

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO SEPARADOR DE PADDY**

**ZULMA VANESA NIÑO ROMERO**



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

**2.007**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO SEPARADOR DE PADDY**

**ZULMA VANESA NIÑO ROMERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2.007**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO SEPARADOR DE PADDY**

**ZULMA VANESA NIÑO ROMERO**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniera Mecánica**

**Director**

**LEONIDAS VÁSQUEZ CHAPARRO**

**Ingeniero Mecánico**

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

**2.007**

*Al ECK y a mi familia,  
Por su amor infinito  
e incondicional*

*ZULMA VANESA.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, por la formación académica y profesional brindada a lo largo de la carrera.

A Leonidas Vásquez. Director de proyecto. Ingeniero Mecánico. Profesor de planta de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Por su apoyo y colaboración.

A Carlos Andrés Pérez, Subgerente de la Fábrica de Maquinaria Agroindustrial FAMAG Ltda. Ingeniero Mecánico. Por la confianza depositada en mi para el desarrollo del proyecto.

A Julio Alberto Amorocho. Interventor empresarial del proyecto, Departamento de Diseño de la Fábrica de Maquinaria Agroindustrial FAMAG Ltda. Por su respaldo y asistencia en el diseño del equipo.

A Olivo Beltrán. Supervisor de la Sección de corte, trazo y dobléz de la Fábrica de Maquinaria Agroindustrial FAMAG Ltda. Por su apoyo, asesoría técnica y colaboración en la construcción del equipo.

Al personal de los departamentos de diseño y planta de la Fábrica de Maquinaria Agroindustrial FAMAG Ltda. Por su participación en la elaboración del proyecto.

A Rosalba, Alcides, Beltsy y Juan David. Mi Familia. Por su confianza, respaldo, paciencia, entusiasmo y colaboración.

A Roger y Mauricio. Estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Por su colaboración.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>1. DATOS DEL PROYECTO</b>	<b>18</b>
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.1.1. Identificación del problema	18
1.1.2. Justificación para solucionar el problema	19
1.1.3. Objetivos del trabajo de grado	20
1.1.3.1. Objetivos Generales	20
1.1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.1.4. Justificación de la solución	21
1.1.4.1. Primera propuesta. Separador de Paddy de unidad sencilla.	21
1.1.4.2. Segunda Propuesta.	22
1.1.4.3. Tercera Propuesta.	23
1.1.5. Descripción de la propuesta seleccionada	24
<b>2. PROCESAMIENTO DEL ARROZ</b>	<b>26</b>
2.1. TOLVA DE RECIBO	27
2.2. PRELIMPIEZA	27
2.3. SECADO	28
2.4. LIMPIEZA	29
2.5. DESCASCARILLADO	29
2.6. TAMIZADO	30
2.7. SEPARACIÓN DE PADDY	30
2.8. BLANQUEADO	31
2.9. PULIDO	32
2.10. CLASIFICACIÓN	32
2.11. ENSAQUE	32
2.12. COMERCIALIZACIÓN	33
<b>3. EL SEPARADOR DE PADDY</b>	<b>34</b>
3.1. HISTORIA	34
3.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA	35
3.3. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	37
<b>4. DISEÑO CONCEPTUAL</b>	<b>38</b>
4.1. DIMENSIONES GENERALES	38
4.2. ESPECIFICACIONES GENERALES	39
4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS PRINCIPALES	39

4.3.1. Base principal	40
4.3.2. Sistema de alimentación	40
4.3.3. Sistema de distribución	42
4.3.4. Sistema de separación	43
4.3.5. Sistema de división	44
4.3.6. Sistema de descarga	45
4.3.7. Sistema de inclinación	46
4.3.8. Sistema oscilatorio	47
4.3.9. Ductos colectores de polvo	48
4.3.10. Transmisión de potencia	48
4.3.11. Sistema eléctrico	49
<b>5. DISEÑO ANALITICO</b>	<b>51</b>
5.1. ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL MATERIAL	51
5.2. ANÁLISIS CINEMÁTICO	58
5.3. ANÁLISIS CINÉTICO	73
5.3.1. Cálculo del resorte	74
5.3.2. Cálculo de las fuerzas en las bielas	80
5.3.3. Cálculo de las fuerzas en las excentricas	84
5.3.3. Cálculo del torque en el eje principal	86
5.3.4. Cálculo de la potencia	87
5.3.5. Sistema de transmisión	88
5.3.6. Fuerzas y pares que la polea ejerce sobre el eje principal	92
5.3.7. Cálculo del eje principal	94
5.3.8. Selección de los rodamientos	101
<b>6. PROCESOS DE FABRICACIÓN</b>	<b>105</b>
6.1. DISEÑO	105
6.2. CORTE, TRAZO Y DOBLEZ.	107
6.3. MAQUINADO	110
6.4. PRE-ENSAMBLE	112
6.5. PINTURA	113
6.6. ENSAMBLE	114
<b>7. COSTOS</b>	<b>115</b>
7.1 COSTO TOTAL	115
7.2 RECURSOS UTILIZADOS	115
<b>8. PRUEBAS REALIZADAS</b>	<b>117</b>
8.1. PRIMERA PRUEBA:	117
8.2. SEGUNDA PRUEBA:	117

<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>119</b>
<b>10. RECOMENDACIONES</b>	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>1233</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mesa separadora densimétrica FAMAG.	18
Figura 2. Planta de procesamiento de arroz.	19
Figura 3. Separador de paddy de unidad sencilla.	21
Figura 4. Separador de paddy de unidad doble.	22
Figura 5. Separador de cuatro unidades.	23
Figura 6. Esquema general de las alternativas.	24
Figura 7. Lámina utilizada para la separación de Paddy.	25
Figura 8. Diagrama del proceso de obtención del arroz.	26
Figura 9. Tolva de almacenamiento	27
Figura 10. Prelimpiadora.	27
Figura 11. Secadora inclinada o de alberca.	28
Figura 12. Secadora de torre.	28
Figura 13. Limpiadora	29
Figura 14. Descascarador.	30
Figura 15. Productos obtenidos en la separación de Paddy.	31
Figura 16. Polichadora	31
Figura 17. Plansifter.	32
Figura 18. Empacadora.	33
Figura 19. Ingeniero Friedrich Herman Schule.	34
Figura 20. Combinación de mesas modernas y antiguas en un molino	35
Figura 21. Separador de Paddy.	38
Figura 22. Dimensiones generales del separador de Paddy	39
Figura 23. Base principal.	40
Figura 24. Tolva de alimentación.	41
Figura 25. Bandeja de alimentación	42
Figura 26. Sistema de distribución	42
Figura 27. Marco del sistema de separación.	43
Figura 28. Lámina utilizada para la separación de Paddy.	44
Figura 29. Sistema de división	44
Figura 30. Sistema de descarga.	45
Figura 31. Sistema de inclinación	46
Figura 32. Bielas.	47
Figura 33. Brazo de oscilación.	47
Figura 34. Ductos de aspiración.	48
Figura 35. Transmisión de potencia.	49
Figura 36. Caja de control	50
Figura 37. Tablero de mandos.	50
Figura 38. Diagrama del modelo matemático tomado.	52
Figura 39. Mecanismo del sistema.	58
Figura 40. Orientación del mecanismo en la posición 1.	59

Figura 41. Orientación del mecanismo en la posición 2.	63
Figura 42. Orientación del mecanismo en la posición 3.	64
Figura 43. Orientación del mecanismo en la posición 4.	65
Figura 44. Resultados del análisis cinemático para la posición 1.	69
Figura 45. Resultados del análisis cinemático para la posición 2.	70
Figura 46. Resultados del análisis cinemático para la posición 3.	71
Figura 47. Resultados del análisis cinemático para la posición 4.	72
Figura 48. Diagrama de cuerpo libre del módulo.	80
Figura 49. Cargas que las bielas ejercen sobre las excéntricas.	85
Figura 50. Cargas radiales de la excéntrica sobre el eje principal.	86
Figura 51. Esquema de las fuerzas en la polea.	92
Figura 52. Diagrama de cuerpo libre del eje principal.	95
Figura 53. Diagramas de carga, cortante y momentos del eje principal.	96
Figura 54. Características del rodamiento 6218-2z SKF.	102
Figura 55. Características del soporte sn1510 SKF	103
Figura 56. Características del rodamiento 22210EK+H310 SKF	104
Figura 57. Características del rodamiento 52207SKF	104
Figura 58. Planta física FAMAG LTDA.	105
Figura 59. Departamento de diseño.	106
Figura 60. Almacén.	107
Figura 61. Sección de corte.	107
Figura 62. Sección de trazo.	108
Figura 63. Punzonadora y cortadora múltiple.	109
Figura 64. Sección de doblez.	110
Figura 65. Sección de maquinados.	111
Figura 66. Ensamble	112
Figura 67. Elaboración de cajas de control.	113
Figura 68. Sección de pintura.	113

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Especificaciones generales el equipo.	39
Tabla 2. Características del mecanismo analizado.	67
Tabla 3. Resumen de resultados del análisis cinemático para el módulo.	68
Tabla 4. Fuerzas en las bielas.	84
Tabla 5. Componentes de las cargas sobre la excéntrica.	85

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO 1. Planos</b>	<b>123</b>

## RESUMEN

**TÍTULO:**  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO SEPARADOR DE PADDY<sup>1</sup>

**AUTOR:**  
Zulma Vanesa Niño Romero.

**PALABRAS CLAVES:**  
Separador, paddy, movimiento oscilatorio, peso específico, excentricidad y ángulo de inclinación.

### DESCRIPCIÓN:

Este proyecto se realizó con el fin de contribuir en el progreso tecnológico del país a través de la industria metalmecánica en el diseño y construcción de un equipo agroindustrial no desarrollado antes en Colombia, tomando parte en la misión institucional de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER en su propósito de participación activa liderando procesos de cambio por el progreso de la comunidad y participando en la visión empresarial de la Fábrica de Maquinaria Agroindustrial FAMAG Ltda. de brindar un apoyo en el área de investigación y desarrollo de nuevos equipos.

Mediante una Práctica empresarial como Proyecto de Grado se fabricó un equipo separador de paddy que se ajusta a las necesidades actuales de los molinos de arroz en el país y por lo tanto de la empresa, cuyo principio de funcionamiento es un movimiento oscilatorio que permite que los granos sean separados de acuerdo a su peso específico, teniendo en cuenta variables como velocidad de trabajo, excentricidad y ángulo de inclinación.

La separación se realiza en tres fracciones diferentes: Arroz paddy, mezcla de paddy e integral y arroz integral los cuales descargan a través de tres salidas independientes. El arroz paddy regresa a la descascaradora, la mezcla de arroz paddy e integral retorna a la entrada del separador de paddy, solamente el arroz integral con baja presencia de paddy continúa hacia la máquina blanqueadora. Su diseño es compacto de tal manera que el espacio requerido para su instalación es pequeño en relación a su gran capacidad de separación. Tiene un dispositivo de parada automática que funciona tan pronto como el tanque de alimentación está por quedar vacío.

---

<sup>1</sup> TRABAJO DE GRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ING. LEONIDAS VÁSQUEZ.

## SUMMARY

TITLE:  
DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SEPARATOR EQUIPMENT OF PADDY <sup>2</sup>

AUTOR:  
Zulma Vanesa Niño Romero.

KEY WORDS:  
Separator, Paddy, oscillating movement, specific weight, eccentricity and angle of inclination.

### DESCRIPTION:

This project was made with the purpose of contributing in the technological progress of the country through the metal - mechanic industry in the design and construction of an agro-industrial equipment not before developed in Colombia, taking part in the institutional mission from the UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER in its intention of active participation leading processes of change by the progress of the community and participating in the enterprise vision of Factory of Machinery Agro - Industrial FAMAG Ltda. to offer to a support in the area of investigation and development of new equipment.

By means of Practice in the Company as Project of Degree was made a Separator equipment of Paddy that adjusts to the present necessities of the Mills of Rice in the country and therefore of the Company, whose principle of operation is an oscillating movement that allows that the grains are separated according to their specific weight, considering speed of work, eccentricity and rake.

The separation is made in three different fractions: Rice Paddy, Mixes of Paddy whit Integral and Integral Rice which unload through three independent exits. The rice paddy returns to the huller, the rice mixture paddy and integral returns to the entrance of the separator of paddy, only the integral rice with low presence of paddy continues towards the machine launderer. This design is compact in such a way that the space required for its installation is small in relation to its great capacity of separation. It has a device of automatic shutdown that works the feeding tank as soon as is about to be empty.

---

<sup>2</sup> DEGREE WORK  
PHYSICAL MECHANICAL SCIENCES FACULTY, MECHANICAL ENGINEERING  
ENG. LEONIDAS VÁSQUEZ.

## INTRODUCCIÓN

Siendo Colombia uno de los países más ricos del mundo en cuanto a recursos naturales se refiere, se ha quedado atrás en el sector agroindustrial debido a la falta de equipos para el procesamiento de sus productos. El arroz es uno de los cereales más importantes que se cultivan en el país, lo que requiere el desarrollo de nuevas tecnologías para su producción y procesamiento.

Por otro lado, para la Fábrica de Maquinaria Agroindustrial Famag Ltda. es importante aumentar y diversificar la oferta de sus equipos y hacer más competitiva su actividad exportadora, brindando soluciones prácticas para sus clientes

Este proyecto ha sido desarrollado con el fin de realizar un aporte al progreso tecnológico de nuestro país, está conformado por ocho capítulos distribuidos de la siguiente manera:

El primer capítulo expone los datos generales del proyecto y explica la importancia del diseño y fabricación del Separador de Paddy teniendo en cuenta las diferentes opciones disponibles.

En el capítulo dos se presenta un panorama general del procesamiento del arroz en un molino para indicar cuál es el trabajo que desempeña el separador de paddy y su importancia dentro del proceso.

El tercer capítulo señala como ha sido desarrollada esta labor a lo largo de la historia, cuáles son los factores más significativos a tener en cuenta en el diseño de un Separador de Paddy y como es su funcionamiento.

El cuarto capítulo muestra el diseño conceptual del Separador de Paddy en lo que se refiere a especificaciones generales y descripción del mismo, considerando cada uno de los sistemas que lo conforman como son sistema de alimentación, distribución, separación, división y descarga además de los sistemas periféricos que contribuyen a su buen desempeño.

El capítulo cinco aborda el análisis mecánico completo de los diversos factores que se han tenido en cuenta para el desarrollo del proyecto como resultado de la aplicación de los conocimientos teóricos, experimentales y prácticos adquiridos durante la carrera y complementados con el uso de la ingeniería asistida por computador. Consta de un análisis de la dinámica del material y los análisis de tipo cinemático y cinético del sistema.

El capítulo seis está dedicado a explicar el procedimiento mediante al cual se llevó a cabo la construcción del Separador de Paddy y en general, de las máquinas fabricadas por la empresa donde se desarrolló la práctica.

En el capítulo siete se muestra un listado general de la inversión total realizada en el proceso de diseño y fabricación del separador.

El capítulo ocho hace una sencilla descripción de las pruebas mecánicas realizadas dentro de la empresa para evaluar el funcionamiento de la máquina en vacío, es decir sin producto.

## 1. DATOS DEL PROYECTO

### 1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1.1. Identificación del problema

La Fábrica de Maquinaria Agroindustrial FAMAG Ltda. es una empresa metalmecánica dedicada a brindar soluciones prácticas para la industria agrícola latinoamericana, como estudios de factibilidad de plantas de cereales, diseño, fabricación y montaje de equipos para el manejo de granos como: arroz, trigo, maíz, soya, café, etc.

Uno de los productos bandera de la empresa es la Mesa Separadora Densimétrica, utilizada para separar el arroz integral del PADDY, cuyo principio de funcionamiento es un movimiento oscilatorio que permite que los granos sean separados de acuerdo a su peso específico, teniendo en cuenta variables como velocidad de trabajo y ángulo de inclinación.

**Figura 1. Mesa separadora densimétrica FAMAG.**



Fuente: Catálogo de productos Famag Ltda.

Sin embargo, factores de diseño como estructura, tamaño, peso de embalaje, capacidad y costos, frente a otras marcas que se han venido ofreciendo últimamente, han disminuido su demanda, lo cual requiere una solución inmediata para mantener este tipo de equipos en el mercado.

### 1.1.2 Justificación para solucionar el problema

El arroz es el cereal más importante que se cultiva en el país y el soporte de la economía agrícola de 9 departamentos, es fuente de empleo e ingreso para más de 150.000 pobladores rurales y cerca de 20.000 productores, lo que se ha visto en el desarrollo de nuevas tecnologías en su producción y procesamiento, que dan respuesta a la demanda creciente del producto en el país.

**Figura 2. Planta de procesamiento de arroz.**



Una de las etapas primordiales en el procesamiento del arroz es la separación de paddy (arroz con cascarilla), que consiste básicamente en separar el arroz paddy que sale mezclado con el arroz integral o moreno para pasarlo nuevamente por el sistema de descascarado, con el fin de recuperarlo y aumentar la eficiencia de la planta.

Teniendo en cuenta que para todos los molineros de arroz en el país, el incremento en el rendimiento de molienda es un objetivo a lograr, se hace ineludible que FAMAG Ltda. tenga entre una de sus mayores prioridades cubrir esta necesidad del sector agroindustrial, asimismo es importante para la empresa aumentar y diversificar la oferta de estos equipos y hacer más competitiva su actividad exportadora, adaptándose a las exigencias de sus clientes, por ello, es preciso realizar este proyecto.

### **1.1.3. Objetivos del trabajo de grado**

#### **1.1.3.1. Objetivos Generales**

- ❖ Tomar parte en la misión institucional, en su propósito de participación activa, liderando procesos de cambio por el progreso de la comunidad.
- ❖ Participar en la visión empresarial, brindando un apoyo en el área de investigación y desarrollo de nuevos equipos.
- ❖ Contribuir con el progreso tecnológico del país a través de la Industria Metalmeccánica en el diseño y fabricación de un equipo agroindustrial no desarrollado antes en Colombia.

#### **1.1.3.2. Objetivos Específicos**

Realizar una práctica empresarial como proyecto de grado cuya finalidad es diseñar y elaborar un nuevo modelo del equipo separador de Paddy que cumpla con requisitos funcionales y físicos, como son:

- ❖ Capacidad de salida de arroz integral entre 3 y 5 Tons/Hr.
- ❖ Potencia requerida de 2HP a 3HP.
- ❖ Revoluciones del eje motriz de 250rpm a 350rpm.
- ❖ Volumen aproximado 10m<sup>3</sup>.
- ❖ Con dispositivo de parada automática
- ❖ Realizable a un costo que permita su introducción competitiva en el mercado.

Obtener algunas mejoras con respecto al modelo que se ha venido fabricando hasta el momento, entre ellas:

- ❖ Aumento de la capacidad y eficiencia en la separación.
- ❖ Menor consumo de potencia.
- ❖ Menor espacio de instalación.
- ❖ Mayor facilidad de muestreo.
- ❖ Mayor facilidad de mantenimiento.

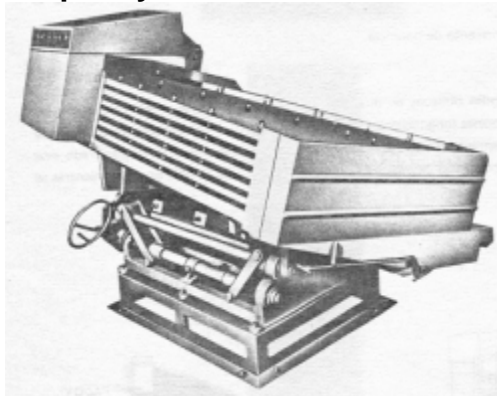
#### **1.1.4. Justificación de la solución**

Con este trabajo de grado se busca fabricar un equipo separador de paddy que se ajuste a las necesidades actuales de los molinos de arroz en el país y por lo tanto de la empresa, y que cumpla con los requisitos mencionados anteriormente.

Las alternativas propuestas se basan en su capacidad de separación, en la lámina utilizada para las bandejas separadoras y en el costo de inversión.

##### **1.1.4.1. Primera propuesta. Separador de Paddy de unidad sencilla.**

**Figura 3. Separador de paddy de unidad sencilla.**



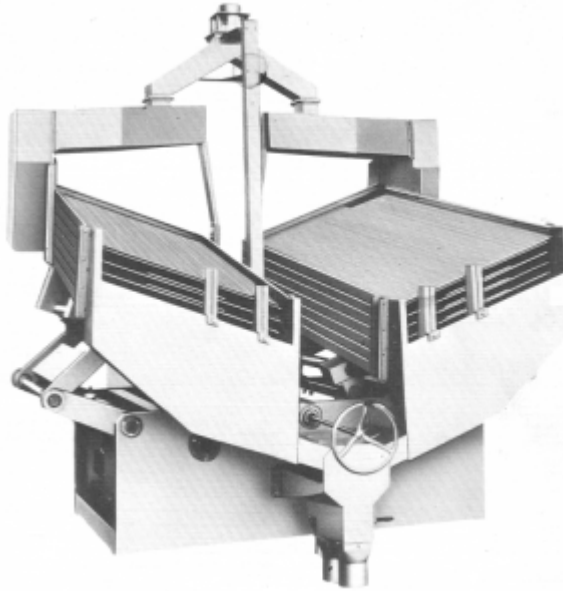
Fuente: Catalogo de productos para el procesamiento del arroz. Satake Corporation. 1976.

Es la primera versión de este tipo de separador oscilatorio, es un modelo muy compacto, se utiliza en molinos de baja capacidad, entre una y dos toneladas por hora. Las bandejas de separación son lisas lo que dificulta un poco la separación. Es posible regular el ángulo de inclinación y la velocidad del movimiento. El movimiento es producido por una leva. La separación se realiza en dos fracciones diferentes: arroz paddy y arroz integral. Es muy económica.

#### 1.1.4.2. Segunda Propuesta.

### SEPARADOR DE PADDY DE UNIDAD DOBLE.

Figura 4. Separador de paddy de unidad doble.



Fuente: Catalogo de productos para el procesamiento del arroz. Satake Corporation. 1976.

Está formado por dos módulos o unidades similares de separación, ubicadas simétricamente. Cada unidad oscilante contiene el mismo número de bandejas de separación.

El movimiento de la mesa es producido por un eje con bielas excéntricas accionado por un motor con transmisión por correas, que produce un movimiento lateral a una velocidad constante fija.

Puesto que todo el esto se basa en el principio de la gravedad específica y de la superficie del arroz, la diferencia de tamaño, la forma y el peso del grano no se tienen en cuenta. Es un poco más costosa pero el aumento de su capacidad justifica la inversión.

### 1.1.4.3. Tercera Propuesta.

## SEPARADOR DE PADDY DE CUATRO UNIDADES

**Figura 5. Separador de cuatro unidades.**

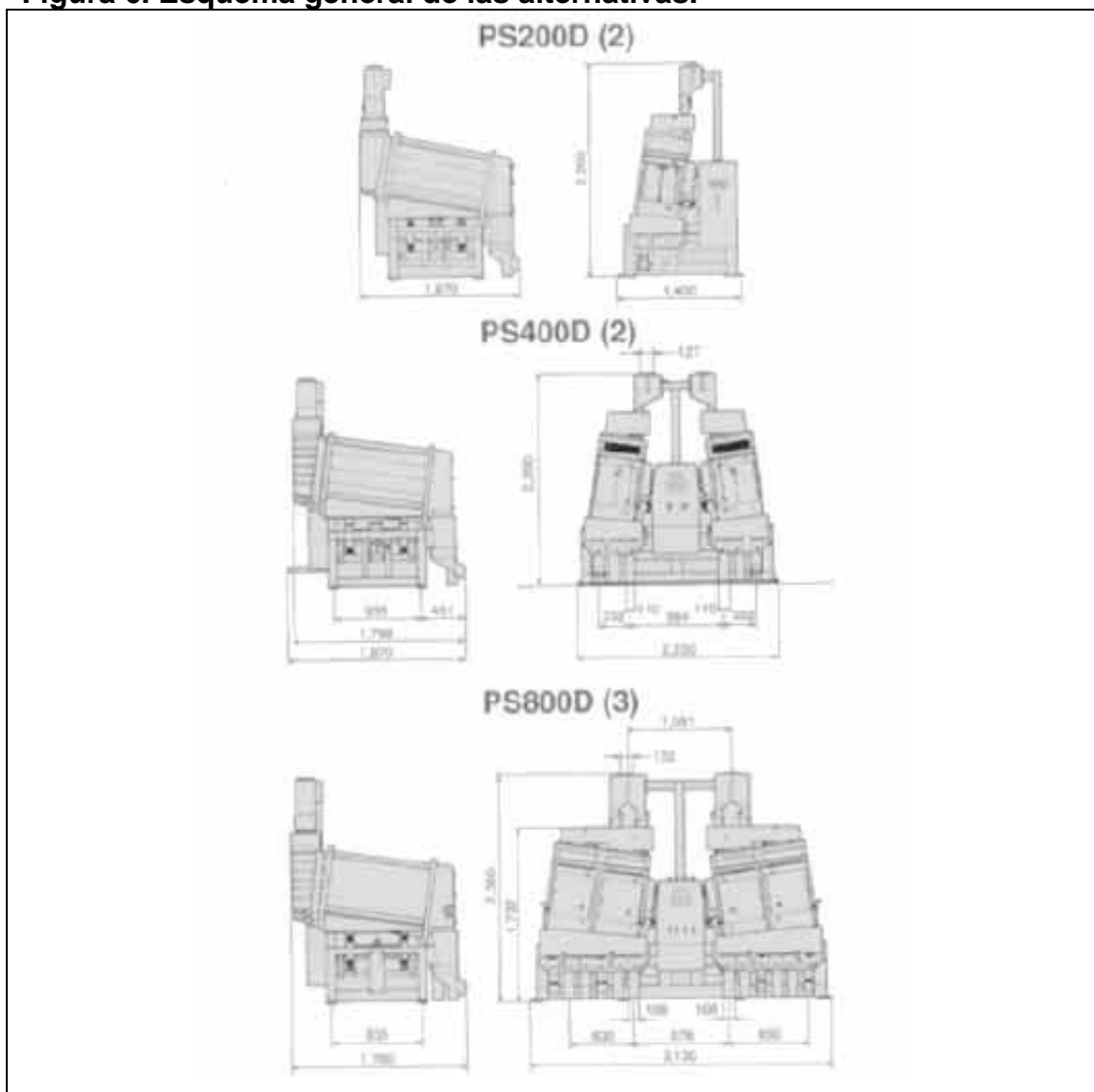


Fuente: Catalogo de productos Satake Corporation. <http://www.satake.co.uk/flash.html>

Su principio de funcionamiento y estructura son similares al separador de dos unidades, su diferencia radica en la capacidad de la máquina y en el costo de inversión inicial.

A continuación se muestra un esquema general de las diferentes alternativas presentadas.

**Figura 6. Esquema general de las alternativas.**



Fuente: Catalogo de productos Satake Corporation. <http://www.satake.co.uk/flash.html>

### **1.1.5. Descripción de la propuesta seleccionada**

La propuesta seleccionada es el separador de paddy de unidad doble ya que se ajusta a las necesidades de producción en los molinos que hay en el país, y por lo tanto a las preferencias de la empresa, como también la facilidad en la optimización de la máquina para ser más competitiva en el mercado.

Esta máquina consta de dos unidades ubicadas simétricamente respecto al eje motor, cada una de ellas contiene 20 bandejas separadoras labradas estratégicamente para optimizar el proceso de separación.

**Figura 7. Lámina utilizada para la separación de paddy.**



El movimiento de la mesa es producido por un eje con bielas excéntricas accionado por un motor con transmisión por correas, que produce un movimiento lateral a una velocidad constante fija.

Su diseño es compacto de tal manera que el espacio requerido para su instalación es pequeño en relación a su gran capacidad de separación.

Tiene un dispositivo de parada automática que funciona tan pronto como el tanque de alimentación está por quedar vacío.

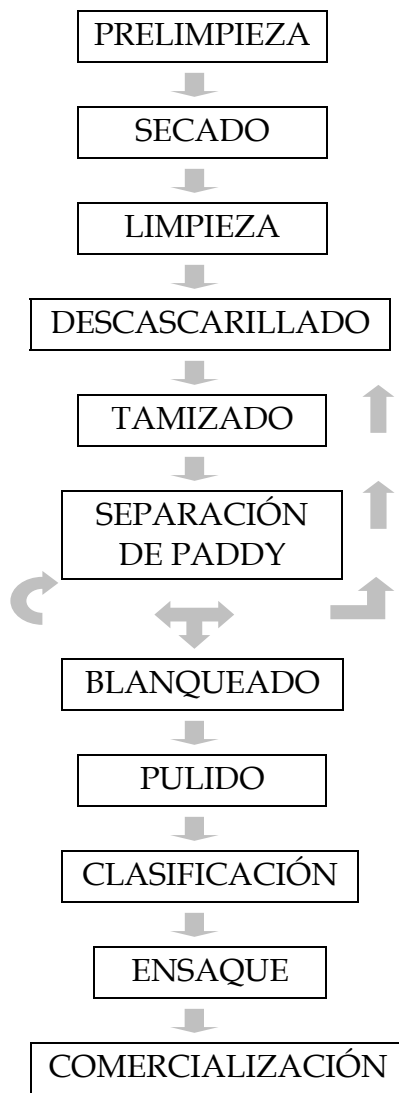
La zona de descarga está cubierta por una lámina transparente que permite el fácil chequeo de la calidad de separación.

La separación se realiza en tres fracciones diferentes: Arroz paddy, mezcla de paddy e integral y arroz integral los cuales descargan a través de tres salidas independientes. El arroz paddy regresa a la descascaradora, la mezcla de arroz paddy e integral retorna a la entrada del separador de paddy, solamente el arroz integral con baja presencia de paddy continúa hacia la máquina blanqueadora.

## 2. PROCESAMIENTO DEL ARROZ

En este punto es fundamental hacer una descripción del procesamiento del arroz para indicar cual es el trabajo que desempeña el separador de paddy y su importancia dentro del proceso. En los molinos de gran escala, el arroz bruto se somete a varios tratamientos, como son: prelimpieza, secado, limpieza, descascarillado, tamizado, separación de paddy, blanqueado, pulido, clasificación, ensaque y comercialización.

**Figura 8. Diagrama del proceso de obtención del arroz.**



## 2.1. TOLVA DE RECIBO

En un principio la mezcla de arroz paddy e impurezas, proveniente de los silos de secamiento es descargada a una tolva de recibo donde será pesada en una báscula para ser llevada donde se inicia el proceso de prelimpieza.

**Figura 9. Tolva de almacenamiento**



## 2.2. PRELIMPIEZA

La prelimpiadora se encarga de retirar sólidos de gran tamaño como piedras, palos, animales y elementos metálicos que pueden dañar los equipos que siguen en el proceso.

**Figura 10. Prelimpiadora.**



### 2.3. SECADO

Durante el proceso el arroz es sometido al secado para obtener la humedad ideal en el grano, este se puede llevar a cabo en secadoras de torre o inclinadas.

**Figura 11. Secadora inclinada o de alberca.**



**Figura 12. Secadora de torre.**



## 2.4. LIMPIEZA

En el proceso de limpiado, se eliminan todas las materias extrañas que han quedado de la prelimpieza, tales como granos muertos, piedras, polvo y tallos más pequeños.

**Figura 13. Limpiadora**



## 2.5. DESCASCARILLADO

Una vez limpio el paddy es transportado hacia la tolva del descascarador en donde es dosificada hacia los cilindros en movimiento, mediante un proceso de abrasión entre la cascarilla de paddy y la superficie de caucho de los rodillos, es liberada la capa mas externa del arroz (cascarilla), y por el desprendimiento de la misma otros productos como las puntas del grano (picas), y salvado. De aquí sale una mezcla de arroz descascarado, cáscara, paddy, picas y salvado.

**Figura 14. Descascarador.**



## **2.6. TAMIZADO**

Efectuando una operación de tamizado se separan las partículas más pequeñas (picas y salvado), y después por medio de una cicloaventadora la cascarilla es retirada de los demás productos, obteniendo una mezcla final de arroz con cáscara o paddy y arroz descascarado o integral.

## **2.7. SEPARACIÓN DE PADDY**

Esta mezcla es separada mediante una mesa densimétrica o separador de paddy, del cual salen dos productos por diferentes líneas: el arroz integral se envía hacia los conos de blanqueo y el paddy retorna a la tolva del descascarador, en el caso del separador de paddy hay una tercera línea que retorna la mezcla no separada a la entrada del separador. Los productos obtenidos se muestran a continuación:

**Figura 15. Productos obtenidos en la separación de paddy.**



## **2.8. BLANQUEADO**

Los conos de blanqueo son máquinas que trabajan por fuerza centrífuga, en ellas se quita la parte grasosa y el germen del arroz, por un lado es aspirado un subproducto llamado harina de blanqueo y por la parte inferior es evacuado el grano blanco. El número de blanqueadoras dependerá del grado de blancura que se desee en el grano y por ende la cantidad de harina aumentará.

**Figura 16. Polichadora**



## 2.9. PULIDO

Pasando este arroz blanqueado al pulidor, que funciona bajo el mismo principio del blanqueador, pero cambiando la superficie de contacto rústica por una más suave, se da el brillo deseado dejando el arroz blanco y libre de las ralladuras producidas en las blanqueadoras

## 2.10. CLASIFICACIÓN

Posteriormente el arroz blanqueado es llevado a las clasificadoras ó plansifters, donde se separa de acuerdo al tamaño en un sistema de cribas, según el producto final que se quiera obtener.

**Figura 17. Plansifter.**



Opcionalmente, se utilizan glaseadoras con el propósito de obtener un grano traslúcido y brillante agregando un compuesto de glucosa y agua al arroz entero proveniente de las clasificadoras.

## 2.11. ENSAQUE

Luego de todo este proceso se obtienen dos productos principales: arroz blanco listo para la comercialización y las harinas de salvado de arroz, que son empacados en sacos o bolsas según su destino.

**Figura 18. Empacadora.**



## **2.12. COMERCIALIZACIÓN**

Finalmente el arroz es suministrado al consumidor en almacenes de cadena, supermercados y tiendas.

### 3. EL SEPARADOR DE PADDY

#### 3.1 HISTORIA

En la antigüedad el procesamiento del arroz se hacía de forma completamente manual, con el tiempo algunos de los procesos se fueron automatizando, el primero de Febrero de 1892, el ingeniero Friedrich Hermann Schule, en Hamburgo, comenzó en un pequeño taller alquilado a desarrollar la patente No. 77,786 de un Separador de Paddy. La aceptación rápida del separador de paddy de SCHULE con su nombre temprano de "Cinderella" pronto dió un vuelco a su pequeño taller con la fábrica más grande del mundo que se especializaba en maquinaria que molía el arroz.

**Figura19. Ingeniero Friedrich Herman Schule.**



Apenas al término de dos décadas empleó 300 hombres y numerosos subcontratistas. Pronto abrió siete sucursales de Bangkok en Nueva York.

El señor Schule originó la idea de los molinos de arroz de tipo compacto, combinando todas las máquinas con equipos auxiliares y la impulsión a partir de un eje de la línea, colocando éstos en una estructura prefabricada. Entre 1908 y 1910 Schule instaló en Saigon los dos molinos de arroz más grandes, de 600 toneladas de capacidad de arroz blanco por día.

Las consecuencias de dos guerras mundiales implicaron grandes pérdidas. Todas las sucursales fueron devastadas. La fábrica de

Hamburgo fue destruida totalmente en 1943. Sin embargo, el señor Schule asumió el control en 1945 y terminó la difícil tarea de la reconstrucción hasta 1956, la compañía para entonces ya tenía 500 empleados.

A partir de entonces se han venido desarrollando nuevas generaciones de este tipo de maquinaria, incluyendo los descascaradores de rodillo de goma y los separadores del paddy.

**Figura 20. Combinación de mesas modernas y antiguas en un molino.**



### **3.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA**

Mediante estudios realizados con anterioridad por especialistas en el tema se han encontrado algunos parámetros que influyen en el comportamiento de la mezcla de arroz durante el proceso de separación y por lo tanto en la capacidad y eficiencia de este tipo de máquinas.

La capacidad de la máquina está determinada por la magnitud del desplazamiento del módulo, la frecuencia de ese desplazamiento, el ángulo de impulsión, la inclinación del módulo y la capacidad del arroz

para recibir y transmitir a través de su masa el impulso direccional de la bandeja ubicada dentro del módulo.

