	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	5	
41	Soldadura: Se sueldan los pasantes, en la esquina del perfil de 740 mm (Ver isometrica), tambien a 460 mm a la derecha de la primera oreja, detrás de la primera oreja se instala la tercera a 300 mm y la cuarta oreja a la derecha de esta ultima a 320 mm.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	5	
50	Pulido: se rectifican y se pulen las esquinas	Pulidora	2	

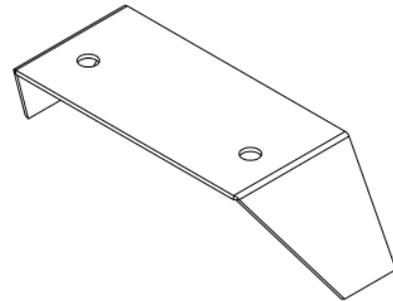
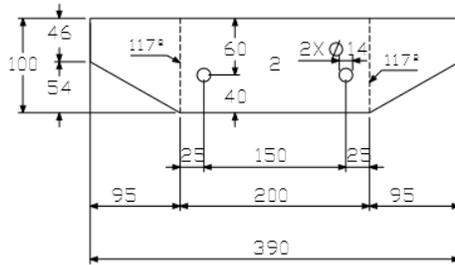
<b>N.º de pieza</b> <b>10</b>	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Aro interno	
<b>Material:</b> <b>Lámina calibre 10</b>	Tamaño: Diámetro 300mm	Página 10
		Cantidad: 1



TAL 3/8 PULG

Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: se programa la máquina CNC con el croquis de la pieza, y esta realiza el corte del disco, los agujeros de 14 mm.	Mesa de corte CNC por plasma	2
20	Rectificado: se rectifican las perforaciones donde van ubicados los ejes del rotor.	Taladro de columna	2

<b>N.º de pieza</b> <b>10</b>	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Base chumaceras	
<b>Material:</b> <b>Lámina de ¼"</b>	Tamaño: 100 mm x 390 mm	Página 11
		Cantidad: 2



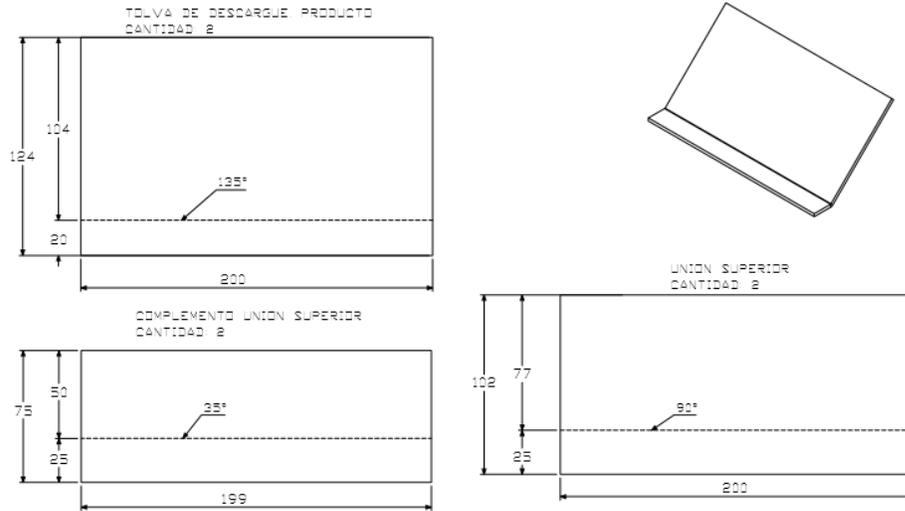
FORMA



Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar una placa rectangular de 100 mm x 390 mm	Cizalla cortadora CN	2
20	Taladrar: Realizar dos agujeros de 14 mm de diámetro a 120 mm de la esquina inferior izquierda y a 54 mm del borde inferior, la otra perforacion se encuentra a 150 mm de distancia entre centro.	Taladro	2
30	Realizar los dos dobleces a 117º a la distancia que indica el plano	Dobladora	2



