



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL
ECUADOR**

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UNA PROCESADORA DE ALIMENTOS PARA GANADO
BOVINO PARA LA HACIENDA GANADERA “EL PLACER”, UBICADA
EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA, PARROQUIA DE
ALOAG**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA**

AYRTON FERNANDO PAZMIÑO LESCANO

DIRECTOR: MARÍA VICTORIA MERA MOYA, MSc

D. M. Quito,

2021

CERTIFICACIÓN

La docente de la Escuela de Ciencias Técnicas, Escuela de Ingeniería Mecatrónica, Ingeniera María Victoria Mena Moya encargada de la revisión del documento final,

CERTIFICA QUE:

El proyecto de investigación denominado “Diseño de una Procesadora de Alimentos (cotadora de plátano y mezcladora de sobrealimento) para la hacienda ganadera “El Placer”, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia de Aloag”, fue desarrollado por el Sr. Ayrton Fernando Pazmiño Lescano y ha sido debidamente revisado y está en condiciones de ser entregado para que siga lo dispuesto por la carrera de Ingeniería Mecatrónica, correspondiente a la sustentación y defensa del mismo.



ING. María Victoria Mera Moya, MSc

DIRECTOR DE PROYECTO

Dedico a mis padres por su motivación y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, mi Lolita, mis padres, mis hermanas, familia, profesores y a mi fiel compañera (Lu), quienes con su granito de arena hicieron esto posible.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. CORTADORA DE PLÁTANO Y MEZCLADORA DE SOBREALIMENTO	1
1. Tema	1
2. Objetivos	1
2.1. General	1
2.2. Específicos	1
3. Problema	2
4. Hipótesis	2
5. Estudio Teórico de las Máquinas Cortadoras de Plátano Verde de Rechazo y Mezcladora de Sobrealimento Comerciales	2
5.1. Cortadoras de Plátano Verde	2
5.2. Mezcladoras de Sobrealimento	3
5.3. Estudio de los Productos	8
5.4. La Sal Mineralizada para Ganado	15
5.5. La Melaza	17
5.6. Conclusión del Estudio del Producto	19
5.7. Normativa de Higiene de los Alimentos y Materiales	19
6. Parámetros de Diseño, Selección de Alternativas	21
6.1. Parámetros de Diseño	21
6.2. Estudio y Selección de Alternativas	22
6.3. PONDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	33
6.4. Conclusión de la Selección de Alternativas	41
7. Dimensionamiento de la Máquina Cortadora de Plátano y Mezcladora de Sobrealimento	41
7.1. Dimensionamiento Mecánico	42
7.2. Dimensionamiento Electrónico	67
7.3. Diseño de Interfaz	74
7.4. Implementación del HMI	77
7.5. Algoritmo General de Programación	78

8.	Conclusiones	78
9.	Recomendaciones	79

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Mezcladora Horizontal con Transmisión de Potencia desde un Tractor [1] . . .	3
1.2. Afrechillo de Trigo [2]	12
1.3. Cascarilla de Soya [3]	13
1.4. Hez de Malta [3]	13
1.5. Harina y Expeller de Soya y Girasol [2]	14
1.6. Resorte de Flexión	23
1.7. Sistema por Muelles Helicoidales	24
1.8. Puntual Mc. Pherson	25
1.9. Tiro con Barra Central	26
1.10.Tiro Triangular Total	27
1.11.Tiro Triangular con Barra Central	28
1.12.Tirón Tipo Gancho	29
1.13.Tirón Tipo Ojo	30
1.14.Tirón Recto	31
1.15Bola Enganche	32
1.16Llanta Delantera Tractor John Deere 6100D [4]	41
1.17Bosquejo de la Procesadora de Alimentos - Elementos de Sujeción Superiores	43
1.18Bosquejo de la Procesadora de Alimentos - Elementos Inferiores a Seleccionar	43
1.19.Tolva 3 y 4 - Cono Truncado	50
1.20Reacciones sobre el Eje de Transmisión	56
1.21Reacciones sobre el Eje de Transmisión - Plano XY	56
1.22Diagrama de Cortantes - Plano XY	57
1.23Diagrama de Momentos - Plano XY	57
1.24Reacciones sobre el Eje de Transmisión - Plano XZ	58
1.25Diagrama de Cortantes - Plano XZ	58
1.26Diagrama de Momentos - Plano XZ	59
1.27.Viga Principal empotrada en los extremos con Carga Distribuida	62
1.287-way RV Style Trailer Plug Wiring [4]	65

1.29 Soporte Dispuesto en el Remolque	66
1.30 Diagrama de Bloques del Sistema	68
1.31 Módulo 5 VDC - Mean Well DR - 15 (Anexo B.5)	72
1.32 Módulo 12 VDC - Mean Well EDR - 120 (Anexo B.4)	73
1.33 ADV Inicial	75
1.34 ADV Administrador	76
1.35 ADV Información Administrador	77
1.36 ADV Implementado en el HMI	78
1.37 Algoritmo General	79

ÍNDICE DE TABLAS

1.1. Máquinas Cortadoras de Plátano Verde Industriales	4
1.2. Máquinas Mezcladoras Industriales	6
1.3. Parámetros Técnicos Máquina SAYGINLAR [1]	8
1.4. Tipos de Plátano Utilizados en la Sobrealimentación del Ganado Bovino [5] .	9
1.5. Composición Química del Plátano Seda (Verde) [6]	10
1.6. Caracterización física del banano de rechazo cultivar Cavendish [7]	11
1.7. Promedio de la Caracterización Física del Banano de Rechazo de la Provin- cia de Los Ríos	11
1.8. Composición Química del Afrecho de Cebada [8]	14
1.9. Materias Primas Fuentes de Macro Minerales [9]	15
1.10 Materias Primas Fuentes de Micro Minerales [9]	16
1.11 Consumos de sales mineralizadas [9]	17
1.12 Normas de Alimentos [10]	20
1.13 Características de los Tipos de Gancho [11]	29
1.14 Características de los Tipos de Tirón tipo Ojo [11]	30
1.15 Características de los Tipos de Tirones Rectos [11]	31
1.16 Características de las Bolas de Enganche [11]	32
1.17 Evaluación Peso Específico de cada Criterio	33
1.18 Evaluación Peso Específico del Criterio Fiabilidad	34
1.19 Evaluación Peso Específico del Criterio Facilidad de Diseño y Montaje . . .	34
1.20 Evaluación Peso Específico del Criterio Costo	34
1.21 Evaluación Peso Específico del Criterio Peso	35
1.22 Conclusiones del Método de Evaluación	35
1.23 Evaluación Peso Específico de cada Criterio	36
1.24 Evaluación Peso Específico del Criterio Fiabilidad	36
1.25 Evaluación Peso Específico del Criterio Facilidad de Diseño y Montaje . . .	36
1.26 Evaluación Peso Específico del Criterio Costo	37
1.27 Evaluación Peso Específico del Criterio Peso	37

1.28	Conclusiones del Método de Evaluación	37
1.29	Evaluación Peso Específico de cada Criterio	38
1.30	Evaluación Peso Específico del Criterio Fiabilidad	38
1.31	Evaluación Peso Específico del Criterio Facilidad de Diseño y Montaje	39
1.32	Evaluación Peso Específico del Criterio Costo	39
1.33	Evaluación Peso Específico del Criterio Peso	39
1.34	Conclusiones del Método de Evaluación	39
1.35	Especificaciones de Llanta Delantera Tractor John Deere 6100D [4]	40
1.36	Caracterización Física del Banano de Rechazo Promedio [3]	44
1.37	Peso, Volumen y Densidad de los Productos para la Tolva 2, 3 y 4	48
1.38	Peso Total en la Mezcla y Volumen Total de los Productos para la Tolva 2, 3 y 4	49
1.39	Características Tolva 2 - Cilindro	49
1.40	Características Tolva 3 y 4 - Cono Truncado	49
1.41	Peso y Fuerza que reposa en el Eje de Transmisión	53
1.42	Límites de Deflexión Recomendada [12]	61
1.43	Peso y Fuerza que reposa sobre la Viga Principal	61
1.44	Características del PLC Arduino [Anexo B.3]	69
1.45	Características de los Elementos de 5VDC [Anexo B.5]	70
1.46	Características de los Elementos de 12VDC [Anexo B.2]	71
1.47	Características de los Componentes Electrónicos del Sistema	71
1.48	Características de la Fuente de Alimentación con Factor de Seguridad	72

CAPÍTULO 1

CORTADORA DE PLÁTANO Y MEZCLADORA DE SOBREALIMENTO

1. Tema

Diseño de una procesadora de alimento para ganado bovino para la hacienda ganadera “El Placer”, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia de Aloag.

2. Objetivos

2.1. General

Diseñar una procesadora de alimento para ganado bovino que incluya el proceso de corte de plátano verde y mezcla de sobrealimento para la hacienda ganadera “El Placer” ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia Aloag, con una capacidad de producción de 400 libras/hora.

2.2. Específicos

- Investigar y documentar los principios de funcionamiento de las cortadoras de plátano.
- Investigar y documentar los principios de funcionamiento de las mezcladoras de sobrealimento.
- Seleccionar los mecanismos, partes y componentes de la cortadora de plátano verde y mezcladora de sobrealimento.
- Diseñar los elementos mecánicos de sujeción y soporte de la cortadora de plátano verde y mezcladora de sobrealimento.
- Realizar una simulación del funcionamiento del sistema utilizando el software Tia Portal y visualizar la interfaz gráfica implementada en el HMI.

3. Problema

La hacienda ganadera “El Placer”, es una propiedad ganadera con más de 40 años de experiencia dedicada a la producción de leche, considerada dentro del cantón Mejía como una de las propiedades con los más altos estándares de calidad en su producción, en la cual incluye la sobre alimentación al ganado 2 veces al día. La comercialización de esta propiedad es de 2500 litros diarios de leche y el constante aumento de la demanda ha provocado tiempos muertos y cuellos de botella en la elaboración del alimento del ganado, todo esto por ser una actividad repetitiva durante todos los días de la semana; estos tiempos provocan pérdidas debido a que 3 o más trabajadores ocupan alrededor de 2 a 3 horas diarias en la preparación del sobre alimento (picado de plátano y la mezcla del sobrealimento).

4. Hipótesis

La capacidad de la máquina para el cortado de plátano y mezclado de sobrealimento es de 400 libras por hora. La máquina posee tres tolvas con un almacenamiento máximo de 50 libras de plátano verde de rechazo, 50 libras de compost, 9 libras de sal mineralizada y 50 litros de solución de melaza en cada fase de funcionamiento los cuales son comprobados por el operario antes de iniciar dicha fase.

5. Estudio Teórico de las Máquinas Cortadoras de Plátano Verde de Rechazo y Mezcladora de Sobrealimento Comerciales

5.1. Cortadoras de Plátano Verde

Las máquinas cortadoras de plátano son máquinas que permiten cortar el plátano verde mediante diferentes tipos de métodos en un tiempo corto sin necesidad de remover parte del producto. Existen varios tipos de máquinas que realizan esta tarea y se detallan sus características en la Tabla 1.1.

5.2. Mezcladoras de Sobrealimento

Las mezcladoras de sobrealimento son máquinas que permiten mezclar diferentes tipos de compuestos sólidos mediante varios tipos de métodos en un tiempo corto sin necesidad de la manipulación humana. Existen varios tipos de máquinas mezcladoras que realizan esta tarea y se detallan sus características en la Tabla 1.2.

En función de los diferentes tipos de máquinas mezcladoras expuestas en la Tabla 1.2, se considera para el trabajo y desarrollo de la presente investigación la máquina YKHEL 160-13M-Y Ganado Mezclador, es una mezcladora con recipiente horizontal, sus características son:

- Posee un recipiente de mezclado de sobrealimento horizontal.
- Está fabricada en acero inoxidable con los colores estándares para maquinaria agrícola
- El eje utilizado para las aspás que efectúan la mezcla, obtiene el movimiento del eje de transmisión de un tractor ganadero.
- La máquina puede desplazarse con el enganche a un tractor, simulando un tráiler para el movimiento de esta.