Debe haber un elevado coeficiente de fricción sobre el acero, así como también un elevado coeficiente de fricción interna para que el movimiento se transmita a todo el lote, asimismo la diferencia del coeficiente de fricción entre el paddy y el integral permiten la separación de tal forma que el integral se desliza y rota transversalmente sobre la bandeja, mientras que el paddy avanza a lo largo de ella y rueda sobre el integral.

La elasticidad del arroz es una característica que debe conocerse, como se sabe el principio de avance del arroz es hacia arriba y adelante, con la respectiva retracción del módulo a su posición inicial para comenzar nuevamente el ciclo; en este proceso el arroz queda momentáneamente suspendido para luego caer y chocar contra la bandeja, la forma como cada elemento de la mezcla reacciona a este choque es diferente.

El arroz al ser suficientemente denso comparado con otros materiales, permite minimizar los efectos de la resistencia que opone el aire en su trayectoria. Las pruebas han demostrado que se manejan mejor los materiales granulados como el arroz que los pulverizados y mejor las formas irregulares que las esféricas.

El contenido de humedad del arroz es un factor común y controlable, lo que permite mejorar el flujo y la separación, disminuir la contaminación y reducir las pérdidas por deterioro de los equipos; debe variar entre 12.8 y 13.2 pues si ésta es mayor, no es posible realizar un buen descascarado y la diferencia en los pesos específicos no es apreciable para la separación del paddy; si la humedad es menor, se optimizan los procesos pero se generan pérdidas apreciables para el molinero.

El arroz integral está clasificado como un material de buena fluidez, medianamente abrasivo y de fácil contaminación, el paddy se clasifica como un material semifluido y extremadamente abrasivo. Analizando

todas estas características del arroz y teniendo en cuenta que el grado de mezcla e impurezas debe ser el mínimo, es posible separar el paddy del arroz integral, sin embargo, aún queda una fracción de arroz sin separar que en el nuevo modelo es llevado a la zona de mezcla en la descarga para iniciar nuevamente su proceso de separación.

### **3.3. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

Esta máquina se compone fundamentalmente de dos módulos inclinados conformados por varias bandejas o plataformas, con movimiento alternativo.

Cada lote atraviesa la bandeja ayudada por movimientos y mecanismos que permiten que el arroz avance rápidamente, en algunos modelos una corriente de aire las estratifica en capas, de acuerdo con su peso específico.

El movimiento alternativo desplaza hacia la parte más alta de la bandeja a las semillas más pesadas que siguen en mayor contacto con ella mientras las semillas más livianas ruedan sobre las más pesadas y se desplazan hacia la parte más baja de la bandeja. De esta forma las semillas son descargadas por diferentes bocas de acuerdo con su peso específico y de acuerdo con las exigencias del proceso.

El separador de Paddy es una máquina clave en cualquier planta de procesamiento de arroz y probablemente una de las más útiles y eficientes que hayan sido desarrolladas en las últimas décadas. Sin embargo, requiere un ajuste muy afinado por lo que debe ser operada por personal de reconocida experiencia. Para ello el operario puede recurrir a variar el ángulo de inclinación del módulo o lograr cambios en la velocidad de los movimientos. Todo ello con la intención de obtener de la máquina la mayor eficiencia.

## 4. DISEÑO CONCEPTUAL

**Figura 21. Separador de Paddy.**



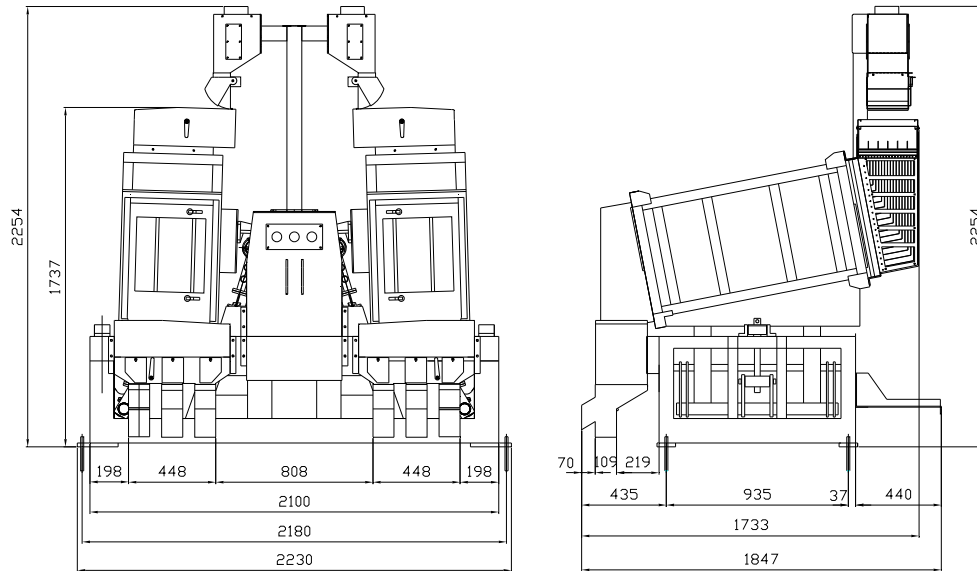
En toda máquina existen mecanismos que realizan la función primordial para la cual fue diseñada. En apoyo a estos, se adicionan elementos y piezas periféricas que contribuyen a la optimización del proceso y que sirven de sostén para la ejecución del trabajo. A continuación se presentarán las características generales y específicas del equipo, con el fin de ofrecer mayor claridad acerca de su estructura y funcionamiento.

### 4.1. DIMENSIONES GENERALES

Las dimensiones aproximadas de la máquina son:

Largo:	2230 mm.
Ancho:	1847 mm.
Alto:	2254 mm.

**Figura 22. Dimensiones Generales del Separador de Paddy**



## 4.2. ESPECIFICACIONES GENERALES

**Tabla 1. Especificaciones generales el equipo.**

Capacidad de descarga (arroz integral)	4 a 5 Tons/Hr
Potencia Requerida	2.2 Kw, 3HP
Revoluciones del eje motriz	295 a 300 RPM
Dimensiones Generales	2230mm x 1847mm x 2254mm
Volumen de embalaje aproximado	10m <sup>3</sup>

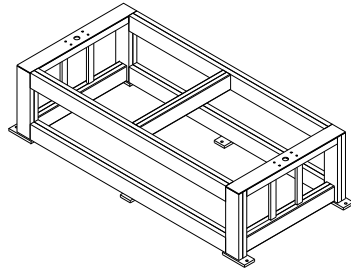
## 4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS PRINCIPALES

En esta máquina se destacan diferentes sistemas que contribuyen a la totalidad del proceso de separación del arroz, y ellos son: bastidor o base, sistema de alimentación, constituido por cámara y bandeja de alimentación, sistema de distribución, sistema de separación, sistema de división y sistema de descarga, paralelo a ellos se encuentran el sistema de inclinación, sistema oscilatorio, ductos colectores de polvo, sistema de transmisión de potencia y sistema eléctrico.

#### 4.3.1. Base principal

Es una estructura robusta fabricada en tubería rectangular que ha sido armada en lámina de acero calibre 3/16 in. doblada en C, está encargada de sostener los demás sistemas, se fija firmemente al piso mediante los anclajes dispuestos en la parte inferior de la misma para evitar vibraciones que disminuyan la capacidad y durabilidad de la máquina.

**Figura 23. Base principal.**

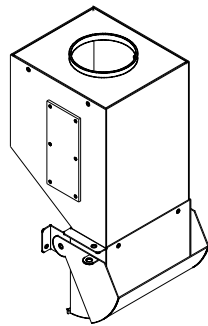


#### 4.3.2. Sistema de alimentación

Este sistema está constituido por cámaras y bandejas de alimentación. Cada cámara de alimentación está ubicada en la parte superior de la máquina y está formada por un depósito y una tolva unidos al soporte de la máquina, el depósito es la sección superior de la cámara con lados verticales, lleva una tapa superior con orificio para conectar a una tubería de 5 pulgadas de diámetro, la tolva tiene uno de sus lados inclinado y es la sección entre el depósito y la salida de la cámara, su ángulo de inclinación permite que la mezcla ruede libremente sin formar aglomerados ó puentes que dificulten su salida. Tienen en su parte frontal y posterior ventanas de inspección en acrílico para verificar que el sistema de alimentación funciona adecuadamente. Es en ella donde se carga el producto a procesar.

El flujo de mezcla procedente de la cámara es controlado por el accionamiento de las válvulas de alimentación que permiten su descarga libre para que la máquina trabaje a capacidad total o parcial de acuerdo a las condiciones del proceso. El ángulo de apertura de la compuerta es regulado por un resorte tensor y unas guayas conectadas a las palancas ubicadas en el tablero de control en la parte frontal de la máquina..

**Figura 24. Tolva de alimentación.**

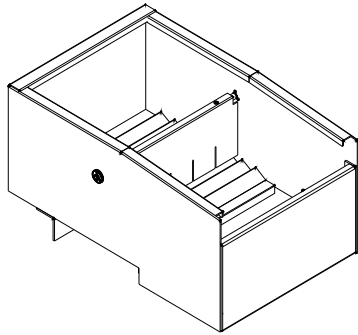


Las cámaras poseen, además, un sistema de parada automática que consiste en un sensor de nivel (capacitivo) conectado eléctricamente al sistema de control de potencia, que corta la energía de alimentación de la máquina cuando estos quedan vacíos.

Las bandejas de alimentación van unidas solidariamente a los módulos de separación, de tal manera que se convierten asimismo en alimentadores de tipo vibratorio, la distancia entre bandeja de alimentación y cámara de alimentación aumenta en la dirección de salida de la bandeja, cada bandeja tiene un plegado transversal en su plataforma base, con el fin de crear una alimentación continua y homogénea.

Cuenta con una compuerta ranurada, regulada por medio de un resorte de tensión, que permite dosificar uniformemente la mezcla, garantizando que el flujo de grano sea el mismo en todas las láminas de distribución. En la parte inferior lleva un soporte regulable con ranura que permite variar la inclinación de la bandeja con respecto al módulo por medio de un tornillo.

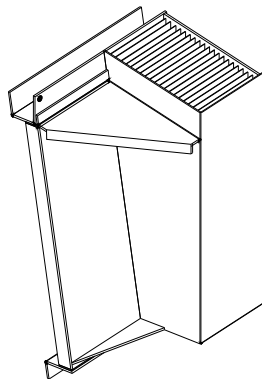
**Figura 25. Bandeja de Alimentación**



### **4.3.3. Sistema de distribución**

El sistema de distribución también se encuentra unido solidariamente a cada módulo de separación por medio de tornillos, debajo de la bandeja de alimentación y está formado por un conjunto de láminas de acero inoxidable austenítico 304 calibre 20, dobladas de tal manera que el arroz cae y rueda libremente sobre ellas, para llegar a las bandejas de separación, dentro del módulo; cuenta con ventanas laterales de inspección en acrílico que permiten observar si la caída del arroz es uniforme.

**Figura 26. Sistema de distribución**



#### 4.3.4. Sistema de separación

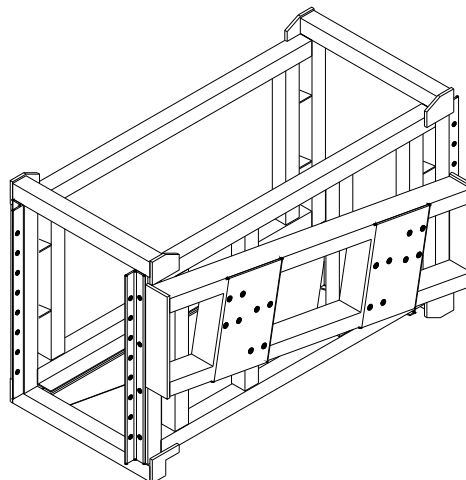
Es la esencia del separador de paddy, ya que una vez suministrada la mezcla, este se encarga de separar el paddy del arroz integral, entregando a su salida tres productos diferentes: arroz paddy, arroz integral y una mezcla de ambos.

Está conformado por dos módulos laterales ubicados simétricamente con respecto al eje motriz, cuyo marco en tubería cuadrada, se apoya en el sistema de oscilación y el bastidor, formando cuadriláteros articulados.

En cada uno se encuentran los soportes adecuados para un conjunto de 20 bandejas que realizan la separación de la mezcla y cuya disposición permite un fácil mantenimiento y montaje. La capacidad aproximada de mezcla que se puede procesar por bandeja está entre 90 y 100 Kg/h.

Estos módulos se encuentran inclinados de 10 a 11 grados con respecto a su eje transversal con el fin de que el arroz avance libremente y un ángulo que varía entre 5 y 15 con respecto a su eje longitudinal con el fin de que se realice la separación. A su vez la trayectoria que describe tiene una inclinación de 18 grados para optimizar el proceso.

**Figura 27. Marco del sistema de separación.**



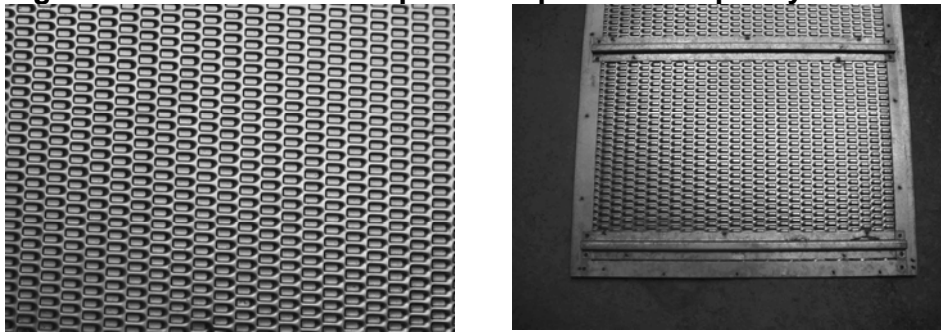
Las bandejas fueron importadas, tal como aparecen en la figura. Sus soportes están unidos a la lámina mediante soldadura de punto. La lámina tiene un labrado que facilita el proceso de separación. El peso aproximado de cada una es de 3 Kg. y sus dimensiones generales son:

Largo: 1300 mm.

Ancho: 397 mm.

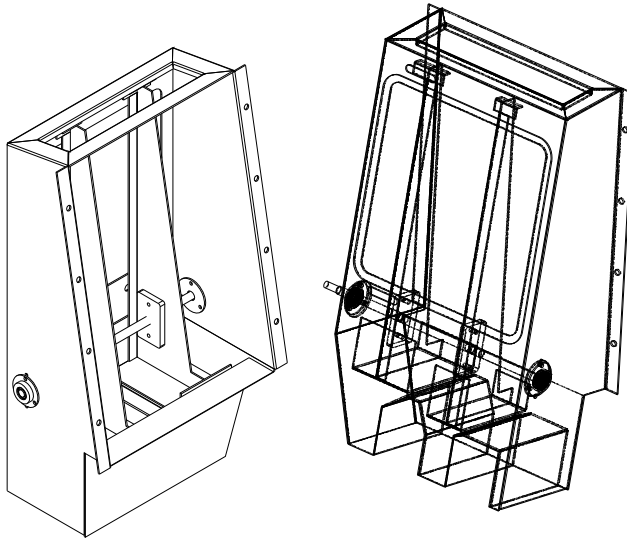
Altura de los bordes 7 mm.

**Figura 28. Lámina utilizada para la separación de paddy.**



#### 4.3.5. Sistema de división

**Figura 29. Sistema de división**

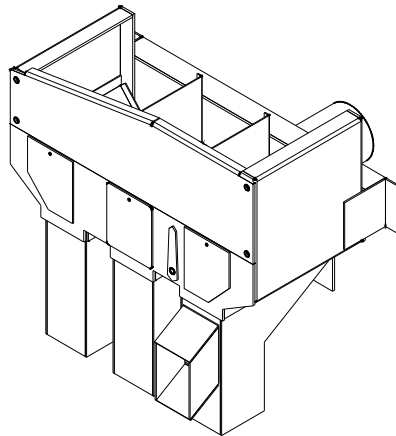


Este sistema se encuentra unido a la parte frontal de los módulos por medio de tornillos, está conformado por unas válvulas verticales que se gradúan lateralmente con tornillos sin fin, volantes y perillas permitiendo optimizar la eficiencia de la separación a la salida de las bandejas. También cuenta con ventanas frontales en acrílico para verificar que la separación sea la adecuada.

#### 4.3.6. Sistema de descarga

Los sistemas de descarga se encuentran ubicados en la parte frontal inferior de la máquina unidos a la base por medio de tornillos y presentan tres zonas de recolección separadas de la siguiente manera: zona de paddy, zona de mezcla sin separar y zona de arroz integral, las cuales tienen unas compuertas de inspección en lámina desmontables, que permiten revisar la calidad de la separación del arroz. En la parte inferior se encuentran válvulas internas que permiten desviar el flujo a la zona de mezcla sin separar, en caso de que la separación no sea la óptima durante el periodo de ajuste de la máquina.

**Figura 30. Sistema de descarga.**

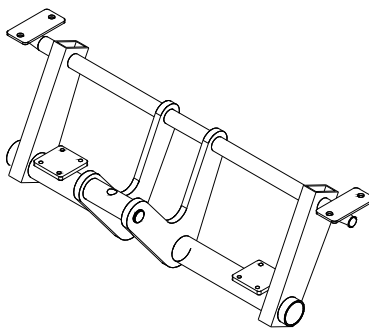


#### 4.3.7. Sistema de inclinación

Este sistema permite variar la inclinación de los módulos con el fin de aumentar o disminuir la capacidad de descarga y la eficiencia de separación. Funciona por medio de dos tornillos sin fin verticales ubicados en las vigas laterales de la máquina. Ellos permiten subir y bajar los soportes inferiores de los módulos, logrando la pendiente adecuada de acuerdo a la calidad del arroz a procesar.

El objetivo principal de esta inclinación es disminuir la concentración de integral en la zona de paddy. Con un ángulo menor a cinco grados el porcentaje de integral devuelto aumenta considerablemente. Con una inclinación mayor, disminuye en gran escala la concentración de integral perdido, pero se hace más lento el paso de la mezcla a través de las bandejas, hasta el punto de que dicha mezcla no avanza.

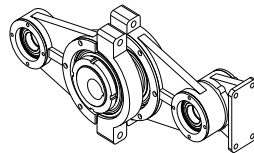
**Figura 31. Sistema de inclinación**



#### 4.3.8. Sistema oscilatorio

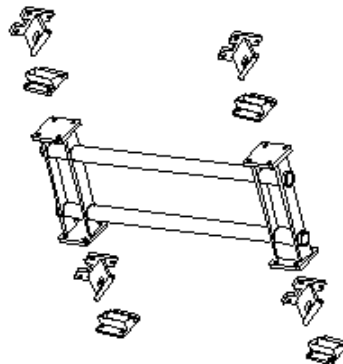
Es el sistema encargado de transmitir un movimiento oscilatorio a los módulos, de él dependen las posiciones, velocidades y aceleraciones que tiene cada una de las partes durante el funcionamiento de todo el sistema, se encuentra conformado por un eje principal conectado a dos bujes excéntricos dobles (manivelas), que se acoplan a las bielas a través de los rodamientos seleccionados, las bielas a su vez van conectadas a los ejes laterales que por medio de chumaceras hacen posible la conexión con los módulos.

**Figura 32. Bielas.**



Los módulos están soportados por sistemas articulados (balancines) contruidos en tubería de acero, platinas y pivotes, que se conectan a la base por medio de los brazos laterales interiores y al sistema de inclinación por medio de su soporte inferior. Cuentan además con cuatro resortes de tensión que limitan la amplitud del movimiento y absorben las vibraciones producidas por el mismo.

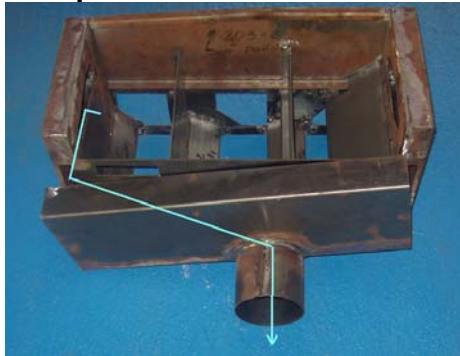
**Figura 33. Brazo de oscilación.**



#### 4.3.9. Ductos colectores de polvo

Los ductos se encuentran incorporados al sistema de descarga constituyendo su parte posterior y lateral, con un tubo de 5" conectado a la salida para realizar la conexión con el sistema de aspiración, están protegidos por medio de mallas finas que permiten únicamente el paso de polvo, el cual sigue la trayectoria mostrada en la figura.

**Figura 34. Ductos de aspiración.**

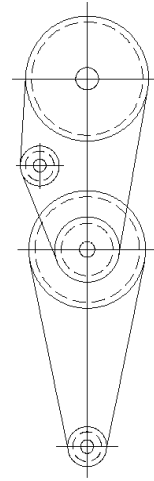


#### 4.3.10. Transmisión de potencia

La transmisión se realiza por medio de correas de sección trapezoidal tipo A48, que permiten absorber los efectos de las vibraciones. Las poleas tienen doble canal y son impulsadas por un motor de 3 HP que opera a 1800RPM, obteniendo en el eje de la excéntrica (superior) una velocidad aproximada de 300RPM.

La base del motor dispone de correderas para ajustar la distancia entre los centros de la transmisión inferior, en la transmisión superior se cuenta con una polea tensora con el fin de evitar ajustes entre los centros.

**Figura 35. Transmisión de potencia.**



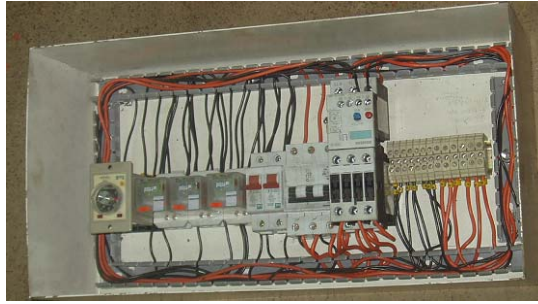
#### **4.3.11. Sistema eléctrico**

El sistema eléctrico consta básicamente de un tablero de mando, un sensor de nivel capacitivo, un motor eléctrico trifásico de 3HP y una caja de controles con temporizador, transformador, relés, caja de bornes y fusibles con sus respectivas líneas de conexión.

La función del temporizador es estabilizar la operación de la máquina luego de que una cantidad suficiente de mezcla ha sido alimentada al tanque, este temporizado se gradúa de acuerdo a diferentes factores como la cantidad de alimentación de mezcla en el tanque o las distancias en el proceso de alimentación, entre otras cosas, inicialmente está graduado para 20 segundos.

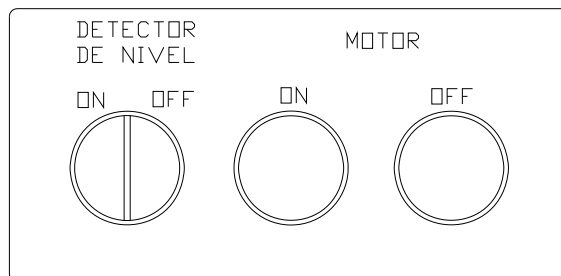
El sensor de nivel capacitivo se encarga de enviar una señal de apagado al motor cuando ya no hay mezcla de arroz en el tanque de alimentación, sus líneas de entrada y salida están conectadas a las terminales de la caja de control.

**Figura 36. Caja de control**



Cuando el interruptor del detector de nivel se encuentra apagado (OFF) el encendido y apagado de la máquina se da de forma manual, su funcionamiento no está relacionado con la detección de nivel y es necesario utilizar los interruptores del motor para encender o apagar la máquina.

**Figura 37. Tablero de mandos.**



Si el interruptor del detector de nivel se encuentra encendido (ON) el encendido y apagado de la máquina se da de forma automática y su trabajo está asociado con la detección de nivel, sin embargo el interruptor del motor debe estar encendido, si hay mezcla de arroz en el tanque se realiza un temporizado y posterior encendido de la máquina y cuando no hay mezcla de arroz en el tanque de alimentación debido a la señal del sensor la máquina se apaga.

## 5. DISEÑO ANALITICO

Este capítulo comprende el análisis mecánico completo de los diversos factores que se han tenido en cuenta para el desarrollo del proyecto como resultado de la aplicación de los conocimientos teóricos, experimentales y prácticos adquiridos durante la carrera y complementados con el uso de la ingeniería asistida por computador. Consta de un análisis de la dinámica del material y los análisis de tipo cinemático y cinético de la máquina. El proyecto propone un sistema vibratorio para separación de paddy, que realiza las funciones de alimentación y separación.

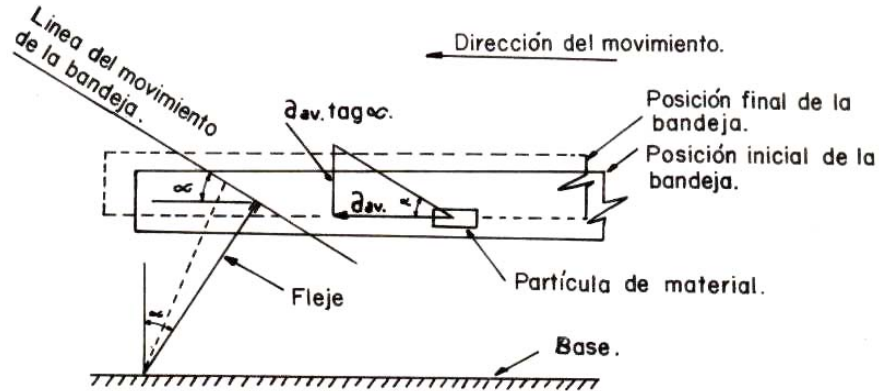
### 5.1. ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL MATERIAL

Para la construcción de este equipo se ha tenido en cuenta la metodología y recomendaciones dadas en el libro *Transporti Meccanici* de Vittorio Zignoli, que hacen referencia a un transportador dispuesto sobre flejes inclinados, con las características del producto a procesar (Arroz Paddy) dadas a continuación:

Peso específico del paddy:	0.06 Ton/m <sup>3</sup>
Coefficiente de fricción estático:	0.4
Coefficiente de fricción dinámico:	0.3
Altura máxima de la capa de mezcla:	8 mm.
Inclinación de la trayectoria $\alpha$ :	12° a 18°
Carrera aproximada de la bandeja:	25.5 mm.
Radio de la manivela:	12.5 mm.
Peso del módulo con producto:	350 Kg.
Peso del contrapeso:	350 Kg.

Asumiendo que la aceleración durante el movimiento de ida y vuelta varía en la forma adecuada, que el módulo se mueve a lo largo de un plano o trayectoria ideal inclinada un ángulo  $\alpha$  y estableciendo una carrera  $s$  dada en metros.

**Figura 38. Diagrama del modelo matemático tomado.**



Fuente: PINEDA, Carlos. Trabajo de grado "Banco de transporte neumático y vibratorio". Bucaramanga, UIS 1982. Pag. 84.

La aceleración máxima en el recorrido cuando el módulo se mueve hacia adelante a lo largo de la trayectoria en subida de inclinación  $\alpha$ , tal que se garantice la adherencia de la mezcla a la bandeja, es:

$$a_{av} \leq \frac{\mu_f \cdot g}{1 - \mu_f \cdot \text{tag} \alpha} = \frac{0.4 \cdot 10}{1 - 0.4 \cdot \text{tag} 18} = 4.53 \text{ m/s}^2$$

Para evitar que durante el retorno la mezcla regrese adherida a la bandeja, la desaceleración relativa de la mezcla con respecto a la misma debe ser:

$$d_m = \frac{\mu_m \cdot g}{1 + \mu_m \cdot \text{tag} \alpha} = \frac{0.3 \cdot 10}{1 + 0.3 \cdot \text{tag} 18} = 2.76 \text{ m/s}^2$$

Cuando al final del recorrido de ida el módulo se frena provocando una desaceleración  $d_f$ , para que la mezcla pueda despegarse de la bandeja y arrastrarse hacia delante, es necesario que la desaceleración del módulo sea:

$$d_f = d_m^2 \left( \frac{1}{a_{av}} + \frac{2}{d_m} \right) = 2.76^2 \left( \frac{1}{4.53} + \frac{2}{2.76} \right) = 7.2 \text{ m/s}^2$$

Donde:

$d_f$  = Desaceleración del módulo al final del recorrido

$d_m$  = Desaceleración relativa de la mezcla

$a_{av}$  = Aceleración de avance

Se determina que la máxima velocidad del producto y la bandeja juntos al terminar el recorrido útil de ida, sea aproximadamente:

$$V_{\max.av} = \sqrt{2 \cdot s \cdot a_{av}} = \sqrt{2 \cdot 0.025 \cdot 4.53} = 0.48m / sg$$

Ya que el tiempo  $T_{mat}$ , necesario para anular la velocidad del producto que se arrastra, está dado por:

$$T_{mat} = \frac{V_{\max.av}}{d_m} = \frac{0.48m / sg}{2.76m / sg^2} = 0.17sg$$

Debe ser igual al tiempo disponible para el frenado y la carrera de retorno de la bandeja; el tiempo total del ciclo (avance y retorno de la bandeja) es:

$$T = \frac{V_{\max.av}}{a_{av}} + \frac{V_{\max.av}}{d_m} = \frac{0.48m / sg}{4.53m / sg^2} + \frac{0.48m / sg}{2.76m / sg^2} = 0.28sg$$

Donde:

$T$  = Tiempo total del ciclo

Ahora aplicando el principio de trabajo y energía para el movimiento de una partícula de producto se puede calcular la carrera completa para dicha partícula durante el tiempo  $T$  de duración del ciclo:

$$S_{mat} = \frac{1}{2} (V_{\max.av})^2 \left( \frac{1}{a_{av}} + \frac{1}{d_f} + \frac{1}{d_m} \right) - S$$

$$S_{mat} = \frac{1}{2} (0.48m / sg)^2 \left( \frac{1}{4.53m / sg^2} + \frac{1}{7.2m / sg^2} + \frac{1}{2.76m / sg^2} \right) - 0.025m$$

$$S_{mat} = 0.0582m$$

Ya que en la carrera de retorno se tiene un movimiento discorde de la bandeja y el producto. La velocidad media del material es:

$$V_m = \frac{S_{mat}}{T} = \frac{0.0582m}{0.28sg} = 0.208m/sg$$

Según el libro *Transporti Meccanici* de Zignoli, se recomienda tomar una velocidad media efectiva de:

$$V_m = 0.8 \frac{S_{mat}}{T} = 0.8 \frac{0.0582m}{0.28sg} = 0.1662m/sg$$

Ahora, si  $A$  es la superficie media en metros cuadrados de la capa de producto que avanza sobre la bandeja ( $A = L * h$ , siendo  $L$  el ancho de la bandeja y  $h$  la altura media de la capa de producto en metros), el volumen transportado por hora es:

$$\dot{V} = 3600 \frac{S_{mat}}{T} * A = 3600sg/hr * 0.1662m/sg * 0.0032m^2 = 1.9146m^3/hr$$

Siendo  $\gamma$  el peso específico del producto transportado en  $ton/m^3$ , las toneladas procesadas por hora por cada bandeja son:

$$Q = 3600 \gamma \frac{S_{mat}}{T} * A = 1.9146m^3/hr * 0.06ton/m^3 = 0.115ton/hr$$

Por lo tanto la cantidad de producto total a procesar por el equipo, es decir las 40 bandejas, es de 4.6Ton/hr.

Además de las limitaciones dadas por las relaciones:

$$d_m = \frac{\mu_m g}{1 + \mu_m \tan \alpha}, \text{ y, } a_{av} \leq \frac{\mu_f g}{1 - \tan \alpha \mu_f}$$

Para la trayectoria inclinada un ángulo  $\alpha$ , y a fin de evitar que el material se levante de la bandeja saltando, lo que disminuye el rendimiento, la presión sobre la bandeja  $N_c$  no debe ser menor de cero, es decir:

$$N_c = G_{mat} - \frac{G_{mat}}{g}(d_m \tan \alpha) \geq 0$$

De donde:

$$G_{mat} \geq \frac{G_{mat}}{g}(d_m \tan \alpha)$$

Por tanto:

$$d_m \leq \frac{g}{\tan \alpha}$$

Si el movimiento es transmitido a la bandeja por un sistema biela manivela, siendo  $d_m$  la desaceleración lineal de la manivela, se tiene:

$$d_m = \frac{V_{pm}^2}{r_m} \cos \phi$$

Siendo:

$d_m$  = Desaceleración lineal de la manivela

$V_{pm}$  = Velocidad periférica de la manivela

$r_m$  = Radio de la manivela

$d_m$  Toma el valor máximo cuando  $\cos \phi = -1$ , es decir:

$$d_m = -\frac{V_{pm}^2}{r_m}$$

El signo menos se debe a que se trata de una desaceleración.

Cumpléndose que:

$$-V_{pm}^2 \leq \frac{g^* r_m}{\tan \alpha}$$

Y por consiguiente la velocidad periférica de la manivela debe ser, descartando el signo:

$$V_{pm} \leq \sqrt{\frac{g^* r_m}{\tan \alpha}}$$

$$V_{pm} \leq \sqrt{\frac{9.81 * 0.0125}{\tan 18}}$$

$$V_{pm} \leq 0.65 \text{ m/s}$$

El número de giros de la manivela por minuto (igual al número de ciclos) se obtiene de:

$$\omega = \frac{V_{p.m}}{r_m} \leq \sqrt{\frac{\frac{g^* r_m}{\tan \alpha}}{r_m^2}}$$

$$\omega \leq \sqrt{\frac{g}{r_m \tan \alpha}}$$

Pero:

$$\omega = 2\pi n$$

Siendo:

$\omega$  = Velocidad angular en radianes por minuto

$n$  = Revoluciones por minuto

Entonces:

$$2\pi n \leq \sqrt{\frac{g}{r_m \operatorname{tag} \alpha}}$$

Tomando:

$$\frac{\sqrt{g}}{2\pi} \cong 0.5$$

Por tanto:

$$n \leq 0.5 \sqrt{\frac{1}{r_m \operatorname{tag} \alpha}} \left[ \frac{\text{revoluciones}}{\text{segundo}} \right]$$

$$n \leq 30 \sqrt{\frac{1}{r_m \operatorname{tag} \alpha}} [RPM]$$

$$n \leq 30 \sqrt{\frac{1}{0.0125 \operatorname{tag} 18}} [RPM]$$

$$n \leq 495RPM$$

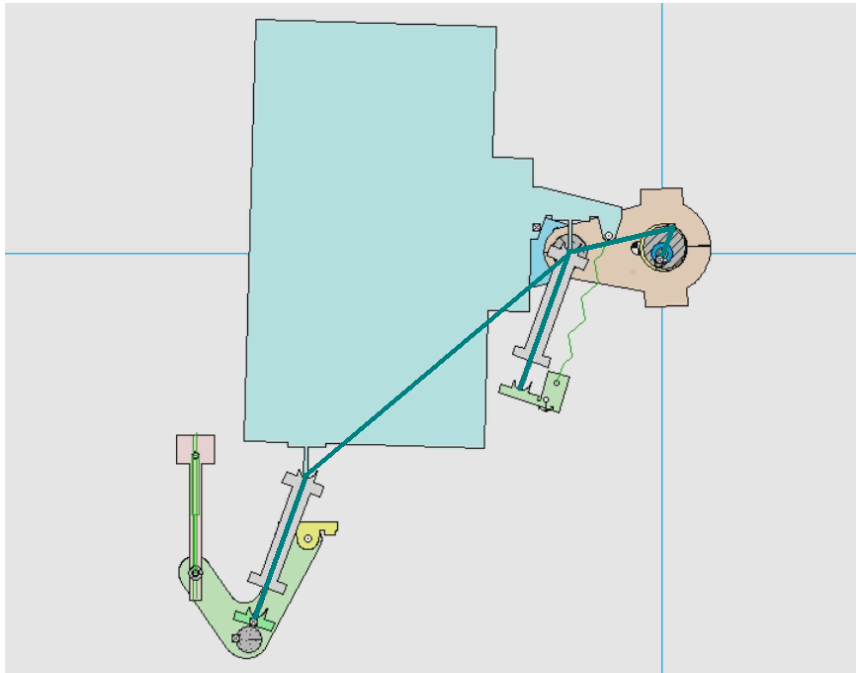
## 5.2. ANÁLISIS CINEMÁTICO

Este análisis comprende la cadena cinemática y su variación hasta el funcionamiento de régimen del equipo y tiene como objetivo determinar las posiciones, velocidades y aceleraciones críticas del módulo. En la figura se muestra el mecanismo utilizado para realizar los cálculos en función de la velocidad angular de la manivela y del ángulo recorrido.