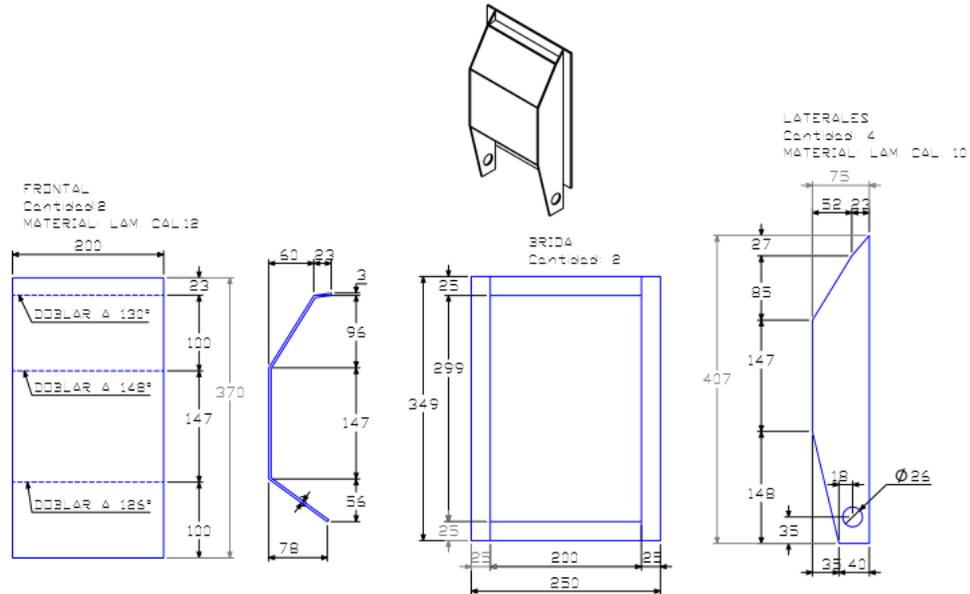
<b>N.º de pieza</b> 11	<b>Nombre de la pieza</b> Tolva de descargue	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	<b>Material:</b> Lámina calibre 10	Tamaño: Ancho 250[mm] Altura: 180 [mm]
		Página 12
		Cantidad: 2



Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar 2 placas de 200 mm x 124 mm, dos complementos de 199 mm x 75 mm y las dos uniones superiores de 200 mm x 102 mm.	Cizalla cortadora CN	3
20	Realizar los tres dobleces al ángulo correspondiente como lo indica el plano	Dobladora	2



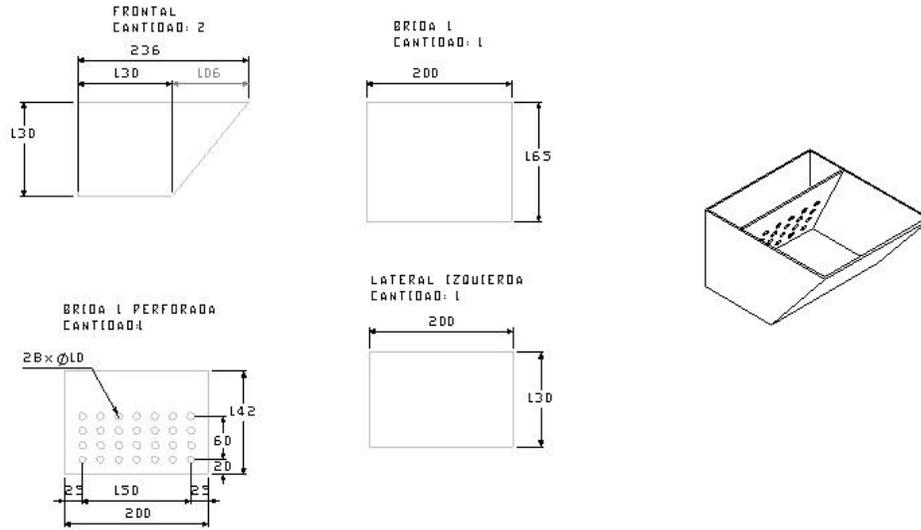
<b>N.º de pieza</b> 13	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Puerta	
<b>Material:</b> Platina HR DE ¼"	Tamaño: Ensamble de varias placas	Página 13
		Cantidad: 2



Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar 2 laminas de 200 mm x 370 mm.	Cizalla cortadora CN	3
11	Corte: Cortar dos platinas de 349 mm x 25 mm y dos platinas 200 mm x 25 mm.	Cizalla cortadora CN	2
12	Corte: Cortar las dos placas laterales tal como lo indica el plano y realizar la perforacion de 26 mm de diámetro.	Cizalla cortadora CN	2
20	Doblar: Realizar los dobleces de la lamina frontal.	Dobladora	2
30	Soldar: Ensamblar las placas laterales y la brida con un cordon de soldadura de 10 mm.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	5
40	Rectificado: Se pulen las esquinas y los filos de la pieza	Pulidora	2



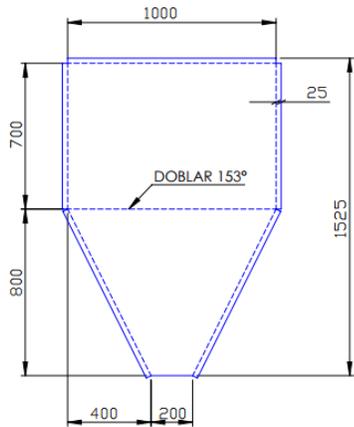
<b>N.º de pieza</b> 14	<b>Nombre de la pieza</b> Tolva de alimentación	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	<b>Material:</b> Lamina calibre 10	Tamaño: Ancho 236[mm] Altura: 130 [mm]
		Página 14
		Cantidad: 1



Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar 2 placas de 236 mm x 130 mm, a 130 mm de la esquina izquierda inferior de la placa realizar un corte en diagonal hasta la base superior, un complemento de 200 mm x 165 mm, una unión lateral de 200 mm x 130 mm y una unión lateral de 200 mm x 142 mm y realizar las 28 perforaciones de 10 mm de diámetro.	Cizalla cortadora CN	5

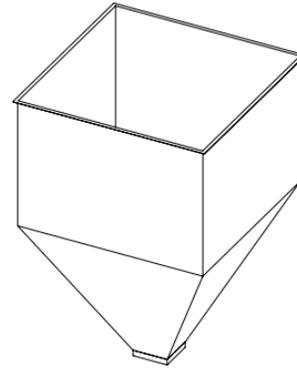


<b>N.º de pieza</b> <b>20</b>	<b>Nombre de la pieza</b> Tolva inferior	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	<b>Material:</b> <b>Lámina Galvanizada.</b> <b>Cal 14</b>	
		Página 15
		Cantidad: 4



CANT: 4  
LÁMINA GALVANIZADA CAL 14

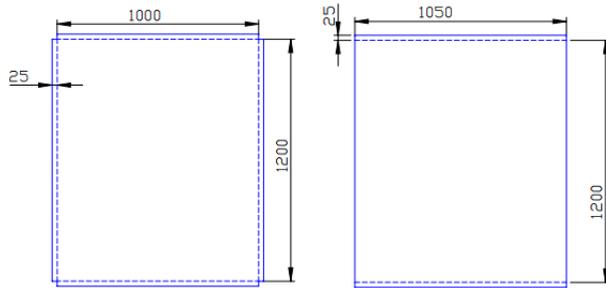
FORMA



Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar 4 láminas galvanizadas de 1525 mm x 1000 mm, realizar un corte a 800 mm de cualquiera de los dos bordes y realizar un corte diagonal a 400 mm de la esquina izquierda y también para la esquina derecha, el dobles es de 153°.	Cizalla cortadora CN	10
20	Soldar: Juntar todas las laminas por medio de un cordón de soldadura de 10 mm.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	10
30	Rectificado: Se pulen las esquinas y los filos de la pieza	Pulidora	4