Figura 1.1. Mezcladora Horizontal con Transmisión de Potencia desde un Tractor [1]

Tabla 1.1. Máquinas Cortadoras de Plátano Verde Industriales

Nombre de Máquina	Principio de Funcionamiento	Capacidad	Peso	Potencia	Dimensiones	Fotografía
<p>TS-170 Máquina de Cortadora de Chips de Plátano Comercial [13]</p>	<p>Corte con cuchillas helicoidales</p>	<p>800-1500 kg/h</p>	<p>260 kg</p>	<p>1.2 - 2.5 HP</p>	<p>1850 x 722 x 1220 mm</p>	
<p>Tengsheng Vegetables and Fruits Slicer [14]</p>	<p>Corte con cuchillas Gator Oregon G3</p>	<p>300 - 1000 kg/h</p>	<p>70 kg</p>	<p>1.3 - 2 HP</p>	<p>600 x 500 x 900 mm</p>	

Nombre de Máquina	Principio de Funcionamiento	Capacidad	Peso	Potencia	Dimensiones	Fotografía
Fengxiang Gin-ger Slicer [15]	Corte con cuchillas cuerno de buey	800 - 850 kg/h	100 kg	1 HP	650 x 490 x 850 mm	
TZ-300 Taizy Slicer [16]	Corte con cuchillas giratorias	300 - 600 kg/h	100 kg	0.5 - 1.3 HP	850 x 650 x 1050 mm	
CY600 Guoxin Corte de Oliva [17]	Corte con cuchillas giratorias	600 kg/h	80 kg	1 - 1.5 HP	700 x 600 x 1000 mm	

Tabla 1.2. Máquinas Mezcladoras Industriales

Nombre de Máquina	Principio de Funcionamiento	Capacidad	Peso	Potencia	Dimensiones	Fotografía
<p>9JL-8 KLN Bati-dora [18]</p>	<p>Aspas giratorias de 16 piezas</p>	<p>8 m³</p>	<p>3050 kg</p>	<p>17,5 - 22,8 rpm</p>	<p>390 x 220 x 280 mm</p>	
<p>YKHEL 160-13M- Y Ganado Mezclador [1]</p>	<p>Toma de fuerza de un tractor para la conexión de un cuerpo de aspas giratorias.</p>	<p>1,5 - 13 m³</p>	<p>4100 kg</p>	<p>15 - 27 rpm</p>	<p>600x500x900 mm</p>	

Nombre de Máquina	Principio de Funcionamiento	Capacidad	Peso	Potencia	Dimensiones	Fotografía
ZZJC Batidora [19]	Aspas giratorias de 120 piezas	—	500 kg	—	2200 x 1000 x 1500 mm	
HL-TMR-5 [20]	Cuerpo de aspas único giratorio	5 m ³	1600 kg	26 rpm	3000 x 1700 x 2100 mm	
1000 Mulong Batidora [21]	Toma de fuerza de un motor para la conexión de un cuerpo de aspas giratorias	2 m ³	150 - 200 kg	35 rpm	1600 x 600 x 1100 mm	

En la Tabla 1.3, se presentan las características electromecánicas de la máquina mezcladora de sobrealimento para ganado bovino, además en la Figura 1.1, se observa la máquina implementada por la marca SAYGINLAR.

Tabla 1.3. Parámetros Técnicos Máquina SAYGINLAR [1]

Característica	Dato
Modelo	YKHEL 160-13M-Y Ganado Mezclador
Capacidad	1.5 - 13 m^3
Tensión	220 V, 50 Hz
Velocidad	15 - 27 rpm
Dimensiones	600 x 500 x 900 mm
Peso	4100 kg
Principio de Funcionamiento	Cuerpo de aspas giratorias

5.3. Estudio de los Productos

Debido a la cantidad de productos a utilizarse en el sobrealimento para el ganado bovino, es importante detallar las ventajas y desventajas de los diferentes ingredientes, respecto a los existentes en el mercado para lo cual se estudia cada producto mostrado a continuación.

5.3.1. El plátano

Es una fuente de fibra, vitaminas y minerales, contiene un almidón que puede ayudar a controlar la glucemia y gestionar el peso. Esta fruta es rica en vitaminas (A, B1, B12 y C), glúcidos y en agua. Es una fuente de potasio, calcio, magnesio y fósforo e hidratos de carbono. Si esta fruta es consumida sola, sin otro ingrediente adicional, (melaza, afrecho, etc.), por su alto contenido de cantidad de almidón, puede provocar una indigesta en el ganado bovino, pues, el producto pasa sin ser digerido al intestino grueso, donde se fermenta y provoca exceso de gases (inflamación del intestino que puede acarrear problemas muy graves en la salud de estos animales), incluso la muerte si no es asistido inmediatamente.

5.3.1.1 Tipos de plátano

El plátano, también conocido como verde, tiene tres variedades: barraganete, dominico maqueño y seda (hartón). Se produce en las diferentes zonas del país especialmente en las zonas de clima cálido. La superficie de siembra de 230000 hectáreas, mayormente se concentra en tres provincias del litoral, como Guayas, Los Ríos y El Oro (92 %) y entre otras 7 provincias (8 %). Los rendimientos están relacionados a varios factores entre los que se destacan el nivel de tecnificación, la zona de producción y el tamaño de la explotación [22], como se muestra en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Tipos de Plátano Utilizados en la Sobrealimentación del Ganado Bovino [5]

Tipo de Plátano	Ilustración
<p>Barraganete Verde Zona de Cultivo: El Carmen (Manabí) y se producen 10 toneladas por hectárea</p>	
<p>Dominico Verde Zona de Cultivo: Plátano introducido a América de la orden de Santo Domingo.</p>	
<p>Hartón (guineo) Verde Zona de Cultivo: El Carmen Manabí, Costa Ecuatoriana y Península.</p>	

El plátano hartón verde tiene un alto contenido de potasio, contiene un almidón más resistente, permite mantener un control de la glucosa, el mantenimiento del peso e incluso la disminución de los niveles de colesterol [23]. Su composición química lo clasifica como un suplemento energético alto en humedad y bajo en proteína y fibra. El almidón (70 % de su materia seca) es uno de los carbohidratos con mayor contenido de energía y los bovinos pueden degradarlo por fermentación microbial en el retículo-rumen o en el intestino grueso, además de poseer mecanismos enzimáticos específicos para su digestión. Se afirma que la suplementación de bovinos con niveles elevados de almidón en un 20 % en su dieta diaria provoca una disminución en la digestión ruminal de materia seca [6]. La composición química por cada 100 gramos se muestra en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5. Composición Química del Plátano Seda (Verde) [6]

Nutrientes	Cantidad
Energía (mg)	110
Proteína (mg)	1,30
Grasa Total (mg)	0,10
Colesterol (mg)	-
Glúcidos (mg)	29,10
Fibra (g)	0,40
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	1,60
Yodo (mg)	-
Vitamina A (mg)	16,67
Vitamina C (mg)	26
Vitamina D (mg)	-
Vitamina E (mg)	0
Vitamina B12 (mg)	-
Folato (mg)	0

5.3.1.2 Características físicas del banano (*Musa Acuminata* AAA) de rechazo cultivar Cavendish

En la Tabla 1.6, se muestra el promedio de 68 frutas analizadas en la caracterización física del banano tanto en diámetro superior, medio e inferior, longitud y peso, procedente de las provincias de Los Ríos y El Oro, cantidad que garantiza una confiabilidad del 95 %.

Tabla 1.6. Caracterización física del banano de rechazo cultivar Cavendish [7]

Provincia	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Medio (cm)	Diámetro Inferior (cm)
Los Ríos	190,13 ±15,22	25,38 ±1,14	3,92 ±0,12	3,94 ±0,15	3,72 ±0,13
El Oro	173,62 ±12,16	26,12 ±1,48	3,31 ±0,23	3,54 ±0,21	3,32 ±0,17

Una vez obtenido un promedio de peso, longitud, diámetro superior, diámetro medio y diámetro inferior entre los plátanos de rechazo que se producen en la provincia de Los Ríos y la provincia de El Oro se concluye lo mostrado en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7. Promedio de la Caracterización Física del Banano de Rechazo de la Provincia de Los Ríos

Tipo	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Medio (cm)	Diámetro Inferior (cm)
MIN	168,185	24,44	3,44	3,56	3,37
PROM	181,875	25,75	3,615	3,74	3,52
MAX	195,565	27,06	3,79	3,92	3,67

5.3.2. El Afrecho

Afrecho es el término que se utiliza para denominar en forma genérica al salvado procedente de la molienda de los cereales cuya cáscara es desmenuzada en el mencionado proceso. Es frecuentemente un subproducto de la elaboración de la cerveza y de otras ac-

tividades agrícolas y acaba empleándose en la industria de alimentación de los animales (la cáscara del arroz se emplea para la alimentación de los equinos, y se denomina afrecho de arroz). Debido a que proporciona fibra, grasas, vitaminas y minerales en cada ración, el afrecho se emplea también en la industria panadera para la elaboración de panes de salvado o integrales, que son muy nutritivos, como a la vez muy provechosos por la incorporación de fibra en la dieta de las personas [24].

5.3.2.1 Afrechillo de trigo

Es de tipo energético proteico, con valores intermedios tanto de energía como proteínas, es un subproducto que se deriva de la extracción de almidón para fabricación de harina, es rico en fibra que proviene de la cubierta que protege a los granos, [2] un remanente de proteínas aceptable como se muestra en la Figura 1.2.



Figura 1.2. Afrechillo de Trigo [2]

5.3.2.2 Cascarilla de soya

La cascarillas o cutículas que recubren a los porotos de soya pueden considerarse alimentos de alta digestibilidad (>75%). Tienen un alto valor nutricional derivado de su alto contenido de pectinas, que son pentosas de alta degradabilidad ruminal [3], como se muestra en la Figura 1.3.



Figura 1.3. Cascarilla de Soya [3]

5.3.2.3 Hez de malta

Es el bagazo residual de la elaboración de la cerveza. Sus ingredientes principales son cebada malteada, sémola de maíz y/o arroz quebrado, dependiendo del origen. La representación normal es húmeda [3], como se muestra en la Figura 1.4.



Figura 1.4. Hez de Malta [3]

5.3.2.4 Las harinas y los expeller de soya y girasol

Los desechos de la soya son considerados costosos por su alto valor proteínico, y deben ser proporcionados para el control de la dieta del ganado. El Girasol tiene un valor más asequible y su valor proteico se compara al de los desechos de la soya por lo que se utiliza comúnmente en la cría del ganado de carne. Estos dos alimentos son excelentes recursos para suplementar vacas de crías sobre forrajes pobres en proteínas, es así que se recomienda este tipo de diente en terneros proveyendo así de alta proteína y baja fibra, con mayor valor nutritivo [3].



Figura 1.5. Harina y Expeller de Soya y Girasol [2]

5.3.3. Características Físicas del Afrechillo

La cebada arroja un alto volumen de afrecho de cebada, por lo general la cebada es utilizada para la industria cervecera y es aquí donde genera afrecho de malta de cebada. Este es un subproducto húmedo y altamente perecedero, procedente del proceso de maceración [25]. La composición de la cebada es rica en fibra y proteína utilizada en alimentación para rumiantes, sea la cebada incluida en las dietas o preparada de manera directa como el afrecho de esta [26], revisar la Tabla 1.8.

Tabla 1.8. Composición Química del Afrecho de Cebada [8]

Alimento	Materia Seca (%)	Proteína Cruda (%)	Energía Bruta (kCal/kg)
Afrecho de Cebada	22,06 ±2,3	28,9 ±0,3	4589 ±71

La alimentación de las vacas de alta producción en base a los valores nutritivos de la cebada y sus complementos traen resultados positivos, pues los productos de destilería además de obtener beneficios económicos por su bajo costo, son sustitutos del maíz y otras materias primas [27].

5.4. La Sal Mineralizada para Ganado

Los minerales y vitaminas son esenciales para la salud y desempeño de los animales, estos deben ser proporcionados de manera adecuada y la ración no debe exceder las medidas establecidas por tamaño y peso del animal. Los requerimientos minerales dependen del nivel de producción, por lo cual las prácticas y actividades encaminadas a incrementar la producción de leche y la tasa de crecimiento de los animales requieren mayor atención a la suplementación mineral. La tarea que conlleva la formulación de suplementos minerales permite corregir desequilibrios y deficiencias alimenticias en dietas de bovinos en pastoreo [25].

5.4.1. Fuentes o materias primas de minerales

En la Tabla 1.9 y Tabla 1.10, se pueden observar la composición de diferentes fuentes minerales de uso común en la formulación de sales mineralizadas y suplementos minerales.