El mecanismo plano utilizado está conformado por 6 eslabones: manivela, biela, módulo, dos balancines y base, con cuatro grados de libertad dados por la ecuación de Grubler:

$$M = 3(n-1) - 2f_1 - f_2 = 3(6-1) - 2(5) - 1 = 4$$

**Figura 39. Mecanismo del sistema.**

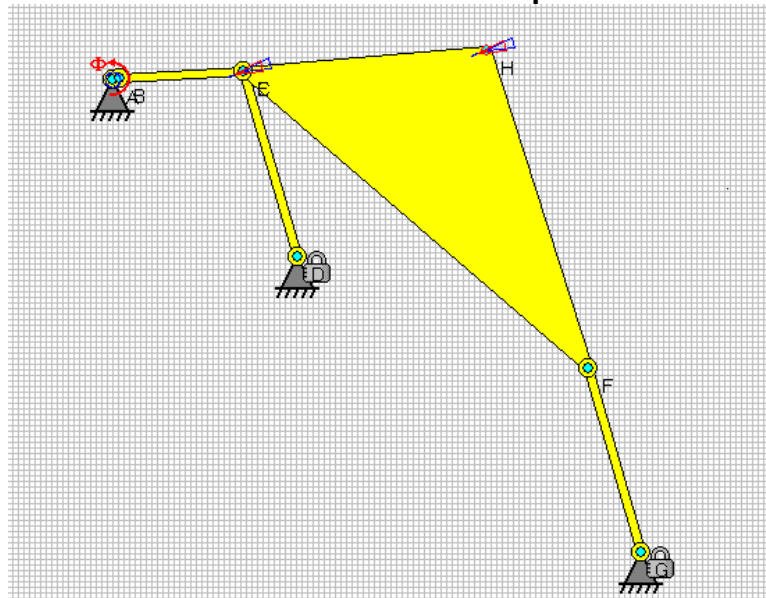


Teniendo en cuenta las cuatro posiciones básicas consideradas como críticas para el sistema, en las cuales las bielas se encuentran paralelas o perpendiculares a la manivela se determinaron las siguientes ecuaciones:

## POSICIÓN 1.

En la figura se muestra un esquema de la orientación del mecanismo en esta posición. La biela está colineal con la manivela.

Figura 40. Orientación del mecanismo en la posición 1.



### VARIABLES UTILIZADAS

Joint A	Eje principal
Joint B	Unión Manivela-Biela
Joint C	Unión Biela-Módulo
Joint D	Unión Fleje lateral-Base
Joint E	Unión Fleje lateral-Módulo
Joint F	Unión Fleje inferior-Módulo
Joint G	Unión Fleje inferior-Base
Joint H	Centro de masa del módulo
Link AB	Radio de la manivela (Excentrica)
Link BC=Link BE	Longitud de la biela (C coincide con E)
Link ED=Link FG	Longitud de los flejes
Link EFH	Módulo de separación
Link ADG	Base
$\alpha$	Ángulo que forma el fleje con la vertical

$\psi$	Ángulo que forma la biela con la horizontal
$\phi$	Ángulo que forma la manivela con la horizontal (Entrada)
$\omega$	Velocidad angular de la manivela: (300 RPM)

Ecuaciones de posición:

$$\vec{r}_{AB} = r_{AB} (\cos \phi \hat{i} + \sin \phi \hat{j})$$

$$\vec{r}_{BE} = r_{BE} (\cos \psi \hat{i} + \sin \psi \hat{j})$$

$$\vec{r}_{ED} = r_{ED} (-\sin \alpha \hat{i} + \cos \alpha \hat{j})$$

Ecuaciones de velocidad:

$$V_E = V_B + V_{E/B}$$

$$V_B = \omega (-\hat{k}) \times r_{AB} (\cos \phi \hat{i} + \sin \phi \hat{j})$$

$$V_{E/B} = \omega_{BE} (\hat{k}) \times r_{BE} (\cos \psi \hat{i} + \sin \psi \hat{j})$$

$$V_E = V_D + V_{E/D}$$

Como  $V_D = 0$ , entonces:

$$V_E = \omega_{DE} (\hat{k}) \times r_{DE} (-\sin \alpha \hat{i} + \cos \alpha \hat{j})$$

Al reemplazar en la ecuación (), realizar los productos cruz correspondientes e igualar las componentes  $\hat{i}$  y  $\hat{j}$  se obtiene una matriz de ecuaciones dos por dos, de las cuales se determinan  $\omega_{AB}$  y  $\omega_{CB}$ .

$$-\omega_{DE}r_{DE} \cos \alpha = \omega r_{AB} \sin \phi - \omega_{BE}r_{BE} \sin \psi$$

$$-\omega_{DE}r_{DE} \sin \alpha = -\omega r_{AB} \cos \phi + \omega_{BE}r_{BE} \cos \psi$$

Ecuaciones de aceleración:

$$a_E = a_B + a_{E/B}t + a_{E/B}n$$

$$a_B = -(\omega)^2 r_{AB} (\cos \phi \hat{i} + \sin \phi \hat{j})$$

$$a_{E/B}t = \alpha_{BE} (\hat{k}) \times r_{BE} (\cos \psi \hat{i} + \sin \psi \hat{j})$$

$$a_{E/B}n = -(\omega_{BE})^2 .r_{BE} (\cos \psi \hat{i} + \sin \psi \hat{j})$$

$$a_E = a_D + a_{E/D}t + a_{E/D}n$$

Como  $a_D = 0$ , se obtiene:

$$a_{E/D}t = \alpha_{DE} (\hat{k}) \times r_{DE} (-\sin \alpha \hat{i} + \cos \alpha \hat{j})$$

$$a_{E/D}n = -(\omega_{DE})^2 .r_{DE} (-\sin \alpha \hat{i} + \cos \alpha \hat{j})$$

$$a_E = \alpha_{DE} (\hat{k}) \times r_{DE} (-\sin \alpha \hat{i} + \cos \alpha \hat{j}) - (\omega_{DE})^2 r_{DE} (-\sin \alpha \hat{i} + \cos \alpha \hat{j})$$

Al reemplazar en la ecuación (1), realizar los productos punto y cruz correspondientes e igualar las componentes  $\hat{i}$  y  $\hat{j}$  se obtienen dos ecuaciones con dos incógnitas de las cuales se determinan  $\alpha_{AB}$  y  $\alpha_{CB}$ .

$$-\alpha_{DE}r_{DE} \cos \alpha + (\omega_{DE})^2 r_{DE} \sin \alpha = -(\omega)^2 r_{AB} \cos \phi - \alpha_{BE}r_{BE} \sin \psi - (\omega_{BE})^2 r_{BE} \cos \psi$$

$$-\alpha_{DE}r_{DE} \sin \alpha - (\omega_{DE})^2 r_{DE} \cos \alpha = -(\omega)^2 r_{AB} \sin \phi + \alpha_{BE}r_{BE} \cos \psi - (\omega_{BE})^2 r_{BE} \sin \psi$$

Al despejar las ecuaciones, se obtienen los siguientes resultados para la posición 1:

$$\omega_{DE} = \frac{-\omega r_{AB} \sin \phi + \omega_{BE} r_{BE} \sin \psi}{r_{DE} \cos \alpha}$$

$$\omega_{DE} = \frac{\omega r_{AB} \cos \phi - \omega_{BE} r_{BE} \cos \psi}{r_{DE} \sin \alpha}$$

$$\alpha_{DE} = \frac{(\omega)^2 r_{AB} \cos \psi + \alpha_{BE} r_{BE} \sin \psi + (\omega_{BE})^2 r_{BE} \cos \psi + (\omega_{DE})^2 r_{DE} \sin \alpha}{r_{DE} \cos \alpha}$$

$$\alpha_{DE} = \frac{(\omega)^2 r_{AB} \sin \phi - \alpha_{BE} r_{BE} \cos \psi + (\omega_{BE})^2 r_{BE} \sin \psi - (\omega_{DE})^2 r_{DE} \cos \alpha}{r_{DE} \sin \alpha}$$

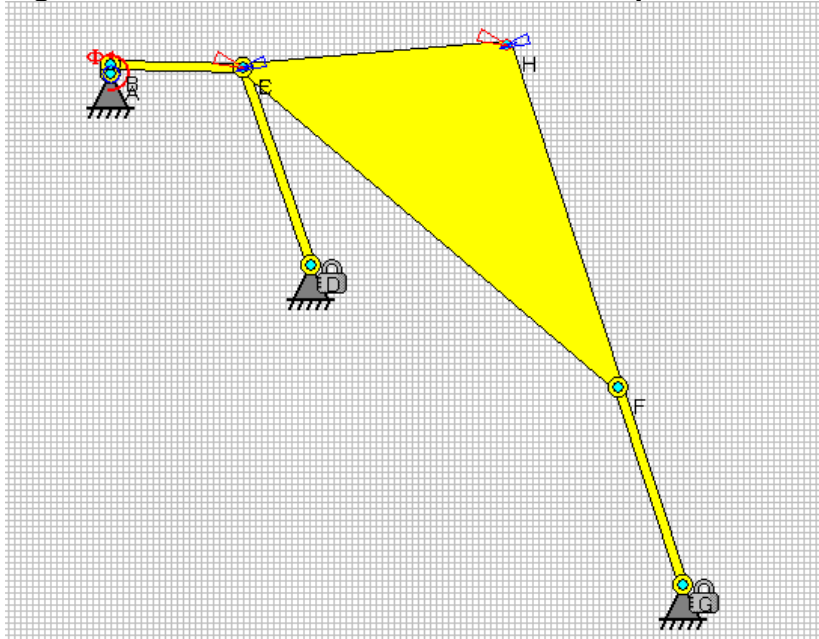
$$a_E = (-\alpha_{DE}r_{DE} \cos \alpha + (\omega_{DE})^2 r_{DE} \sin \alpha)\hat{i} + (-\alpha_{DE}r_{DE} \sin \alpha - (\omega_{DE})^2 r_{DE} \cos \alpha)\hat{j}$$

De la misma manera se realizó el análisis para las posiciones 2, 3 y 4 teniendo en cuenta la variación de los ángulos en los eslabones obteniendo las siguientes ecuaciones:

## POSICIÓN 2.

En la figura se muestra un esquema de la orientación del mecanismo en esta posición. La biela está perpendicular a la manivela.

**Figura 41. Orientación del mecanismo en la posición 2.**



$$\omega_{DE} = \frac{\omega r_{AB} \operatorname{sen} \phi + \omega_{BE} r_{BE} \operatorname{sen} \psi}{r_{DE} \operatorname{cos} \alpha}$$

$$\omega_{DE} = \frac{\omega r_{AB} \operatorname{cos} \phi - \omega_{BE} r_{BE} \operatorname{cos} \psi}{r_{DE} \operatorname{sen} \alpha}$$

$$\alpha_{CB} = \frac{(\omega)^2 r_{OA} \operatorname{cos} \phi + \alpha_{AB} r_{AB} \operatorname{sen} \psi + (\omega_{AB})^2 r_{AB} \operatorname{cos} \psi + (\omega_{CB})^2 r_{CB} \operatorname{sen} \alpha}{r_{CB} \operatorname{cos} \alpha}$$

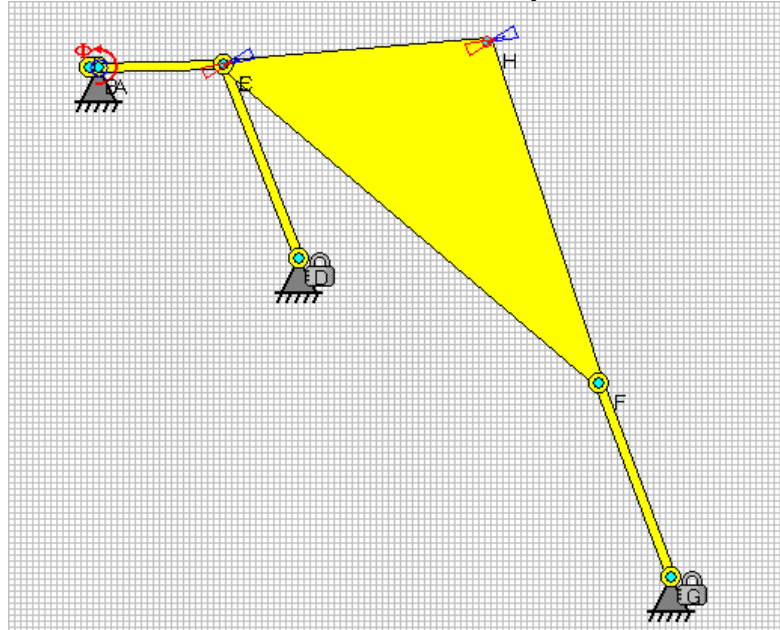
$$\alpha_{CB} = \frac{-(\omega)^2 r_{OA} \operatorname{sen} \phi - \alpha_{AB} r_{AB} \operatorname{cos} \psi + (\omega_{AB})^2 r_{AB} \operatorname{sen} \psi - (\omega_{CB})^2 r_{CB} \operatorname{cos} \alpha}{r_{CB} \operatorname{sen} \alpha}$$

$$a_B = (-\alpha_{CB} r_{CB} \operatorname{cos} \alpha + (\omega_{CB})^2 r_{CB} \operatorname{sen} \alpha) \hat{i} + (-\alpha_{CB} r_{CB} \operatorname{sen} \alpha - (\omega_{CB})^2 r_{CB} \operatorname{cos} \alpha) \hat{j}$$

### POSICIÓN 3.

En la figura se muestra un esquema de la orientación del mecanismo en esta posición. Nuevamente son colineales biela y manivela.

Figura 42. Orientación del mecanismo en la posición 3.



$$\omega_{CB} = \frac{\omega r_{OA} \operatorname{sen} \phi + \omega_{AB} r_{AB} \operatorname{sen} \psi}{r_{CB} \cos \alpha}$$

$$\omega_{CB} = \frac{-\omega r_{OA} \cos \phi - \omega_{AB} r_{AB} \cos \psi}{r_{CB} \operatorname{sen} \alpha}$$

$$\alpha_{CB} = \frac{-(\omega)^2 r_{OA} \cos \phi + \alpha_{AB} r_{AB} \operatorname{sen} \psi + (\omega_{AB})^2 r_{AB} \cos \psi + (\omega_{CB})^2 r_{CB} \operatorname{sen} \alpha}{r_{CB} \cos \alpha}$$

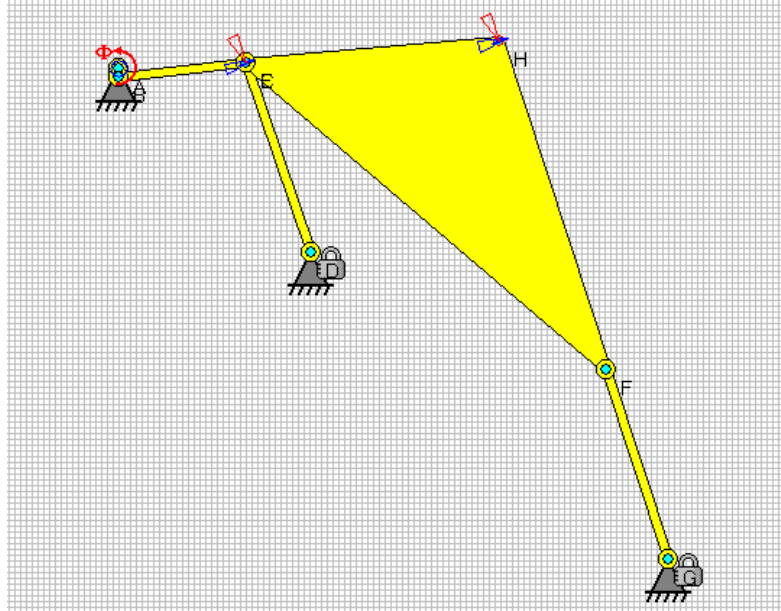
$$\alpha_{CB} = \frac{-(\omega)^2 r_{OA} \operatorname{sen} \phi - \alpha_{AB} r_{AB} \cos \psi + (\omega_{AB})^2 r_{AB} \operatorname{sen} \psi - (\omega_{CB})^2 r_{CB} \cos \alpha}{r_{CB} \operatorname{sen} \alpha}$$

$$a_B = (-\alpha_{CB} r_{CB} \cos \alpha + (\omega_{CB})^2 r_{CB} \operatorname{sen} \alpha) \hat{i} + (-\alpha_{CB} r_{CB} \operatorname{sen} \alpha - (\omega_{CB})^2 r_{CB} \cos \alpha) \hat{j}$$

#### POSICIÓN 4.

En la figura se muestra un esquema de la orientación del mecanismo en esta posición. La biela está perpendicular a la manivela.

Figura 43. Orientación del mecanismo en la posición 4.



$$\omega_{CB} = \frac{-\omega r_{OA} \operatorname{sen} \phi + \omega_{AB} r_{AB} \operatorname{sen} \psi}{r_{CB} \operatorname{cos} \alpha}$$

$$\omega_{CB} = \frac{-\omega r_{OA} \operatorname{cos} \phi - \omega_{AB} r_{AB} \operatorname{cos} \psi}{r_{CB} \operatorname{sen} \alpha}$$

$$\alpha_{CB} = \frac{-\left(\omega\right)^2 r_{OA} \operatorname{cos} \phi + \alpha_{AB} r_{AB} \operatorname{sen} \psi + \left(\omega_{AB}\right)^2 r_{AB} \operatorname{cos} \psi + \left(\omega_{CB}\right)^2 r_{CB} \operatorname{sen} \alpha}{r_{CB} \operatorname{cos} \alpha}$$

$$\alpha_{CB} = \frac{\left(\omega\right)^2 r_{OA} \operatorname{sen} \phi - \alpha_{AB} r_{AB} \operatorname{cos} \psi + \left(\omega_{AB}\right)^2 r_{AB} \operatorname{sen} \psi - \left(\omega_{CB}\right)^2 r_{CB} \operatorname{cos} \alpha}{r_{CB} \operatorname{sen} \alpha}$$

$$a_B = \left(-\alpha_{CB} r_{CB} \operatorname{cos} \alpha + \left(\omega_{CB}\right)^2 r_{CB} \operatorname{sen} \alpha\right) \hat{i} + \left(-\alpha_{CB} r_{CB} \operatorname{sen} \alpha - \left(\omega_{CB}\right)^2 r_{CB} \operatorname{cos} \alpha\right) \hat{j}$$

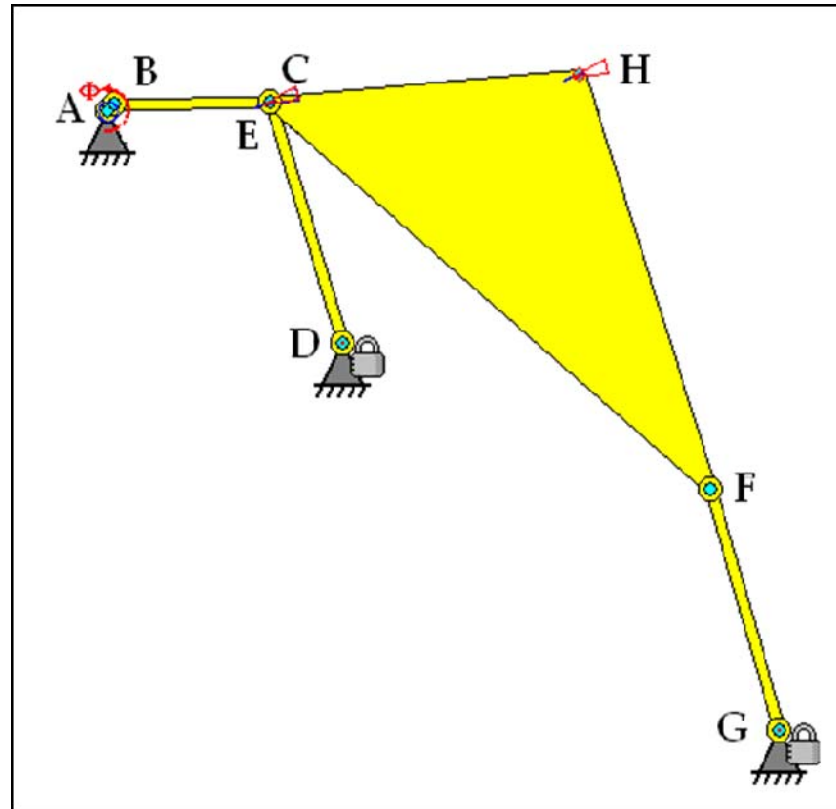
El análisis cinemático realizado para obtener las ecuaciones de posición, velocidad y aceleración puede ser realizado para las infinitas posiciones de la manivela. En la red se encuentran disponibles diversos programas que facilitan este proceso, los resultados que se presentan a continuación fueron elaborados con ayuda del programa Roberts 2.4.1. (software libre) que calcula matemáticamente las posiciones, velocidades y aceleraciones que los movimientos de las partes producen.

En este sistema se presentan básicamente tres tipos de movimiento: En la manivela y los balancines el movimiento es de rotación pura, en la biela el movimiento es complejo y en el módulo se asume un movimiento de traslación pura.

Las características del mecanismo analizado se presentan a continuación:

**Tabla 2. Características del mecanismo analizado.**

<b>Title: Mecanismo de 4 barras</b>		
Client: Universidad Industrial de Santander		
<b>Coordenadas de las juntas</b>		
Joints		
Nr	x [mm]	y [mm]
A	0	0
B	12.45094384	1.107206154
C	212.0844486	13.0086551
D	300.5	-286.2
E	212.0844486	13.0086551
F	774.7034985	-467.4012864
G	860.436	-767.391
H	607.761445	46.99869622
<b>Longitudes de los eslabones</b>		
Links	Joints	Length [mm]
Link ADG	AD	414.9827587
Link ADG	AG	1152.926302
Link ADG	DG	738.2906627
Link AB	AB	12.50007632
Link BCE	BC	199.9879514
Link BCE	BE	199.9879514
Link BCE	CE	6.38718E-13
Link CD	CD	311.9986042
Link EFH	EF	739.8201858
Link EFH	EH	397.1342448
Link EFH	FH	540.8114194
Link FG	FG	311.9998238

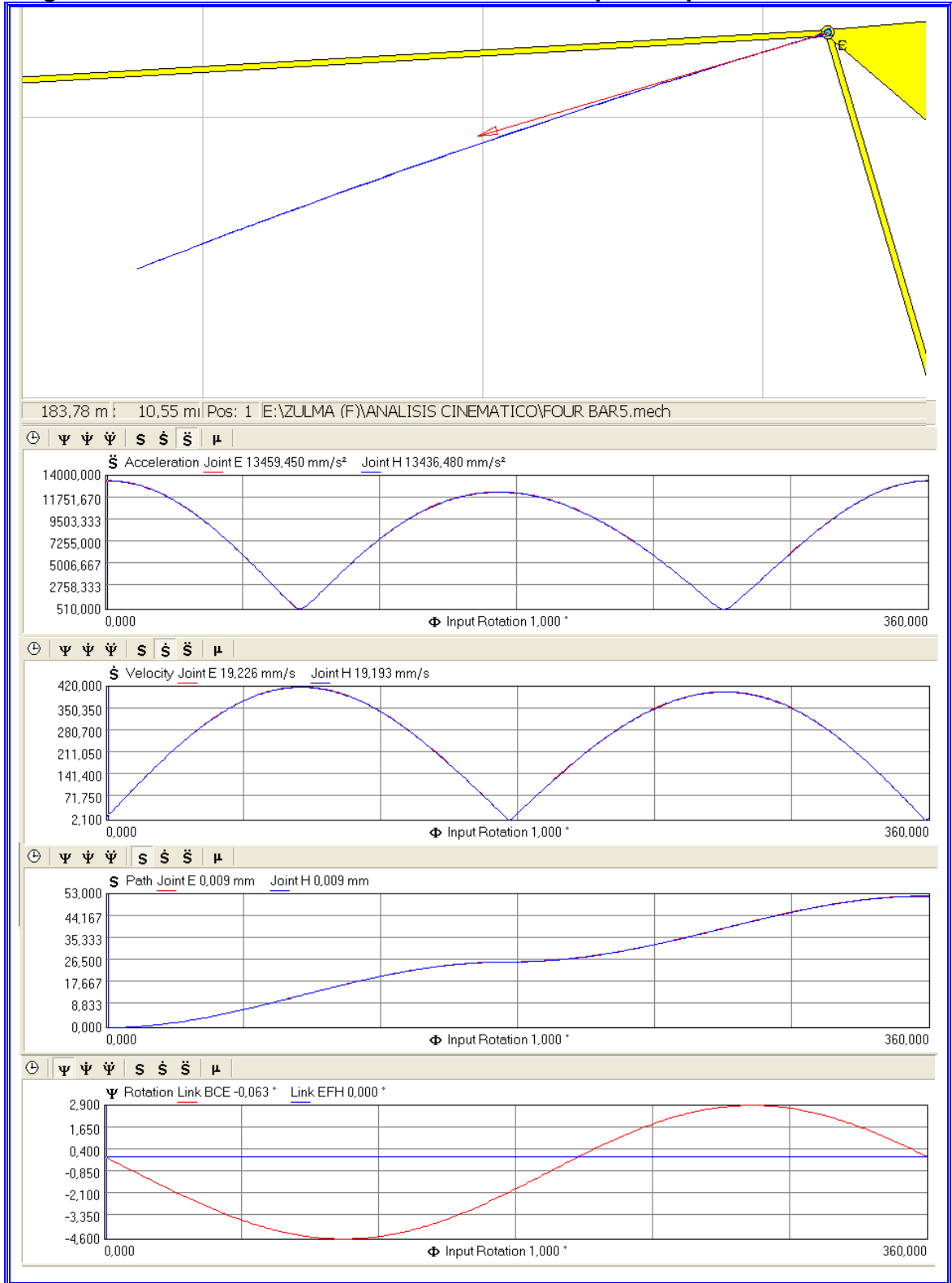


<b>Velocidad del motor</b>		
Input A (rpm)	300	
Function	Time Simul. [s]	Disp. [°]
Constant Velocity	0,200	360,000

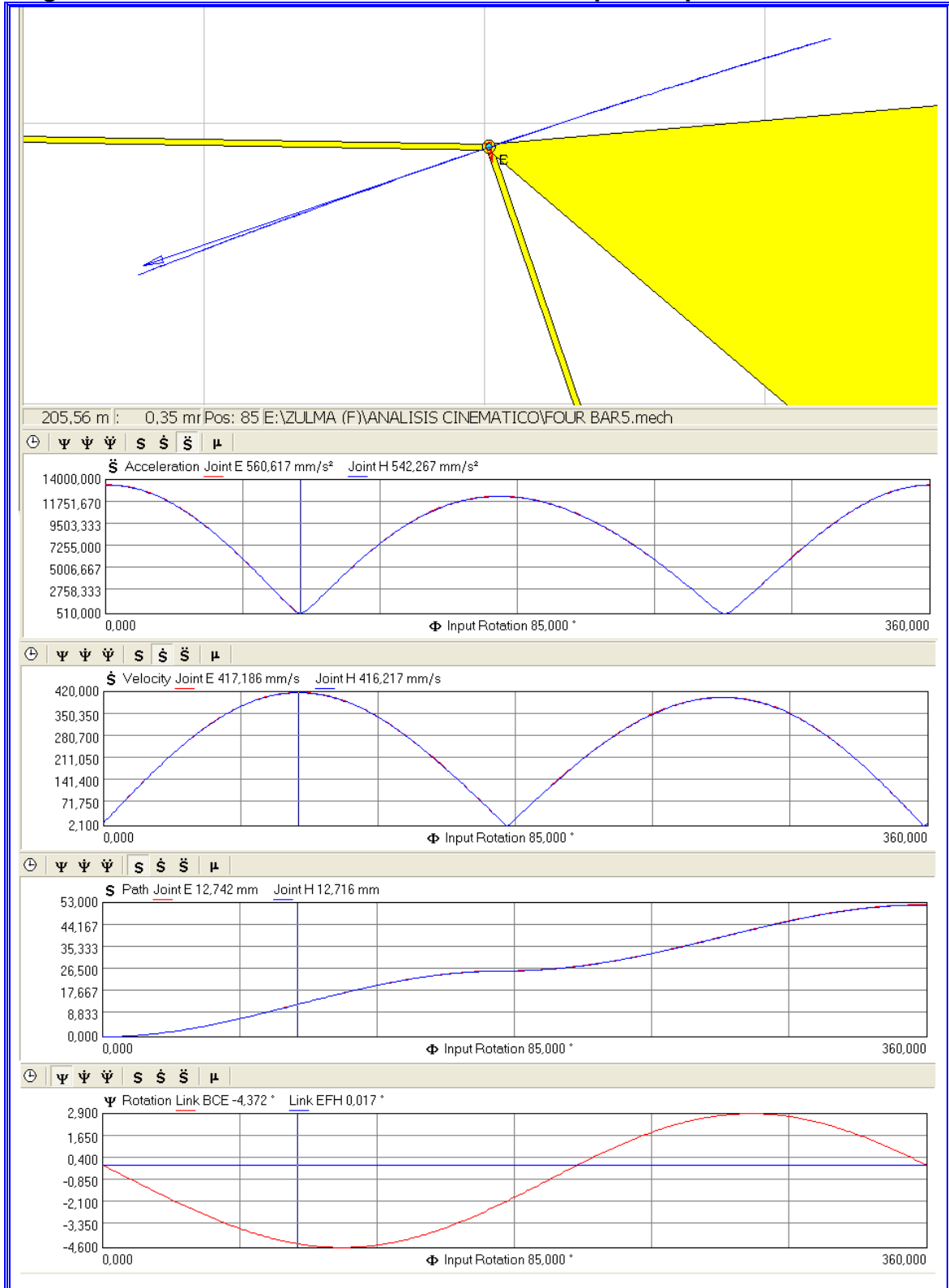
**Tabla 3. Resumen de Resultados del Análisis Cinemático para el módulo.**

	Ang	Joint E	Joint E	Joint E	Joint E	Joint E	Joint E	Path	Velocity	Aceleration
Pos	Input	x	y	Vx	Vy	Ax	Ay	Joint E	Joint E	Joint E
	[°]	[mm]	[mm]	[mm/s]	[mm/s]	[mm/s <sup>2</sup> ]	[mm/s <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm/s]	[mm/s <sup>2</sup> ]
0	4	212,084	13,009	-11,266	-3,329	-12907,063	-3814,659	0,000	11,748	13458,971
1	5	212,076	13,006	-18,437	-5,449	-12907,211	-3815,864	0,009	19,226	13459,454
10	14	211,823	12,931	-82,616	-24,492	-12700,156	-3789,933	0,273	86,170	13253,586
20	24	211,171	12,737	-151,538	-45,284	-12035,509	-3680,292	0,953	158,160	12585,628
30	34	210,148	12,430	-215,548	-65,216	-10937,330	-3479,036	2,021	225,198	11477,320
40	44	208,789	12,015	-272,350	-83,758	-9450,073	-3178,469	3,442	284,938	9970,283
50	54	207,139	11,503	-319,948	-100,338	-7635,617	-2772,179	5,170	335,312	8123,277
60	64	205,254	10,905	-356,728	-114,361	-5569,632	-2257,731	7,147	374,611	6009,837
70	74	203,198	10,238	-381,527	-125,233	-3337,364	-1639,236	9,309	401,555	3718,211
80	84	201,038	9,520	-393,671	-132,407	-1029,042	-929,267	11,585	415,341	1386,530
84	88	200,161	9,224	-394,929	-134,135	-104,771	-624,248	12,510	417,087	632,979
85	89	199,942	9,149	-394,924	-134,460	125,267	-546,443	12,742	417,186	560,617
86	90	199,723	9,075	-394,790	-134,742	354,718	-468,077	12,974	417,151	587,300
90	94	198,847	8,774	-392,988	-135,430	1264,955	-149,638	13,899	415,669	1273,775
100	104	196,695	8,024	-379,800	-133,997	3458,979	669,236	16,179	402,744	3523,126
110	114	194,648	7,294	-354,879	-127,990	5476,705	1490,426	18,351	377,254	5675,885
120	124	192,771	6,610	-319,387	-117,506	7255,054	2273,767	20,350	340,317	7603,014
130	134	191,116	5,996	-274,793	-102,868	8746,954	2979,775	22,114	293,416	9240,578
140	144	189,731	5,473	-222,780	-84,604	9922,533	3573,514	23,595	238,304	10546,405
150	154	188,651	5,061	-165,148	-63,418	10768,538	4027,715	24,751	176,906	11497,126
160	164	187,903	4,773	-103,732	-40,140	11286,089	4324,680	25,553	111,228	12086,300
170	174	187,502	4,617	-40,328	-15,669	11487,172	4456,762	25,982	43,265	12321,438
171	175	187,482	4,609	-33,945	-13,192	11490,560	4460,893	26,004	36,418	12326,091
172	176	187,465	4,603	-27,560	-10,713	11490,990	4463,390	26,023	29,569	12327,396
173	177	187,451	4,597	-21,177	-8,232	11488,483	4464,263	26,037	22,721	12325,376
180	184	187,456	4,599	23,357	9,080	11390,537	4425,609	26,083	25,060	12220,080
190	194	187,760	4,717	85,727	33,222	11017,727	4240,557	26,410	91,940	11805,619
200	204	188,403	4,966	145,309	55,942	10389,874	3916,668	27,099	155,705	11103,592
210	214	189,366	5,335	200,738	76,520	9525,718	3472,852	28,131	214,828	10139,034
220	224	190,623	5,811	250,746	94,348	8441,050	2930,348	29,475	267,909	8935,226
230	234	192,140	6,377	294,148	108,940	7149,540	2311,662	31,094	313,673	7513,968
240	244	193,878	7,015	329,831	119,936	5664,755	1639,889	32,945	350,960	5897,346
250	254	195,789	7,703	356,765	127,106	4002,987	938,247	34,977	378,731	4111,474
260	264	197,824	8,420	374,024	130,348	2186,446	229,631	37,134	396,087	2198,471
269	273	199,714	9,072	380,639	129,924	444,728	-395,898	39,134	402,202	595,414
270	274	199,926	9,144	380,831	129,685	246,256	-463,991	39,357	402,307	525,290
271	275	200,137	9,216	380,913	129,409	46,960	-531,729	39,581	402,295	533,798
280	284	202,035	9,854	376,610	125,258	-1775,301	-1122,377	41,583	396,894	2100,339
290	294	204,090	10,529	361,055	117,311	-3823,842	-1727,979	43,745	379,635	4196,150
300	304	206,026	11,151	334,194	106,181	-5833,618	-2266,870	45,779	350,656	6258,578
310	314	207,783	11,704	296,445	92,264	-7730,107	-2729,385	47,621	310,471	8197,811
320	324	209,302	12,172	248,656	76,004	-9434,293	-3110,233	49,210	260,013	9933,752
330	334	210,530	12,545	192,115	57,859	-10868,172	-3407,908	50,494	200,639	11389,952
340	344	211,423	12,812	128,525	38,289	-11960,786	-3623,444	51,426	134,107	12497,590
350	354	211,949	12,968	59,951	17,745	-12653,966	-3758,712	51,974	62,522	13200,408
360	364	212,084	13,009	-11,266	-3,329	-12907,063	-3814,659	52,126	11,748	13458,971