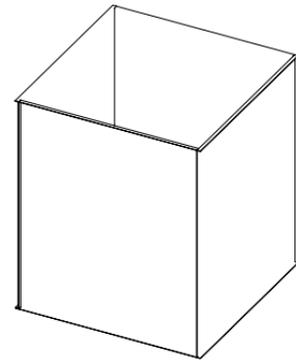


<b>N.º de pieza</b> 21	<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	Tolva Superior	
<b>Material:</b> Lámina Galvanizada Cal 14	Tamaño: Ancho 1000[mm] Altura: 1200 [mm]	Página 16
		Cantidad: 4



CANT: 2  
DOBLAR PESTAÑAS A 90°

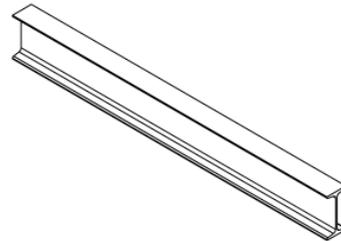
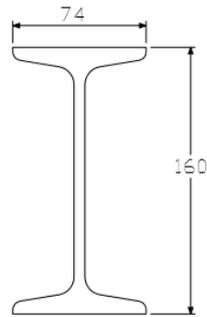
CANT: 2  
DOBLAR PESTAÑAS A 90°



Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar 2 láminas galvanizadas de 1000 mm x 1200 mm y realizar un dobles de 25 mm a 90°.	Cizalla cortadora CN	5
20	Corte: Cortar 2 láminas galvanizadas de 1050 mm x 1200 mm, y realizar un dobles de 25 mm a 90°.	Cizalla cortadora CN	5
30	Soldar: Juntar todas las laminas por medio de un cordón de soldadura de 10 mm.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	10



<b>N.º de pieza</b> <b>22</b>	<b>Nombre de la pieza</b> Estructura	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	<b>Material:</b> <b>Perfil Estructural IPN</b> <b>160</b>	
		Página 17
		Cantidad: 1

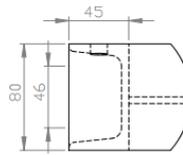
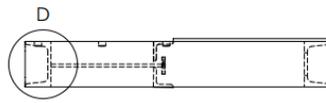
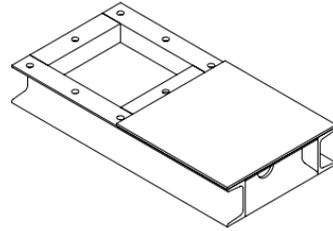
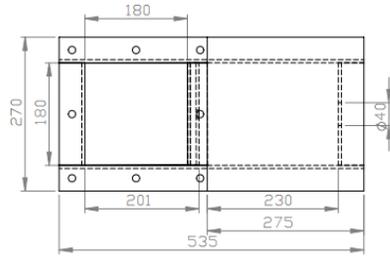


PERFIL ACERO IPN 160  
CANT: 12

Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar 4 perfiles IPN 160 de 6051 mm y 8 de 2139 mm.	Cizalla cortadora CN	5
20	Soldadura: Se procede a soldar los perfiles entre si, utilizando un cordón de soldadura de 10 [mm].	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	10



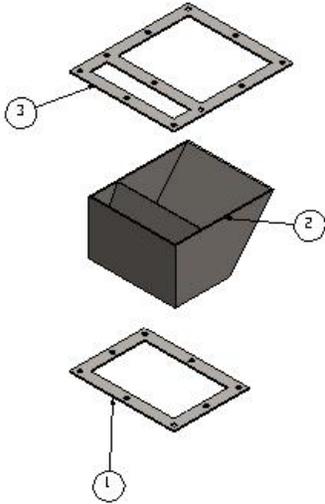
<b>N.º de pieza</b> <b>22</b>	<b>Nombre de la pieza</b> Estructura	<b>Fecha: 26/06/2017</b>
	<b>Material:</b> <b>Perfil Estructural</b> <b>UPN 80</b>	
		Página 18
		Cantidad: 1