Tabla 1.9. Materias Primas Fuentes de Macro Minerales [9]

Químico	Cantidad
Cal Calcítica	38 % Ca
Cal Dolomítica	22 % Ca; 12 % Mg
Carbonato de Calcio	40 % Ca
Harina de Huesos Auto Clavada	30 % Ca; 14 % P
Roca Fosfórica Defluorinizada	29 % Ca; 13 % P
Fosfato de Roca Blando	18 % Ca; 9 % P
Fosfato Mono Cálcico	16 % Ca; 20 % P
Fosfato Bicálcico	23 % Ca; 18 % P
Fosfato Tricálcico	32 % Ca; 18 % P
Carbonato de Magnesio	24 % Mg
Cloruro de Magnesio	12 % Mg
Sulfato de Magnesio	10 % Mg; 13 % S
Óxido de Magnesio	60 % Mg

Químico	Cantidad
Sal Común	37 % Na
Bicarbonato de Potasio	39 % K
Cloruro de Potasio	50 % K
Sulfato de Potasio	41 % K; 28 % S
Flor de Azufre	96 % S
Sulfato de Sodio Anhidro	22 % S

Tabla 1.10. Materias Primas Fuentes de Micro Minerales [9]

Químico	Cantidad
Sulfato de Cobre	25 % Cu; 13 % S
Carbonato de Cobre	53 % Cu
Cloruro de Cobre	46 % Cu
Óxido Cúprico	37 % Cu
Carbonado de Zinc	80 % Cu
Cloruro de Zinc	52 % Zn
Sulfato de Zinc	48 % Zn
Óxido de Zinc	23 % Zn; 11 % S
Sulfato Ferroso	60 % Zn
Óxido de Hierro	37 % Fe; 19 % S
Sulfato de Manganeso	53 % Fe
Óxido de Manganeso	32 % Mn; 19 % S
Yoduro de Potasio	77 % Mn
Yodato de Potasio	76 % I
Carbonato de Cobalto	59 % I
Sulfato de Cobalto	50 % Co
Cloruro de Cobalto	25 % Co; 11 % S
Selenato de Sodio	25 % Co
Selenito de Sodio	42 % Se

5.4.2. Consumo de Sal Mineralizada en Ganado Bovino

El consumo diario de sal de este grupo de animales para satisfacer sus requerimientos es de:

134 g/animal/día

Los valores de consumo de sal mineralizada varían, pues no son cifras específicas ya que depende de varios factores como la calidad de la postura o la dieta suministrada, y el nivel de producción de los animales [9]. En la Tabla 1.11, se expone el consumo de sales mineralizadas dependiendo del tipo de animal:

Tabla 1.11. Consumos de sales mineralizadas [9]

Tipo de Animal	Gramos/Animal/Día	Observaciones
Levante y Ceba	50	A voluntad
5 días	70	Ofertar durante el periodo del ordeño
8 días	80	Ofertar durante el periodo del ordeño
10 días	100	Ofertar durante el periodo del ordeño
12 días	110	Ofertar durante el periodo del ordeño
Horro o Escotero	50	A voluntad

5.5. La Melaza

La melaza contiene azúcares que son de gran importancia en el aporte de nutrientes para el ganado bovino, pues proporciona un nivel energético muy alto capaz de cubrir las necesidades del animal.

5.5.1. Propiedades Nutricionales de la Melaza para el Bovino

- Posee 2.7 mega calorías de energía metabolizable que representa, aproximadamente el 83 % de la del grano de sorgo, cereal que se usa de referencia en el área pecuaria.
- Contiene grandes cantidades de azúcares solubles, y es de fácil fermentación.
- Posee un contenido de proteína cruda aproximado de 4 %.
- Es rica en minerales, por lo que numerosos consumos o niveles en la dieta suaviza la consistencia del estiércol y llega a producir diarrea mecánica, es decir, no infecciosa.
- La melaza es rica en energía, niacina y ácido pantoténico, y con un muy mínimo nivel o exentas de vitaminas [28].

5.5.2. Melaza de Caña de Azúcar

La melaza producida por la caña de azúcar es un recurso de nutrición alimentaria animal, la comercialización de la caña de azúcar como melaza puede realizarse de manera líquida o en polvo y estas conservan los nutrientes necesarios. La melaza de caña de azúcar contiene un 56 % de azúcares; por otro lado, su proteína es muy escasa, pues apenas supera el 2,5%. Nutricionalmente la melaza de azúcar es rica en energía, niacina y ácido pantoténico, y poco o nada en cuanto a vitaminas [29].

5.5.2.1 La melaza y sus límites en el ganado

Dependiendo de las condiciones y por circunstancias de aumento de leche o engorde del animal, se puede incrementar las porciones, pero debe medirse el concentrado del producto pues los efectos adversos producirían un efecto laxante.

- Bovino de engorde: Límite máximo 6 kg diarios.
- Vacas lecheras: Límite máximo 3 kg diarios.
- Caballos: Límite máximo 3 kg diarios.
- Cerdos y ovinos: Límite máximo 1/2 kg diario.

5.6. Conclusión del Estudio del Producto

Una vez estudiados los productos, se detalla a continuación las cantidades de los ingredientes que componen al sobrealimento para su conjugado de 400 libras. La máquina posee tres tolvas con un almacenamiento máximo de 50 libras de plátano verde de rechazo, 50 libras de compost, 9 libras de sal mineralizada y 50 litros de solución de melaza en cada fase de funcionamiento los cuales son comprobados por el operario antes de iniciar dicha fase.

5.7. Normativa de Higiene de los Alimentos y Materiales

5.7.1. Normas de Higiene

Las normativas de higiene expuestas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería [30], Acuicultura y Pesca en el informe sobre las Buenas Prácticas Pecuarias de producción de Leche tiene como objetivo: Lograr un control sanitario eficaz que permita disminuir los riesgos de contaminación y contagio de enfermedades características de este tipo de ganado, reducir los costos de producción, promover el incremento del comercio de animales, productos y subproductos a nivel nacional e internacional y mejorar los estándares de vida de los diferentes actores de la cadena [31]. De acuerdo con la normativa del Consejo de las Comunidades Europeas 94/43/CEE [10] define el conjunto de buenas prácticas denominado “Requisitos del equipo”, esto establece que todos los artículos, instalaciones y equipos que entren en contacto con los productos alimenticios deben estar limpios y:

- Su construcción, composición y estado de conservación y mantenimiento deberán reducir al mínimo el riesgo de contaminación de los productos alimenticios.
- Su construcción, composición y estado de conservación y mantenimiento deben permitir que se limpien perfectamente y, cuando sea necesario, que se desinfecte en la medida necesaria para los fines perseguidos.

Además de la normativa 89/392/CEE relativa a las máquinas, se promueve numerosas exigencias en función de riesgos mecánicos, eléctricos, etc. Y la modificación parcial mencionada anteriormente por la 2006/42/CEE establece reglas relacionadas a las máquinas

destinadas al procesamiento de productos alimenticios, cosméticos o farmacéuticos. A continuación, se presentan los requisitos establecidos en la normativa que se detallan a continuación:

- La máquina se debe diseñar y fabricar de tal modo que los materiales en contacto con los productos alimenticios puedan limpiarse antes de cada utilización.
- Las superficies son lisas y no tendrán ni rugosidades ni cavidades que puedan albergar materias orgánicas. Se aplicará el mismo principio a las uniones entre dos superficies [10].

5.7.2. Normas de Materiales

En la recopilación de la normativa 89/109/CEE [10], se establece que todos los materiales en contacto con los alimentos deben ser no tóxicos, mecánicamente estables y no absorbentes; además, las superficies en contacto con los alimentos serán lisas, duras, continuas y carentes de fisuras y grietas.

Las superficies que habitualmente no entran en contacto con los alimentos también deben ser lisas, fácilmente lavables y no experimentar corrosión. Así, el pintado y tratamientos superficiales aplicados a la maquinaria debe limitarse a las superficies que no entren en contacto con los alimentos [10].

A continuación, se especifican algunas normas habilitadas para la construcción de máquinas que tienen contacto con los alimentos, los cuales se detallan en la Tabla 1.12.

Tabla 1.12. Normas de Alimentos [10]

Norma	Descripción
FDA CFR Title 21 Parts 170-179 Food Additives	Componentes que pueden encontrarse en contacto directo con un alimento.
NTE INEN 3039	Servicios de restauración. Buenas prácticas de manufactura.

Norma	Descripción
CPE INEN 01:1987	Código de práctica para manipulación de alimentos.
RTE INEN 131	Seguridad e higiene de maquinaria para procesamiento de alimentos.
INEN-EN 1672-1	Maquinaria para procesado de alimentos. Conceptos básicos. Parte 1: Requisitos de seguridad.
INEN-EN 1672-2	Maquinaria para procesado de alimentos. Conceptos básicos. Parte 2: Requisitos de higiene.
IEC 60529	Grados de protección IP en los equipos e instalaciones.
ISO 12100:2012	Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.

Cada uno de estos artículos conlleva al resguardo y protección del ambiente en el que se debe controlar la crianza, alimentación y producción de los animales que son utilizados para la comercialización y producción de leche, estas normativas son presentadas en el Ecuador [31]; permitiendo de esta manera mantener un sistema de calidad óptimo dentro de la hacienda “El Placer”, por lo que con base en estas normas se realiza la selección de materiales para el diseño de la procesadora de alimentos.

6. Parámetros de Diseño, Selección de Alternativas

6.1. Parámetros de Diseño

El prototipo a construir corresponde a una procesadora de alimentos para ganado bovino con los siguientes parámetros establecidos por el propietario de la hacienda ganadera “El Placer” detallados a continuación:

- Estructura metálica.
- Capacidad de carga máxima de 1500 Kg (peso total).
- Una envergadura de máximo 4000 mm de largo y 2000 mm de ancho.
- Masa total del sobrealimento de 1000 Kg.
- Sistema de suspensión y amortiguación.
- Un solo eje.
- Soporte de anclaje.
- Toma de fuerza de un tractor John Deere 6100D.

Además es ineludible que el prototipo cumpla con:

- La maniobrabilidad
- La funcionabilidad
- La seguridad de transporte

6.2. Estudio y Selección de Alternativas

Para seleccionar las mejores alternativas se consideran los criterios más importantes entre ellos: costos, diseño, tiempo de construcción, facilidad de montaje, de operación, de mantenimiento, seguridad, estética, etc. Además, se toma en cuenta las condiciones a las que está expuesto el remolque. Para efectuar un adecuado análisis, al prototipo se lo subdivide en varios grupos de elementos:

- Sistema de Suspensión
- Sistema de Tiro
- Sistema de Enganche
- Neumáticos

6.2.1. Sistema de Suspensión

Este sistema es el más crítico debido a que de una buena suspensión del sistema depende el adecuado movimiento del sistema, la minimización de cargas parásitas en la estructura y por supuesto una mayor maniobrabilidad para el conductor del tractor John Deere 6100D. Este análisis arroja tres alternativas perfectamente aplicables.

- **Alternativa A:** Puntal Mc Pherson.
- **Alternativa B:** Sistema con ballestas.
- **Alternativa C:** Sistema por muelles helicoidales.

6.2.1.1 Alternativa A

El sistema de ballestas, como se muestra en la Figura 1.6, corresponde a un resorte de flexión, el cual se emplea generalmente en forma de resorte semi elíptico, éste soporta las cargas en los extremos flexionando y transmitiendo la fuerza en todo el elemento.

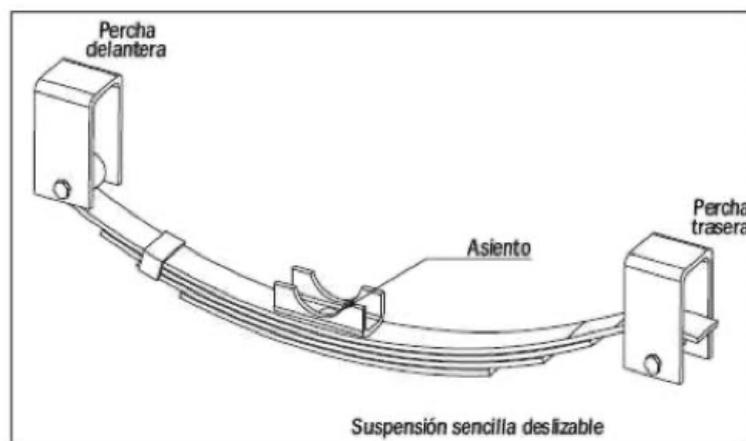


Figura 1.6. Resorte de Flexión

Ventajas:

- Gran resistencia.
- Menor costo.
- Facilidad de montaje.
- Facilidad de adquisición.

- Acción amortiguadora.

Desventajas:

- Baja estabilidad.
- Mayor rigidez.
- Baja velocidad.

6.2.1.2 Alternativa B

El sistema por muelles helicoidales trabaja principalmente a torsión, tiene característica lineal como muestra la Figura 1.7. Este sistema de suspensión está exento de acción amortiguadora ya que los resortes helicoidales del sistema no pueden transmitir ninguna fuerza de guía a las ruedas, por tal motivo la presencia de amortiguadores es indispensable puesto que, gracias a los mismos, aumenta la confiabilidad y la estabilidad.

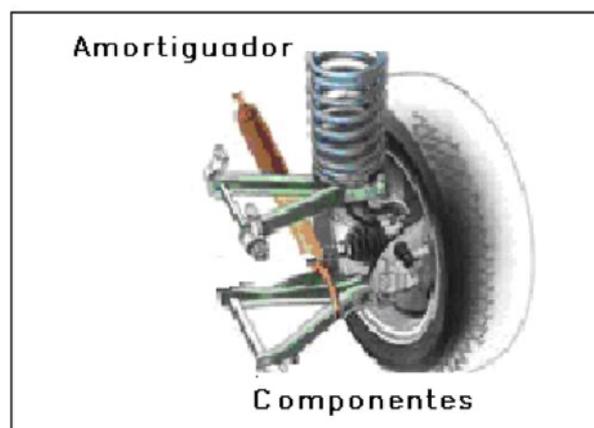


Figura 1.7. Sistema por Muelles Helicoidales

Ventajas:

- Mayor estabilidad.
- Sistema seguro.
- Menor rigidez en el sistema.