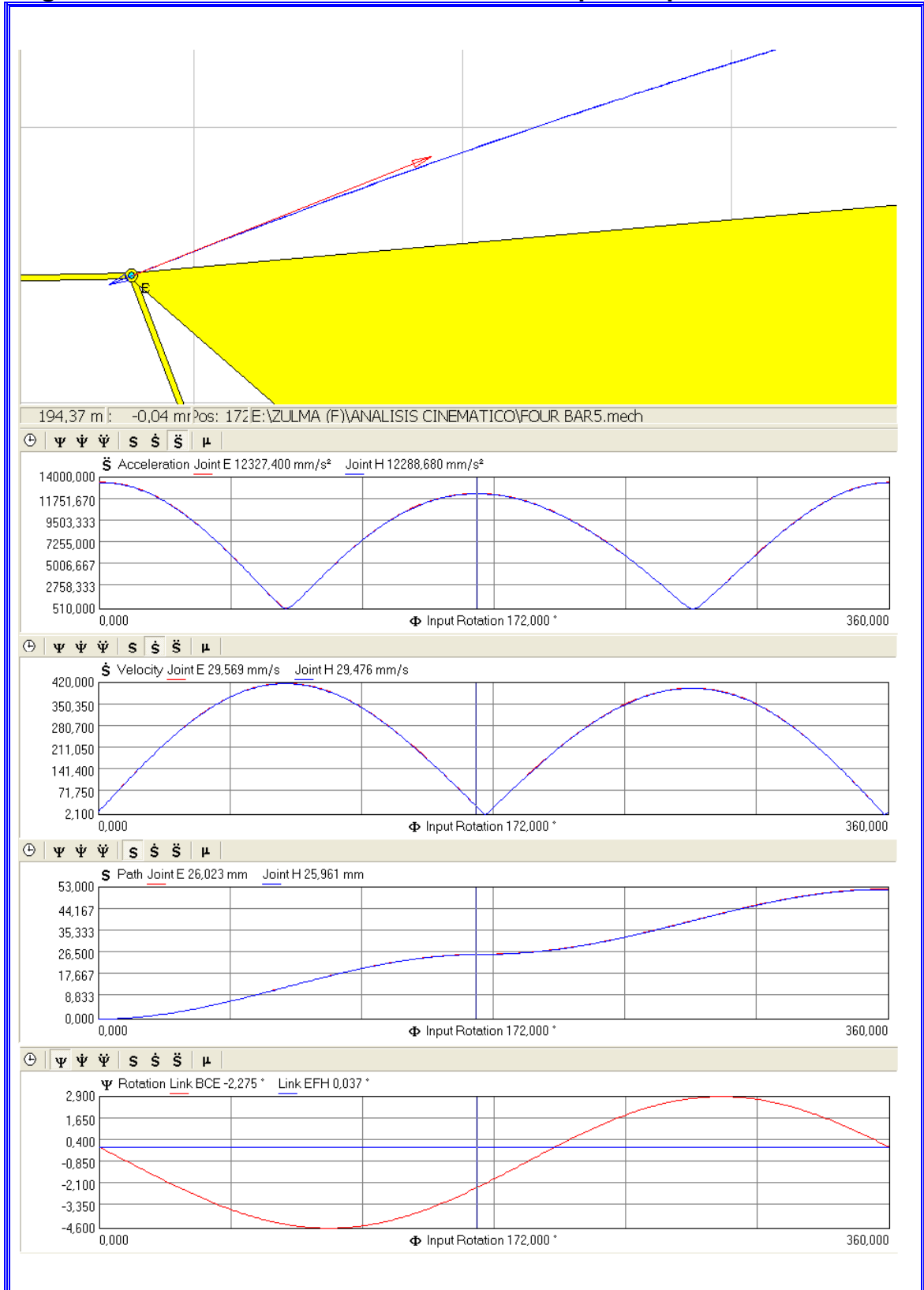
**Figura 44. Resultados del Análisis Cinemático para la posición 1.**



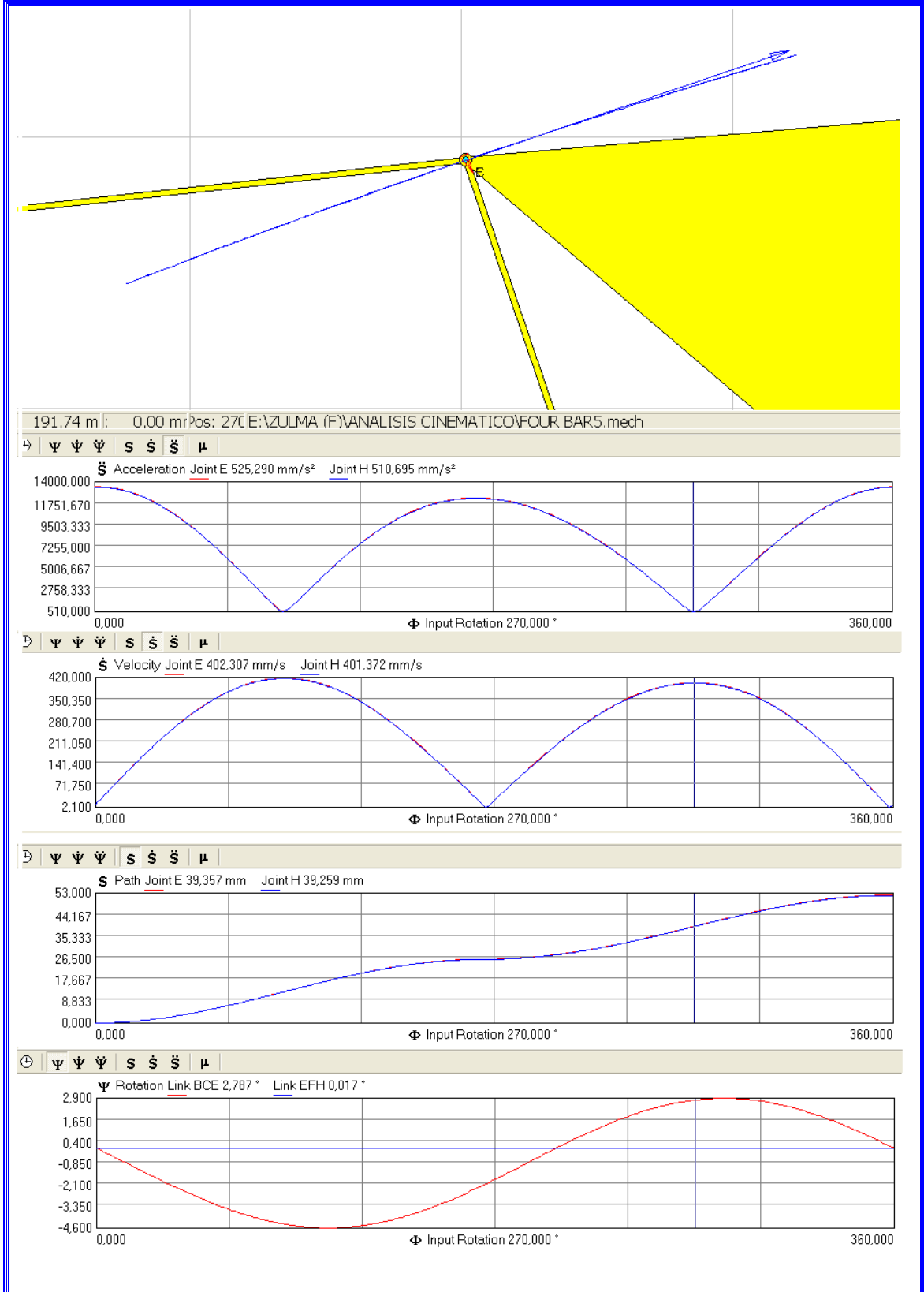
**Figura 45. Resultados del Análisis Cinemático para la posición 2.**



**Figura 46. Resultados del Análisis Cinemático para la posición 3.**



**Figura 47. Resultados del Análisis Cinemático para la posición 4.**



### 5.3. ANÁLISIS CINÉTICO

Este análisis comprende la determinación de las fuerzas y pares actuantes a lo largo de la cadena cinemática, en los puntos de apoyo y otros elementos fundamentales, además del cálculo de la potencia necesaria para accionar el sistema.

Está claro que la definición de las aceleraciones como función del tiempo también define las fuerzas dinámicas asociadas con el movimiento de las piezas del sistema como una función del tiempo. Los esfuerzos a su vez son una función tanto de las fuerzas aplicadas como inerciales.

Como el diseño en ingeniería implica crear sistemas libres de fallas durante su vida de servicio esperada, el objetivo es mantener los esfuerzos dentro de los límites aceptables para los materiales elegidos y las condiciones ambientales encontradas, esto requiere que todas las fuerzas que actúan en el sistema sean definidas y se mantengan dentro de los límites deseados. En maquinaria con frecuencia las fuerzas mas grandes encontradas son las generadas por la dinámica de la misma máquina. Estas fuerzas dinámicas son proporcionales a la aceleración, la cual lleva de nuevo a la cinemática, el fundamento del diseño mecánico.<sup>3</sup>

Dado que en el análisis anterior se encontró que la máxima aceleración del módulo está dada en la posición en la cual manivela y biela son colineales, y que la máxima velocidad del módulo está dada en la posición en la cual manivela y biela son perpendiculares, se realizaron los cálculos cinéticos con base en ellas, para el sistema vibratorio de tal forma que se garantice la adherencia del arroz a las bandejas en el módulo.

---

<sup>3</sup> Fuente: **Robert L. Norton**. Diseño de maquinaria, Síntesis y análisis de mecanismos. 3 Ed.

### 5.3.1. CÁLCULO DEL RESORTE

Siendo necesario diseñar un resorte de extensión para carga dinámica debido a la naturaleza del sistema, con una frecuencia de fuerza de 300 RPM, para una vida infinita, se supone un diámetro de alambre de 5mm (0.192in) y un índice del resorte de  $C=7$  con lo cual es posible calcular el diámetro medio de espira de la ecuación:

$$D = Cd = 7 * 0.192 = 1.34$$

Utilizando el valor supuesto de  $C$  se determina un valor apropiado para el esfuerzo inicial de las espiras  $\tau_i$  a partir de las ecuaciones:

$$\tau_{i_1} = -4.231C^3 + 181.5C^2 - 3.387C + 28640$$

$$\tau_{i_1} = -4.231(7)^3 + 181.5(7)^2 - 3.387(7) + 28640 = 12373 \text{ psi}$$

$$\tau_{i_2} = -2.987C^3 + 139.7C^2 - 3427C + 38404$$

$$\tau_{i_2} = -2.987(7)^3 + 139.7(7)^2 - 3427(7) + 38404 = 20236 \text{ psi}$$

$$\tau_i \cong \frac{\tau_{i_1} + \tau_{i_2}}{2} = \frac{12373 + 20236}{2} = 16305 \text{ psi}$$

Como el factor de cortante directo es:

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{C} = 1 + \frac{0.5}{7} = 1.07$$

La fuerza de tensión inicial de la espira correspondiente  $F_i$  se determina por:

$$F_i = \frac{\pi d^3 \tau_i}{8K_s D} = \frac{\pi (0.192)^3 (16305)}{8(1.07(1.34))} = 31.6lb.$$

Esta fuerza debe ser menor que la fuerza mínima aplicada requerida  $F_{\min}$ , cualquier fuerza aplicada inferior a  $F_i$  no causa deflexión alguna sobre el resorte.

Para determinar las fuerzas media y alternante del resorte se supone una fuerza mínima de  $F_{\min} = 50lb$  y máxima de  $F_{\max} = 100lb$ .

$$F_a = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{2} = \frac{100 - 50}{2} = 25lb$$

$$F_m = \frac{F_{\max} + F_{\min}}{2} = \frac{100 + 50}{2} = 75lb$$

Utilizando el factor de cortante directo y los valores supuestos se determina el esfuerzo medio:

$$\tau_m = K_s \frac{8F_m D}{\pi d^3} = 1.07 \frac{8(75)(1.34)}{\pi(0.192)^3} = 38689psi$$

El factor de Wahl  $K_w$  se determina por:

$$K_w = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C} = \frac{4(7) - 1}{4(7) - 4} + \frac{0.615}{(7)} = 1.21$$

Y se utiliza para calcular el esfuerzo cortante alternante  $\tau_a$  en la espira.

$$\tau_a = K_w \frac{8F_a D}{\pi d^3} = 1.21 \frac{8(25)1.34}{\pi (0.192)^3} = 14584 \text{ psi}$$

Posteriormente se determina la resistencia máxima de este material y se utiliza para determinar la resistencia cortante máxima y el límite elástico a la torsión para el cuerpo de las espiras, suponiendo que no hay eliminación de asentamiento.

$$S_{ut} = Ad^b = 141040(0.192)^{-0.1822} = 190513 \text{ psi}$$

$$S_{us} = 0.67S_{ut} = 127644 \text{ psi}$$

$$S_{ys} = 0.45S_{ut} = 85731 \text{ psi}$$

Se determina el límite de resistencia a la fatiga del alambre para resortes sin granallar y se convierte a una resistencia a la fatiga totalmente alternante:

$$S_{ew} = 45000 \text{ psi}$$

$$S_{es} = 0.707 \frac{S_{ew} S_{us}}{S_{us} - 0.707 S_{ew}} = 0.707 \frac{45000(127644)}{127644 - 0.707(45000)} = 42377 \text{ psi}$$

Se calcula el factor de seguridad a la fatiga para las espiras a la torsión:

$$N_{fs} = \frac{S_{es} (S_{us} - \tau_{\min})}{S_{es} (\tau_m - \tau_{\min}) + S_{us} \tau_a}$$

$$N_{fs} = \frac{42377(127644 - 25793)}{42377(38689 - 25793) + 127644(14584)} = 1.79$$

Donde  $\tau_{\min}$  se determina con base en la fuerza mínima supuesta  $F_{\min}$  y está dada por la ecuación:

$$\tau_{\min} = \frac{K_s 8F_{\min} D}{\pi d^3} = \frac{(1.07)8(50)(1.34)}{\pi(0.192)^3} = 25793 \text{ psi}$$

También es necesario determinar los esfuerzos en los ganchos de los extremos, los esfuerzos a flexión en el gancho se determinan a partir de las ecuaciones:

$$C_1 = \frac{2R_1}{d} = \frac{2D}{2d} = C = 7$$

$$K_b = \frac{4C_1^2 - C_1 - 1}{4C_1(C_1 - 1)} = \frac{4(7)^2 - (7) - 1}{4(7)((7) - 1)} = 1.12$$

$$\sigma_a = K_b \frac{16DF_a}{\pi d^3} + \frac{4F_a}{\pi d^2} = 1.12 \frac{16(1.34)(25)}{\pi(0.192^3)} + \frac{4(25)}{\pi(0.192)} = 27164 \text{ psi}$$

$$\sigma_m = K_b \frac{16DF_m}{\pi d^3} + \frac{4F_m}{\pi d^2} = 1.12 \frac{16(1.34)(75)}{\pi(0.192^3)} + \frac{4(75)}{\pi(0.192)} = 81491 \text{ psi}$$

$$\sigma_{\min} = K_b \frac{16DF_{\min}}{\pi d^3} + \frac{4F_{\min}}{\pi d^2} = 1.12 \frac{16(1.34)(50)}{\pi(0.192^3)} + \frac{4(50)}{\pi(0.192)} = 54327 \text{ psi}$$

Posteriormente se convierte la resistencia a la fatiga por torsión a una resistencia a la fatiga por tensión según la razón de Von Misses y se aplica junto con la resistencia máxima a la tensión encontrada para hallar un factor de seguridad a la fatiga para el gancho a flexión:

$$S_e = \frac{S_{es}}{0.577} = 73444 \text{ psi}$$

$$N_{fg} = \frac{S_e (S_{ut} - \sigma_{\min})}{S_e (\sigma_m - \sigma_{\min}) + S_{ut} \sigma_a}$$

$$N_{fg} = \frac{73444(190513 - 54327)}{73444(81491 - 54327) + 190513(27164)} = 1.39$$

Los esfuerzos a la torsión en el gancho se determinan a partir de la siguiente ecuación, asumiendo un valor de  $C_2 = 6$ :

$$R_2 = \frac{C_2 d}{2} = \frac{6(0.192)}{2} = 0.576 \text{ in}$$

$$K_{w2} = \frac{4C_2 - 1}{4C_2 - 4} = \frac{4(6) - 1}{4(6) - 4} = 1.15$$

$$\tau_{ga} = K_{w2} \frac{8DF_a}{\pi d^3} = (1.15) \frac{8(1.34)25}{\pi(0.192^3)} = 13861 \text{ psi}$$

$$\tau_{gm} = K_{w2} \frac{8DF_m}{\pi d^3} = (1.15) \frac{8(1.34)25}{\pi(0.192^3)} = 41582 \text{ psi}$$

$$\tau_{g \min} = K_{w2} \frac{8DF_{\min}}{\pi d^3} = (1.15) \frac{8(1.34)50}{\pi(0.192^3)} = 27721 \text{ psi}$$

El factor de seguridad a la fatiga para el gancho a la torsión se calcula a partir de la ecuación:

$$N_{fg} = \frac{S_{es} (S_{us} - \tau_{g \min})}{S_{es} (\tau_{g \max} - \tau_{g \min}) + S_{us} \tau_{ga}} =$$

$$N_{fg} = \frac{42377(127644 - 27721)}{42377(41582 - 27721) + 127644(13861)} = 1.80$$

La tasa del resorte queda definida a partir de las fuerzas máxima y mínima especificadas en su deflexión relativa:

$$k = \frac{\Delta F}{y} = \frac{100 - 50}{2.4} = 20.8 \square 21$$

Para obtener la tasa definida del resorte, el número de espiras activas debería satisfacer la ecuación:

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N_a} \quad \text{ó} \quad N_a = \frac{d^4 G}{8D^3 k}$$

$$N_a = \frac{(0.192)^4 11.5e6}{8(1.34)^3 (21)} = 38.6$$

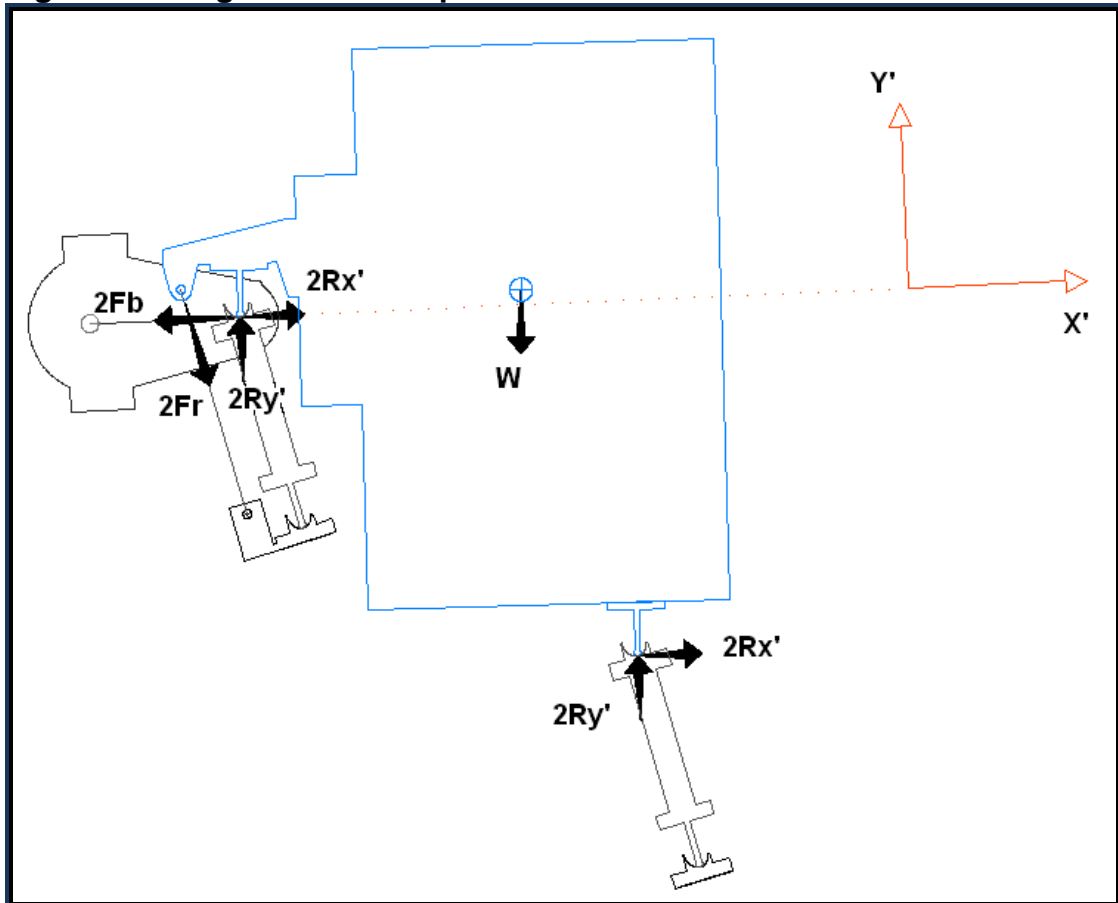
El número total de espiras en el cuerpo y en la longitud del cuerpo son:

$$N_t = N_a + 1 = 39 + 1 = 40$$

$$L_B = N_t d = 0.192(40) = 195$$

### 5.3.2. CÁLCULO DE LAS FUERZAS EN LA BIELA.

Figura 48. Diagrama de Cuerpo Libre del Módulo.



**Fuerza Máxima en la biela:**

Dada en la posición en la cual la aceleración es máxima.

$$\sum F_{y'} = 0$$

$$4R_{y'} - 2F_{Ry'} - W \cos \psi = 0$$

$$R_{y'} = \frac{W \cos \psi + 2F_{Ry'}}{4}$$

$$R_{y'} = \frac{350 \cos 5 + 2(25)}{4} = 99.67 \text{ Kg}$$

$$\sum F_{x'} = ma_{x'}$$

$$-2F_b - 2F_{Rx'} - W \sin \gamma + 4R_{x'} = -ma_{x'}$$

$$2F_b = \frac{W}{g} a_{x'} - 2F_{Rx'} - W \sin \gamma + 4R_{x'}$$

$$2F_b = \frac{350}{9.81} (13.459) - 2(1) - 350 \sin 5 + 4R_{x'}$$

$$2F_b = 447.68 + 4R_{x'}$$

$$2F_b = 542 \text{ Kg}$$

$$F_b = 271 \text{ Kg}$$

Donde

$$\sum M_p = 0$$

$$2F_{Ry'}(82.5) - 2F_{Rx'}(32.5) - 395W + 2R_{x'}(510.5) + 2R_{y'}(553.5) = 0$$

$$2(25)(82.5) - 2(1)(32.5) - 395(350) + 2R_{x'}(510.5) + 2(99.67)(553.5) = 0$$

$$R_{x'} = \frac{23855.31}{1021}$$

$$R_{x'} = 23.36Kg$$

### Fuerza Mínima en la biela:

Dada en la posición en la cual la aceleración es minima.

$$\sum F_{y''} = 0$$

$$4R_{y''} - 2F_{Ry''} - W \cos \psi = 0$$

$$R_{y''} = \frac{W \cos \psi + 2F_{Ry''}}{4}$$

$$R_{y''} = \frac{350 \cos 1 + 2(25)}{4} = 99.99Kg$$

$$\sum F_{x''} = ma_{x''}$$

$$-2F_b - 2F_{Rx''} - W \sin \psi + 4R_{x''} = -ma_{x''}$$

$$2F_b = \frac{W}{g} a_{x''} - 2F_{Rx''} - W \sin \psi + 4R_{x''}$$

$$2F_b = \frac{350}{9.81} (0.56062) - 2(1) - 350 \sin 1 + 4R_{x''}$$

$$2F_b = 11.89 + 4R_{x''}$$

$$2F_b = 105.9Kg$$

$$F_b = 52.97Kg$$

Donde

$$\sum M_p = 0$$

$$2F_{Ry''}(82.5) - 2F_{Rx''}(32.5) - 394W + 2R_{x''}(510.5) + 2R_{y''}(553.5) = 0$$

$$2(25)(82.5) - 2(1)(32.5) - 394(350) + 2R_{x''}(510.5) + 2(99.99)(553.5) = 0$$

$$R_{x''} = \frac{23151.07}{1021}$$

$$R_{x''} = 22.67Kg$$

De la misma manera, teniendo en cuenta el ángulo que forman las bielas con la horizontal y asignando esta dirección al sistema de coordenadas fue posible encontrar las fuerzas en las bielas para las cuatro posiciones principales y los resultados se muestran a continuación.

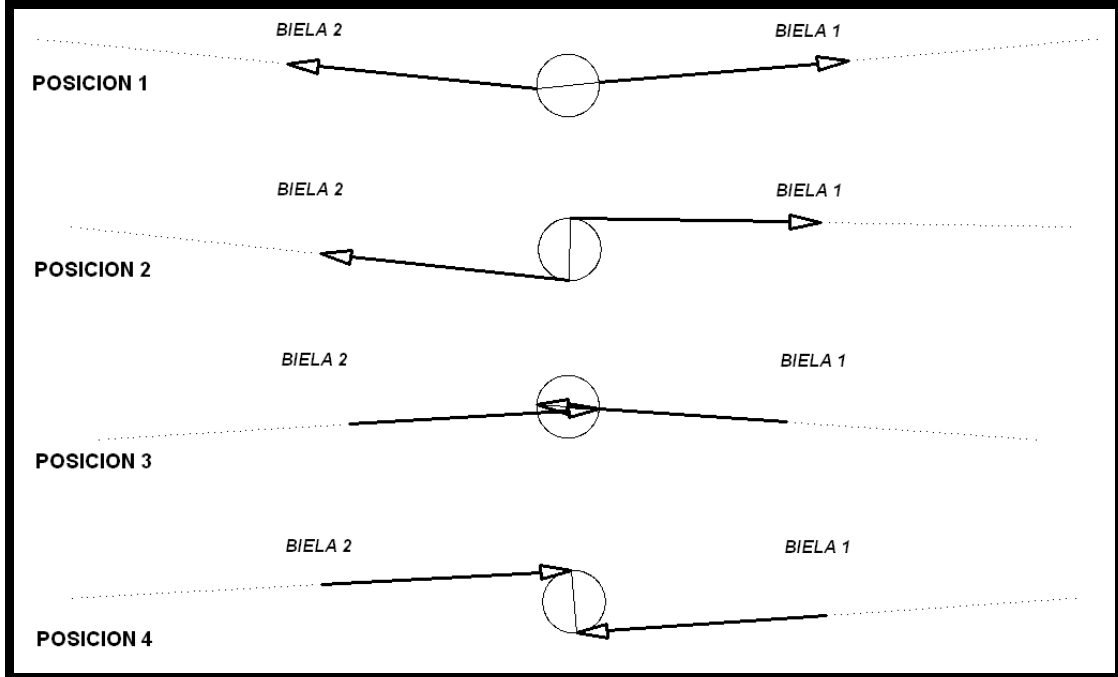
**Tabla 4. Fuerzas en las bielas.**

<b>POSICION</b>	<b>ANGULO DE ENTRADA</b>	<b>ANGULO DE LA BIELA</b>	<b><math>a_E</math></b>	<b>Ry</b>	<b>Rx</b>	<b>Fb</b>
1	5	5	13.459	99.667	23.989	271.83
	185	5.62	13.387	99.579	24.045	268.77
2	89	1	0.5606	99.987	23.510	52.97
	269	6.17	0.5341	99.493	24.091	37.9
3	176	4	12.327	99.787	23.889	254.5
	356	3.5	12.090	99.837	23.833	251.67
4	274	4	0.587	99.868	23.795	47.45
	94	3.15	0.525	99.787	23.888	43.94

### **5.3.3. CALCULO DE FUERZAS EN LAS EXCENTRICAS**

Las cargas que ejercen las bielas sobre las excéntricas dadas en la tabla anterior dependen del ángulo que las mismas forman con la horizontal.

**Figura 49. Cargas que las bielas ejercen sobre las excéntricas.**



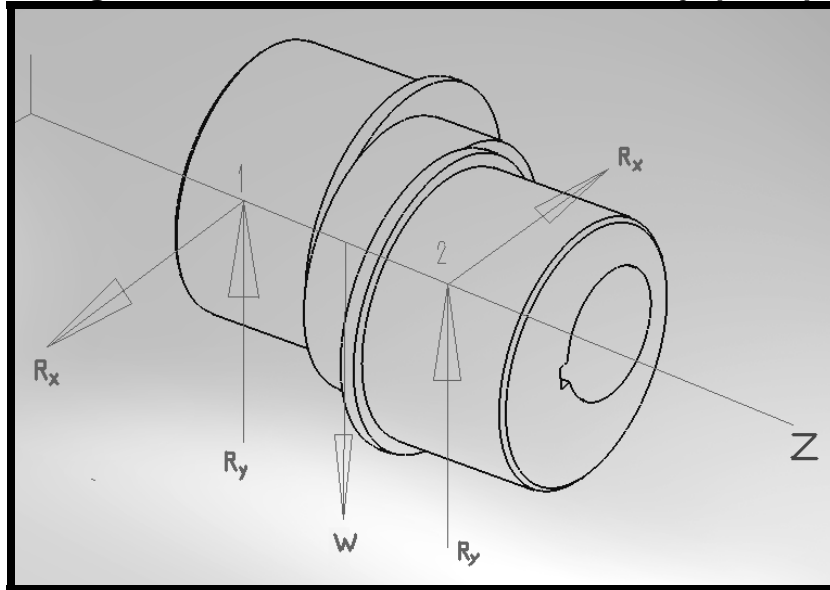
Se determinaron las componentes horizontal y vertical de cada una de las cargas.

**Tabla 5. Componentes de las cargas sobre la excéntrica.**

POSICION	Biela	Angulo	Fb	Fbx1	Fby1
1	1	5	271.83	270.8	23.7
	2	5.62	268.77	267.5	26.3
2	1	1	52.97	52.96	0.9245
	2	6.17	37.9	37.7	4.07
3	1	4	254.5	253.87	17.75
	2	3.5	251.67	251.2	15.36
4	1	4	47.45	47.33	3.31
	2	3.15	43.94	43.8	2.41

Dado que la posición crítica es la número 1 se toman estos datos para realizar los cálculos del eje principal teniendo en cuenta además que el peso aproximado de cada excéntrica (W) es de 5 Kg.

**Figura 50. Cargas radiales de la excéntrica sobre el eje principal.**



### 5.3.3. CÁLCULO DEL TORQUE EN EL EJE PRINCIPAL.

El torque máximo esta dado en la posición en la cual la biela es perpendicular a la manivela, sin embargo para hacer un cálculo más conservativo se asume el valor de la fuerza máxima en la biela.

$$T = F_b \times r$$

$$T = 271.8Kg \times 0.0125m$$

$$T = 3.397 \text{ Kg} - m = 33.324 \text{ N} - m = 292.72 \text{ lb} - in$$

### 5.3.4. CÁLCULO DE LA POTENCIA.

La potencia necesaria para accionar el sistema está dada por:

$$Pot = \frac{T \times N}{63000 \times \eta_T}$$

Debido a las pérdidas de potencia en el motor eléctrico, la transmisión por correas y los rodamientos:

$$\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$$

Donde:

$$\eta_1 = 0.9 \text{ (Por poleas en V)}$$

$$\eta_2 = 0.95 \text{ (Por fricción en rodamientos)}$$

$$\eta_3 = 0.87 \text{ (Por motor eléctrico)}$$

$$\eta_T = 0.7439$$

Por tanto la potencia requerida es:

$$Pot = \frac{291.39 \text{ lb} - in \times 300 \text{ RPM}}{63000 \times 0.7439}$$

$$Pot = 1.8 \text{ HP}$$

### 5.3.5. SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Para este trabajo se ha seleccionado una transmisión por correas trapecoidales ya estas permiten la absorción de los efectos vibratorios, son adecuadas para distancias entre centros relativamente grandes y se recomiendan para relaciones de velocidades entre 1 y 6, que es el caso. Para ello se ha utilizado el procedimiento sugerido en el libro "Diseño de Elementos de Máquinas" de V.M. Faired:

En la primera etapa para decidir la sección trapecoidal que debe utilizarse se calcula la potencia del sistema dada por:

$$HP_{proyecto} = HP_{motor} * N_{sf}$$

Donde  $N_{sf}$  es el coeficiente de servicio entre el motor y la máquina conducida que para un motor de corriente alterna, trifásico en una máquina transportadora tiene un valor de 1.1, luego:

$$HP_{diseño} = 3 * 1.1 = 3.3Hp$$

Con esta potencia y velocidad de la polea menor de 1800 RPM se obtiene una correa tipo A, cuya sección es:

$$A = b * t = \frac{1}{2} " \times \frac{5}{16} " = 12.7mm \times 7.9mm$$

La potencia nominal normalizada es:

$$P_n = \left[ a \cdot \left( \frac{10^3}{V_m} \right)^{0.09} - \frac{c}{K_d \cdot D_1} - \frac{e \cdot V_m^2}{10^6} \right] \cdot \frac{V_m}{10^3} \quad [CV]$$

Donde:

$V_m$ : Velocidad en pies por minuto de la correa

$D_1$ : Diámetro primitivo de la polea menor

$a$ ,  $c$  y  $e$ : Constantes correspondientes a una sección de correa particular que para el caso de una correa tipo A son:

$$a = 2.684$$

$$c = 5.326$$

$$e = 0.0136$$

$K_d = 1.14$  Coeficiente de diámetro pequeño para relación de velocidades dada, ya que la relación de velocidades está dada por:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{9''}{3''} = 3$$

$D_1$  = Diámetro de la polea menor

$D_2$  = Diámetro polea mayor

La velocidad en pies por minuto de la correa es:

$$V_m = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{12} = \frac{\pi \cdot 3'' \cdot 1800}{12} = 1415 \text{ ft/min}$$

Por lo tanto

$$P_n = \left[ 2.684 \cdot \left( \frac{10^3}{1415} \right)^{0.09} - \frac{5.326}{1.14 \cdot 3''} - \frac{0.0136 \cdot (1415)^2}{10^6} \right] \cdot \frac{1415}{10^3}$$

$$Pn = 1.45 CV$$

Esta potencia se corrige para la longitud de la correa y el arco de contacto:

$$Pn_{\text{corregida}} = Pn \times K_{\theta} \times K_L$$

Donde:

$K_{\theta}$  es un coeficiente de corrección para un arco de contacto distinto a  $180^{\circ}$  y para encontrarlo se asume una distancia entre centros de  $C = 15''$  y de acuerdo a la relación:

$$\frac{D_2 - D_1}{C} = \frac{9 - 3}{15} = 0.4$$

Se tiene un  $K_{\theta} = 0.95$

El coeficiente  $K_L$  corrige el efecto de la longitud, que se encuentra al determinar la longitud de la correa dada por la expresión:

$$Lc = 2 \cdot C + 1.57 \cdot (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 \cdot C}$$
$$Lc = 2 \cdot (15) + 1.57 \cdot (9 + 3) + \frac{(9 - 3)^2}{4 \cdot (15)} = 49.3''$$

Con ella se tiene un  $K_L = 0.96$

$$Pn_{\text{corregida}} = 1.45 CV * 0.95 * 0.96 = 1.33 CV$$

Número de correas necesarias:

$$N^{\circ} \text{ correas} = \frac{Pot_{\text{proyecto}}}{Pn_{\text{corregida}}}$$

$$N^{\circ} \text{ correas} = \frac{3.3 CV}{1.33 CV} = 2.4$$

Por lo tanto se adopta una transmisión de dos correas.

Es necesario además corregir la distancia entre centros  $C$ .

$$B = 4 \cdot L - 6.28(D_2 + D_1) = 4 \cdot (50) - 6.28(9 + 3) = 124.64$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16} = \frac{124.64 + \sqrt{(124.64)^2 - 32(9 - 3)^2}}{16} = 15.28'' \approx 388 \text{ mm}$$

Sin embargo esta distancia se hace ajustable para que las correas puedan ser montadas en los canales de las poleas sin un estiramiento perjudicial.

En resumen se seleccionó una transmisión por correas trapezoidales, con las siguientes características para la primera etapa:

Tipo de correa	A48
Número de correas	2
Sección de correa	1/2" x 5/16"
Longitud de correa	$L_c = 49''$
Diámetro de las poleas	$D_1 = 3''$ y $D_2 = 9''$
Distancia entre centros:	$c = 388 \text{ mm} = 15.28''$

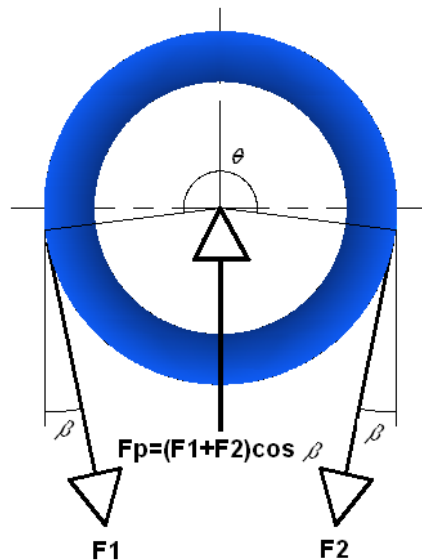
Para la segunda etapa, o superior los resultados son los siguientes:

Tipo de correa	A48
Número de correas	2
Sección de correa	$1/2" \times 5/16"$
Longitud de correa	$L_c = 49"$
Diámetro de las poleas	$D_1 = 3"$ y $D_2 = 9"$
Distancia entre centros:	$c = 330 \text{ mm} = 13.02"$

### 5.3.6. FUERZAS Y PARES QUE LA POLEA EJERCE SOBRE EL EJE PRINCIPAL

En la figura se muestra el esquema de las fuerzas que actúan en la polea.