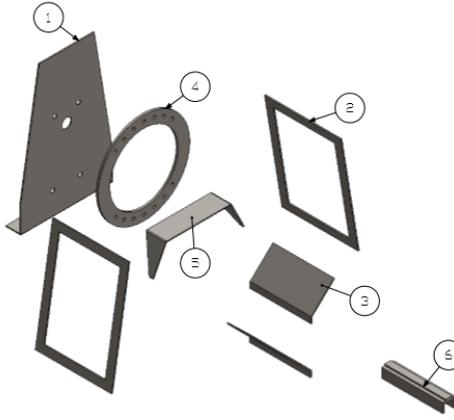


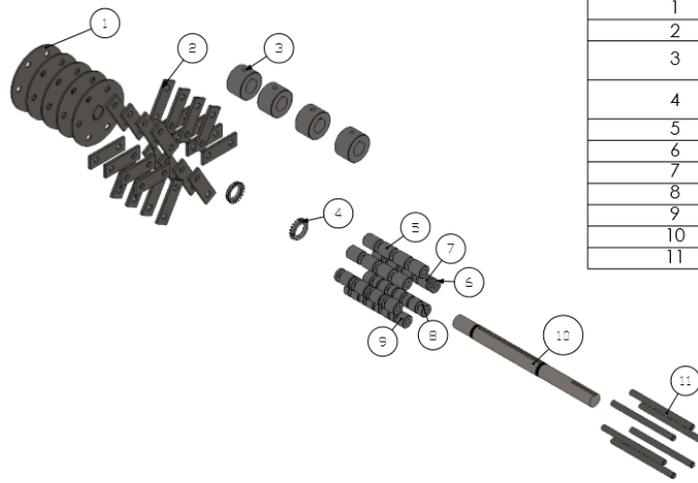
DETALLE D  
ESCALA 1 : 3

Núm	Operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Corte: Cortar los perfiles UPN 80 con las medidas correspondientes (Ver plano)	Cizalla cortadora CN	5
20	Soldadura: soldar la pieza para conformar el marco de la racera	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	20



Hoja de ruta de ensambles		Fecha: 26/06/2017									
Sub-Ensamble 001	Tolva de alimentación	Página 1									
		Cantidad: 1									
 <table border="1" data-bbox="917 493 1339 640"> <thead> <tr> <th>Núm</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Brida inferior tolva</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Tolva de alimentación</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Brida superior tolva</td> </tr> </tbody> </table>				Núm	Descripción	1	Brida inferior tolva	2	Tolva de alimentación	3	Brida superior tolva
Núm	Descripción										
1	Brida inferior tolva										
2	Tolva de alimentación										
3	Brida superior tolva										
Núm de operación	Descripción de la operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)								
10	Soldar: Primero se soldan las placas de la tolva de alimentación con un cordón de soldadura de 10 mm.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	4								
20	Soldar: se solda la brida superior, la brida tiene 285 mm de largo desde la vista lateral, deben quedar sobrando 25 mm a cada uno de los extremos.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	2								
30	Soldar: Se solda la brisa inferior , la brida tiene 180 mm de largo desde la vista lateral, deben quedar sobrando 25 mm a cada uno de los extremos.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp									

Hoja de ruta de ensambles		Fecha: 26/06/2017															
Sub-Ensamble 002	Carcasa principal	Página 2															
		Cantidad: 1															
 <table border="1" data-bbox="1015 514 1372 672"> <thead> <tr> <th>Núm</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Laterales</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Bridas</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Rampas</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Aro interno</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Base chumaceras</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Puente</td> </tr> </tbody> </table>				Núm	Descripción	1	Laterales	2	Bridas	3	Rampas	4	Aro interno	5	Base chumaceras	6	Puente
Núm	Descripción																
1	Laterales																
2	Bridas																
3	Rampas																
4	Aro interno																
5	Base chumaceras																
6	Puente																
Núm de operación	Descripcion de la operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)														
10	Soldar: El aro interno debe ir soldado a la lateral a 212 mm del bode superior y simetricamente respecto al eje y.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	2														
11	Soldar: Se solda la base de la chumacera a 173 mm del borde inferior	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	2														
12	Soldar: Se solda el puente, su posicion debajo del aro interno a 92 mm del borde inferior de la lateral.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	2														
20	Soldar: Soldar a traslape la rampla a la brida, encajando en el vacio de la brida de forma de ventana.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	3														
30	Soldar: se debe aplicar una soldadura de esquina entre las bridas y las laterales, a 47 mm del borde superior.	Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	4														