Desventajas:

- Mayor costo.
- Complicaciones en el diseño.
- Adquisición limitada de los componentes.

6.2.1.3 Alternativa C

El elemento principal es el amortiguador que se conoce como conjunto estructural Mc Pherson o pierna, ya que soporta al elemento elástico o resorte y une la carrocería con la rueda y el sistema de dirección, como se muestra en la Figura 1.8. Actualmente este tipo de suspensión presenta ventajas sobre los otros sistemas convencionales de suspensión.

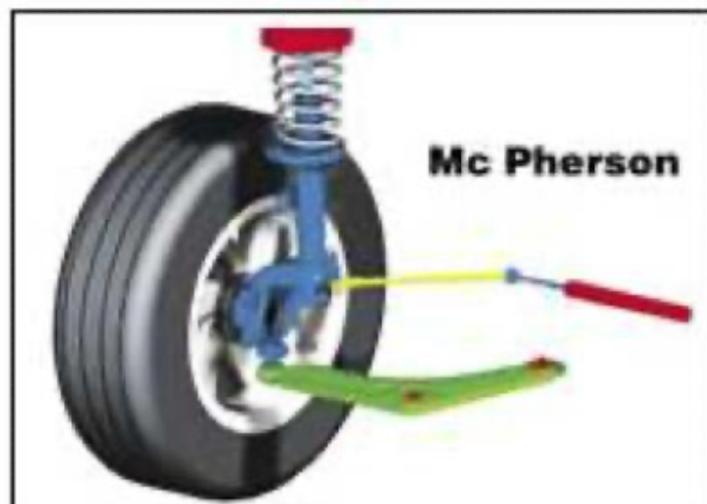


Figura 1.8. Puntual Mc. Pherson

Ventajas:

- Excelente amortiguación.
- Buena estabilidad del remolque en vía.

Desventajas:

- Alto costo.
- Complejidad en el diseño.
- Exceso de componentes en este tipo de sistema.

6.2.2. Sistema de Tiro

Siendo el sistema de tiro un elemento estructural crítico, el análisis de las alternativas presentes garantiza la adecuada transferencia de esfuerzos en toda la estructura evitando la concentración de esfuerzos en los puntos de acople.

- **Alternativa A:** Tiro con barra central.
- **Alternativa B:** Tiro triangular total.
- **Alternativa C:** Tiro triangular con barra central.

6.2.2.1 Alternativa A

Este sistema de tiro se compone de una barra central que se sujeta en la parte delantera del chasis, la cual es soldada a los travesaños delanteros, en la Figura 1.9 se describe la disposición básica del acople de la barra con los travesaños.

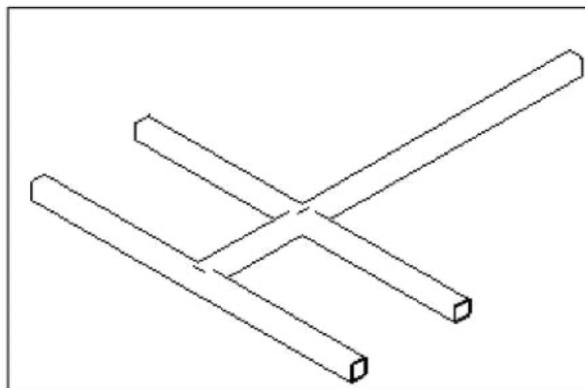


Figura 1.9. Tiro con Barra Central

Ventajas:

- Un solo componente utilizado en el sistema de tiro.
- Facilidad de instalación.
- Bajo peso.
- Bajo costo.

Desventajas:

- Se transmiten altos esfuerzos a los travesaños.
- El diseño se torna más complejo.
- El componente tiene que ser más robusto.

6.2.2.2 Alternativa B

Este sistema consta de dos barras unidas entre sí a un punto del sistema de enganche con el tractor John Deere 6100D y soldadas a la parte delantera del bastidor como se muestra en la Figura 1.10.

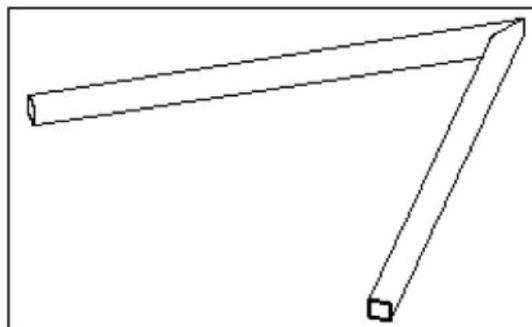


Figura 1.10. Tiro Triangular Total

Ventajas:

- Menor cantidad de elementos.
- Bajo costo.
- Diseño sin complejidad.

Desventajas:

- Bajo rango de movilidad.
- Estructura muy robusta.
- Peso elevado.
- Flexibilidad limitada.

6.2.2.3 Alternativa C

El sistema de tiro triangular con barra central consta de dos barras sujetas al bastidor, pero a diferencia del anterior sistema, éste se une a otra barra central que va a la barra de tiro del tractor John Deere 6100D, como se indica en la Figura 1.11.

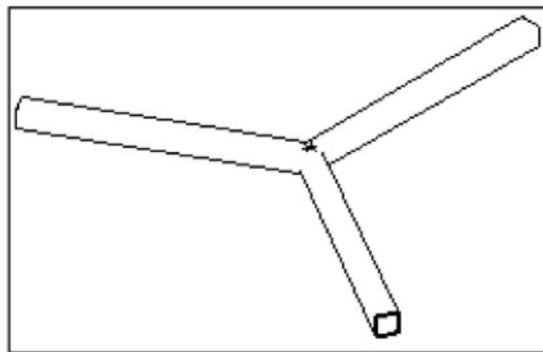


Figura 1.11. Tiro Triangular con Barra Central

Ventajas:

- Usa componentes mucho más delgados por lo que sus costos bajan.
- Los esfuerzos que se generan en el sistema son distribuidos y bajos.
- Sistema muy fiable.

Desventajas:

- Diseño complejo.
- La dificultad en su fabricación es alta.
- Mayor cantidad de componentes.

6.2.3. Sistema de Enganche

Para la selección del sistema de enganche deben considerarse las facilidades que preste el tractor John Deere 6100D, para remolcar el prototipo. En el mercado nacional existen dos tipos de sistema de enganche.

- **Alternativa A:** Tirón recto y bola de enganche.
- **Alternativa B:** Tirón tipo gancho y tipo ojo.

6.2.3.1 Alternativa A

Este tipo de tirón se utiliza en condiciones duras de trabajo, soporta grandes cargas debido a su diseño y gran resistencia del material como se muestra en la Figura 1.12.

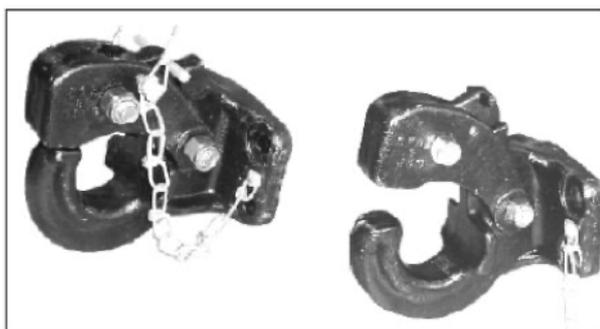


Figura 1.12. Tirón Tipo Gancho

En la Tabla 1.13, se muestran las características de algunos tirones tipo gancho [11].

Tabla 1.13. Características de los Tipos de Gancho [11]

Descripción	Bola(mm)	Chasis (mm)	Kg
Tirón tipo Gancho con Bola	50	—	7264
Tirón tipo Gancho con Bola	60	—	7264
Tirón tipo Gancho	—	—	4540
Tirón tipo Gancho	—	—	7264
Tirón tipo Gancho	—	—	4540
Tirón tipo Gancho	—	—	18160

Descripción	Bola(mm)	Chasis (mm)	Kg
Tirón tipo Gancho con Recibidor	—	50	4540
Tirón tipo Gancho con Recibidor	50	50	5448

CONJUGADO: Tirón tipo ojo.

Este dispositivo de enganche es apto para conjugarse con el tiro tipo gancho como se muestra en la Figura 1.13, este tirón también trabaja con limitantes en las condiciones de carga.



Figura 1.13. Tirón Tipo Ojo

En la Tabla 1.14, se muestra características de algunos tirones tipo ojo [11].

Tabla 1.14. Características de los Tipos de Tirón tipo Ojo [11]

Descripción	Bola(mm)	Kg
Tirón tipo ojo base desmontable	65	4540
Tirón tipo ojo desmontable y ajustable	75	—
Tirón tipo ojo perno roscado 1/1/2"	65	9080
Tirón tipo ojo con base atornillable	65	15890

Descripción	Bola(mm)	Kg
Tirón tipo ojo con base atornillable	75	27240

6.2.3.2 Alternativa B

Este tipo de tirón es utilizado en condiciones medianas de trabajo, debido a su baja capacidad de carga es común en el mercado nacional y se presenta en la Figura 1.14.

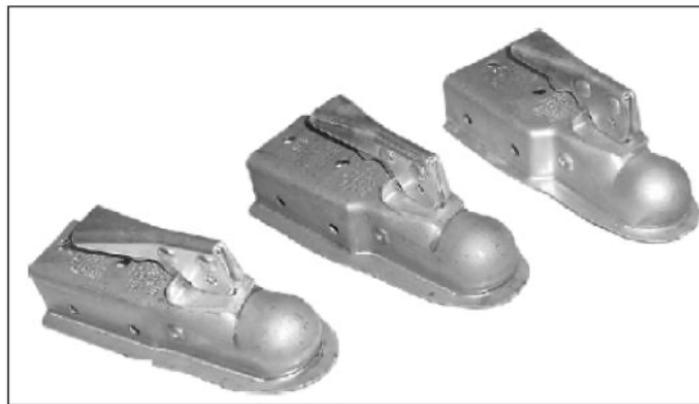


Figura 1.14. Tirón Recto

En la Tabla 1.15, se muestra características de tirones rectos [11].

Tabla 1.15. Características de los Tipos de Tirones Rectos [11]

Descripción	Bola(mm)	Chasis (mm)	Kg
Tirón recto	45	50	908
Tirón recto	45	55	908
Tirón recto	45	75	908
Tirón recto	50	50	1589
Tirón recto	50	55	1589
Tirón recto	50	75	1589
Tirón recto forjado	50	75	2270
Tirón recto forjado	50	75	3178
Tirón recto forjado	50	75	5675

Descripción	Bola(mm)	Chasis (mm)	Kg
Tirón recto troquelado	50	50	2270
Tirón recto troquelado	50	75	2270

CONJUGADO: Bola enganche.

Este dispositivo de enganche como se muestra en la Figura 1.15, es el conjugado de tirón recto, las limitaciones de carga del tiro se definen por la capacidad de carga del remolque.



Figura 1.15. Bola Enganche

En la Tabla 1.16, se muestran las características de algunas bolas de enganche.

Tabla 1.16. Características de las Bolas de Enganche [11]

Descripción	Bola(mm)	Chasis (mm)	Kg
Bola cromada	45	19	908
Bola cromada	45	25	908
Bola cromada	50	19	908
Bola cromada	50	19	1589
Bola cromada	50	25	2270
Bola cromada	50	25	2270
Bola forjada	50	25	3178
Bola cromada	50	32	3405
Bola natural	60	25	2724

Descripción	Bola(mm)	Chasis (mm)	Kg
Bola natural	60	32	4540
Bola forjada	60	32	13620
Bola forjada	60	50	13620

6.3. PONDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

El método de evaluación de soluciones más viable en la etapa de diseño conceptual es el método ordinal corregido de criterios ponderados que permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

6.3.1. Sistemas de Suspensión

- **Fiabilidad**, el sistema debe brindar estabilidad al transportar la procesadora de alimentos.
- **Facilidad de diseño y montaje**, el sistema debe ser sencillo que permita un diseño fácil.
- **Costo**, garantizar un buen desempeño del sistema de suspensión a bajo costo refleja un buen diseño.
- **Peso**, el sistema no debe exceder cierto peso por lo que los componentes del sistema deben ser mínimos.

En la Tablas 1.17 - 1.22 se presentan la evaluación de soluciones realizadas por el autor.