**Figura 51. Esquema de las fuerzas en la polea.**



$\theta$ : *Angulo de contacto en radianes*

$$\theta = \pi \pm 2 \cdot \text{sen}^{-1} \cdot \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot C}$$

$$\theta = 180 \pm 2 \cdot \text{sen}^{-1} \cdot \frac{9.5'' - 5''}{2(13'')} \Rightarrow \theta = 199.93^\circ \approx 200^\circ$$

$$\beta = \frac{\theta - 180^\circ}{2}$$

$$\beta = \frac{200 - 180^\circ}{2} = 10^\circ$$

El torque máximo que puede actuar en el eje entre la polea y las bielas está dado por:

$$T = \frac{Pot}{N}$$

$$T = \frac{2.2Kw * 1000}{2\pi(300)/60} = 70.028N - m = 7.1Kg - m$$

Para hallar las fuerzas que la polea ejerce sobre el eje se asigna un valor a  $F_1 / F_2 = 3$  y de la ecuación:

$$F_1 - F_2 = \frac{2T}{D_2} = \frac{T}{r_2}$$

Se obtiene:

$$F_1 = 870.6N = 88.7Kg$$

$$F_2 = 290.2N = 29.58Kg$$

La fuerza tangencial neta de la correa es:

$$F_t = F_1 - F_2$$

$$F_t = 580.4N = 59.16Kg$$

Pero la fuerza flectora que la polea ejerce sobre el eje es:

$$F_p = (F_1 + F_2) \cos \beta^\circ$$

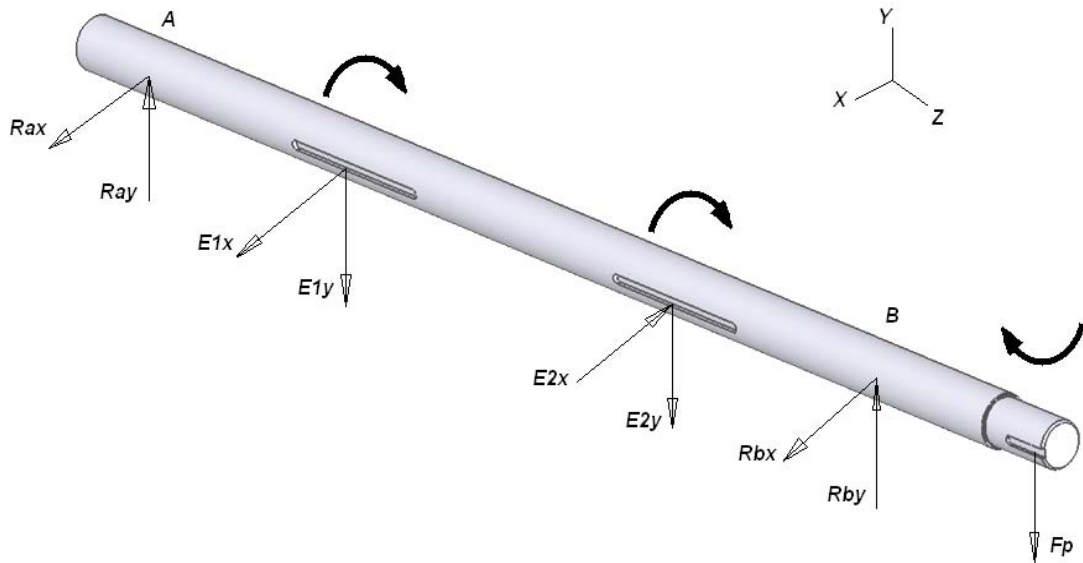
$$F_p = 1160.8 \cos 11.07^\circ = 1143.3N = 116.5Kg$$

Adicional a esta fuerza se tiene en cuenta su peso que es de  $5Kg$  aproximadamente, por lo tanto la fuerza flectora total que la polea ejerce sobre el eje es de  $121.5Kg$ .

### **5.3.7. CÁLCULO DEL EJE PRINCIPAL**

Teniendo en cuenta los datos hallados se determinan las reacciones en los apoyos en los planos vertical  $xy$  y horizontal  $xz$  con el fin de realizar los diagramas de momento flector y torsor que actúan sobre el eje.

**Figura 52. Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Principal.**



Para ello se toman momentos con respecto al apoyo A:

$$\sum M_A = 0$$

$$-E_1(285) - E_2(665) + R_B(935.5) - F_p(1072.5) = 0$$

$$R_B = 179.91Kg$$

Considerando el equilibrio de fuerzas verticales:

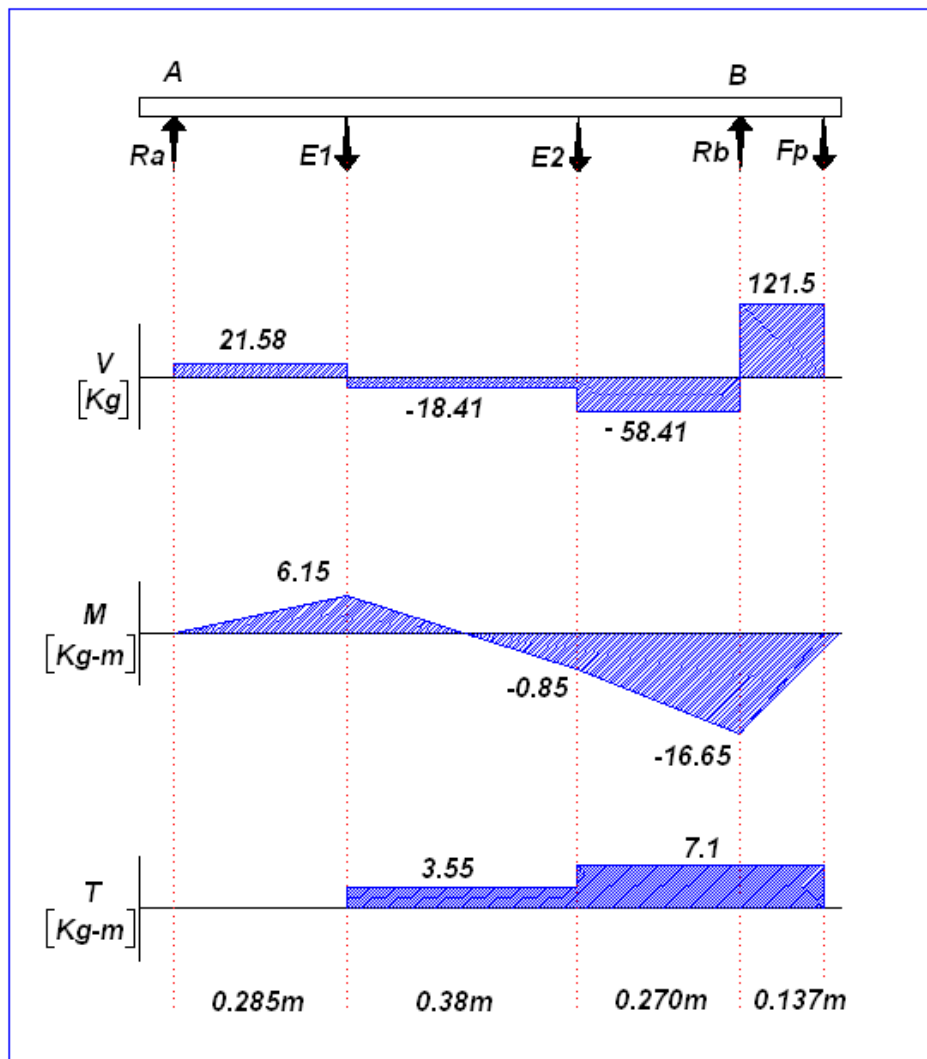
$$R_A - E_1 - E_2 + R_B - F_B = 0$$

$$R_A = 21.58Kg$$

Con esta información se realizan los diagramas de momentos flectores en los planos vertical y horizontal, teniendo en cuenta los siguientes datos

Longitud total del eje	1160.0 mm
Material	Acero SAE 1045
Momento de Inercia	0.4835986 in <sup>4</sup> ó 2.01x 10 <sup>-7</sup> m <sup>4</sup>
Radio	0.8858268 in
Área	2.465173 in <sup>2</sup>

**Figura 53. Diagramas de carga, cortante y momentos del eje principal.**



De la misma forma se realizaron los cálculos y diagramas para las posiciones críticas. Luego, con un diámetro de 45 mm para el eje en consideración, se calcularon los esfuerzos:

Cálculo del esfuerzo,  $\sigma$  :

$$\sigma = \frac{M C}{I}$$

$$I = \frac{\pi}{64} (D)^4 = \frac{\pi}{64} (0.045 m)^4$$

$$I = 2.01 \times 10^{-7} m^4$$

$$\sigma_{\max} = \frac{16.65 \text{ Kg} \cdot m \times 0.0225 m}{2.01 \times 10^{-7} m^4} \approx 1863246 \text{ Kg} / m^2$$

$$\sigma_{\min} = 682836 \text{ Kg} / m^2$$

Cálculo del esfuerzo cortante,  $\tau$  :

$$\tau = \frac{T C}{J}$$

$$J = \frac{\pi}{32} (D)^4 = \frac{\pi}{32} (0.045 m)^4$$

$$J = 4.025 \times 10^{-7} m^4$$

$$\tau_{\max} = \frac{7.1 \text{ Kg} \cdot m \times 0.0225 m}{4.025 \times 10^{-7} m^4} \approx 396894 \text{ Kg} / m^2$$

$$\tau_{\min} = 195652 \text{ Kg} / m^2$$

### **Cálculo del factor de seguridad.**

Para calcular el factor de seguridad del eje se utiliza el criterio de Misses – Goodman.

Cálculo del esfuerzo medio,  $\sigma_m$ :

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{1863246 + 682836}{2}$$

$$\sigma_m = 1273041 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Cálculo del esfuerzo alternativo,  $\sigma_a$ :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{1863246 - 682836}{2}$$

$$\sigma_a = 590205 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Cálculo del esfuerzo medio de corte,  $\tau_m$ :

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2} = \frac{396894 + 195652}{2}$$

$$\tau_m = 296273 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Cálculo del esfuerzo alternativo de corte,  $\tau_a$ :

$$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2} = \frac{396894 - 195652}{2}$$

$$\tau_a = 100621 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Los factores que modifican la resistencia a la fatiga dadas en las Conferencias del Ingeniero Alfredo Parada<sup>8</sup> son:

---

<sup>8</sup> PARADA, Alfredo. Conferencias sobre Fatiga. UIS, Bucaramanga, 2000, p. 8-43.

Factor de carga,  $K_l = 0.8$

Factor de acabado superficial,  $K_s = 0.8$

Factor de tamaño de la sección transversal,  $K_d = 0.9$

Factor de confiabilidad,  $K_c = 0.868$  (para una confiabilidad del 95%)

Factor de temperatura,  $K_t = 1$

Factor de efectos misceláneos,  $K_m = 1$

La resistencia o límite de fatiga para especímenes afectados por los anteriores factores,  $Se''$  está dada por :

$$Se'' = Se \times K_l \times K_s \times K_d \times K_c \times K_t \times K_m$$

Donde  $Se$  es la resistencia o límite de endurancia o fatiga para especímenes ideales.

$$Se = 0.5 Su_t$$

Donde  $Su_t$  es la resistencia última del material a tracción, para un Acero 1045 el  $Su_t = 96000 \text{ psi} = 67490000 \text{ Kg} / \text{m}^2$ .

$$Se = 33745000 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

$$Se'' = 33745000 \text{ Kg} / \text{m}^2 \times 0.8 \times 0.8 \times 0.9 \times 0.868 \times 1 \times 1$$

$$Se'' = 16871420 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Según el Criterio de Misses – Goodman, para el cálculo del factor de seguridad (N) se tiene:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{Su_t} + K_f \frac{\sigma_a}{Se''}\right)^2 + 3\left(\frac{\tau_m}{Su_t} + K_{fs} \frac{\tau_a}{Se''}\right)^2}$$

Donde  $K_f$  es el Factor de concentración de esfuerzos bajo carga dinámica

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)K_s$$

Donde  $K_t$  es el Factor de concentración de esfuerzos para flexión y  $q$  es la sensibilidad a la entalladura en cargas dinámicas.

$$K_{fs} = 1 + q_s(K_{ts} - 1)K_s$$

$K_{ts}$ : Factor de concentración de esfuerzos de torsión.

$$K_t = 2.15 \quad q = 0.73 \quad K_s = 0.8 \text{ (Maquinado común)}$$

$$K_{ts} = 1.64 \quad q_s = 0.78$$

$$K_f = 1 + 0.73(2.15 - 1)0.8 = 1.67$$

$$K_{fs} = 1 + 0.78(1.64 - 1)0.8 = 1.4$$

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{1273041}{67490000} + 1.67 \times \frac{590205}{16871420}\right)^2 + 3\left(\frac{296273}{67490000} + 1.4 \times \frac{100621}{16871420}\right)^2}$$

$$N = 12.5$$

Con este factor de seguridad se garantiza un diseño adecuado.

### 5.3.8. SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Siendo la SKF uno de los proveedores de la empresa, se utilizó el catálogo de productos disponible en la red, siguiendo la metodología planteada en la misma página, para seleccionar los rodamientos del sistema.

Teniendo en cuenta que la fuerza máxima en la biela es de 271.8Kg, y que sus componentes son:

$$A_z = 270 \text{ Kg}$$

$$A_y = 23.7 \text{ Kg}$$

Para los rodamientos ubicados entre las bielas y las excéntricas, se parte de la base de que la excéntrica tiene un diámetro exterior de 3.54" (90 mm), optando por un rodamiento de una hilera de bolas, 6218-2Z SKF que gira a 300 RPM con duración nominal mínima de 10000 horas.

Según la tabla de duración del catálogo:

$$\frac{C}{P} = 3.607$$

Como la carga es radial, entonces  $P = R_b = 271.8 \text{ Kg}$ ; por lo tanto se requiere un rodamiento que tenga una capacidad de carga dinámica:

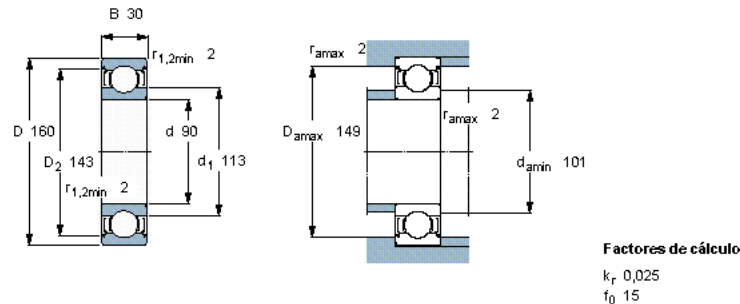
$$C = 3.607 \times 271.8 \text{ Kg}$$

$$C = 980.4 \text{ Kg} = 99.9 \text{ KN}$$

De acuerdo con los datos de la figura, se tiene que el rodamiento seleccionado tiene un  $C=101 \text{ KN}$ , cumpliendo con los requerimientos del sistema.

**Figura 54. Características del rodamiento 6218-2z SKF.**

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga $P_u$	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	$C_0$		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	* - Rodamiento SKF Explorer
90	160	30	101	73,5	2,8	8500	4300	2,15	6218-2Z *

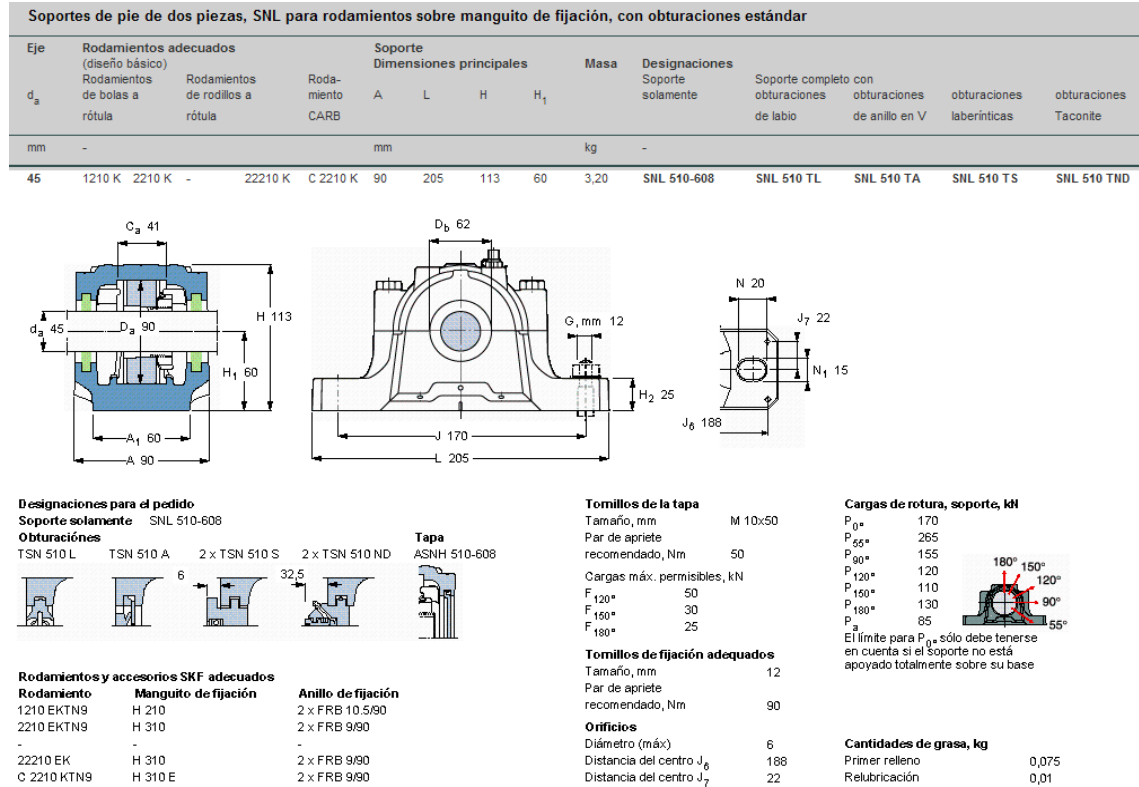


De la misma manera se seleccionaron los demás rodamientos que soportan cargas radiales en el equipo, entre ellos tenemos los rodamientos tipo 6202-2Z ubicados en el sistema de división; 6206-2Z ubicados en la polea central y 6208-2Z ubicados entre las bielas y los ejes laterales que van unidos a los módulos. Se optó por este tipo de rodamiento porque son versátiles, apropiados para velocidades altas e incluso muy altas y resistentes durante su funcionamiento, exigen muy poco mantenimiento y soportan cargas axiales en ambos sentidos, además de las cargas radiales, incluso a altas velocidades. La designación utilizada en la segunda parte (2Z) se refiere a que los rodamientos se encuentran sellados en ambos lados para evitar la contaminación del lubricante evitando a la vez desgastes en los mismos.

En el caso de los apoyos del eje principal se tuvo en cuenta el apoyo que presenta la mayor carga radial y se empleó un rodamiento de las mismas características para el otro apoyo, en el caso de este eje se seleccionaron rodamientos de rodillos a rótula, sobre manguito de fijación ubicados dentro de soportes tipo SNL510. Los rodamientos de rodillos a rótula permiten

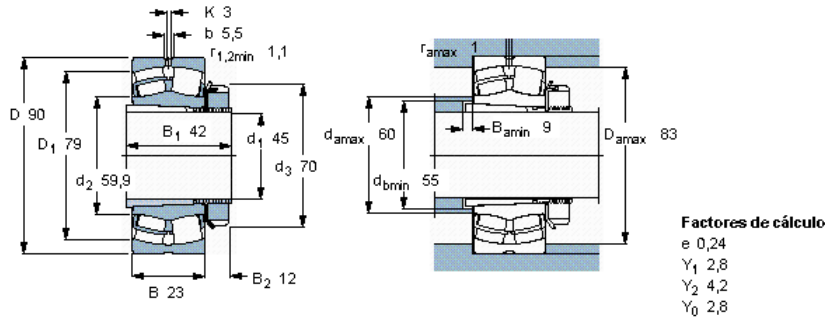
desalineaciones de tipo angular en el eje y son muy robustos. Las dos hileras de rodillos hacen que los rodamientos puedan absorber cargas elevadas.

**Figura 55. Características del soporte SNL510 SKF**



**Figura 56. Características del rodamiento 22210EK+H310 SKF.**

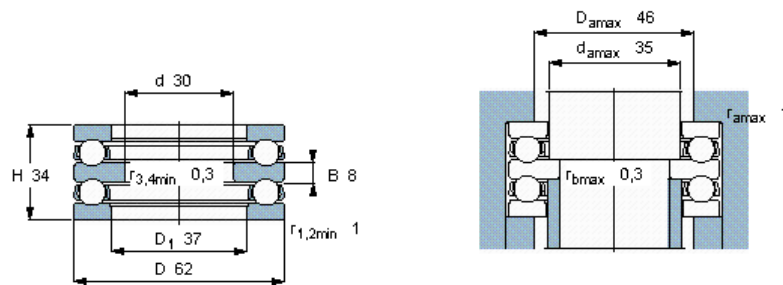
Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
$d_1$	D	B	C	$C_0$	$P_u$	Velocidad de referencia	Velocidad límite		Rodamiento + manguito de fijación
mm			kN		kN	rpm		kg	-
45	90	23	104	108	11,8	7000	9500	0,9	22210 EK + H 310 *



Para el tornillo de inclinación se seleccionó un rodamiento de tipo axial de bolas de doble efecto tipo 52207, considerando la magnitud de las cargas y que puede soportar cargas axiales en ambos sentidos y por lo tanto sirve para fijarlo axialmente.

**Figura 57. Características del rodamiento 52207SKF.**

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga	Factor de carga mínima	Velocidades		Masa	Designación
d	D	H	C	$C_0$	$P_u$	A	Velocidad de referencia	Velocidad límite	kg	
mm			kN		kN	-	rpm			
30	62	34	35,1	73,5	2,7	0,028	4000	5600	0,41	52207



Fuente. [http://www.skf.com/portal/skf\\_es/](http://www.skf.com/portal/skf_es/)

## 6. PROCESOS DE FABRICACIÓN

**Figura 58. Planta física FAMAG Ltda.**



El procedimiento que se llevó a cabo en la fabricación del Separador de Paddy y en general, en la elaboración de las máquinas fabricadas por la empresa se describe a continuación:

### 6.1. DISEÑO

El departamento de diseño se encarga de reunir la información necesaria para comenzar a realizar los proyectos, complementando los modelos fabricados anteriormente y ajustándolos a las nuevas necesidades ó desarrollando un nuevo diseño, según sea el caso.

La información de los equipos solicitados ha de ser suministrada por el departamento de ventas o por el cliente directamente, en algunos casos el dibujante se desplaza al lugar donde van a ser montados los equipos para identificar claramente la necesidad, establece un conjunto de

especificaciones y restricciones teniendo en cuenta las preferencias del cliente y de la empresa, finalmente se dispone a realizar el proyecto: un equipo funcional, seguro, confiable, útil y competitivo.

Para comenzar este proyecto fue necesario realizar un desplazamiento a un molino en la ciudad de Magangue con el fin de conocer una máquina importada del mismo tipo, se tomaron algunas fotografías, dimensiones generales y se realizó el análisis respectivo del sistema; con esta información y la suministrada por la empresa se comenzó la etapa de diseño del equipo y la elaboración de planos, teniendo en cuenta las características descritas en el párrafo anterior.

**Figura 59. Departamento de Diseño.**



Luego de realizar los planos respectivos, se evalúan detalladamente y se presentan al departamento de producción donde se elabora el listado de materiales necesarios para la fabricación y se solicitan al departamento de compras, lo ideal es hacerlo en una sola etapa, sin embargo, cuando las máquinas tienen muchas piezas y es la primera vez que se fabrican, como el separador de paddy, se hace el pedido en varias etapas para no retrasar el proceso. Todo el material solicitado es recibido en almacén: láminas, ejes,

mallas, perfiles, motores, tornillos, rodamientos, bandas, etc. donde se clasifica y posteriormente se entrega a producción.

**Figura 60. Almacén.**



## **6.2. CORTE, TRAZO Y DOBLEZ.**

Las láminas y perfiles son llevados a la sección de corte, trazo y dobléz, donde se realizan los trabajos de estampado: de acuerdo a los planos suministrados, las láminas son sometidas a una o más operaciones de transformación plástica para obtener las piezas en la forma solicitada, sin producción de virutas.

**Figura 61. Sección de corte.**



La primera operación realizada es la de corte en la cual se separa una parte metálica de la otra obteniendo para cada pieza la forma requerida, posteriormente se verifican las medidas y se llevan a la mesa de trazo, el equipo con el cual se va a realizar el corte se elige de acuerdo al espesor, forma y tamaño de la pieza, por ejemplo si el espesor es menor de 3/16" el corte se realiza en la cortadora de prensa, si es muy grande es necesario realizar el corte por plasma.

Estando las piezas en la mesa de trazo se señalan los cortes internos, las líneas de dobléz y los puntos a perforar que lleva cada pieza, con los elementos necesarios para ello; esta etapa es una de las más importantes y precisas ya que de ella depende el ensamble final de la máquina: si los cortes, taladros y/o dobleces no están en el punto exacto es imposible hacer coincidir las piezas o conjuntos.

**Figura 62. Sección de trazo.**



Las operaciones de corte posterior se realizan por medio de la sierra vertical, la cortadora múltiple, los taladros, punzonadora y otras herramientas según

se requiera y es necesario realizarlas antes de llevar las piezas a la sección de doblado, ya que en la mayoría de los casos es imposible cortar luego de realizar dobleces o se pierde exactitud en el proceso.

**Figura 63. Punzonadora y cortadora múltiple.**



El doblado es la operación más sencilla después de la de corte y los dos factores a tener en cuenta son el radio de curvatura y el espesor del material, estos factores han sido analizados con anterioridad en la etapa de elaboración de planos y por lo tanto en las etapas de corte y trazo.

Las operaciones de doblado, curvado y/o perfilado ocupan un lugar significativo en esta etapa, ya que muchas piezas después de haber sufrido la primera operación que es la de corte se deben someter a una o varias de estas fases de forma que todas las secciones deben permanecer constantes.

**Figura 64. Sección de doblé.**



La mayor parte de las piezas del Separador de Paddy fueron fabricadas en esta sección: la base en lámina de 3/16", lámina calibre 14 y platinas de 1" y 3/4", el sistema de alimentación, el sistema de separación y el sistema de división en láminas calibre 16 y 18, el sistema de distribución en lámina calibre 18 y lámina de acero inoxidable calibre 20, las tolvas de descarga y ductos de aspiración en lámina calibre 16, 18 y acero inoxidable calibre 20.

### **6.3. MAQUINADO**

Por otro lado los ejes y tubos son cortados en almacén y llevados a la sección de maquinados y/o ensamble según el caso.

En la sección de maquinados se dan las dimensiones definitivas a las piezas de fundición, ejes, roscas y piezas en acero u otros materiales, mediante procesos de remoción de viruta.

Cuando se requieren piezas en fundición gris, fundición nodular o de acero fundido, se mandan a hacer los modelos en madera con el fin de dar forma a las piezas teniendo en cuenta las sobredimensiones para contracción, maquinado y ahusamiento, necesarias para asegurar la exactitud

dimensional de cada pieza, posteriormente se mandan a hacer las piezas fundidas a diferentes empresas según el material seleccionado.

Las máquinas herramientas usadas en esta sección son tornos, fresadoras, taladradoras, cepilladoras y limadoras, escariadoras, cortadora de roscas, rectificadoras y pulidoras entre otras; para los procesos con abrasivos se cuenta con ruedas rectificadoras y esmeriladoras.

**Figura 65. Sección de maquinados.**



#### 6.4. PRE-ENSAMBLE

En la sección de ensamble las piezas son acopladas formando los sistemas y subsistemas de cada equipo para llegar a un producto final, si el equipo es un modelo nuevo se hace un preensamble inicial y se realiza una prueba conectando el motor directamente para comprobar que su funcionamiento cumpla con las expectativas, si no lo hace es necesario rediseñar algunas de las partes y repetir el proceso hasta lograr el objetivo.

En el Separador de Paddy el objetivo se logró inmediatamente superando las expectativas, al dejar el equipo funcionando durante 24 horas continuas sin necesidad de realizar ningún cambio en el diseño.

**Figura 66. Ensamble**



Mientras ocurre el proceso descrito anteriormente, la caja de controles del equipo es diseñada y construida por el departamento de electricidad y mantenimiento de la empresa de acuerdo a las necesidades de funcionamiento de cada sistema.

**Figura 67. Elaboración de cajas de control.**



## **6.5. PINTURA**

Al verificar que el equipo funciona correctamente se desarma, y las piezas son enviadas a la sección de pintura donde se les da el acabado pertinente mediante aplicación de desengrasante, anticorrosivo, hueso-duro, masilla, lijado y pintura.

**Figura 68. Sección de pintura.**



## **6.6. ENSAMBLE**

Luego de haber realizado el ensamble final del equipo con las piezas ya terminadas se realizan las conexiones eléctricas necesarias y se hace una prueba final para realizar los ajustes respectivos, se rectifican acabados en pintura, se empaca y se encuentra listo para su entrega.

La mayor parte de los ensambles se hace en la misma planta, sin embargo, cuando un montaje lo requiere, se hacen en el lugar donde van a estar ubicados finalmente los equipos, llevando al lugar las herramientas necesarias para realizar el trabajo.

## 7. COSTOS

### 7.1 COSTO TOTAL

La inversión realizada en el diseño y fabricación del equipo se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 6. Costos de Inversión.**

Papelería (Memorias, cartas, fotocopias, carpetas, borradores, empastes, etc.)	\$800.000.00
Bibliografía (Libros técnicos, manuales,internet)	\$500.000.00
Material y manufactura del equipo. (Valor aproximado)	\$25'000.000.00
Transporte	\$1'500.000.00
Producción intelectual	\$4'500.000.00
Asesoría Ing. Leonidas Vásquez, (Asumido por la UIS)	\$1'800.000.00
Otras asesorías (Equipo de Diseño y Producción FAMAG)	4'500.000.00
Subtotal	\$38'600.000.00
Gastos varios	1'400.000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 40'000.000.00</b>

### 7.2 RECURSOS UTILIZADOS

Algunos de los recursos físicos utilizados para la realización de este trabajo de grado fueron:

- ✓ Computadores
- ✓ Mesa de dibujo
- ✓ Puente Grúas
- ✓ Cortadoras de lámina
- ✓ Mesa de trazo

- ✓ Prensas
- ✓ Cortadora Múltiple
- ✓ Sierra sinfín
- ✓ Sierra (de vaivén)
- ✓ Troqueladora
- ✓ Plegadoras
- ✓ Punzonadora
- ✓ Fresadora
- ✓ Torno vertical
- ✓ Torno horizontal
- ✓ Taladro radial
- ✓ Esmeril
- ✓ Roscadora de tubo
- ✓ Equilibrador
- ✓ Calibrador
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Tacómetro
- ✓ Marcadores
- ✓ Equipos de pintura
- ✓ Equipos de soldadura

## **8. PRUEBAS REALIZADAS**

### **8.1. PRIMERA PRUEBA:**

La primera etapa (de asentamiento) consistió en encender la máquina dejando algunas de las partes no muy ajustadas con el fin de realizar las correcciones necesarias de acuerdo a su comportamiento, en esta fase se tomó una velocidad en el eje principal de 280 RPM, un valor muy aproximado al solicitado por la máquina.

A pesar de que las correas y otras piezas se encontraban algo sueltas se consiguió un buen resultado, lo que permitió continuar con la fase de ajustes finales de tuercas, correas, tensores, etc.

Posteriormente se realizó la primera prueba mecánica, que consistió en verificar el funcionamiento de la misma en lo que tiene que ver con las velocidades en los ejes, la transmisión, el movimiento de los módulos y la resistencia de las partes susceptibles de fallo dejando la máquina encendida por 24 horas. Se verificó una velocidad en el eje principal de 300 RPM que corresponde a lo solicitado, sin vibraciones y uniforme. Por otro lado, se presentaba un leve golpeteo al interior de uno de los módulos pero este tenía que ver con el ajuste de una de las bandejas importadas, lo que se solucionó rápidamente.

### **8.2. SEGUNDA PRUEBA:**

Luego de llevar la máquina por partes a la sección de pintura y realizar el ensamble final, se inició la segunda prueba mecánica, consistente en dejar encendida la máquina durante dos semanas seguidas, 24 horas al día con el fin de realizar cualquier ajuste no detectado durante la primera prueba.

El primer día se presentaron ruidos en las válvulas de las tolvas de descarga debido a que los tornillos estaban algo sueltos. A los cinco días todo el sistema de articulación, es decir los pivotes, comenzaron a sonar fuertemente, debido también a falta de ajuste, lo que se solucionó simplemente con apretar los tornillos. A partir de este momento, el funcionamiento fue excelente.

La tercera prueba a realizar consistiría en poner en funcionamiento la máquina en un molino de la ciudad durante cuatro meses consecutivos, con el fin de verificar la calidad de la separación, sin embargo los costos de montaje eran muy altos, y era necesario esperar mucho tiempo, por este motivo se decidió enviar la máquina directamente al cliente y realizar los ajustes finales ya en el molino.

## 9. CONCLUSIONES

A lo largo de esta práctica empresarial como proyecto de grado fue posible construir un equipo no fabricado antes en Colombia ni en Latinoamérica contribuyendo así al desarrollo tecnológico del país, en lo que tiene que ver con el procesamiento del arroz, cumpliendo con los objetivos planteados al comienzo de la misma y superando todas las expectativas.

Es importante destacar que esta modalidad de proyecto de grado contribuye en gran medida al desarrollo profesional del estudiante, pues permite afianzar los conocimientos adquiridos a lo largo de toda la carrera y a la vez brinda la oportunidad de adquirir experiencia laboral en su área de preferencia, le muestra las ventajas y desventajas de la misma y las diferentes posibilidades de conseguir un empleo y/o comenzar a crear su propia empresa.

Los beneficios de la ingeniería asistida por computador son innumerables, pues entre otras cosas disminuye los tiempos y aumenta la confiabilidad de los diseños, lo que lleva a una disminución de costos en manufactura y un trabajo más eficiente.

## 10. RECOMENDACIONES

Para realizar un buen diseño es necesario tener claras las necesidades del cliente, las prioridades de la empresa y las características propias del material a procesar, ya que las posibilidades son infinitas y el producto final debe contar con características que le hagan confiable, útil, funcional, seguro y competitivo en el mercado.

Para la manufactura se deben evaluar los medios con los cuales se cuenta, ya que aunque el diseño cumpla con las características mencionadas es posible que algunas de las partes no se puedan fabricar en el país, lo que le hace poco viable.

La coordinación de las personas encargadas de la manufactura es indispensable, al igual que el control de calidad en cada uno de los procesos, es un trabajo que debe hacerse continuamente, con precisión, disciplina, exigencia, y respeto.

## BIBLIOGRAFÍA

**ARIAS, Carlos. DELGADO, Luis.** Separador de almendra cáscara del fruto de la palma africana. Diseño, construcción y prueba de un prototipo. Proyecto de grado UIS, Bucaramanga 1992.

**CREDE, Charles E.** Conceptos sobre choque y vibración en el diseño de ingeniería, Editorial Prentice Hall, México, 1970.

**FAIRES, Virgil Moring.** Diseño de Elementos de Máquinas. 4 Ed. México, 1996. 424p

**GARCÍA, Alfonso.** Vibraciones mecánicas, Publicaciones UIS. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 1992.

**NORTON, Robert L.** Diseño de Maquinaria. Síntesis y Análisis de Máquinas y Mecanismos. Tercera Edición. Mc. Graw Hill. México 2005.

**PARADA, Alfredo.** Conferencias sobre Fatiga. UIS, Bucaramanga, 2000.

**PERRY, Robert.** Manual del Ingeniero Químico. Séptima Edición. Volumen III. Mc Graw Hill. España.

**PINEDA, Carlos. PICO, José V.** Banco de Transporte Neumático y Vibratorio. Proyecto de grado UIS, Bucaramanga 1982. 167p.