Hoja de ruta de ensambles		Fecha: 26/06/2017																									
Sub-Ensamble 003	Rotor	Página 3																									
		Cantidad: 1																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Núm</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Discos separadores</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Martillos</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Bujes separador de martillos</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Arandelas de retención</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Buje 1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Buje 2</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Buje 3</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Buje 4</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Buje 5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Eje principal</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Eje porta martillos</td> </tr> </tbody> </table>		Núm	Descripción	1	Discos separadores	2	Martillos	3	Bujes separador de martillos	4	Arandelas de retención	5	Buje 1	6	Buje 2	7	Buje 3	8	Buje 4	9	Buje 5	10	Eje principal	11	Eje porta martillos
Núm	Descripción																										
1	Discos separadores																										
2	Martillos																										
3	Bujes separador de martillos																										
4	Arandelas de retención																										
5	Buje 1																										
6	Buje 2																										
7	Buje 3																										
8	Buje 4																										
9	Buje 5																										
10	Eje principal																										
11	Eje porta martillos																										
Núm de operación	Descripcion de la operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)																								
10	Instalación: coloca el eje de forma que la cuña quede en el sector derecho, el pirmer disco se coloca a 160 mm de derecha a izquierda del eje principal, despues de introducir el disco se asegura con tuerca y arandela dentada.	Llave para tuerca con retención	4																								
20	Instalación: Se instalan un eje porta martillos, despues se coloca un martillo que no debe quedar ajustado sino que debe estar totalmente libre (martillo loco) luego se coloca el buje 3, entre el buje y el porta martillos se asegura por medio prisionero, luego se instala el otro eje porta martillos pero la configuracion cambia, primero se introduce el buje 7 se asegura por el prisionero y luego se introduce el martillo, esto debido a que los martillos no se choquen entre si, y asi sucevsivamente hasta instalar los seis ejes porta martillos con sus respetivos bujes, al terminar se instala el otro disco y se vuelve a empezar el procedimiento	Llave allen	60																								
30	Instalación: Al colocar el último disco se asegura con la tuerca y arandela dentada.	Llave allen	10																								
40	Inpección: Se revisa el ajuste de toda la tornilleria, tuercas y arandelas.		10																								

<b>Hoja de ruta de ensambles</b>		Fecha: 26/06/2017
<b>Ensamble Total 004</b>	<b>Molino de martillos</b>	Página 4
		Cantidad: 1

N.º	ED. PIEZA	N.º DE PIEZA	CANT.
1	MP1	CARCAZA PRINCIPAL	1
2	MP2	UNION SUPERIOR	2
3	MP3	BRIDA INFERIOR TOLVA	1
4	MP4	ARO EXTERNO	2
5	MP5	TOLVA ALIMENTACION	1
6	MP6	BRIDA SUPERIOR TOLVA	1
7	MP7	RODAMIENTO UC206-18	2
8	MP8	EJE ROTOR	1
9	MP9	DISCOS ESPACIADORES	5
10	MP10	EJE MARTILLOS	6
11	MP11	MARTILLOS	24
12	MP12	BUJE SEPARADOR 1	8
13	MP13	BUJE SEPARADOR 2	8
14	MP14	BUJE SEPARADOR 3	8
15	MP15	BUJE SEPARADOR 4	8
16	MP16	BUJE SEPARADOR 5	8
17	MP17	BUJE SEPARADOR DISCOS	4
18	MP18	ARANDELA RETENCION	2
19	MP19	TUERCA RETENCION	2
20	MP20	CUÑA EJE MOLINO	1
21	MP21	POLEA 5 PULG	1
22	MP22	POLEA 3.5 PULG	1
23	MP23	BANDA EN V A38	4
24	MP24	MANIJAS PUERTA	4
25	MP25	EJE PUERTA	1
26	MP26	EJE PUERTA 2	1
27	MP27	PUERTAS	2
28	MP28	CRIBA	2
29	MP29	MOTOR ELECTRICO 4.5 KW	1
30	MP30	ARO INTERNO	2
31	MP31	PUENTE SOPORTE CRIBA	1