Fiabilidad > Facilidad de Diseño y Construcción > Costo > Peso

Tabla 1.17. Evaluación Peso Específico de cada Criterio

Criterios	Fiabilidad	Diseño	Costo	Peso	E+1	Ponderación
Fiabilidad		1	1	1	4	0,40
Diseño	0		1	0	2	0,20

Criterios	Fiabilidad	Diseño	Costo	Peso	E+1	Ponderación
Costo	0	0		0	1	0,10
Peso	0	1	1		3	0,30
TOTAL					10	1

$$B = C > A$$

Tabla 1.18. Evaluación Peso Específico del Criterio Fiabilidad

Criterios	A	B	C	E+1	Ponderación
A		1	1	3	0,50
B	0		0,5	1,5	0,25
C	0	0,5		1,5	0,25
TOTAL				6	1

$$A = C > B$$

Tabla 1.19. Evaluación Peso Específico del Criterio Facilidad de Diseño y Montaje

Criterios	A	B	C	E+1	Ponderación
A		0	0,5	1,5	0,25
B	1		1	3	0,50
C	0,5	0		1,5	0,25
TOTAL				6	1

$$A = C > B$$

Tabla 1.20. Evaluación Peso Específico del Criterio Costo

Criterios	A	B	C	E+1	Ponderación
A		0	0	1	0,17
B	1		0,5	2,5	0,42
C	1	0,5		2,5	0,42
TOTAL				6	1

$$B > A = C$$

Tabla 1.21. Evaluación Peso Específico del Criterio Peso

Criterios	A	B	C	E+1	Ponderación
A		1	0,5	2,5	0,42
B	0		1	1,5	0,25
C	0,5	0,5		2	0,33
TOTAL				6	1

Tabla 1.22. Conclusiones del Método de Evaluación

Criterios	Fiabilidad	Diseño	Costo	Peso	E + 1	Ponderación
A	0,200	0,083	0,017	0,125	0,392	1
B	0,100	0,100	0,042	0,075	0,317	2
C	0,100	0,050	0,042	0,100	0,292	3

6.3.1.1 Conclusión en la selección del sistema de suspensión

Mediante el método de evaluación de soluciones, se determina que la solución más adecuada para el diseño es la opción A, la cual es el sistema con ballestas.

6.3.2. Sistema de Tiro

- **Fiabilidad**, el sistema debe brindar estabilidad al transportar la procesadora de alimentos.
- **Facilidad de diseño y montaje**, el sistema debe ser lo más simple lo que permite un fácil diseño.
- **Costo**, garantizar un buen desempeño del sistema de suspensión a bajo costo refleja un buen diseño.
- **Peso**, el sistema no debe exceder cierto peso por lo que los componentes del sistema deben ser mínimos.

En la Tablas 1.23 - 1.28 se presentan la evaluación de soluciones realizadas por el autor:

Fiabilidad > Facilidad de Diseño y Construcción > Costo > Peso

Tabla 1.23. Evaluación Peso Específico de cada Criterio

Criterios	Fiabilidad	Diseño	Costo	Peso	E+1	Ponderación
Fiabilidad		1	1	1	4	0,40
Diseño	0		1	0	2	0,20
Costo	0	0		0	1	0,10
Peso	0	1	1		3	0,30
TOTAL					10	1

A = B > C

Tabla 1.24. Evaluación Peso Específico del Criterio Fiabilidad

Criterios	A	B	C	E+1	Ponderación
A		0,5	0	1,5	0,25
B	0,5		0	1,5	0,25
C	1	1		3	0,50
TOTAL				6	1

A = C > B

Tabla 1.25. Evaluación Peso Específico del Criterio Facilidad de Diseño y Montaje

Criterios	A	B	C	E+1	Ponderación
A		0,5	1	2,5	0,42
B	0,5		1	2,5	0,42
C	0	0		1	0,17
TOTAL				6	1

C > A = B

Tabla 1.26. Evaluación Peso Específico del Criterio Costo

Criterios	A	B	C	E+1	Ponderación
A		0,5	1	2,5	0,42
B	0,5		1	2,5	0,42
C	0	0		1	0,17
TOTAL				6	1

$$C > A = B$$

Tabla 1.27. Evaluación Peso Específico del Criterio Peso

Criterios	A	B	C	E+1	Ponderación
A		0,5	1	2,5	0,42
B	0,5		1	2,5	0,42
C	0	0		1	0,17
TOTAL				6	1

Tabla 1.28. Conclusiones del Método de Evaluación

Criterios	Fiabilidad	Diseño	Costo	Peso	E + 1	Ponderación
A	0,100	0,083	0,042	0,125	0,350	1
B	0,100	0,083	0,042	0,125	0,350	1
C	0,200	0,033	0,017	0,050	0,300	2

6.3.2.1 Conclusión en la selección del sistema de tiro

Mediante el método de evaluación de soluciones, se concluye que las soluciones más adecuadas para el diseño son las alternativas A y B, de estas dos opciones se escoge la opción A debido a que presenta un mayor grado de movilidad, la cual es el tiro triangular con barra central.

6.3.3. Sistema de Enganche

- **Fiabilidad**, el sistema debe brindar estabilidad al transportar la procesadora de alimentos.
- **Facilidad de diseño y montaje**, el sistema debe ser lo más simple lo que permite un fácil diseño.
- **Costo**, garantizar un buen desempeño del sistema de suspensión a bajo costo refleja un buen diseño.
- **Peso**, el sistema no debe exceder cierto peso por lo que los componentes del sistema deben ser mínimos.

En la Tabla 1.29 - 1.34 se presenta la evaluación de soluciones realizadas por el autor:

Fiabilidad > Facilidad de Diseño y Construcción > Costo > Peso

Tabla 1.29. Evaluación Peso Específico de cada Criterio

Criterios	Fiabilidad	Diseño	Costo	Peso	E+1	Ponderación
Fiabilidad		1	0	1	3	0,30
Diseño	0		1	1	3	0,30
Costo	0	0		0	1	0,10
Peso	0	1	1		3	0,30
TOTAL					10	1

C > A = B

Tabla 1.30. Evaluación Peso Específico del Criterio Fiabilidad

Criterios	A	B	E+1	Ponderación
A		1	2	0,57
B	0,5		1,5	0,43
TOTAL			3,5	1

$$C > A = B$$

Tabla 1.31. Evaluación Peso Específico del Criterio Facilidad de Diseño y Montaje

Criterios	A	B	E+1	Ponderación
A		1	2	0,66
B	0		1	0,33
TOTAL			3	1

$$B = A > C$$

Tabla 1.32. Evaluación Peso Específico del Criterio Costo

Criterios	A	B	E+1	Ponderación
A		0,5	1,5	0,50
B	0,5		1,5	0,50
TOTAL			3	1

$$C > B = A$$

Tabla 1.33. Evaluación Peso Específico del Criterio Peso

Criterios	A	B	E+1	Ponderación
A		0,5	1,5	0,57
B	1		2	0,43
TOTAL			3,5	1

Tabla 1.34. Conclusiones del Método de Evaluación

Criterios	Fiabilidad	Diseño	Costo	Peso	E + 1	Ponderación
A	0,100	0,083	0,042	0,125	0,120	2
B	0,150	0,083	0,142	0,300	0,330	1

6.3.3.1 Conclusión en la selección del sistema de enganche

Mediante el método de evaluación de soluciones, se concluye que las soluciones más adecuadas para el diseño son las alternativas B, de esta opción es importante recalcar que se ha seleccionado el tirón recto forjado de diámetro de bola de 50mm, con un chasis de 75mm que soporta una carga 2270kg, además de un conjugado (bola cromada) de diámetro de bola 50mm, con un chasis 25mm que soporta una carga de 2270kg.

6.3.4. Neumáticos

- **Fiabilidad**, el sistema debe brindar estabilidad al transportar la procesadora de alimentos.
- **Facilidad de diseño y montaje**, el sistema debe ser lo más simple lo que permite un fácil diseño.
- **Costo**, garantizar un buen desempeño del sistema de suspensión a bajo costo refleja un buen diseño.
- **Peso**, el sistema no debe exceder cierto peso por lo que los componentes del sistema deben ser mínimos.

6.3.4.1 Conclusión en la selección de neumáticos

La solución más adecuada para el remolque es la alternativa de utilizar el mismo tipo de llanta que usa el tractor John Deere 6100D [4] en el eje delantero. Por la fácil adquisición y garantía brindada se selecciona la solución planteada con las siguientes especificaciones, más detalles se pueden ver en la Tabla 1.35.

10.00 - 16 6 PR F2

Tabla 1.35. Especificaciones de Llanta Delantera Tractor John Deere 6100D [4]

Características	Medidas
Ancho llanta (in)	10
Espesor (aro / llanta (in))	16

Características	Medidas
Modelo / de Espárragos	KT - 140
Segmento / Ataque	Delantera F2
PR / Modelo	12
Peso	25 kg

Este tipo de neumático es utilizado en maquinaria agrícola y especialmente en los tractores como se muestra en la Figura 1.16.



Figura 1.16. Llanta Delantera Tractor John Deere 6100D [4]

6.4. Conclusión de la Selección de Alternativas

Una vez determinada la alternativa más adecuada para la selección de cada uno de los sistemas del prototipo a diseñar, es necesario establecer a continuación el dimensionamiento de las demás partes mecánicas.

7. Dimensionamiento de la Máquina Cortadora de Plátano y Mezcladora de Sobre-alimento

En esta sección se procede a diseñar todos los elementos mecánicos, electrónicos y de programación utilizados en la máquina. El sistema, consta de 3 tolvas, la primera tolva contiene el plátano verde de rechazo donde a través de unas cuchillas FCC en forma de cuerno de buey, ubicadas en la base inferior de la tolva 1 (pirámide truncada), es cortado para caer finalmente en el tanque central donde se almacenan los productos para la mezcla.

Para la tolva 2 y 3 que contienen la solución de melaza, sal mineralizada y compost, el paso hacia el tanque central es limitado por dos compuertas que se abren y cierran a través del accionamiento de pistones lineales ubicados en el tope entre el tanque central y las tolvas 2 y 3. Una vez que las tolvas se encuentren cargadas con el producto, en la caja de control se enciende el sistema y es el operador quien a través de los pulsadores, determina para la tolva 1 el encendido y apagado de las cuchillas, mientras que para la tolva 2 y 3, acciona o apaga a los pistones lineales para la apertura y cierre de las compuertas. El operador es quien efectúa la conexión entre la toma de fuerza del tractor y las aspas para la mezcla del sobrealimento. Una vez que el producto se encuentre listo (a criterio del operador), a través del accionamiento de una palanca ubicada en la esquina inferior derecha de la caja de control, el maquinista puede extraer al producto poniendo a una carretilla en la parte inferior. La implementación del HMI, permite al operador visualizar que dispositivos se encuentra accionados y así también controlar la velocidad a través del variador de frecuencia para las cuchillas FCC.

7.1. Dimensionamiento Mecánico

El dimensionamiento mecánico es desarrollado de acuerdo con las dimensiones de los productos con los que la máquina va a trabajar (banano verde de rechazo, compost, sal mineralizada y solución de melaza). En la Figura 1.17, se muestra el diseño 3D realizado en Fusión 360 de Autodesk, con los elementos principales a ser dimensionados mecánicamente.

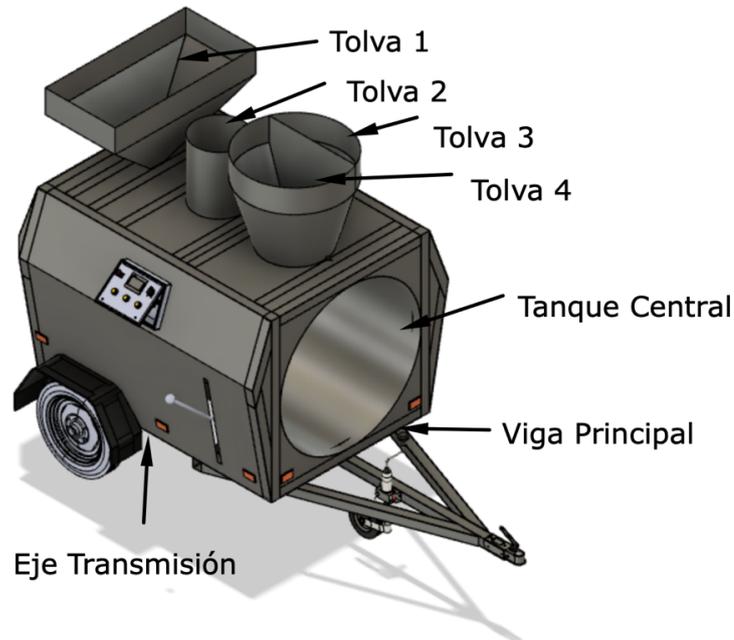


Figura 1.17. Bosquejo de la Procesadora de Alimentos - Elementos de Sujeción Superiores

En la Figura 1.18, se muestra el Diseño 3D realizado en Fusión 360 de Autodesk, con los elementos principales a ser seleccionados mecánicamente.