**SHIGLEY, Joseph. Y MISCHKE, Charles.** Diseño en Ingeniería Mecánica. Sexta edición. Mc Graw Hill, México 2004.

**THOMPSON, William.** Teoría de Vibraciones.

**ZIGNOLI, Vittorio.** Trasporti Meccanici Técnica, editorial Economía. Milano: Ulrico, 1953. 1321p.

**CLEVELAND VIBRATOR COMPANY.** Applications [on line]. Disponible en Internet: <<http://www.clevelandvibrator.com./coinfo.htm>>.

**MAVI MÁQUINAS VIBRATORIAS LTDA.** Principio de funcionamiento del transportador vibratorio Revitran [on line]. Brasil, noviembre 2002 [citado febrero 2003]. Disponible en Internet: <<http://www.Mavi.com.br/brasil/revitran/funcio.htm/>>.

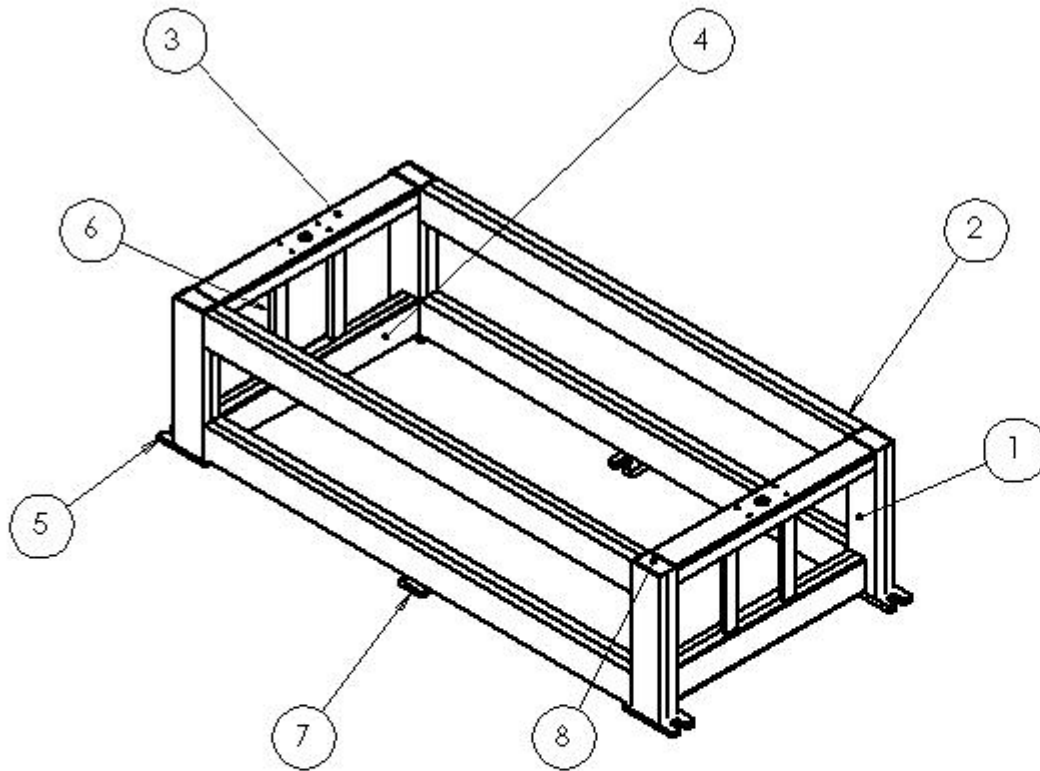
**VIBROMAQ.** Características generales [on line]. Argentina [citado junio 2004]. Disponible en Internet: <<http://www.vibromaq.com.ar/index.htm>>.

[http://www.heron\\_tecnologies.com/roberts.Tksolver](http://www.heron_tecnologies.com/roberts.Tksolver).

[http://www.skf.com/portal/skf\\_es/](http://www.skf.com/portal/skf_es/)

## **ANEXOS**





No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
1	545mm	LA MINA CR CAL 3/16"	8
2	1850mm	LA MINA CR CAL 3/16"	8
3	LA MINA SUPERIOR DOBLADA	LA MINA CR CAL 1/4"	2
4	860mm	LA MINA CR CAL 3/16"	4
5	ANCLAJE BASE SEPARADORA PARA L	LA MINA CR CAL 3/4"	4
6	VERTICAL BASE	TUBO RECTANGULAR 50*20	4
7	160	LA MINA CR CAL 3/4	2
8	TAPA BASE SEPARADORA	LA MINA CR CAL 3/16"	4

BASE SEPARADORA	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANT ANDER ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
ENSAMBLE No. 1 CANTIDAD 1	DIB. No. 4164-11	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732		
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05		
SECCION ENSAMBLE	DIBUJO: ZULMA V. NIÑO REVISO: JUAN AMOROCHO APROBO: CARLOS A. PEREZ COORDINADOR: LEONIDAS VASQUEZ <small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>		
		ESCALA: 1:50 PLANO No. 00-01-00	

5

4

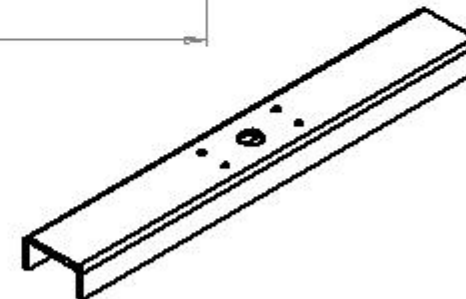
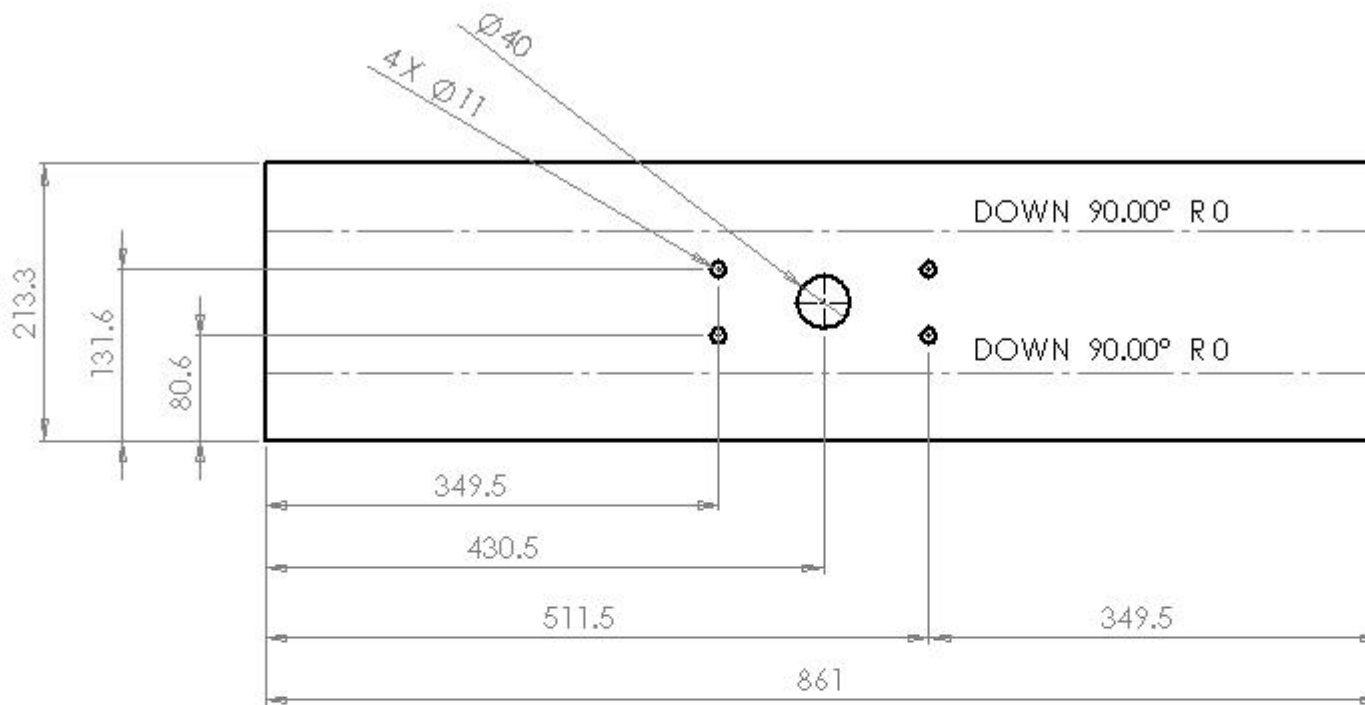
3

2

1







LAMINA SUPERIOR DOBLADA	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL</b>	
PIEZA No. 003 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>DE SANTANDER</b>	
MATERIAL	FOLDER No. 732	<b>ESCUELA DE</b>	<b>FABRICA DE MAQUINARIA</b>
LAMINA CR CAL 1/4"	FECHA INICIO 19-12-05	<b>INGENIERIA MECANICA</b>	
OBSERVACIONES	DIBUJO: JULIANA V. NIÑO REVISOR: JULIO ANDRÉS HO APROBADO: CARLOS A. PÉREZ COORDINADOR: TEODILAS VÁSQUEZ	<b>AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
SECCION CORTEY DOBLEZ	<small>           LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO            ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA.            CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL            SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.         </small>	<b>ESCALA: 1:10 PLANO No. 00-01-03</b>	

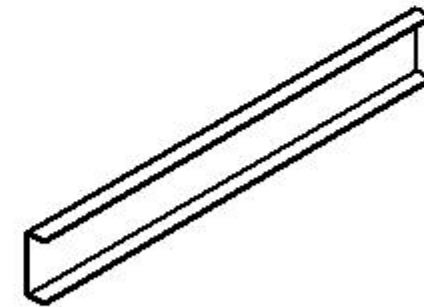
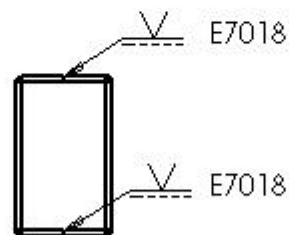
5

4

3

2

1



TUBO RECTANGULAR 860mm		<b>FAMAG LTDA.</b>		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>		
PIEZA No.004	CANTIDAD 4	DIB. No.	4164-11	<b>DE SANTANDER</b>		
MATERIAL		FOLDER No.	732	<b>ESCUELA DE</b>		
LAMINA CR CAL 3/16"		FECHA INICIO	19-12-05	<b>INGENIERIA MECANICA</b>		
OBSERVACIONES		DEJDO	ZULIANA V. NIÑO	<b>FABRICA DE MAQUINARIA</b>		
		REVISO	JULIO AMORRUCO HO	<b>AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>		
		APROBO	CARLOS A. PEREZ	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>		
		COORDINADOR	LEONIDAS VASQUEZ	ESCALA: 1:20 PLANO No.00-01-04		
SECCION CORTE Y DOBLEZ		LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.				

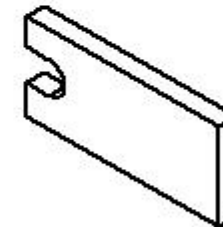
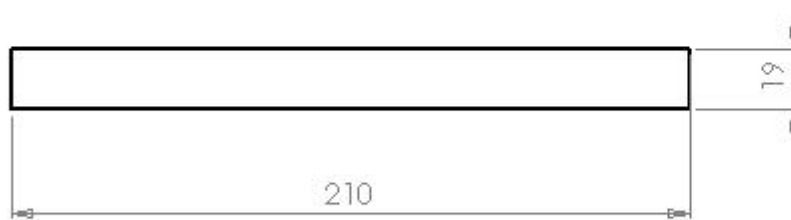
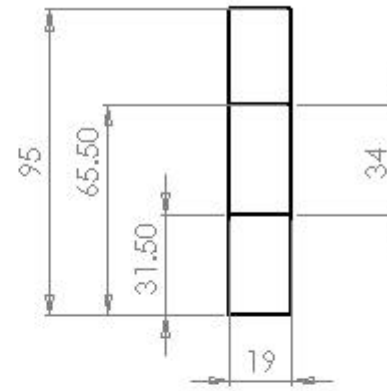
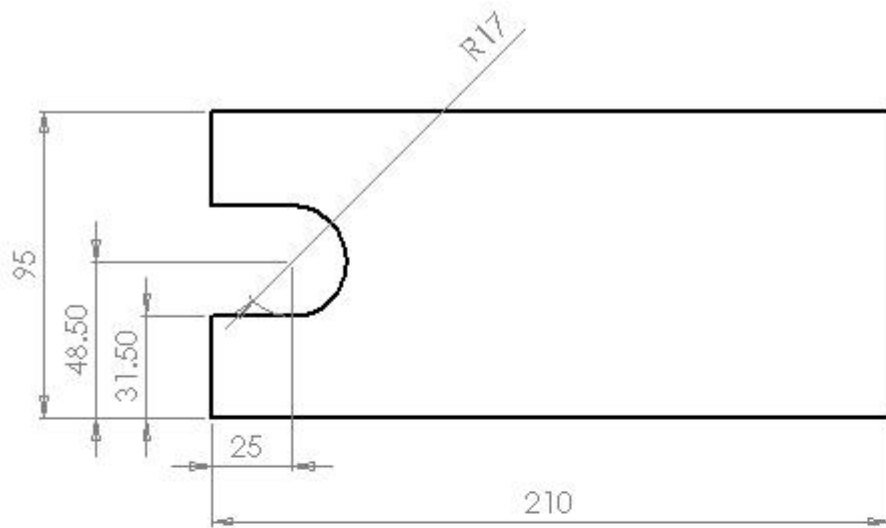
5

4

3

2

1



ANCLAJE LATERAL BASE	<b>FAMAG LTDA.</b> DIB. No. 4164-11	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
PIEZA No.005 CANTIDAD 4	FOLDER No. 732	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL LAMINA CR CAL 3/4"	FECHA INICIO 19-12-05	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES	DIBUJO: EDINA V. NIÑO REVISO: JULIO ANDRÉS HO APROBO: CARLOS A. PÉREZ COORDINACIÓN: TEODILAS VÁSQUEZ	<b>ESCALA: 1:2</b>   <b>PLANO No. 00-01-05</b>	
SECCION CORTE Y TRAZO	<small>           LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO            ES PROPIEDAD DE LA EMPRESA FAMAG LTDA.            CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL            SIN UN PREVIOS ESCRITO ESTA PROHIBIDA.         </small>		

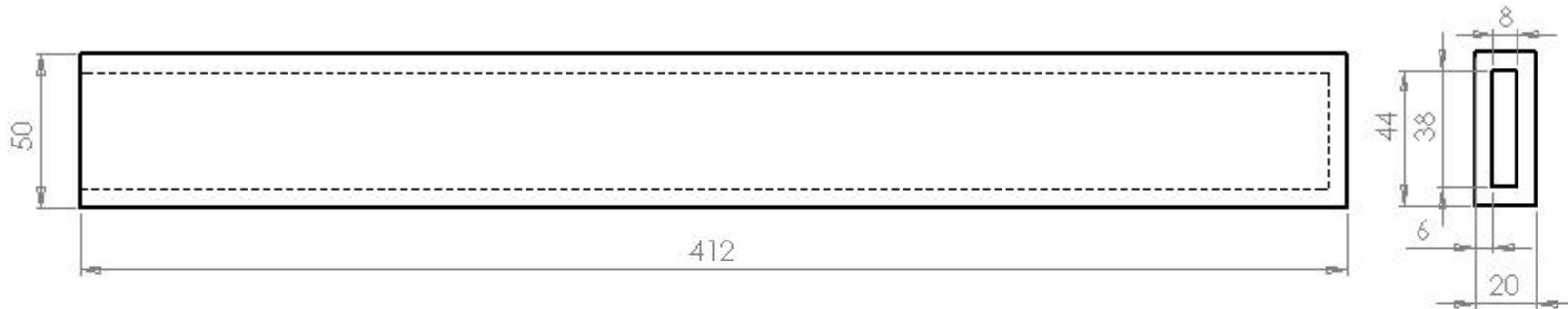
5

4

3

2

1



PARAL VERTICAL BASE		<b>FAMAG LTDA.</b>		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>		
PIEZA No. 006	CANTIDAD 4	DIB. No.	4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>		
MATERIAL		FOLDER No.	732	FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.		
TUBO RECTANGULAR 50*20		FECHA INICIO	19-12-05	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>		
OBSERVACIONES		DIBUJO	EDINA V. NIÑO	ESCALA: 1:2		
		REVISOR	JULIO ANDRÉS HO	PLANO No. 00-01-06		
		APROBADO	CARLOS A. PEREZ			
		COORDINADOR	TEODILAS VASQUEZ			
SECCION CORTE		<small>           LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE LA EMPRESA FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIOS ESCRITO ESTA PROHIBIDA.         </small>				

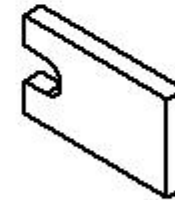
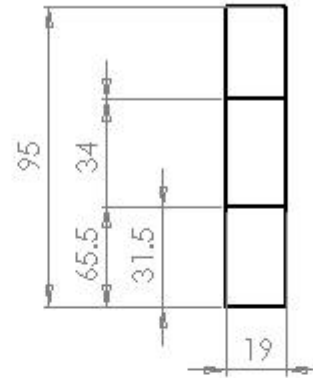
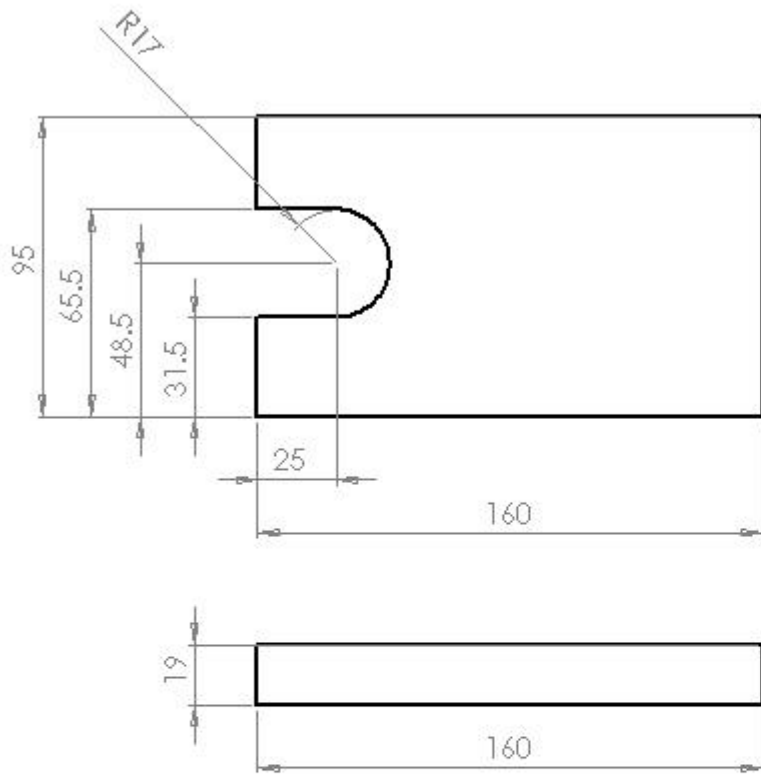
5

4

3

2

1



ANCLAJE BASE SEP. 160mm		<b>FAMAG LTDA.</b>		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>		
PIEZA No.007	CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11		<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>		
MATERIAL LAMINA CR CAL3/4'		FOLDER No. 732		<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>		
OBSERVACIONES		FECHA INICIO 19-12-05		<b>SEPARADOR DE PADDY</b>		
SECCION CORTE Y TRAZO		DE DIBO	ZULIANA V. NINO	ESCALA:1:2		PLANO.No. 00-01-07
		REVISO	JULIO ANDRUCHO			
		APROBO	CARLOS A. PEREZ			
		COORD. ACAD. TECNICAS VASQUEZ				
		LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.				

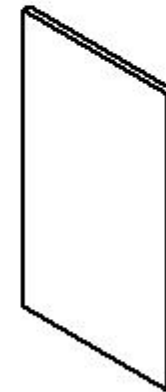
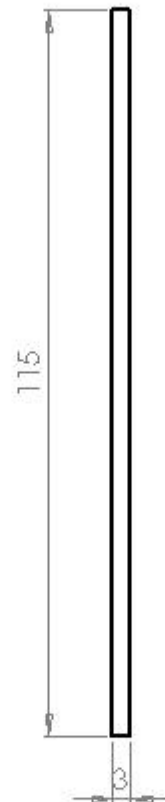
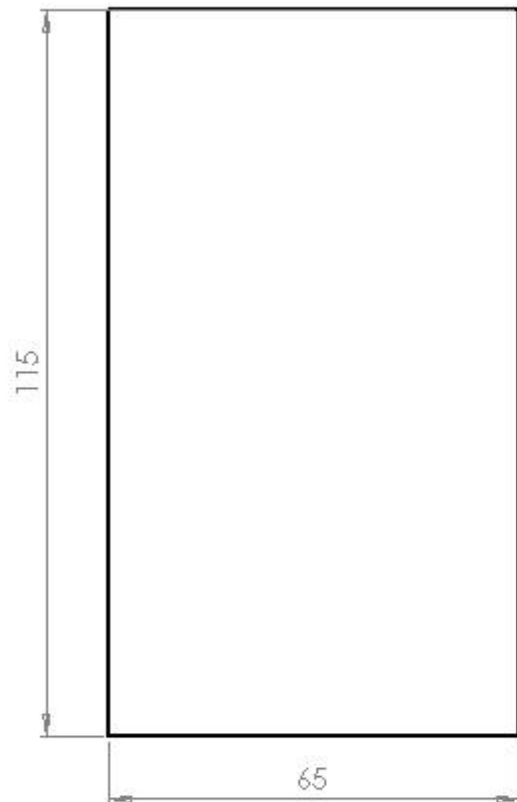
5

4

3

2

1



TAPA BASE SEPARADORA		<b>FAMAG LTDA.</b>		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>		
PIEZA NO. 008	CANTIDAD 4	DIB. No. 4164-11		<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>		
MATERIAL LAMINA CR CAL 3/16"		FOLDER No. 732		<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>		<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES		FECHA INICIO 19-12-05		ESCALA: 1:1		
SECCION CORTE		DIBUJO JULIANA V. NIÑO REVISO JHON AMORCOC HO APROBO CARLOS A. PEREZ COORD. ACAD. TEODORA VASQUEZ <small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>		PLANO No. 00-01-08		

5

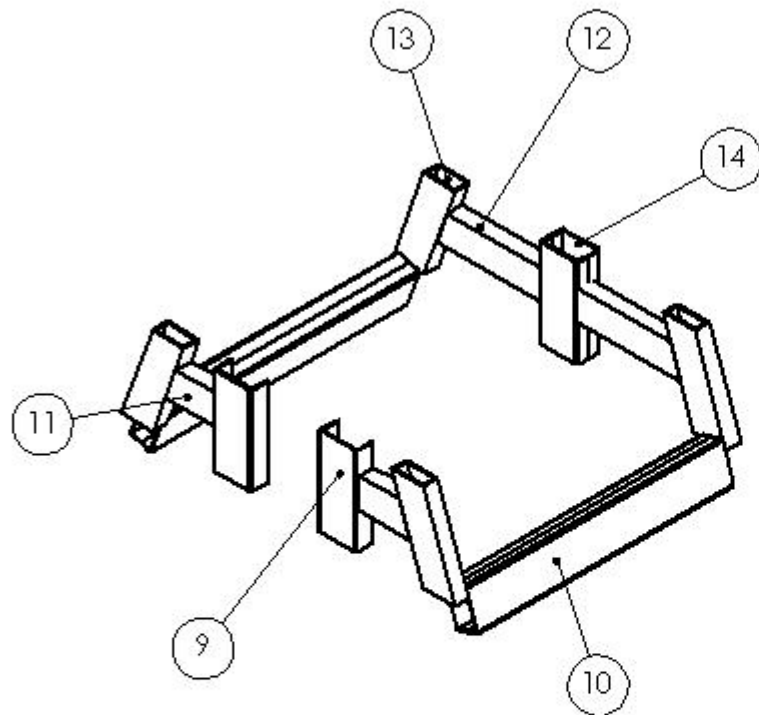
7

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
9	VERTICAL MARCO BASE MOTOR	LAMINA CR CAL 1/4"	2
10	TUBO RECT 75 x 125 x 295	LAMINA CR CAL 3/16"	4
11	313mm	PERFIL RECTANGULAR 100*50	2
12	348	PERFIL RECTANGULAR 100*50	2
13	171mm	PERFIL RECTANGULAR 100*50	4
14	TUBO CENTRAL	LAMINA CR CAL 3/16"	2

REFUERZOS BASE PRINCIPAL	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No.2 CANTIDAD 1	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	<b>ESCALA: 1:20 PLANO No.00-02-00</b>	
SECCION ENSAMBLE	DIBUJO JULIANA V. NIÑO REVISO JUILO ANDRÉ OCHOA APROBO CARLOS A. PEREZ COORDINADOR LEONIDAS VASQUEZ <small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO          ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA.          CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL          SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>		

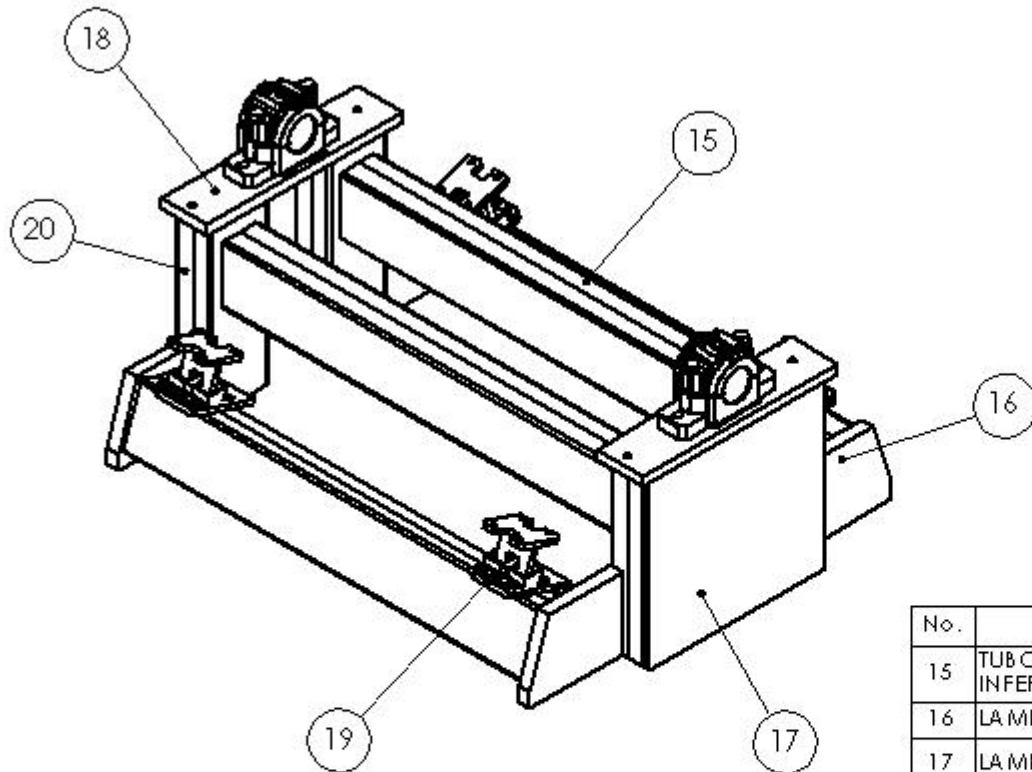
5

4

3

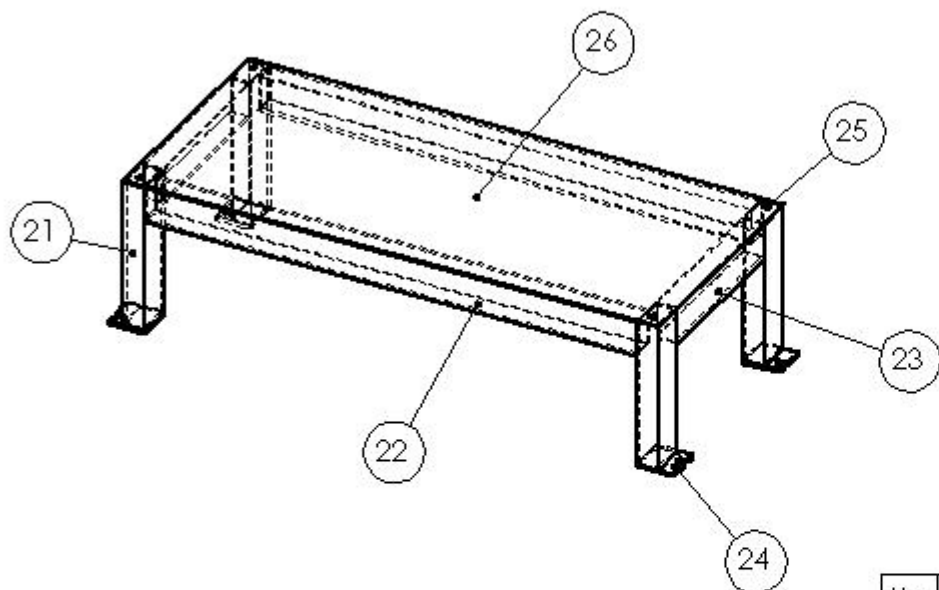
2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
15	TUBO SUPERIOR MARCO INFERIOR 860mm	LA MINA CR CAL 3/16"	8
16	LA MINA A POYO	LA MINA CR CAL 1"	4
17	LA MINA SOPORTE POLEA	LA MINA CR CAL 3/16"	1
18	LA MINA SOPORTE CHUMA CERA	LA MINA CR CAL 3/4"	2
19	LA MINA PORTA RESORTE	LA MINA CR CAL 3/8"	4
20	TUBO FRONTAL MARCO INFERIOR 355mm	LA MINA CR CAL 3/16"	8

<b>BASE SUPERIOR</b>		<b>FAMAG LTDA.</b>		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>		
ENSAMBLE No.3 CANTIDAD 1		DIB. No. 4164-11		<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>		
MATERIAL VARIOS		FOLDER No. 732		<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>		<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES		FECHA INICIO 19-12-05				
		DEJJO	ZULMA V. NINO			
		REVEO	JULIO AMORCCHO			
		APROBO	CARLOS A. PEREZ			
		COORDINADOR	TEODILAS VASQUEZ	ESCALA: 1:20 PLANO No.00-03-00		
SECCION ENSAMBLE		<small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>				



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
21	260mm	PERFIL RECTANGULAR 2" *1"	4
22	545mm	PERFIL RECTANGULAR 2" *1"	2
23	300	PERFIL RECTANGULAR 2" *1"	2
24	ANCLAJE MARCO SUPERIOR	LAMINA CR CAL 1/4"	4
25	TAPA MARCO SUPERIOR	LAMINA CR CAL 16	4
26	TAPA DE MARCO SUPERIOR	LAMINA CR CAL 14	1

MARCO SUPERIOR	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No.4 CANTIDAD 1	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	ESCALA:1:10 PLANO.No. 00-04-00	
	DIBUJO: JULIANA V. NIÑO REVISOR: JULIO ANDRÉS OCHOA APROBADO: CARLOS A. PEREZ COORDINADOR: LEONIDAS VÁSQUEZ		
SECCION ENSAMBLE	<small>           LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO            ES PROPIEDAD DEL USUARIO. SU REPRODUCCION            O DISTRIBUCION SIN EL CONSENTIMIENTO DEL            SEÑOR INGENIERO INGENIERO ESTÁ PROHIBIDA.         </small>		

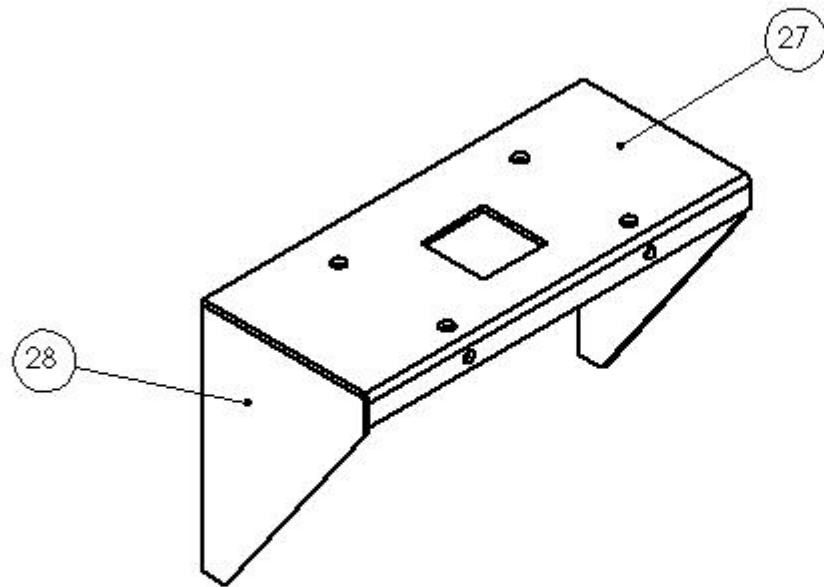
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
27	BASE SOPORTE SUPERIOR	LAMINA CR CAL 1/4"	1
28	REFUERZO	LAMINA CR CAL 1/4"	2

BASE SOPORTE SUPERIOR TOLVAS ENSAMBLE No. 5 CANTIDAD 1 MATERIAL VARIOS OBSERVACIONES	<b>FAMAG LTDA.</b> DIB. No. 4164-11 FOLDER No. 732 FECHA INICIO 19-12-05		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b> 
	DESEO	SUJANA V. NIÑO	
SECCION ENSAMBLE	REVISOR	JULIO ANDRÉS HO	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b> <b>SEPARADOR DE PADDY</b> ESCALA: 1:10 PLANO No. 00-05-00
	APROBADO	CARLOS A. PEREZ	
	COORDINADOR	TEODILAS VASQUEZ	
	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DIBUJO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO POR ESCRITO ESTA PROHIBIDA.		