Núm de operación	Descripcion de la operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
<b>10</b>	Instalación del sub-ensamble 002, en los extremos del sub-ensamble 003, en la parte superior de las placas laterales se instala una brida de la misma medida que la brida inferior de la tolva con sus respectivas perforaciones, luego se instala el sub-ensamble 001 y se asegura por medio de tornillos y arandelas, se instala la chumacera sobre la base chumacera y se le pone la cuña al eje.	Llave inglesa PNG	4
<b>20</b>	Se instala el aro externo que va atornillado a las placas laterales	Llave inglesa PNG	4
<b>30</b>	Soldar: Se solda dos bridas en forma de ventana a la parte frontal y posterior del molino, en medio de esta cavidad se instala las cribas que terminan sujetadas por el aro interno y aro exterior.	Manual y Equipo de soldadura WESTARCO 150amp	2
<b>40</b>	Ensamble: Se monta el cuerpo del molino en el bastidor el cual es asegurado por tornillos con tuerca y fue puesto sobre otra base por medio de unos cauchos antivibracion, puestos en las esquinas del bastidor con el fin de sujetarlos por medio de tornillo tuerca a la nueva base y evitar que la maquina se corra del lugar donde se va a instalar.	Llave inglesa PNG	8
<b>50</b>	Instalacion: Se instala el eje de la puerta en el bastidor, se ajusta por medio de bujes, se instalan las puertas de manera que se puedan abrir y cerrar sin que choquen con otro componente del molino, tambien se instalan las 4 manijas que serviran de candado para ajustar la posicion cerrada de la puerta estas manijas van soldadas.		4
<b>60</b>	Instalacion: Se procede a colocar el motor en el bastidor, junto con la transmision de potencia, 4 correas tipo A	Llave inglesa PNG	5

Hoja de ruta de ensambles		Fecha: 26/06/2017	
Ensamble Total 005	Tolvas de espera	Página 5	
		Cantidad: 4	
Núm de operación	Descripción de la operación	Maquina y/o herramienta	Tiempo de operación (min)
10	Ensamble: Se unen la tolva superior con la tolva inferior, esta union se hace por medio de tornillos.	Llave para tuerca	8
20	Se instalan las tolvas en la estructura, por medio de tornillos se asegura la tolva	Llave para tuerca	8
30	Se atornilla en la parte inferior de la tolva la racera que servira para controlar el flujo de descarga de la tolva.	Llave para tuerca	2