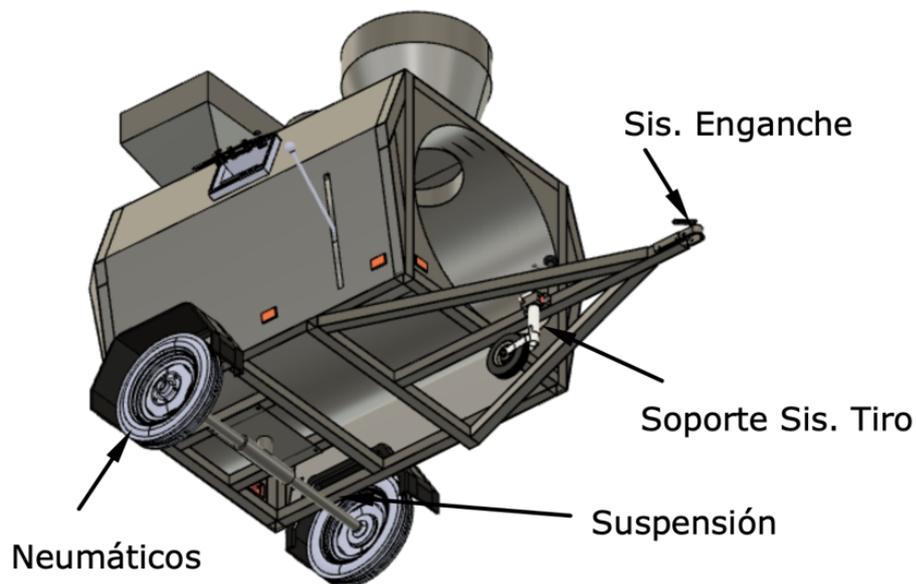


Figura 1.18. Bosquejo de la Procesadora de Alimentos - Elementos Inferiores a Seleccionar

7.1.1. Diseño de la Tolva 1

Para el diseño de la tolva 1, destinada para el plátano verde de Rechazo, se debe partir de la masa requerida en el sobrealimento supuesto de 400 libras/día. [32] Es entonces

importante resaltar que el peso necesario de plátano verde de rechazo es de 300 libras lo que equivale aproximadamente a 137 kg. Una vez que se conoce el peso requerido, se calcula el volumen del plátano verde de rechazo por el principio de Arquímedes, evaluando 68 muestras (grado de confiabilidad del 90 %), obteniendo los siguientes resultados expuestos en la Tabla 1.36.

Tabla 1.36. Caracterización Física del Banano de Rechazo Promedio [3]

Provincia	Peso (g)	Longitud (cm)	Volumen (mL)
Los Ríos	190,13 ±15,22	25,38 ±1,14	770,318 ±23,19
El Oro	173,62 ±12,16	26,12 ±1,48	730,632 ±17,82

De acuerdo a los datos detallados anteriormente, se selecciona para el dimensionamiento al plátano verde de rechazo de la provincia de Los Ríos con una masa promedio de 190,13 g, por lo que se calcula la densidad como se muestra en (1.1).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1.1)$$

Donde:

ρ densidad, en g/mL³;

m peso, en g;

V volumen, en mL.

Despejando y reemplazando en (1.1) se obtiene:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 0,2407 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

$$\rho = 240,793 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Una vez obtenida la densidad del plátano verde de rechazo, se calcula el volumen necesario para la Tolva 1 (pirámide truncada).

7.1.1.1 Volumen requerido

Según la norma "Granulometría de Agregados Gruesos y Finos", NTC - 174 y la norma de "Volumen Adicional en Granulometría" NTC - 14, al tratarse de sólidos, se debe considerar un 40 % de espacio adicional (considerando espacios vacíos) en el dimensionamiento del volumen requerido; además, se añade un factor de 5 por la comparación entre el peso de un plátano verde y una piedra. Una vez que se tiene dichas consideraciones, se calcula el volumen requerido como se muestra en (1.2)

$$V_{total} = v + 5 \cdot (40 \% \cdot v) \quad (1.2)$$

Donde:

V_{total} volumen, m³;

v volumen, en m³.

Despejando y reemplazando en (1.1) se obtiene:

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = 0,5689 \text{ m}^3$$

Despejando y reemplazando para obtener el volumen total en (1.2), se obtiene:

$$V_{total} = 0,5689 \text{ m}^3 + 5 \cdot (40 \% \cdot 0,5689 \text{ m}^3)$$

$$V_{total} = 1,7067 \text{ m}^3$$

Debido a que el volumen es grande, se toma la decisión, de que el operador debe realizar 8 llenados en la tolva 1, fraccionando entonces el volumen total en 8 partes como se muestra a continuación:

$$V_{total_real} = \frac{V_{total}}{8}$$

$$V_{total_real} = \frac{1,7067}{8} \text{ m}^3$$

$$V_{total_real} = 0,214 \text{ m}^3$$

Se calcula entonces la altura de la tolva 1 como se muestra en (1.3).

$$h = \frac{v \cdot 3}{S1 + S2 + \sqrt{S1 \cdot S2}} \quad (1.3)$$

Donde:

h altura, en m;

v volumen total real, en m^3 ;

$S1$ superficie de la base superior, en m^2 ;

$S2$ superficie de la base inferior, en m^2

Reemplazando y despejando en (1.3) se tiene que:

$$h = \frac{0,214 \cdot 3}{1,368 + 0,01 + \sqrt{1,368 \cdot 0,01}}$$

$$h = 0,429 \text{ m}$$

$$h = 0,43 \text{ m}$$

7.1.1.2 Cálculo del espesor

Para el cálculo del espesor, se considera que las placas tienen sus bordes simplemente apoyados, por lo que es necesario calcular el esfuerzo máximo en sus diagonales como se muestra en (1.4).

$$\sigma_{max} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Ls1^2}{Ls1^2 + Ls2^2} \cdot \frac{P_{media} \cdot Ls2^2}{e^2} \quad (1.4)$$

Donde:

σ esfuerzo máximo, en Pa;

$Ls1$ lado base superior, en m;

$Ls2$ lado base inferior, en m;

e espesor, en m.

Para el cálculo de la presión media, se usa (1.5).

$$P_{media} = \rho \cdot g \cdot h \quad (1.5)$$

Donde:

P_{media} presión media, en Pa;

ρ	densidad, en $\frac{kg}{m^3}$;
g	gravedad, en $\frac{m}{s^2}$;
h	altura, en m.

Teniendo entonces una presión media reemplazando los datos en (1.5) de:

$$P_{media} = 240,793 \cdot 9,81 \cdot 0,43$$

$$P_{media} = 1015,74 \text{ Pa}$$

Una vez obtenida la presión media que se ejerce en las paredes de la tolva 1, es necesario adicionar un factor de presión de 5, puesto que se debe considerar una presión adicional de llenado en la tolva, así como la presión vertical del material de transición, con lo que finalmente se obtiene:

$$P_{total} = P_{media} \cdot 5$$

$$P_{total} = 1015,74 \cdot 5$$

$$P_{total} = 5078,7 \text{ Pa}$$

Reemplazando y despejando (1.5) en (1.4) se tiene que:

$$\sigma_{max} = \frac{1}{2} x \frac{0,95^2}{0,95^2 + 0,1^2} x \frac{5078,7 \cdot 0,1^2}{e^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{25,1152}{e^2}$$

Los límites de tensión para distintas situaciones según la ASME respecto al esfuerzo admisible, esta determinado por (1.6).

$$\sigma_{adm} = 0,65 \cdot S_y \quad (1.6)$$

Donde:

σ_{adm} esfuerzo admisible, en Pa;

S_y límite de fluencia del acero AISI 304, en MPa.

Reemplazando los valores obtenidos en el Anexo A.1, correspondiente a las características físicas del material AISI 304, en (1.6), se obtiene:

$$\sigma_{adm} = 0,65 \cdot 241 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm} = 156,65 \text{ MPa}$$

Entonces, se asume un espesor de 1,2 mm y se verifica si es que con este espesor, el esfuerzo máximo se encuentra por debajo del esfuerzo admisible, se reemplaza y despeja el espesor de la (1.4), obteniendo entonces:

$$\sigma_{max} = \frac{25,1152}{(0,0012)^2}$$

$$\sigma_{max} = 17,441 \text{ MPa}$$

Por lo que:

$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

Comercialmente, las láminas de acero inoxidable vienen en espesores de 0,4 hasta 10 mm. Se selecciona una lámina de 1,2 mm de espesor para AISI 304.

7.1.2. Diseño de la Tolva 2, 3 y 4

Para el diseño de la tolva 2, 3 y 4, destinada para la solución de melaza, sal mineralizada y compost, se parte de los pesos estimados en la producción de un total de 400 libras/día. Con los pesos y volúmenes de los productos antes mencionados, se calcula la densidad del producto con el mismo principio utilizado en el cálculo 1, obteniendo como resultado lo expuesto en la Tabla 1.37 [33] .

Tabla 1.37. Peso, Volumen y Densidad de los Productos para la Tolva 2, 3 y 4

Producto	Peso (g)	Volumen (mL)	Densidad (kg/m ³)
Sol. Melaza	1487,57	1000	1487,6
Sal Mineralizada	1100	1000	1100
Compost	300	1000	300

7.1.2.1 Volumen requerido en la tolva 2, 3 y 4

Para la determinación del volumen requerido para la Tolva 2, 3 y 4, se utiliza el mismo principio utilizado en la determinación del volumen total para la tolva 1, obteniendo los siguientes resultados expuestos en la Tabla 1.38.

Tabla 1.38. Peso Total en la Mezcla y Volumen Total de los Productos para la Tolva 2, 3 y 4

Producto	Peso o Volumen Total Mezcla	Volumen Total Mezcla (m^3)
Sol. Melaza	50 litros	0,055
Sal Mineralizada	13 libras	0,004037
Compost	50 libras	0,08434

7.1.2.2 Cálculo del espesor de la tolva 2, 3 y 4

Una vez obtenido el volumen total necesario para la Tolva 2, 3 y 4, se calcula el espesor con el mismo principio de cálculo del espesor para la Tolva 1 teniendo como resultado las características de las tolvas en las Tablas 1.39 - 1.40. La solución de melaza consta de 8 partes de agua y 2 partes de melaza de caña de azúcar.

Tabla 1.39. Características Tolva 2 - Cilindro

Producto	Forma	Altura (m)	Diámetro (m)	Espesor (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)
Solución de Melaza	Cilindro	0,4	0,42	1,2	2,56

Tabla 1.40. Características Tolva 3 y 4 - Cono Truncado

Producto	Forma	Altura (m)	Diámetro Superior (m)	Diámetro Inferior (m)	Espesor (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)
Sal Mineralizada	Cono Truncado	0,008812	0,80	0,500	1,2	16,2086
Compost	Cono Truncado	0,1841	0,80	0,500	1,2	47,03

Después de determinar la altura para la tolva 3, se considera unir la Tolva 3 y 4 en una

sola debido a que la sal mineralizada no necesita una tolva estrictamente independiente, por lo que los granos compartirán una tolva conjunta, separada por una pared de 1,2 mm, que es igual al espesor de la tolva en general, como se muestra en la Figura 1.19.

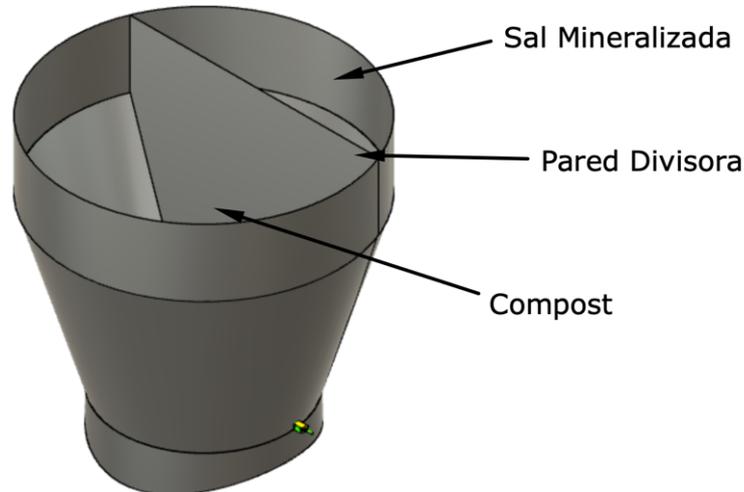


Figura 1.19. Tolva 3 y 4 - Cono Truncado

7.1.3. Diseño de Cilindro de Pared Delgada

Para el diseño del cilindro de pared delgada o tanque central, destinada para el sobrealimento (Plátano Verde de Rechazo, Solución de Melaza, Sal Mineralizada y Compost), se debe partir del volumen requerido [34]. Es entonces importante resaltar que el peso total de la mezcla de sobrealimento, es de 400 libras y para la determinación del volumen total se calcula como lo expuesto en (1.7).

$$V_{total} = V_{platano} + V_{melaza} + V_{sal} + V_{compost} \quad (1.7)$$

Donde:

V_{total} volumen, en m^3 ;

V_{plano} volumen, en m^3 ;

V_{melaza} volumen, en m^3 ;

V_{sal} volumen, en m^3 ;

$V_{compost}$ volumen, en m^3 .