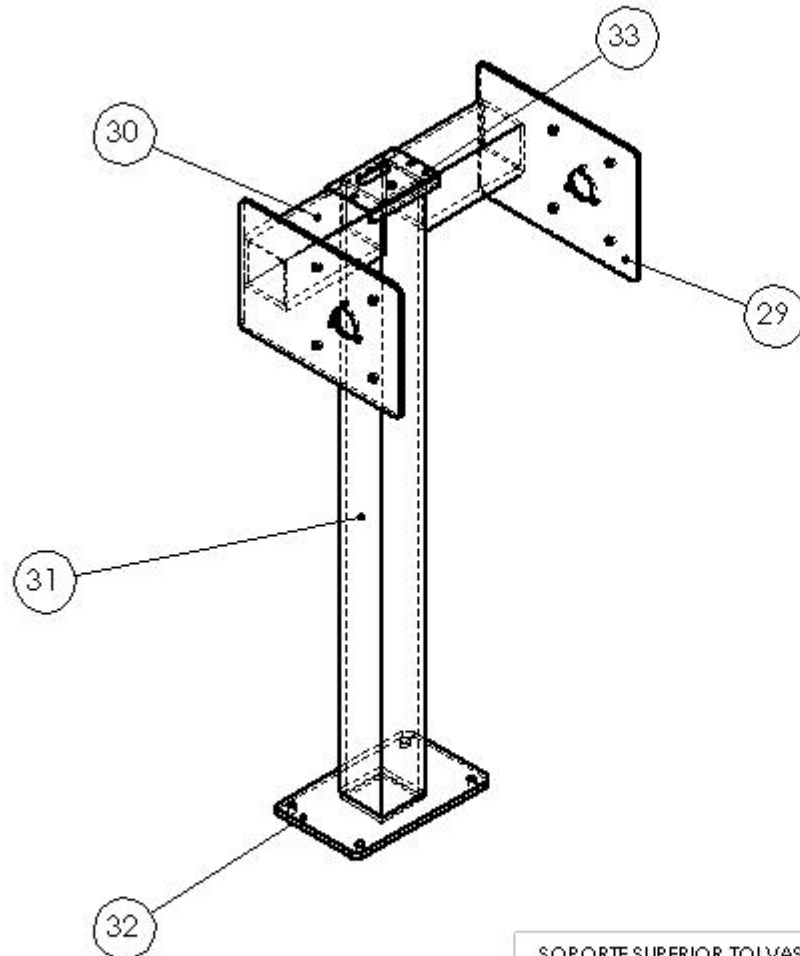
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
29	LAMINA SUPERIOR SOPORTE	LAMINA CR CAL 3/8"	2
30	TUBO CUADRADO 755	PERFIL CUADRADO 3"	2
31	TUBO CUADRADO 940	PERFIL CUADRADO 3"	1
32	LAMINA BASE	LAMINA CR CAL 3/8"	1
33	TAPA TUBERIA	LAMINA CR CAL 14	1

SOPORTE SUPERIOR TOLVAS		<b>FAMAG LTDA.</b>		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>		
ENSAMBLE No.6 CANTIDAD 1		DIB. No. 4164-11		<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>		
MATERIAL VARIOS		FOLDER No. 732		FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.		
OBSERVACIONES		FECHA INICIO 19-12-05		SEPARADOR DE PADDY		
		DIBUJO ZULMA V. NIÑO		ESCALA: 1:2		
		REVISOR JHON ANDRÉS MO		PLANO No. 00-06-00		
		APROBADO CARLOS A. PEREZ				
		COORD. ACAD. IEDHEIAS VASQUEZ				
SECCION ENSAMBLE		<small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPRIEDAD INTELECTUAL DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIOS ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>				

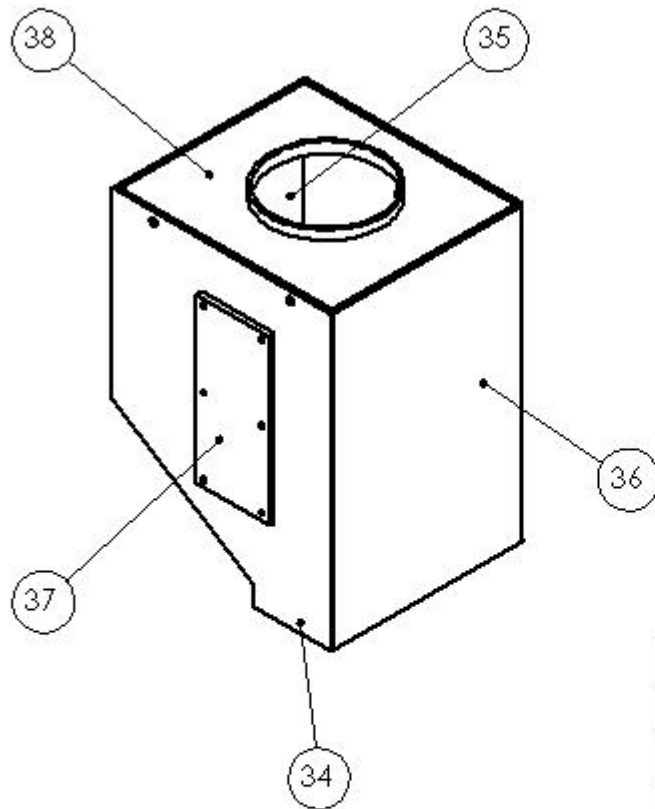
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
34	LAMINA FRONTAL TOLVA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 14	4
35	LAMINA LATERAL IZQ TOLVA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 14	2
36	LAMINA LATERAL DER TOLVA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 14	2
37	ACRILICO TOLVA DE ALIMENTACION	ACRILICO TRANSPARENTE 3mm	4
38	TAPA TOLVA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 16	2

TANQUE TOLVA ALIMENTACION	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No.7 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	ESCALA: 1:5	
HACER PAR	DIBUJO: ZULMA V. NIÑO REVISOR: JULIO AMORCCHO APROBADO: CARLOS A. PEREZ COORDINADOR: HEONIDAS VASQUEZ	PLANO No. 00-07-00	
SECCION ENSAMBLE	<small>           LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIOS ESCRITO ES TA PROHIBIDA.         </small>		

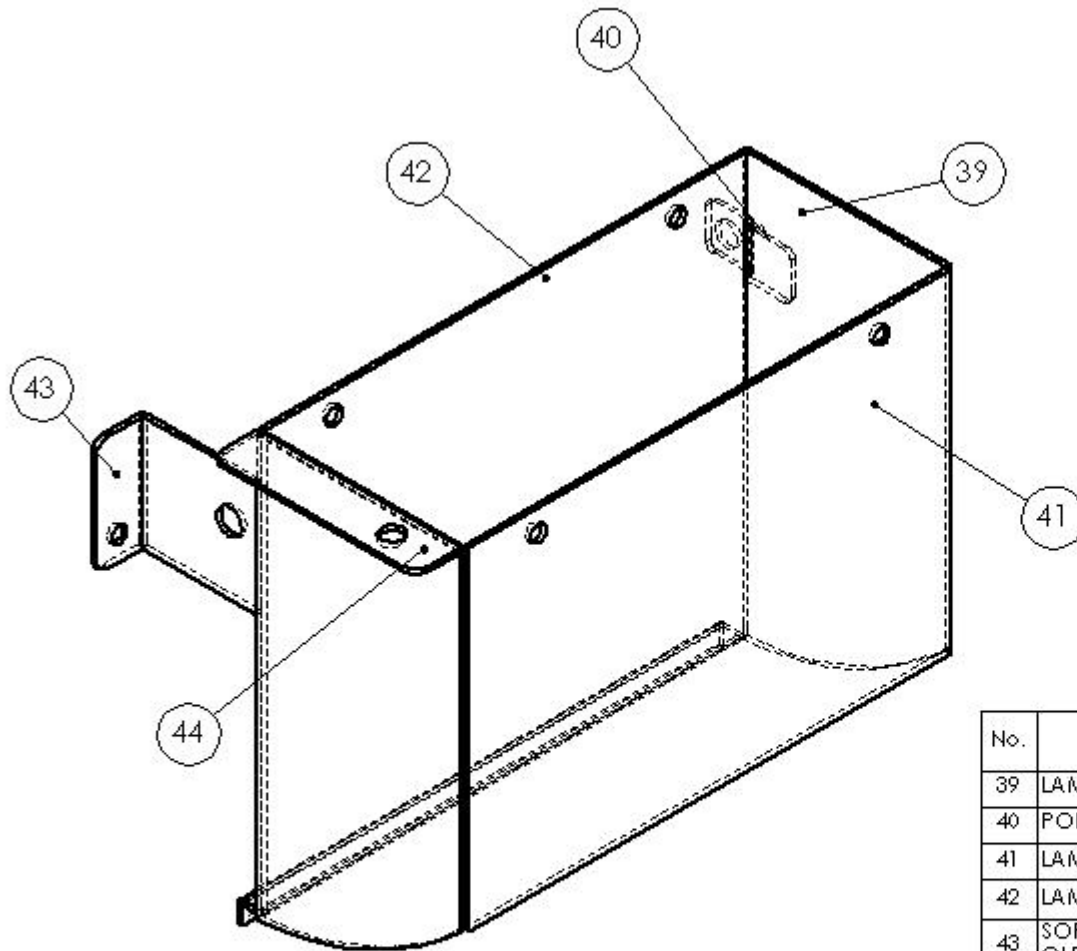
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
39	LAMINA POSTERIOR OUTLET	LAMINA CR CAL 14	2
40	PORTA RESORTE	LAMINA CR CAL 14	2
41	LAMINA LATERAL DER OUTLET	LAMINA CR CAL 14	2
42	LAMINA LATERAL IZQ OUTLET	LAMINA CR CAL 14	2
43	SOPORTE RESORTE INFERIOR OUTLET	LAMINA CR CAL 14	2
44	LAMINA FRONTAL OUTLET	LAMINA CR CAL 14	2

DESCARGA TOLVA ALIMENTACION		<b>FAMAG LTDA.</b>		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>		
ENSAMBLE No. 8 CANTIDAD 2		DIB. No. 4164-11		<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>		
MATERIAL VARIOS		FOLDER No. 732		<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>		
OBSERVACIONES		FECHA INICIO 19-12-05		<b>SEPARADOR DE PADDY</b>		
HACER PAR		DIBUJO JULIAN V. NIÑO		ESCALA: 1:5		
SECCION ENSAMBLE		REVISOR JULIO AMORCINO		PLANO No. 00-08-00		
		APROBADO CARLOS A. PEREZ				
		COORDINADOR JEONIDAS VASQUEZ				
		<small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>				

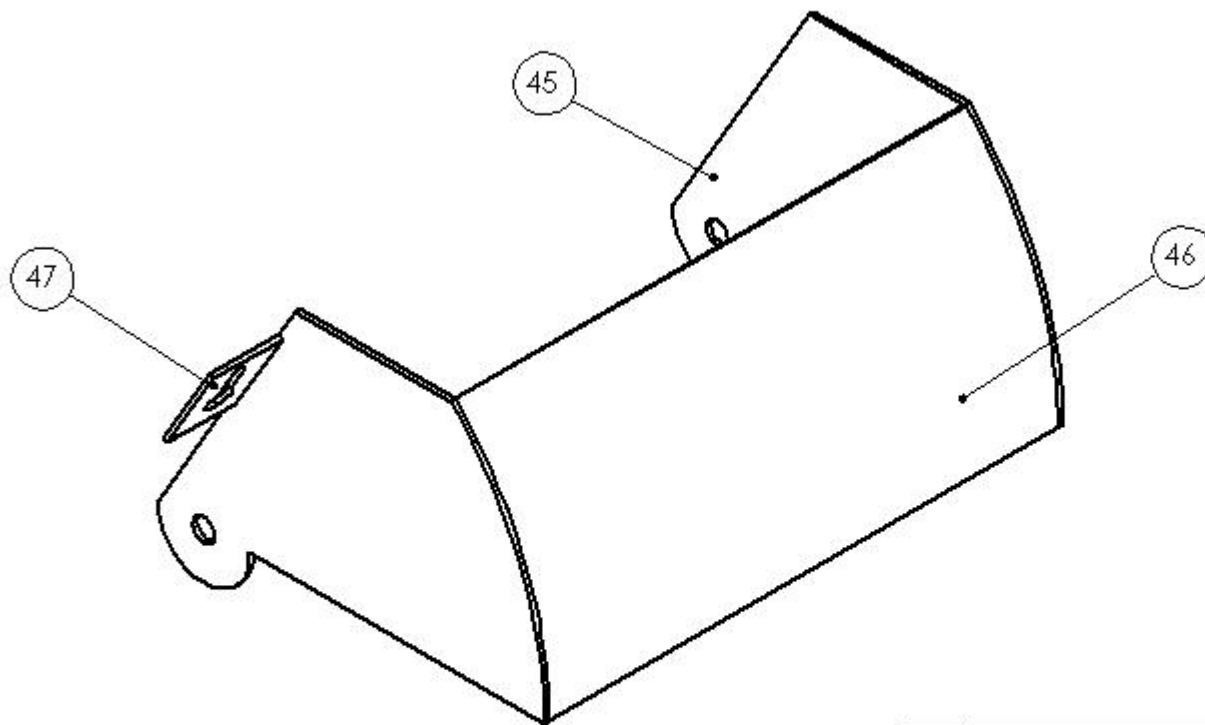
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
45	LAMINA FRONTAL VALVULA	LAMINA CR CAL 14	4
46	LAMINA LATERAL VALVULA	LAMINA CR CAL 14	2
47	OREJA OUTLET	LAMINA CR CAL 14	2

VALVULA TOLVA ALIMENTACION  
 ENSAMBLE No.9 CANTIDAD 2  
 MATERIAL VARIOS  
 OBSERVACIONES  
 HACER PAR  
 SECCION ENSAMBLE

**FAMAG LTDA.**  
 DIB. No. 4164-11  
 FOLDER No. 732  
 FECHA INICIO 19-12-05  
 DIBUJO JULIANA V. NIÑO  
 REVISO JUAN DAMAZO ROCHA  
 APROBO CARLOS A. PEREZ  
 COORDINADOR LEONIDAS VASQUEZ  
 LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**



**FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.**

**SEPARADOR DE PADDY**

ESCALA: 1:2 PLANO No. 00-09-00

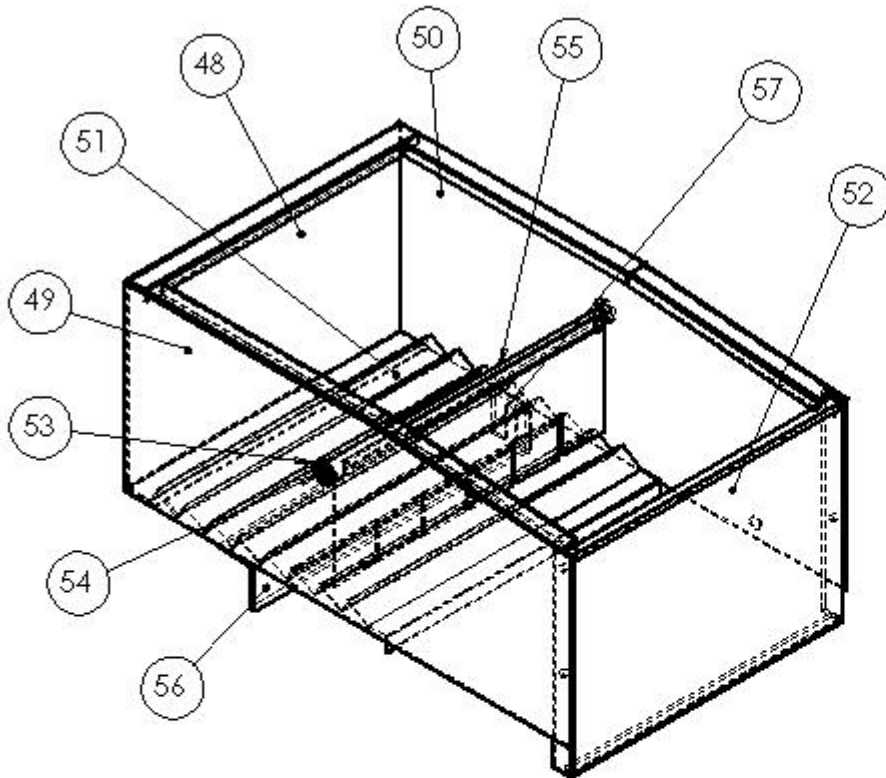
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
48	LAMINA FRONTAL BANDEJA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 14	2
49	LAMINA LATERAL BANDEJA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 14	2
50	Simetría LAMINA LATERAL BANDEJA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 14	2
51	PLEGADO	LAMINA ACERO INOX CAL 16	2
52	TAPA BANDEJA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 14	2
53	SOPORTE EJE BANDEJA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 10	4
54	EJE BANDEJA DE ALIMENTACION	EJE ACERO SAE 1045 3/8"	2
55	BARREDOR BANDEJA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 14	2
56	LAMINA INFERIOR BANDEJA DE ALIMENTACION	LAMINA CR CAL 14	2
57	LAMINA NFERIOR FRONTAL BANDEJA	LAMINA CR CAL 14	2

BANDEJA DE ALIMENTACION ENSAMBLE No. 10 CANTIDAD 2 MATERIAL VARIOS OBSERVACIONES HACER PAR SECCION ENSAMBLE	<b>FAMAG LTDA.</b> DIB. No. 4164-11 FOLDER No. 732 FECHA INICIO 19-12-05 DIBUJO JULIANA V. NIÑO REVISOR JULIO ANDRÉS ROCHA APROBADO CARLOS A. PÉREZ COORDINADOR TECNOLÓGICO VASQUEZ <small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b> <b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b> <b>SEPARADOR DE PADDY</b> ESCALA: 1:10 PLANO No. 00-10-00	
--	---	--	--

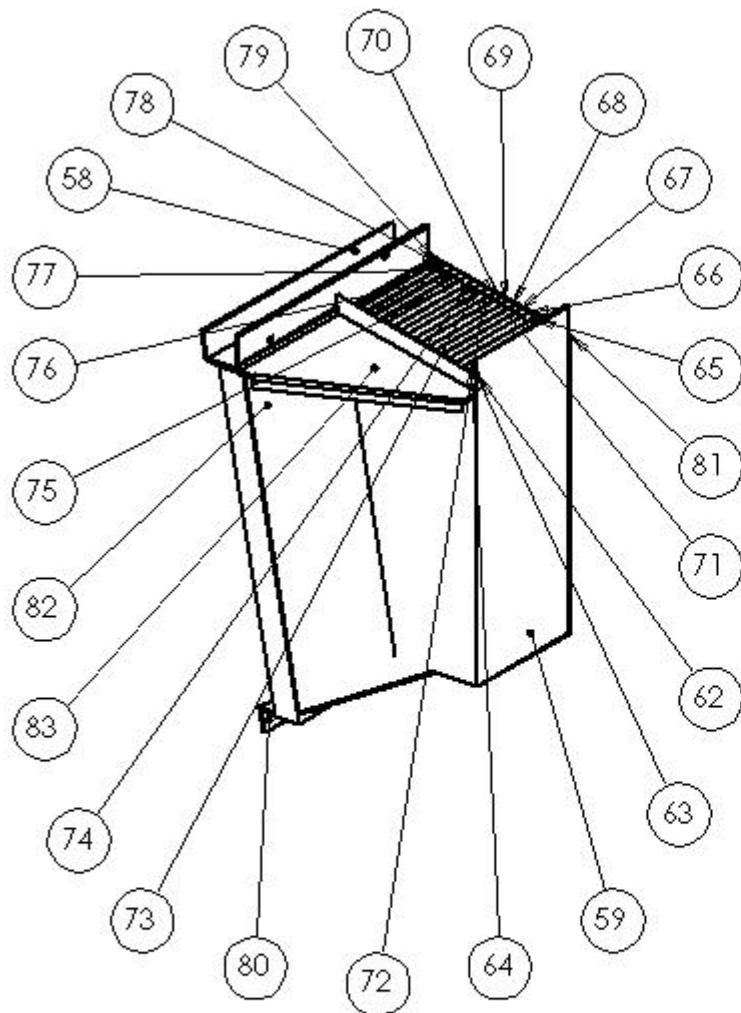
5

4

3

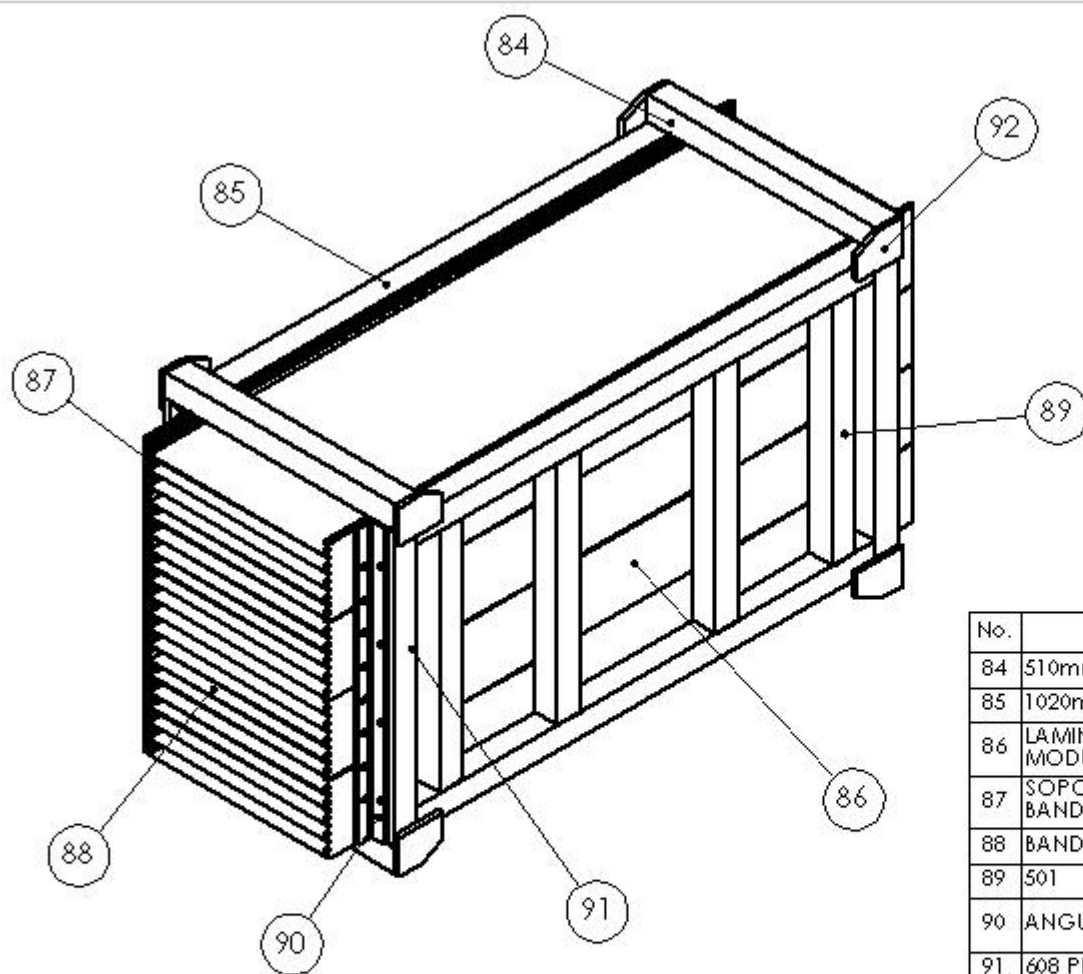
2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
58	SOPORTE MARCO POSTERIOR	LA MINA CR CAL 10	2
59	SOPORTE POSTERIOR MARCO	LA MINA CR CAL 16	2
60	GUIA REGULACION 1	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
61	GUIA REGULACION 2	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
62	GUIA REGULACION 3	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
63	GUIA REGULACION 4	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
64	GUIA REGULACION 5	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
65	GUIA REGULACION 6	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
66	GUIA REGULACION 7	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
67	GUIA REGULACION 8	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
68	GUIA REGULACION 9	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
69	GUIA REGULACION 10	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
70	GUIA REGULACION 11	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
71	GUIA REGULACION 12	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
72	GUIA REGULACION 13	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
73	GUIA REGULACION 14	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
74	GUIA REGULACION 15	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
75	GUIA REGULACION 16	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
76	GUIA REGULACION 17	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
77	GUIA REGULACION 18	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
78	GUIA REGULACION 19	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
79	GUIA REGULACION 20	LA MINA A CERO INOX CAL 20	2
80	SOPORTE INFERIOR MARCO POSTERIOR	LA MINA CR CAL 10	2
81	TAPA FRONTAL MARCO POSTERIOR	LA MINA CR CAL 16	2
82	TAPA MARCO POSTERIOR	LA MINA CR CAL 16	2
83	CARTELA REFUERZO MARCO POSTERIOR	LA MINA CR CAL 16	2

SISTEMA DE DISTRIBUCION	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANT ANDER</b>	
ENSAMBLE No. 11 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>E ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	ESCALA: 1:10 PLANO No. 00-11-00	
HACER PAR	DIBUJO: JULIANA V. NINO REVISOR: JUILO ANDRICO HO APROBADO: CARLOS A. PEREZ COORDINADOR: LEONIDAS VASQUEZ		
SECCION ENSAMBLE	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.		



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
84	510mm	PERFIL CUADRADO 2"	8
85	1020mm	PERFIL CUADRADO 2"	8
86	LAMINA LATERAL MODULO	LAMINA CR CAL 18	16
87	SOPORTE INTERIOR BANDEJA	LAMINA CR CAL 18	80
88	BANDEJA MODULO	ACERO INOX CAL 18	40
89	501	PERFIL CUADRADO 2"	12
90	ANGULO SOPORTE TAPA	ANGULO HR11/2"X3/16"	8
91	608 PERFORADO	PERFIL CUADRADO 2"	8
92	LAMINA TAPA LATERAL	LAMINA CR CAL 3/8"	16

MARCO MODULO SEPARACION  
 ENSAMBLE No. 12 CANTIDAD 2  
 MATERIAL VARIOS  
 OBSERVACIONES  
 HACER PAR  
 SECCION ENSAMBLE

**FAMAG LTDA.**  
 DIB. No. 4164-11  
 FOLDER No. 732  
 FECHA INICIO 19-12-05  
 DIBUJO JULIANA V. NIÑO  
 REVISO JHON ANDRÉS MO  
 APROBO CARLOS A. PEREZ  
 COORD. ACAD. LEONIDAS VASQUEZ  
 LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO  
 ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA.  
 CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL  
 SIN SU PERMISO INCURRIRÁ EN SANCION

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**  
  
**FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.**  
**SEPARADOR DE PADDY**  
 ESCALA: 1:20 PLANO No. 00-12-00

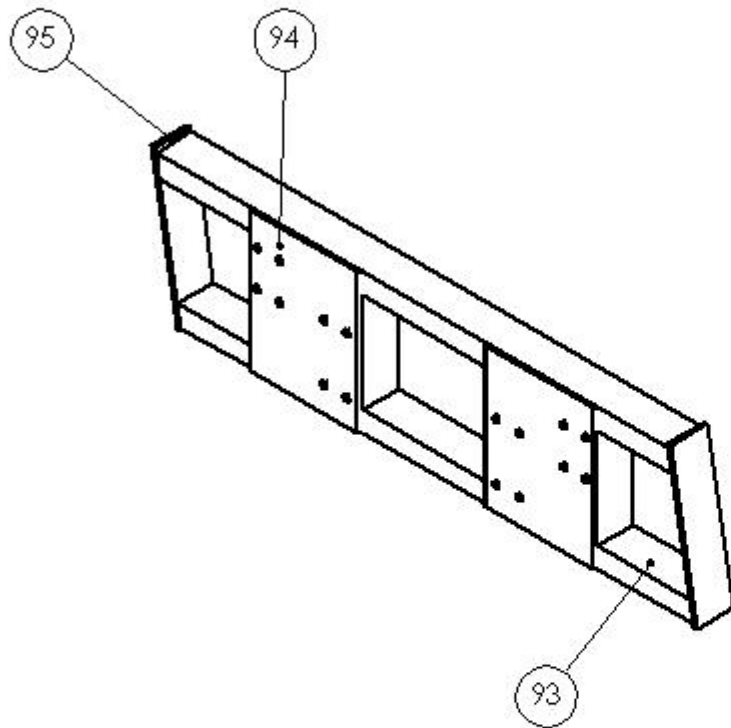
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
93	1138	LAMINA CR CAL 12	4
94	LAMINA SOPORTE MODULO	LAMINA CR CAL 1/4	4
95	TAPA MARCO SOPORTE MODULO	LAMINA CR CAL 3/8"	4

MARCO INFERIOR MODULO	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No. 13 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES HACER PAR	FECHA INICIO 19-12-05	ESCALA: 1:2 PLANO No. 00-13-00	
SECCION ENSAMBLE	DIBUJO JULIANA V. NIÑO REVISOR JULIO AMOROSO HO APROBADO CARLOS A. PEREZ COORDINADOR LEONIDAS VASQUEZ <small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO POR ESCRITO ES LA PROHIBIDA.</small>		

5

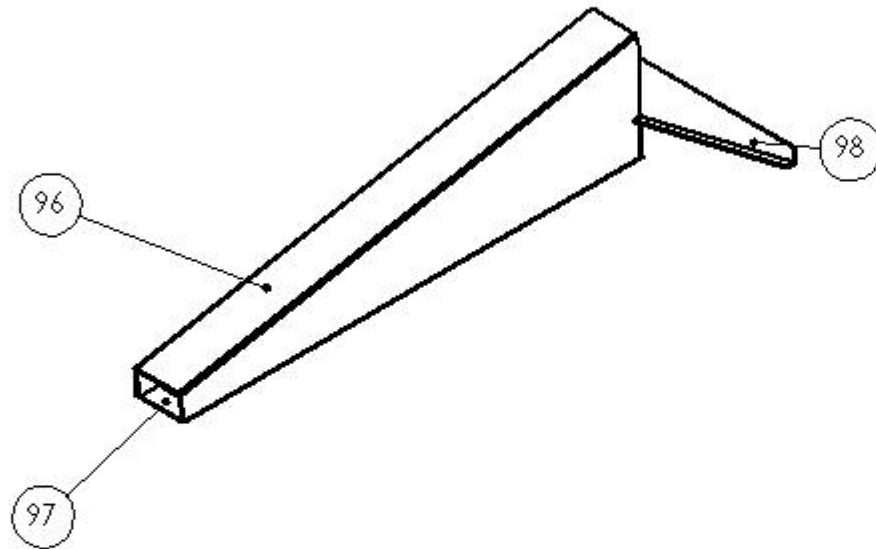
1

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
96	BASE DER MODULO	LAMINA CR CAL 10	2
97	BASE MODULO	LAMINA CR CAL 10	2
98	LATERAL INFERIOR MARCO	LAMINA CR CAL 10	2

BASE INFERIOR MODULO	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No. 14 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	ESCALA: 1:2	
HACER PAR	DIBUJO JULIAN V. NINO REVISOR JUAN ANDRUCHO APROBADO CARLOS A. PEREZ COORDINADOR LEONIDAS VASQUEZ <small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>	PLANO No. 00-14-00	
SECCION ENSAMBLE			

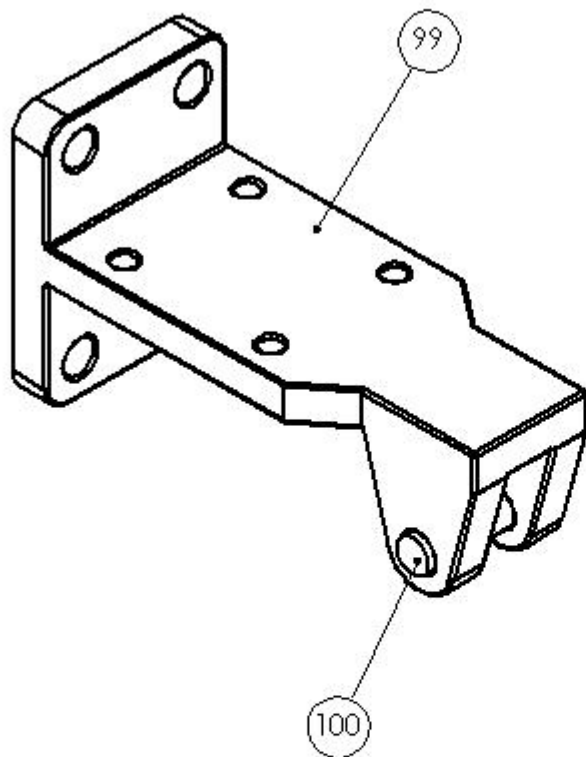
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
99	BASE POSTERIOR	FUNDICION NODULAR	4
100	PIN BRAZO	ACERO SAE 1045	4

BRAZO MODULO ENSAMBLE No. 15 CANTIDAD 4 MATERIAL VARIOS OBSERVACIONES SECCION ENSAMBLE	<b>FAMAG LTDA.</b> DIB. No. 4164-11 FOLDER No. 732 FECHA INICIO 19-12-05	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
	DIBUJO: JULIAN V. NIÑO REVISO: JULIO ANDRÉS HO APROBO: CARLOS A. PEREZ COORDINADOR: TEODORA VÁSQUEZ <small>LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPRIEDAD DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO POR ESCRITO ESTÁ PROHIBIDA.</small>	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b> <b>SEPARADOR DE PADDY</b> ESCALA: 1:2 PLANO No. 00-15-00	

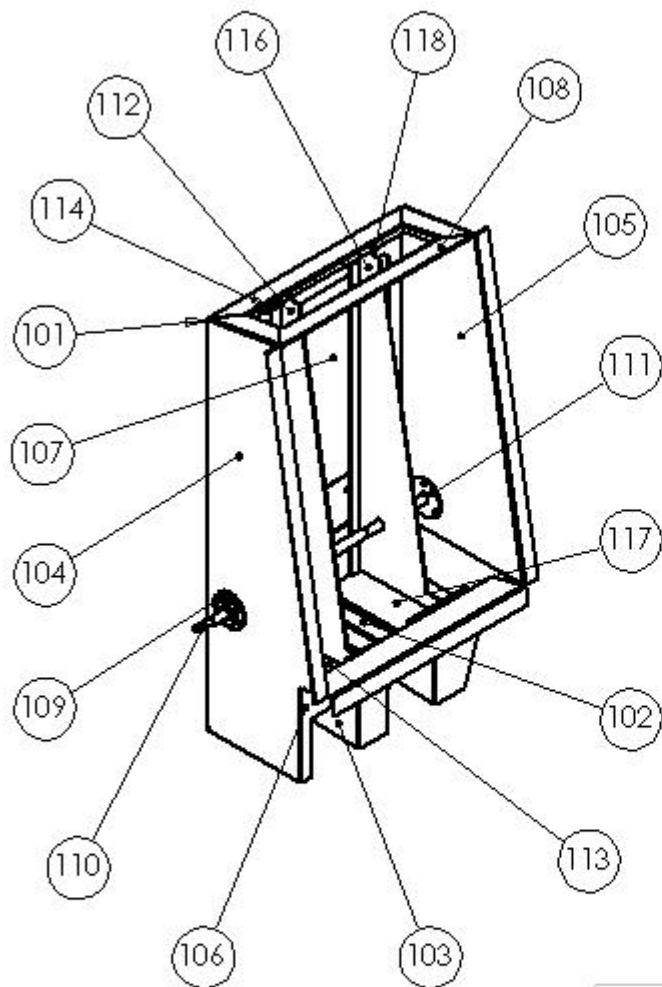
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
101	LAMINA FRONTAL MARCO	LAMINA CR CAL 16	2
102	LAMINA INF DERECHA LATERAL MARCO	LAMINA CR CAL 16	2
103	LAMINA INF IZQUIERDA LATERAL MARCO	LAMINA CR CAL 16	2
104	LAMINA LATERAL MARCO	LAMINA CR CAL 16	2
105	LAMINA LATERAL DERECHA MARCO	LAMINA CR CAL 16	2
106	LAMINA POSTERIOR LATERAL MARCO	LAMINA CR CAL 16	2
107	VIDRIO LATERAL MARCO	ACRILICO TRANSPARENTE	2
108	TAPA SUPERIOR LATERAL MARCO	LAMINA CR CAL 16	2
109	SOPORTE EJE VALVULA LATERAL MODULO	EJE 2 1/2" SAE 1020	4
110	EJE VALVULA LATERAL MODULO	EJE ACERO SAE 1020 3/4"	2
111	SOPORTE INTERNO VALVULA LATERAL MODULO	LAMINA CR CAL 10	4
112	PARTICION	ACERO INOX CAL 18	2
113	EJE VALVULA LATERAL MODULO1	ACERO INOX CAL 18	2
114	BORDE 40 x 40	ACERO INOX CAL 18	2
115	SOPORTE ROSCADO		2
116	PARTICION IZQ	ACERO INOX CAL 18	2
117	SOPORTE PARTICION IZQ	ACERO INOX CAL 18	2
118	SOPORTE SUPERIOR IZQ VALVULA LATERAL MODULO	ACERO INOX CAL 18	2

LATERAL MARCO	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No. 16 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	<b>SEP ARADOR DE PADDY</b>	
HACER PAR	DIBUJO JULIANA V. NIÑO REVISO JUILO AMORRUCHO APROBO CARLOS A. PEREZ COORDINADOR LEONIDAS VASQUEZ <small>LA INFORMACION CONTIENE DE DISEÑO Y DISEÑO          ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA.          CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL          SIN UN PREVIOS FICHA DE PROHIBIDA</small>	ESCALA: 1:2 PLANO No. 00-16-00	
SECCION ENSAMBLE			

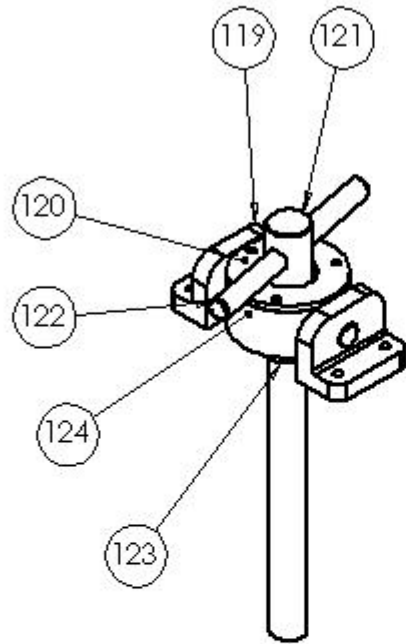
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
119	APOYO TORNILLO DE NIVELACION	FUNDICION GRIS	4
120	TAPA APOYO EJE	EJE 4" SAE 1020	2
121	TORNILLO	EJE 1 1/2" SAE 1045	2
122	PALANCA APOYO	EJE 5/8" SAE 1020	2
123	COLLAR	EJE 1 1/2" SAE 1020	2
124	SOPORTE TORNILLO DE NIVELACION	FUNDICION GRIS	2

TORNILLO DE NIVELACION	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No. 17 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>DE SANTANDER</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	
SECCION ENSAMBLE	DISEÑO: EDUARDO V. NIÑO REVISÓ: JUAN DAMAZO APROBO: CARLOS A. PEREZ COORDINADOR: LEONIDAS VASQUEZ <small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIOS ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>	
		ESCALA: 1:5 PLANO No. 00-17-00	