## ANEXO R. COSTOS DE LA PLANTA GENERAL

**Tabla 1.** Costo de materias primas del molino de martillos.

DESCRIPCION	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Lamina Hot Rolled A-36 Calibre 3/16 1220x2440 mm	1	\$ 325.000	\$ 325.000
Platina 1-1/4x1/4 x 6 m	1	\$ 25.300	\$ 25.300
Perfil UPN 80 x 6 m	2	\$ 127.800	\$ 255.600
Eje 4340 diam. 1-1/4 x 1m	1	\$ 82.600	\$ 82.600
Eje 4340 diam. 1/2 x 1m	1	\$ 58.900	\$ 58.900
Eje 1020 diam. X 1m	3	\$ 47.500	\$ 142.500
Eje cuadrado 1020 1/4	1	\$ 9.200	\$ 9.200
Tubo acero 1020 Sch 80 diam. 1/1/4 x 1m	1	\$ 77.500	\$ 77.500
Tubo acero 1020 Sch 80 diam. 1/2 x 1m	1	\$ 54.900	\$ 54.900
Rodamientos KML UC206-18	2	\$ 75.000	\$ 150.000
Anillos de retencion	2	\$ 3.000	\$ 6.000
Pernos hexagonal 1/2 x 2 con arandela y tuerca	12	\$ 2.800	\$ 33.600
Pernos hexagonal 3/8 x 1 con arandela y tuerca	20	\$ 2.100	\$ 42.000
Alambre soldadura MIG 0,35 2 Kg	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Motor EBERLE R 112MA2/FC	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000
Polea en acero de 4 canales en V tipo A diam. 6 "	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Polea en acero de 4 canales en V tipo A diam. 5 "	1	\$ 236.000	\$ 236.000
Correa en V Ref. A-35	4	\$ 12.500	\$ 50.000
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4.649.100</b>

**Tabla 2.** Costo de manufactura del molino de martillos.

DESCRIPCION	HORAS DE TRABAJO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Corte	4	\$ 28.000	\$ 112.000
Doblado	2	\$ 34.000	\$ 68.000
Taladrado	2	\$ 18.000	\$ 36.000
Torno	4	\$ 46.000	\$ 184.000
Soldadura	8	\$ 27.000	\$ 216.000
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 616.000</b>

**Tabla 3.** Costo del ensamble del molino de martillos.

DESCRIPCION	HORAS DE TRABAJO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Mecánico 1	40	\$ 5.540	\$ 221.600
Auxiliar	30	\$ 5.540	\$ 166.200
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 387.800</b>

**Tabla 4.** Costo del diseño del molino de martillos.

DESCRIPCION	HORAS DE TRABAJO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Ingeniero	200	\$ 10.625	\$ 2.125.000
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.125.000</b>

**Tabla 5.** Costo de materias primas de las tolvas de espera.

DESCRIPCION	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Lamina lisa galvanizada Calibre 14 1220x2440 mm	8	\$ 223.000	\$ 1.784.000
Perfil IPN 160 x 6 m	4	\$ 135.200	\$ 540.800
Perfil UPN 80 x 6 m	1	\$ 127.800	\$ 127.800
Perfil angular 2" x 3/16" x 6m	1	\$ 57.900	\$ 57.900
Pernos hexagonal 3/8 x 1 con arandela y tuerca	350	\$ 2.000	\$ 700.000
Cilindro neumático Mindman MCQ12-11-40-200 M	4	\$ 370.000	\$ 1.480.000
Alambre soldadura MIG 0,35 5 Kg	1	\$ 100.000	\$ 100.000
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4.790.500</b>

**Tabla 6.** Costo de la manufactura de las tolvas de espera

DESCRIPCION	HORAS DE TRABAJO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Corte	4	\$ 28.000	\$ 112.000
Doblado	2	\$ 34.000	\$ 68.000
Taladrado	8	\$ 18.000	\$ 144.000
Soldadura	8	\$ 27.000	\$ 216.000
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 540.000</b>

**Tabla 7.** Costo del ensamble de las tolvas de espera.

DESCRIPCION	HORAS DE TRABAJO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Mecánico 1	40	\$ 5.440	\$ 217.600
Auxiliar	30	\$ 5.440	\$ 163.200
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 380.800</b>

**Tabla 8.** Costo del diseño de las tolvas de espera.

DESCRIPCION	HORAS DE TRABAJO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Ingeniero	100	\$ 10.625	\$ 1.062.500
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.062.500</b>

**Tabla 9.** Costo maquinas seleccionadas.

DESCRIPCION	VALOR UNIT.
Transportador tornillo sinfín diam. 6" x 3,5 m largo	\$ 4.500.000
Transportador tornillo sinfín diam 6" x 2 m largo	\$ 3.800.000
Elevador de cangilones B43-193	\$ 7.300.000
Ciclón	\$ 1.500.000
Ducto porta-imán	\$ 500.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 17.600.000</b>