Reemplazando los valores en (1.7), se obtiene que:

$$V_{total} = 1,7067 + 0,055 + 0,004037 + 0,08434 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_{total} = 1,85008 \text{ m}^3$$

7.1.3.1 Volumen requerido

Una vez obtenido el volumen mínimo total necesario para la mezcla de sobrealimento, se calcula el volumen total del cilindro de pared delgada como se muestra en (1.8).

$$V_{total} = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (1.8)$$

Donde:

V_{total} volumen, en m^3 ;

r radio, en m;

h altura, en m.

Reemplazando los datos conocidos a partir del bosquejo en (1.8), se obtiene que:

$$V_{total} = \pi \cdot 0,603^2 \cdot 2$$

$$V_{total} = 2,28 \text{ m}^3$$

Como se observa, el volumen del cilindro de pared delgada es superior en un 20 % aproximado al volumen requerido para la mezcla de sobrealimento, garantizando así que en el tanque tenga un espacio libre para la mezcla del sobrealimento, lo que evita posibles atascos de los productos.

7.1.3.2 Cálculo del espesor

Para determinar el espesor del cilindro de pared delgada, se utiliza el método de tubería a presión (1.9).

$$e = \frac{P_{media} \cdot d}{2} \cdot \frac{1}{\sigma_{adm} \cdot m} + C \quad (1.9)$$

Donde:

e espesor, en cm;

P_{media} presión media, en $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$;

d diámetro interno, en cm;

- σ_{adm} esfuerzo admisible del acero AISI 304, en $\frac{kg}{cm^2}$;
- m módulo de la junta, en Anexo A.1;
- c tolerancia del material, en Anexo A.1.

Es necesario determinar la presión media ejercida en el tanque central mostrada en (1.5).

$$P_{media} = 1500 \cdot 9,81 \cdot 2$$

$$P_{media} = 29430 \text{ Pa}$$

$$P_{media} = 3,001 \frac{kgf}{cm^2}$$

Reemplazando los valores conocidos en (1.9), obteniendo que el espesor es:

$$e = \frac{3,001 \cdot 120,6}{2} \cdot \frac{1}{2300 \cdot 0,85} + 0,12$$

$$e = 0,213 \text{ cm}$$

$$e = 3 \text{ mm}$$

7.1.3.3 Cálculo por límite a la fluencia

Para la determinación del esfuerzo máximo por el método del límite a la fluencia, se calcula con (1.10).

$$\sigma_{max} = \frac{P_{media} \cdot D_m}{4 \cdot e} \quad (1.10)$$

Donde:

σ_{max} esfuerzo máximo admisible, en MPa;

P_{media} presión media, en Pa;

D_m diámetro medio, en m;

e espesor, en m.

Para determinar el diámetro medio, es necesario utilizar la fórmula de diámetro medio (1.11).

$$D_m = \frac{D_{ext} + D_{int}}{2} \quad (1.11)$$

Donde:

D_m diámetro medio, en m;

D_{ext} diámetro exterior, en m;

D_{int} diámetro interior, en m.

Reemplazando los valores en (1.11), se obtiene que el diámetro medio es de:

$$D_m = \frac{1,206 + 1,212}{2}$$

$$D_m = 1,209 \text{ m}$$

Una vez obtenido el diámetro medio, se reemplaza en (1.10) y se obtiene el esfuerzo máximo de:

$$\sigma_{max} = \frac{29430 \cdot 1,209}{4 \cdot 0,003}$$

$$\sigma_{max} = 2,96 \text{ MPa}$$

Por lo que:

$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

El esfuerzo máximo es menor al esfuerzo admisible para el acero AISI 304 (acero inoxidable) por lo que se concluye que la determinación del espesor es el correcto.

7.1.4. Diseño del Eje de la Transmisión

Una vez definido los pesos totales que reposan sobre el eje de transmisión, se presenta una tabla especificando cada peso y por ende la fuerza que ejercen sobre el eje como se muestra en la Tabla 1.41.

Tabla 1.41. Peso y Fuerza que reposa en el Eje de Transmisión

Elemento	Peso (kg)	Fuerza (N)
Tolva 1	19,46	190,90
Tolva 2	8,273	81,159
Tolva 3	22,49	220,63
2 Pistones Lineales	3,54	34,73
Estructura	283,5	2781,14
Tanque Central	204	2001,24
Aspas	40	392,4
Sobrealimento	182	1785,42

Elemento	Peso (kg)	Fuerza (N)
Recubrimiento Estructura [35]	81,97	804,13
TOTAL	845,23	8291,74

Una vez que se conoce la fuerza neta que reposa sobre el eje de transmisión, se utiliza la teoría de VON MISES [36] como se muestra en (1.12)

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{Sea}{Sna} + \frac{Sef}{Snf}\right)^2 + \left(\frac{Ses}{Sns}\right)^2} \quad (1.12)$$

Donde:

Sea σ de tracción, en N;

Sef σ de flexión, en N;

Ses σ de torsión, en N.

Es importante destacar que el torque es constante y que a su vez, no existe esfuerzo de tracción por lo que:

$$Sea = 0$$

No existe fuerza axial.

7.1.4.1 Esfuerzo medio de flexión

Para determinar el esfuerzo medio de flexión, se efectúa como se muestra en (1.13).

$$Saf = \frac{Saf_{max} - Saf_{min}}{2} \quad (1.13)$$

Donde:

Saf σ de tracción, en N;

Saf_{max} σ de flexión, en N;

Saf_{min} σ de torsión, en N.

Si se trata de una sección circular, como es el caso del eje en la transmisión, la ecuación (1.13) quedaría:

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

7.1.4.2 Resistencia a la fatiga

Es importante mencionar que el esfuerzo por torsión es constante. Entonces, si se analiza por resistencia a la fatiga, se tiene que (1.14).

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_r \cdot K_o \cdot S_e' \quad (1.14)$$

Donde:

- S_n resistencia a la fatiga, en Anexo A.2;
- K_a factor acabado superficial, en Anexo A.5;
- K_b factor de tamaño, en Anexo A.6;
- K_c factor de temperatura, en Anexo A.7;
- K_r factor de efectos diversos, en Anexo A.8;
- K_o factor de corrección, en Anexo A.9;
- S_n' límite de fatiga de material, en Anexo A.3.

Reemplazando en (1.14), se tiene que:

$$S_n = 217,751 \text{ MPa}$$

Para determinar la velocidad angular tangencial, se asume una velocidad promedio del tractor de 50 km/h lo que equivale a 2734,03 ft/min, efectuándose con (1.15).

$$\omega_t = \frac{33000 \cdot P}{V_t} \quad (1.15)$$

Donde:

- ω_t velocidad angular, en lbf ;
- P potencia, en HP ;
- V_t velocidad tangencial, en $\frac{ft}{min}$.

Reemplazando los valores en (1.15), se obtiene que:

$$\omega_t = \frac{33000 \cdot 98,9}{2734,03}$$

$$\omega_t = 1193,73 \text{ lbf}$$

$$\omega_t = 5,30998 \text{ kN}$$

7.1.4.3 Cálculo de las reacciones

Para determinar las reacciones que suceden en el eje de transmisión, es necesario identificar las fuerzas que se aplican de forma tangencial y radial como se muestra en la Figura 1.20.

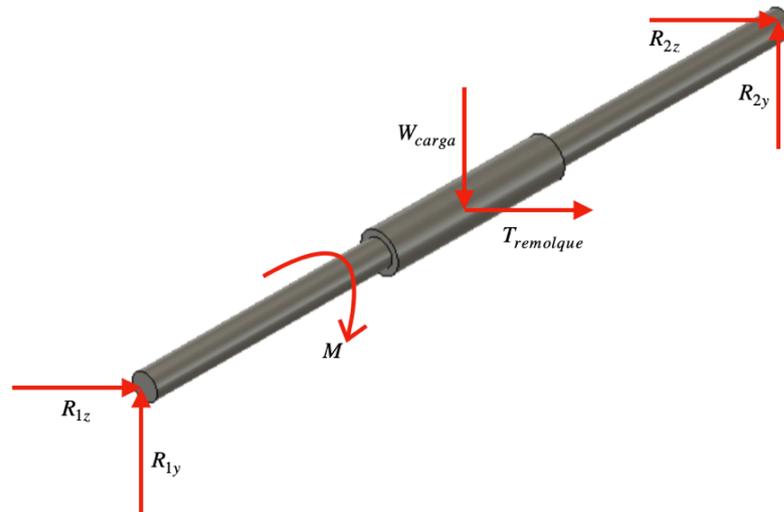


Figura 1.20. Reacciones sobre el Eje de Transmisión

Una vez identificadas las reacciones sobre el eje de transmisión, es necesario determinarlas. En primera instancia, se tomará como referencia el Plano XY representado en la Figura 1.21.

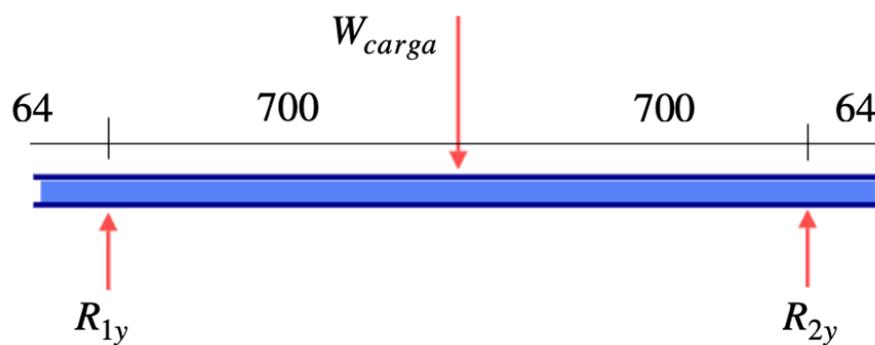


Figura 1.21. Reacciones sobre el Eje de Transmisión - Plano XY

A través del sumatorio de fuerzas en Y, y sumatorio de momentos respecto al punto A, se determina que:

$$R_{1y} = 4146 \text{ N}$$

$$R_{2y} = 4146 \text{ N}$$

Obtenidos los valores de reacciones, es posible obtener el diagrama de cortantes y momentos para el eje de la transmisión como se muestra en la Figura 1.22 y 1.23.

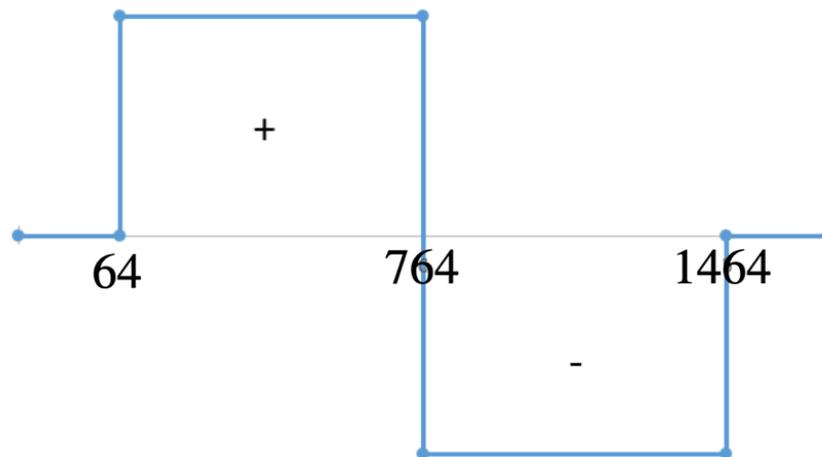


Figura 1.22. Diagrama de Cortantes - Plano XY

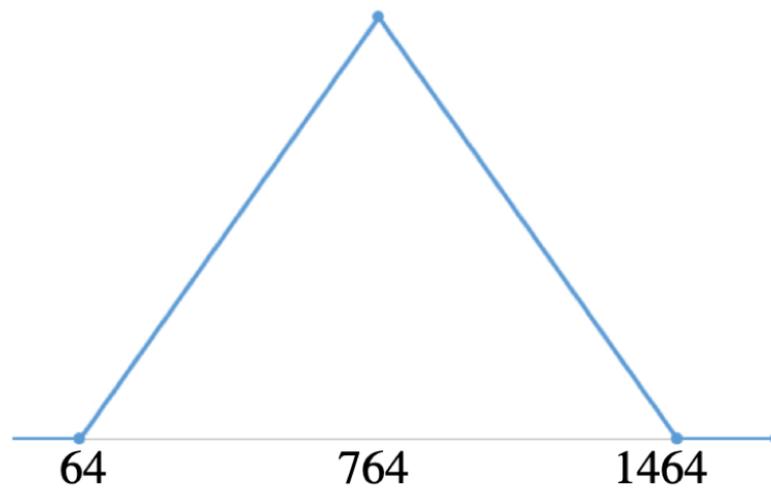


Figura 1.23. Diagrama de Momentos - Plano XY

En segunda instancia, se tomará como referencia el Plano XZ representado en la Figura 1.24.