5

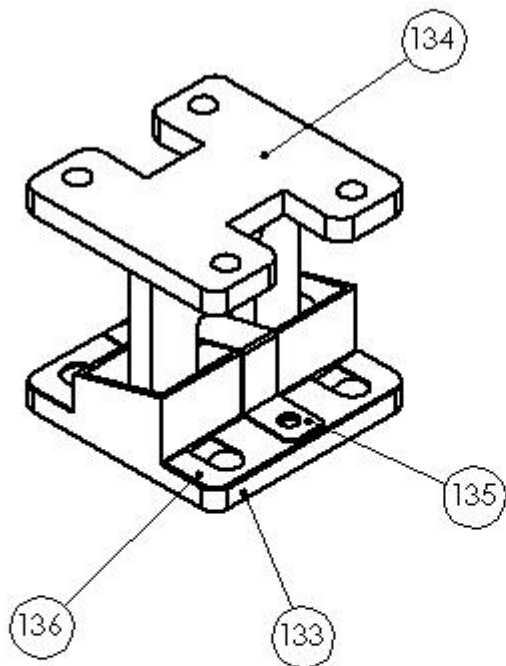
4

3

2

1





No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
133	BASE DE PIVOTE	FUNDICION NODULAR	16
134	PIVOTE	FUNDICION NODULAR	16
135	LAMINA BASE PIVOTE	ACERO INOX CAL 10	16
136	LAMINA APOYO PIVOTE	LAMINA CR CAL 14	32

CONJUNTO PIVOTE ENSAMBLE No. 19 CANTIDAD 16 MATERIAL VARIOS OBSERVACIONES SECCION ENSAMBLE	<b>FAMAG LTDA.</b> DIB. No. 4164-11 FOLDER No. 732 FECHA INICIO 19-12-05	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
	DIBUJO: EDUARDO V. NIÑO REVISOR: JULIO ANDRÉS ROCHA APROBADO: CARLOS A. PÉREZ COORDINADOR: LEONIDAS VÁSQUEZ <small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIOSO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small>	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b> <b>SEPARADOR DE PADDY</b> ESCALA: 1:2 PLANO No. 00-19-00	

5

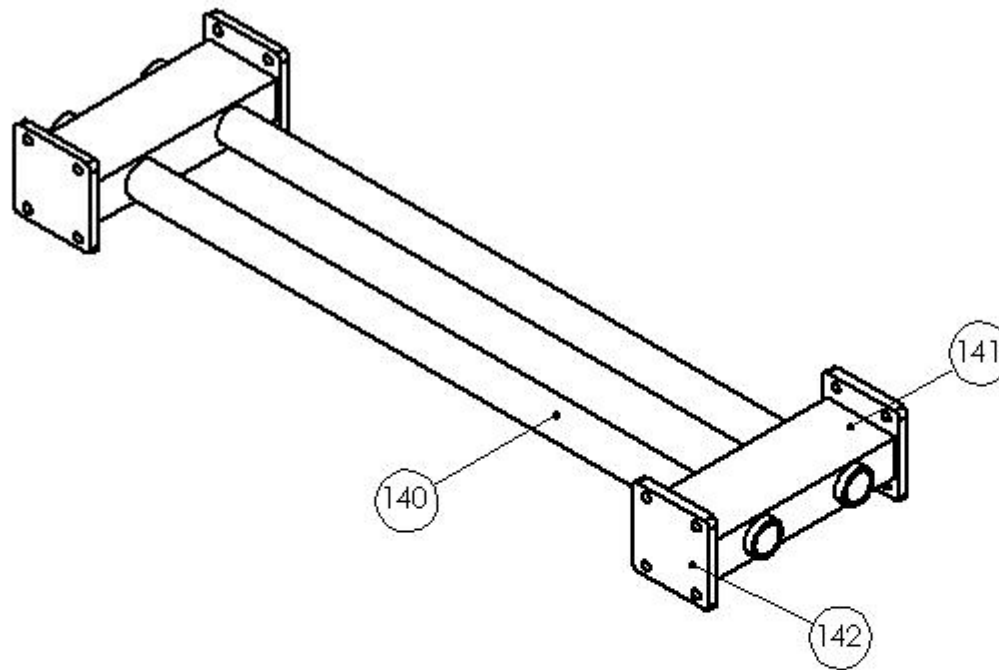
4

3

2

1





No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
140	TUBO BRAZO SOPORTE	TUBO 1" SCHULE 40	4
141	TUBO RECTANGULAR BRAZO SOPORTE	PERFIL RECTANGULAR	4
142	LAMINA SOPORTE INT	LAMINA HR CAL 3/8"	8

BRAZO SOPORTE INTERMEDIO	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No. 21 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	ESCALA: 1:10 PLANO No. 00-21-00	
SECCION ENSAMBLE	DIBUJO: ZULMA V. NIÑO REVISO: JUAN ANDRÉS HO APROBO: CARLOS A. PÉREZ COORDINAD: LEONIDAS VÁSQUEZ <small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER USO SIN EL CONSENTIMIENTO DE FAMAG LTDA. ES PROHIBIDO.</small>		

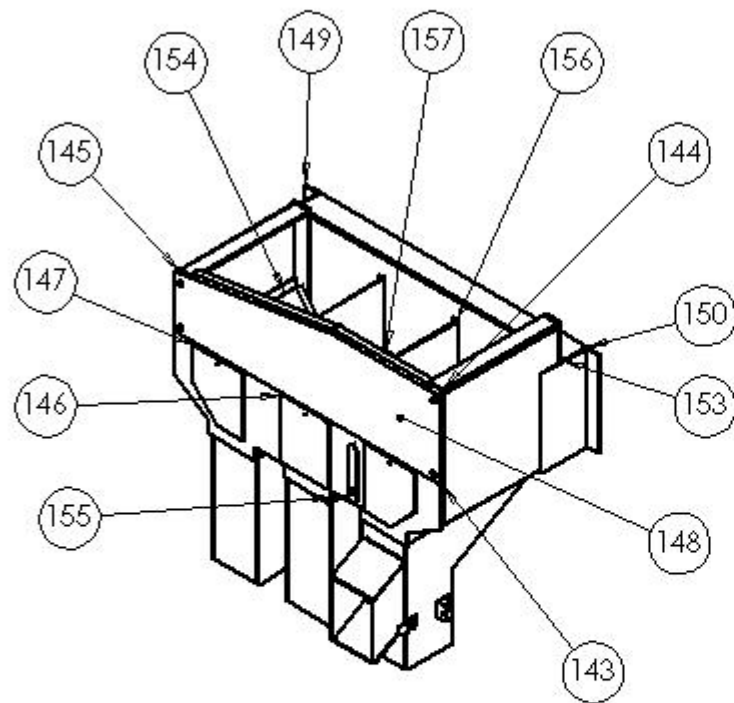
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
143	LAMINA FRONTAL DESCARGA MODULO	LAMINA CR CAL 16	2
144	LAMINA LATERAL DESCARGA	LAMINA CR CAL 16	2
145	LAMINA LATERAL IZQ DESCARGA	LAMINA CR CAL 16	2
146	TAPA CENTRAL DESCARGA	LAMINA HR CAL 10	2
147	TAPA IZQ DESCARGA	LAMINA HR CAL 10	4
148	TAPA SUPERIOR DESCARGA	LAMINA CR CAL 14	2
149	LAMINA SOPORTE LATERAL DESCARGA	LAMINA CR CAL 14	4
150	TUBO SOPORTE DESCARGA	LAMINA CR CAL 16	2
151	GUIA A DESCARGA	ACERO INOX CAL 18	2
152	LATERAL SUPERIOR DESCARGA	LAMINA CR CAL 16	2
153	FONDO DESCARGA	LAMINA CR CAL 10	2
154	GUIA IZQUIERDA A DESCARGA	ACERO INOX CAL 18	2
155	GUIA DESCARGA INTERNA	ACERO INOX CAL 18	4
156	SEPARACION CENTRAL INTERNA DESCARGA	ACERO INOX CAL 18	4
157	GUIA DESCARGA INTERNA DER	ACERO INOX CAL 18	4
158	TUBO DE VENTILACION DESCARGA	LAMINA CR CAL 18	2

DESCARGA	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No. 22 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b> ESCALA: 1:10 PLANO No. 00-22-00
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05		
HACER PAR	DIBUJO: GUINA V. NIÑO REVISO: JUAN ANDRÉS HO APROBO: CARLOS A. PEREZ COORDINADOR: LEONIDAS VASQUEZ		
SECCION ENSAMBLE	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIOS ESCRITO ESTA PROHIBIDA		

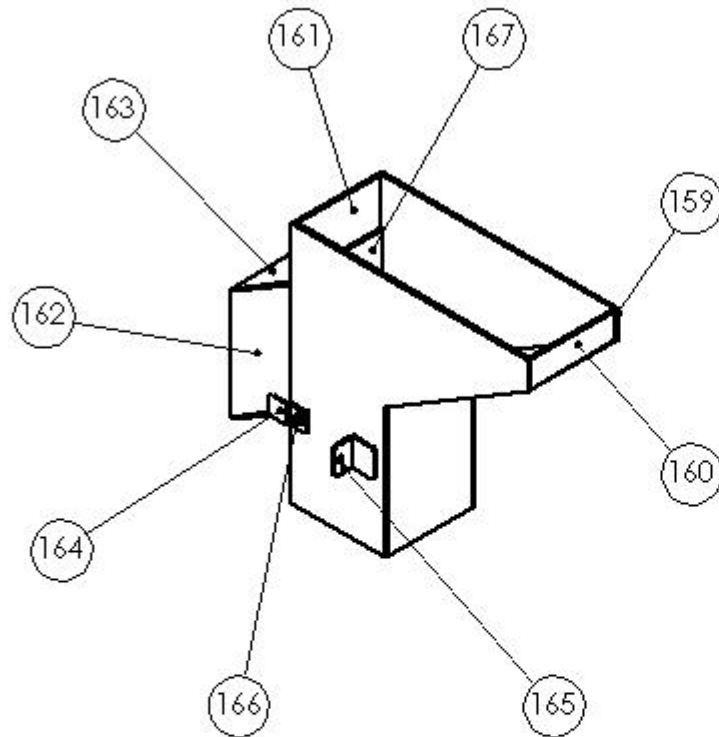
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
159	FRONTAL DESCARGA IZQ	LAMINA CR CAL 16	4
160	LATERAL DESCARGA IZQ	LAMINA CR CAL 16	2
161	POSTERIOR DESCARGA DER	LAMINA CR CAL 16	2
162	LATERAL TRASERA DER	LAMINA CR CAL 16	4
163	LATERAL SUPERIOR	LAMINA CR CAL 16	4
164	PORTA RESORTE	PLATINA 1"X1/8"	4
165	SOPORTE RESORTE	LAMINA CR CAL 14	2
166	EJE VALVULA DESCARGA DER	EJE 3/8" SAE 1020	2
167	VALVULA DESCARGA DER	ACERO INOX CAL 18	2

DESCARGA DER	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No. 23 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	ESCALA: 1:5	
HACER PAR	DIBUJO: EDINA V. NIÑO	PLANO No. 00-23-00	
SECCION ENSAMBLE	REVISOR: JUAN ANDRÉS HO		
	APROBADO: CARLOS A. PÉREZ		
	COORDINADOR: LEONIDAS VÁSQUEZ		
	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD DEL USUARIO DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN SU PREVIO CONSENTIMIENTO ESTÁ PROHIBIDA.		

5

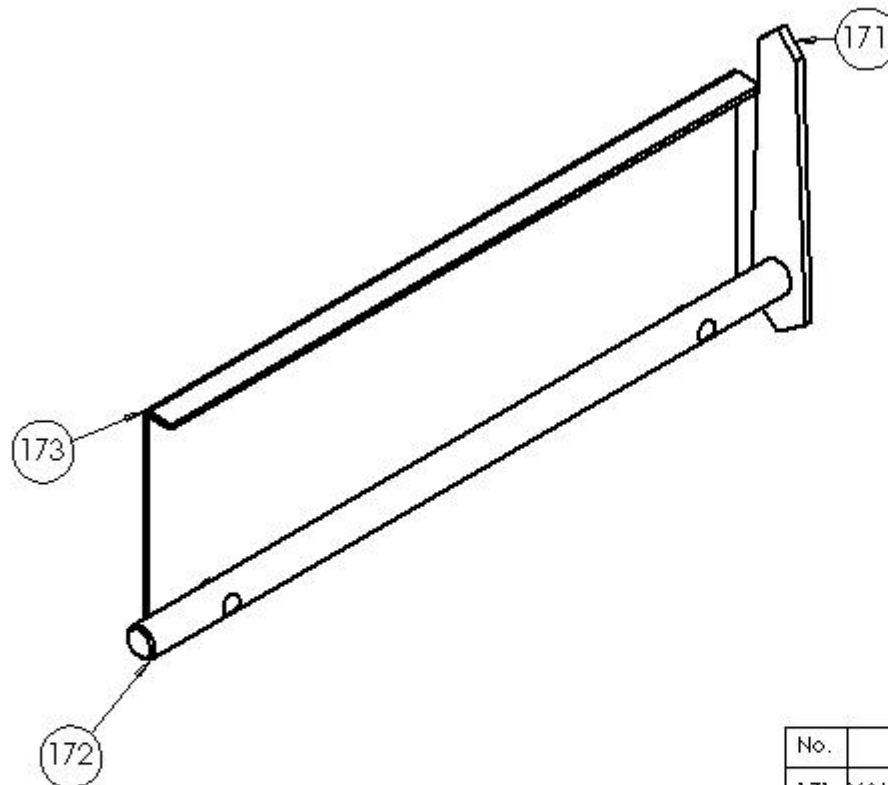
4

3

2

1





No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
171	VALVULA DESCARGA	ACER INOX CAL 14	2
172	EJE VALVULA DESCARGA	EJE 1/2" SAE 1020	2
173	LAMINA VALVULA DESCARGA	ACERO INOX CAL 18	2

VALVULA DE DESCARGA	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
ENSAMBLE No. 25 CANTIDAD 2	DIB. No. 4164-11	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b> ESCALA: 1:2 PLANO No. 00-25-00
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	DIBUJO JULIANA V. NIÑO REVISO JUAN ANDRÉS ROCHÓ APROBO CARLOS A. PÉREZ COORDINADORA LEONIEVA VÁSQUEZ	
HACER PAR	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIOS ESCRITO ESTA PROHIBIDA		
SECCION ENSAMBLE			

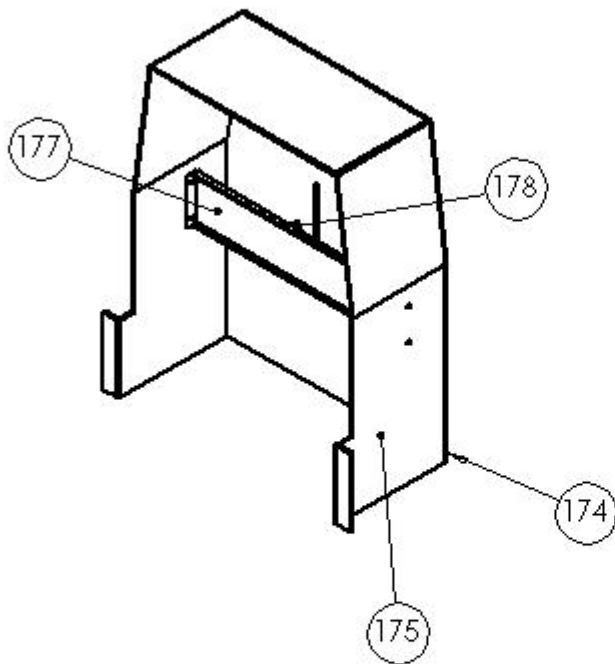
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
174	LAMINA FRONTAL TAPA MODULO	LAMINA CR CAL 14	1
175	LAMINA LATERAL TAPA MODULO	LAMINA CR CAL 14	1
176	TAPA FRONTAL TAPA MODULO	LAMINA CR CAL 14	1
177	SOPORTE MANDOS TAPA MODULO	LAMINA CR CAL 10	1
178	GUIA MANDOS	LAMINA CR CAL 10	2

<p>TAPA MANDOS</p> <p>ENSAMBLE No. 26 CANTIDAD 1</p> <p>MATERIAL VARIOS</p> <p>OBSERVACIONES</p> <p>SECCION ENSAMBLE</p>	<p><b>FAMAG LTDA.</b></p> <p>DIB. No. 4164-11</p> <p>FOLDER No. 732</p> <p>FECHA INICIO 19-12-05</p>	<p><b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b></p> 	<p><b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b></p> <p><b>SEPARADOR DE PADDY</b></p> <p>ESCALA: 1:10 PLANO No. 00-26-00</p>
	<p>DEJICO JULIANA V. HINO</p> <p>REVISOR JULIO ANDRÉS HO</p> <p>APROBADO CARLOS A. PEREZ</p> <p>COORDINADOR LEONIDAS VASQUEZ</p> <p><small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD INDUSTRIAL DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIOSO FISCADO ESTA PROHIBIDA.</small></p>		

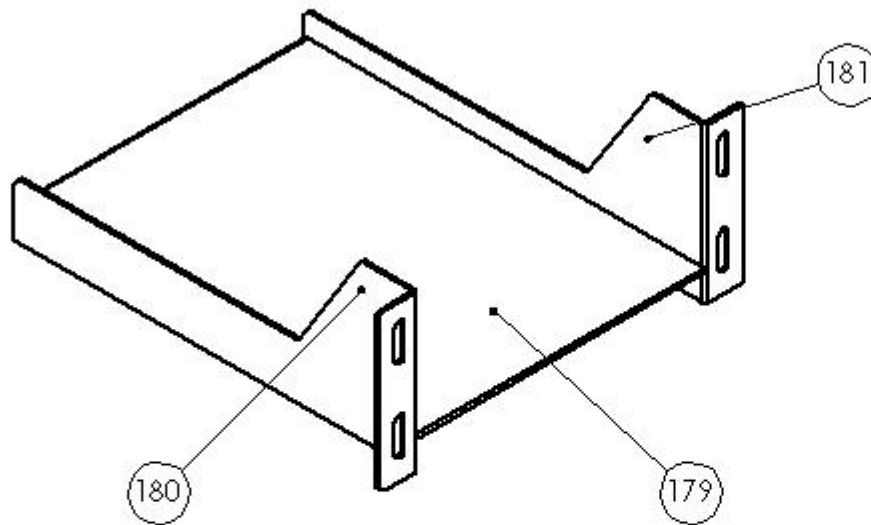
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
179	LAMINA FRONTAL BASE MOTOR	LAMINA CR CAL 3/16"	1
180	LAMINA LATERAL BASE MOTOR	LAMINA CR CAL 3/16"	1
181	Simétrica LAMINA LATERAL BASE MOTOR	LAMINA CR CAL 3/16"	1

BASE MOTOR	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL</b>	
ENSAMBLE No. 27 CANTIDAD 1 MATERIAL	DIB. No. 4164-11 FOLDER No. 732 FECHA INICIO 19-12-05	<b>DE SANTANDER</b> <b>ESCUELA DE</b> <b>INGENIERIA MECANICA</b>	
OBSERVACIONES	DIBUJO JULIANA V. NIÑO REVISOR JUILO ANDRUCHO APROBADO CARLOS A. PEREZ COORDINADOR TECNICAS VASQUEZ	<b>FABRICA DE MAQUINARIA</b> <b>AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	
SECCION ENSAMBLE	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD INCLUSIVE DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PREVIOS ESCRITO ESTA PROHIBIDA.	<b>SEPARADOR DE PADDY</b> ESCALA: 1:10 PLANO No. 00-27-00	

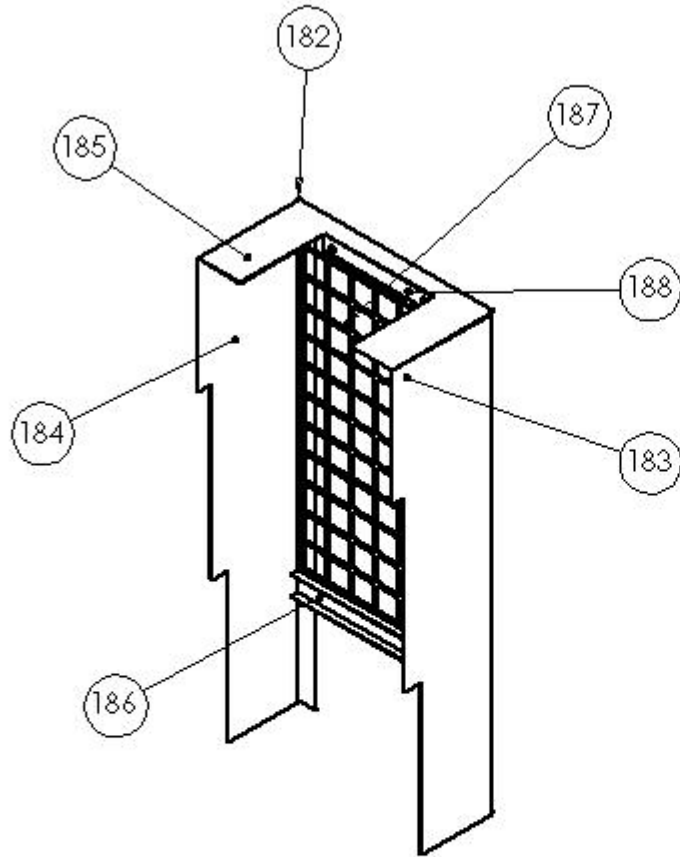
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
182	LAMINA FRONTAL GUARDA MOTOR	LAMINA CR CAL 14	1
183	LAMINA LATERAL DER GUARDA MOTOR	LAMINA CR CAL 14	1
184	LAMINA LATERAL IZQ GUARDA MOTOR	LAMINA CR CAL 14	1
185	LAMINA SUPERIOR GUARDA MOTOR	LAMINA CR CAL 14	1
186	REFUERZO GUARDA MOTOR	LAMINA CR CAL 14	1
187	MALLA GUARDA MOTOR	MALLA RIGIDA	1
188	SOPORTE SUPERIOR GUARDA MOTOR	LAMINA CR CAL 14	1

<p style="text-align: center;"><b>GUARDA MOTOR</b></p> <p>ENSAMBLE No. 28 CANTIDAD 1</p> <p>MATERIAL VARIOS</p> <p>OBSERVACIONES</p> <p>SECCION ENSAMBLE</p>	<p style="text-align: center;"><b>FAMAG LTDA.</b></p> <p>DIB. No. 4164-11</p> <p>FOLDER No. 732</p> <p>FECHA INICIO 19-12-05</p>	<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>SEPARADOR DE PADDY</b></p> <p>ESCALA: 1:10 PLANO No. 00-28-00</p>	
	<p>DESEO: JIMENA V. NIÑO</p> <p>REVISÓ: JUAN AMOROSO NIÑO</p> <p>APROBÓ: CARLOS A. PEREZ</p> <p>COORDINACIÓN: TEODILAS VASQUEZ</p> <p><small>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.</small></p>		

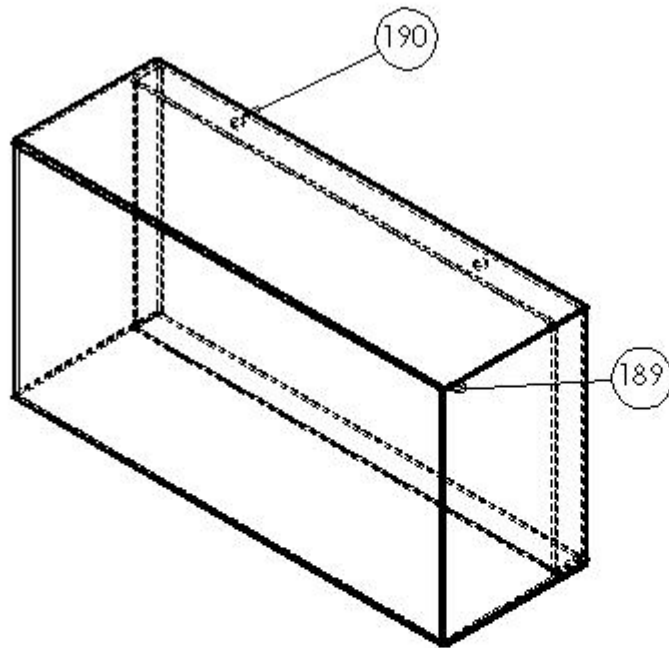
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
189	TAPA DE CONTACTORES	LAMINA CR CAL 18	1
190	SOPORTE DE RELES	LAMINA CR CAL 18	1

TAPA DE RELES	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>									
ENSAMBLE No. 29 CANTIDAD 1	DIB. No. 4164-11	<b>DE SANTANDER</b>									
MATERIAL	FOLDER No. 732	<b>ESCUELA DE</b>									
	FECHA INICIO 19-12-05	<b>INGENIERIA MECANICA</b>									
OBSERVACIONES	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>DEJADO</td><td>ZULIANA V. NIÑO</td></tr> <tr><td>REVISADO</td><td>JULIO ANDRÉS ROCHA</td></tr> <tr><td>APROBADO</td><td>CARLOS A. PÉREZ</td></tr> <tr><td>COORDINADOR</td><td>LEONIDAS VÁSQUEZ</td></tr> </table>	DEJADO	ZULIANA V. NIÑO	REVISADO	JULIO ANDRÉS ROCHA	APROBADO	CARLOS A. PÉREZ	COORDINADOR	LEONIDAS VÁSQUEZ	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	
DEJADO	ZULIANA V. NIÑO										
REVISADO	JULIO ANDRÉS ROCHA										
APROBADO	CARLOS A. PÉREZ										
COORDINADOR	LEONIDAS VÁSQUEZ										
SECCION ENSAMBLE	<small>           LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION, TOTAL O PARCIAL, SIN UN PERMISO ESCRITO, ESTA PROHIBIDA.         </small>	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>									
		ESCALA: 1:5	PLANO No. 00-29-00								

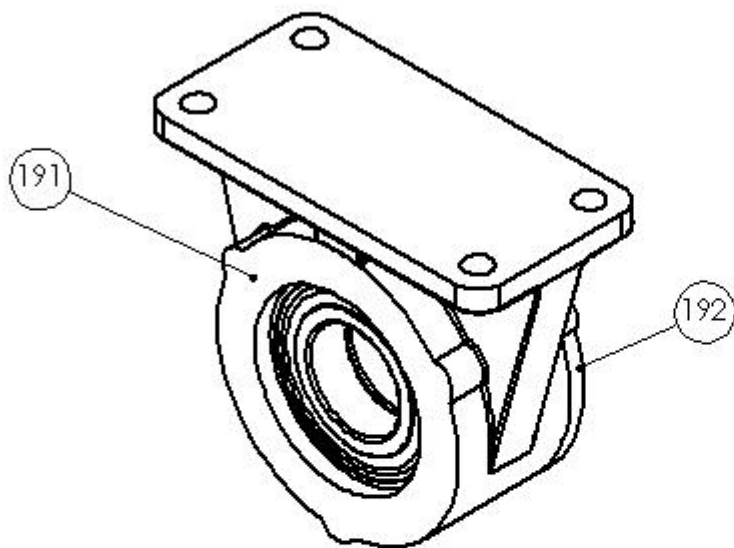
5

4

3

2

1



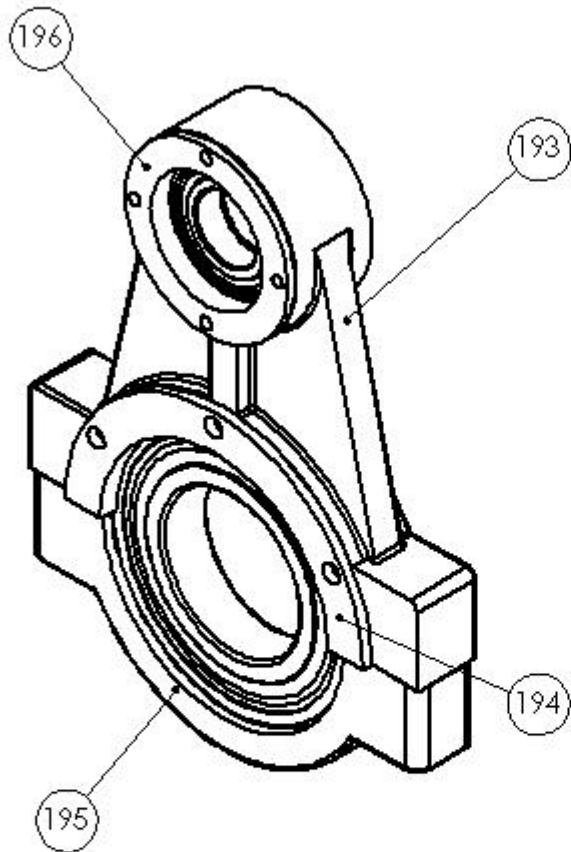
No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
191	SOPORTE DE BIELAS	FUNDICION NODULAR	4
192	TAPA PORTA RETENEDOR	FUNDICION GRIS	4

SOPORTE SUPERIOR DE BIELAS  
 ENSAMBLE No. 30 CANTIDAD 4  
 MATERIAL  
 VARIOS  
 OBSERVACIONES  
 AJUSTAR  
 RODAMIENTOS 6208-2Z  
 SECCION ENSAMBLE

**FAMAG LTDA.**  
 DIB. No. 4164-11  
 FOLDER No. 732  
 FECHA INICIO 19-12-05  
 DISEÑO ZULMA V. NIÑO  
 REVISÓ JHON AMORCOC HO  
 APROBO CARLOS A. PEREZ  
 COORDINADOR LEONIDAS VASQUEZ  
 LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO  
 ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA.  
 CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL  
 SIN SU PERMISO PUNTO DE LA PROPIEDAD

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL  
 DE SANTANDER  
 ESCUELA DE  
 INGENIERIA MECANICA**  
  
**FABRICA DE MAQUINARIA  
 AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.**  
**SEPARADOR DE PADDY**  
 ESCALA: 1:2 PLANO No. 00-30-00

5 4 3 2 1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
193	BIELA SUPERIORI	FUNDICION NODULAR	4
194	TAPA BIELA	FUNDICION GRIS	4
195	BIELA INFERIORI	FUNDICION NODULAR	4
196	TAPA BIELA SUPERIOR	FUNDICION GRIS	4

<b>BIELA</b> ENSAMBLE No. 31 CANTIDAD 4 MATERIAL VARIOS OBSERVACIONES AJUSTAR RODAMIENTOS 6208-2Z Y 6218-2Z SECCION ENSAMBLE	<b>FAMAG LTDA.</b> DIB. No. 4164-11 FOLDER No. 732 FECHA INICIO 19-12-05	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>	
	DIBUJO ZUMA V. NIÑO REVISO JUIJO AMORROCHO APROBO CARLOS A. PEREZ COORDINADOR LEONIDAS VASQUEZ	<b>FABRICA DE MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b> <b>SEPARADOR DE PADDY</b> ESCALA: 1:5 PLANO No. 00-31-00	

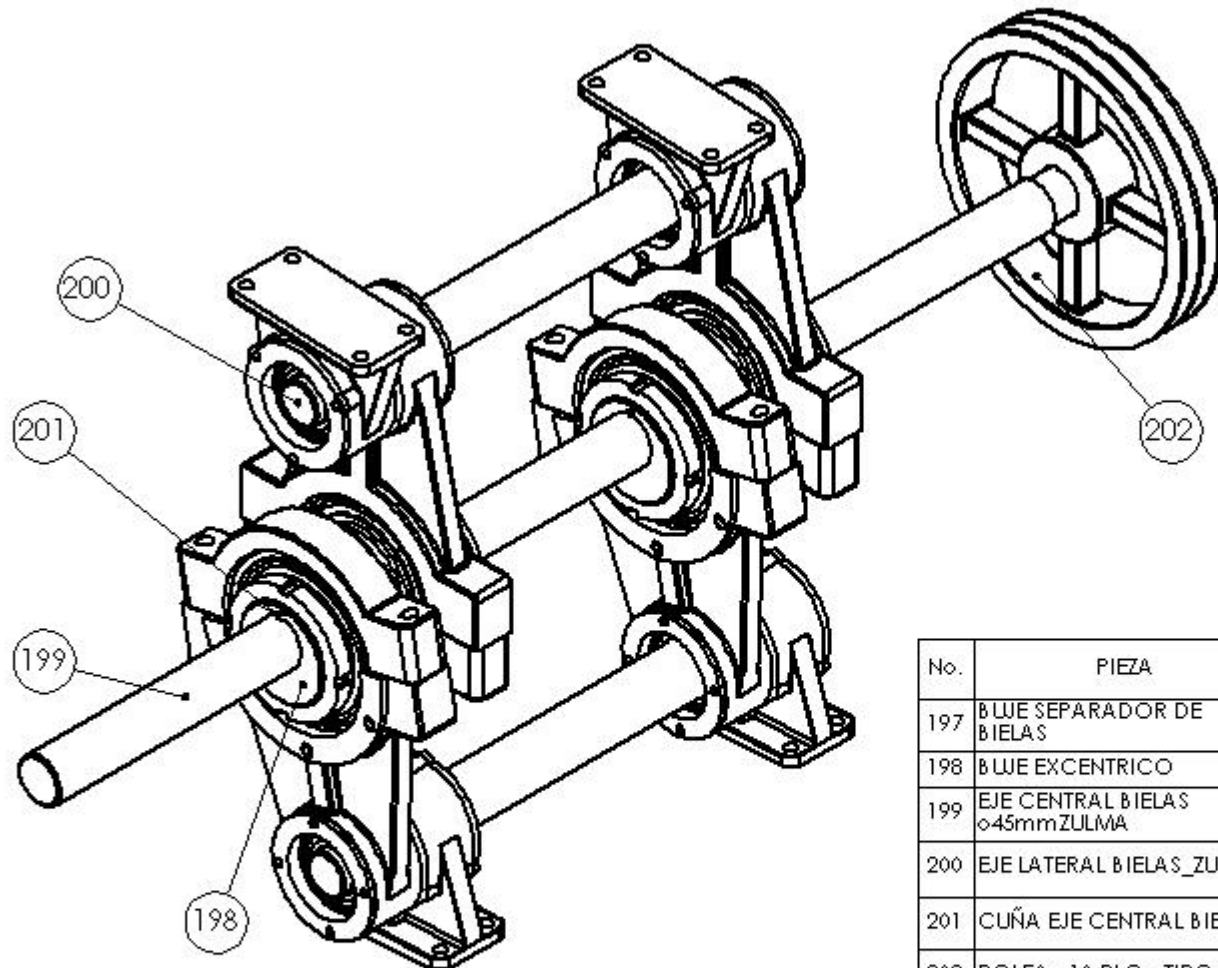
5

4

3

2

1



No.	PIEZA	MATERIAL	CANT
197	BIELAS SEPARADOR DE BIELAS	EJE ACERO SAE 1045 2"	4
198	BIELAS EXCENTRICO	EJE ACERO SAE 1045 5"	2
199	EJE CENTRAL BIELAS ø45mm ZULMA	EJE ACERO SAE 1045 2"	1
200	EJE LATERAL BIELAS_ZULMA	EJE ACERO SAE 1045 2"	2
201	CUÑA EJE CENTRAL BIELAS	ACERO SAE 1045	2
202	POLEA ø10 PLG - TIPO A	FUNDICION GRIS	1

CONJUNTO DE BIELAS	<b>FAMAG LTDA.</b>	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL</b>	
ENSAMBLE No. 32 CANTIDAD 1	DIB. No. 4164-11	<b>DE SANTANDER</b>	
MATERIAL VARIOS	FOLDER No. 732	<b>ESCUELA DE</b>	
OBSERVACIONES	FECHA INICIO 19-12-05	<b>INGENIERIA MECANICA</b>	
	DEJADO ZULMA V. NIÑO	<b>FABRICA DE MAQUINARIA</b>	
	REVISADO JULIO ANDRICO HO	<b>AGROINDUSTRIAL FAMAG LTDA.</b>	
	APROBADO CARLOS A. PEREZ	<b>SEPARADOR DE PADDY</b>	
	COORDINACION TECNICAS VASQUEZ	ESCALA: 1:2 PLANO No. 00-32-00	
SECCION ENSAMBLE	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN UN PERMISO ESCRITO ESTA PROHIBIDA.		

5

4

3

2

1