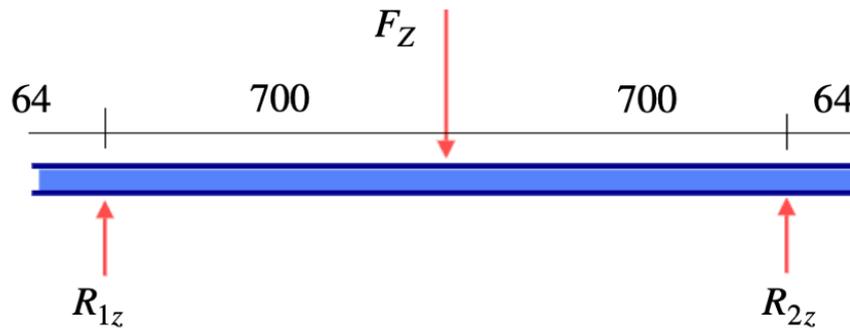


Figura 1.24. Reacciones sobre el Eje de Transmisión - Plano XZ

A través del sumatorio de fuerzas en Z, y sumatorio de momentos respecto al punto A, se determina que:

$$R_{1y} = 7500 \text{ N}$$

$$R_{2y} = 7500 \text{ N}$$

Obtenido los valores de reacciones, es posible obtener el diagrama de cortantes y momentos para el eje de la transmisión como se muestra en la Figura 1.25 y 1.26.

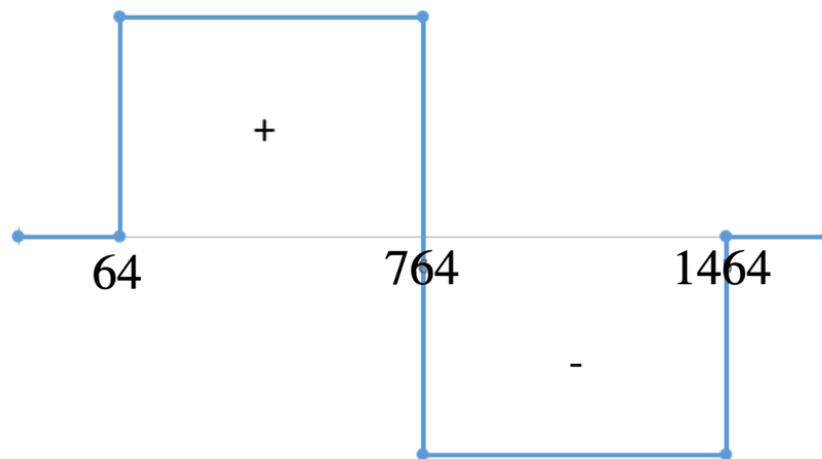


Figura 1.25. Diagrama de Cortantes - Plano XZ

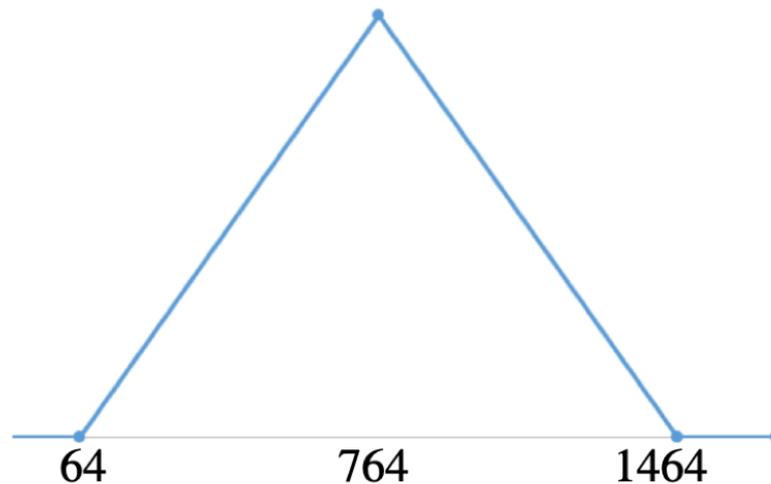


Figura 1.26. Diagrama de Momentos - Plano XZ

7.1.4.4 Determinación del torque sobre el eje de transmisión

Para determinar el torque ejercido sobre el eje de la transmisión, se utiliza (1.16).

$$P = T \cdot \omega_t \quad (1.16)$$

Donde:

P potencia, en HP;

T torque, en $N \cdot m$;

ω_t velocidad angular, en $\frac{rev}{min}$.

Reemplazando y despejando el torque con los valores en (1.16), se obtiene que:

$$T = \frac{P}{\omega_t}$$

$$T = 335,496 \text{ N} \cdot \text{m}$$

7.1.4.5 Determinación del diámetro del eje de la transmisión

Para determinar el diámetro del eje se utiliza (1.17) de la recta modificada de Goodman para una inversión completa y de torque constante.

$$\sqrt{\sigma A^2 + 3 \cdot \tau A} = \left(\frac{S_e}{n}\right)^2 \quad (1.17)$$

Donde:

- σ_{eq} esfuerzo equivalente, en Pa;
 σ_A esfuerzo máximo del punto A, en Pa;
 τ_A torque máximo del punto A, en Pa.

Despejando de (1.17) se encuentra el diámetro del eje dado por:

$$dA = \sqrt[3]{n \cdot \left(\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot Se} + \frac{\sqrt{2} \cdot 16 \cdot T}{\pi \cdot Sut} \right)} \quad (1.18)$$

Donde:

- dA diámetro del eje, en m;
 M momento máximo, en N * m;
 Se resistencia a la fatiga, en MPa;
 T torque constante, en N * m;
 Sut resistencia máxima, en MPa.

Reemplazando en (1.18), se obtiene el diámetro del eje dado por:

$$dA = \sqrt[3]{2 \cdot \left(\frac{32 \cdot 300}{\pi \cdot 213,751} + \frac{\sqrt{3} \cdot 16 \cdot 335,496}{\pi \cdot 410} \right)}$$

$$dA = 0,055716 \text{ m}$$

$$dA = 6 \text{ cm}$$

Es importante destacar, que se utiliza un factor de seguridad de 2, debido a las posibles cargas parásitas que puedan existir, garantizando así, su correcto dimensionamiento y funcionamiento de la máquina procesadora de alimento.

7.1.5. Diseño de la Estructura

Si la estructura es rígida, se puede garantizar que los elementos sujetos en la estructura funcionarán de manera correcta [12]. Existen 3 rangos de precisión en los límites de flexión recomendada como se muestra en la Tabla 1.42.

Tabla 1.42. Límites de Deflexión Recomendada [12]

Descripción	Desplazamiento máximo (mm)
Parte general de una máquina	$\frac{Y_{max}}{L} = 0,0005$ a $0,003$
Precisión moderada	$\frac{Y_{max}}{L} = 0,00001$ a $0,0005$
Alta precisión	$\frac{Y_{max}}{L} = 0,000001$ a $0,00001$

7.1.5.1 Diseño y cálculo de la viga principal

Para el diseño de la viga principal, se considera la viga que soporta el peso del tanque central como se muestra en la Tabla 1.43.

Tabla 1.43. Peso y Fuerza que reposa sobre la Viga Principal

Elemento	Peso (kg)	Fuerza (N)
Reposo de Tolvas en Tanque	15	147,15
2 Pistones Lineales	3,54	34,73
Tanque Central	204	2001,24
Aspas	40	392,4
Sobrealimento	182	1785,42
TOTAL	444,54	4361

En la Figura 1.27, es posible visualizar la viga principal empotrada con una carga distribuida.

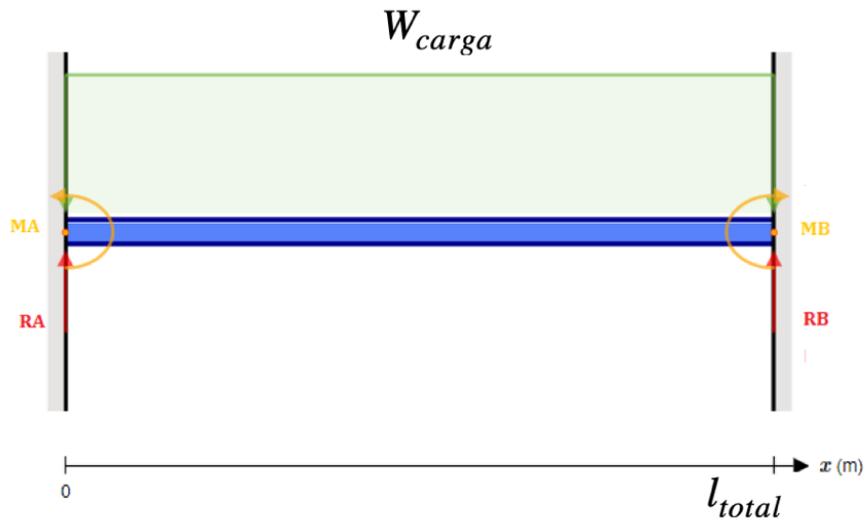


Figura 1.27. Viga Principal empotrada en los extremos con Carga Distribuida

Una vez que se conocen cuáles son las reacciones que actúan sobre la viga principal, se calculan las reacciones y momentos a través de (1.19) y (1.20).

$$R1 = R2 = \frac{\omega \cdot l}{2} \quad (1.19)$$

$$M1 = M2 = \frac{\omega \cdot l^2}{12} \quad (1.20)$$

Donde:

$R1$ reacción 1, en N;

$R2$ reacción 2, en N;

$M1$ momento 1, en N;

$M2$ momento 2, en N;

ω peso, en $\frac{N}{m}$.

Reemplazando los valores en (1.19) y (1.20), obteniendo que:

$$R1 = R2 = \frac{2000 \cdot 1,206}{2}$$

$$R1 = R2 = 1206 \text{ N}$$

$$M1 = M2 = \frac{4000 \cdot 1,206^2}{12}$$

$$M1 = M2 = 484,812 \text{ N} \cdot \text{m}$$

7.1.5.2 Diseño por rigidez de la viga principal

Según la deflexión admisible para un elemento de máquina de precisión moderada se considera en (1.21).

$$Y_{adm} = \frac{L}{2000} \quad (1.21)$$

Donde:

Y_{adm} deflexión admisible, en mm;

L longitud de la viga, en mm;

Reemplazado los valores conocidos en (1.21), se obtiene que:

$$Y_{adm} = \frac{1206}{2000}$$

$$Y_{adm} = 0,603 \text{ mm}$$

$$Y_{adm} = Y_{max}$$

El desplazamiento máximo se calcula en (1.22).

$$Y_{max} = \frac{\omega \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (1.22)$$

Donde:

Y_{max} deflexión máxima, en m;

l longitud de la viga, en m;

E módulo de elasticidad del material, en GPa;

I momento de inercia, en m^4 .

$$I = \frac{4000 \cdot 1,206^4}{384 \cdot 200 \times 10^9 \cdot 0,603 \times 10^{-3}}$$

$$I = 1,827 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I = 18,27 \text{ cm}^4$$

$$I = 18,27 \cdot 3,5$$

$$I = 63,845 \text{ cm}^4$$

El límite de fluencia del acero estructural ASTM A - 500 (S_y) es de 36 kpsi lo que equivale a 245,16 MPa, según la información obtenida en el Anexo A.3. En (1.23), se muestra la forma

de obtener el esfuerzo.

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{S_y}{n} \quad (1.23)$$

Donde:

σ esfuerzo, en Pa;

M momento flector máximo, en N * m;

S_y límite de fluencia del acero estructural, en MPa;

W módulo resistente de la sección, en cm^3 ;

n factor de seguridad, adimensional.

Despejando el módulo resistente de la sección (W) y reemplazando valores en (1.23), se obtiene:

$$W = \frac{n \cdot M}{S_y}$$

$$W = \frac{3,5 \cdot 484,812}{245,16 \times 10^{-6}}$$

$$W = 6,921 \text{ cm}^3$$

7.1.5.3 Conclusión en la selección del perfil estructural

Teniendo el momento de inercia (I) y módulo resistente de la sección (W) requerida, se selecciona un perfil estructural que se acoja a lo necesario de acuerdo al Anexo A.3, concluyendo en un perfil cuadrado de lado 75 mm y grosor 3 mm.

7.1.6. Selección de los elementos complementarios del remolque

Existen sistemas adicionales que son necesarios señalar por el grado de importancia que tienen en la construcción del sistema, los cuales son: sistema de rodaje, sistema eléctrico, sistema de apoyo e implementos de seguridad.

7.1.6.1 Sistema de rodaje

A continuación, se presentan las características de los elementos seleccionados dentro de este sistema.

7.1.6.2 Puntas de eje

Se selecciona las puntas de eje posterior del tractor John Deere 6100D, en vista que este elemento se adapta a las condiciones de diseño y construcción, su característica principal es soportar eficientemente las cargas generadas en el prototipo.

7.1.6.3 Sistema eléctrico

Consta de un arnés principal porta cables (siete cables calibre 16), conector (macho, hembra), juego de luces (guías, frenos, retro, direccional), como se muestra en la Figura 1.28.

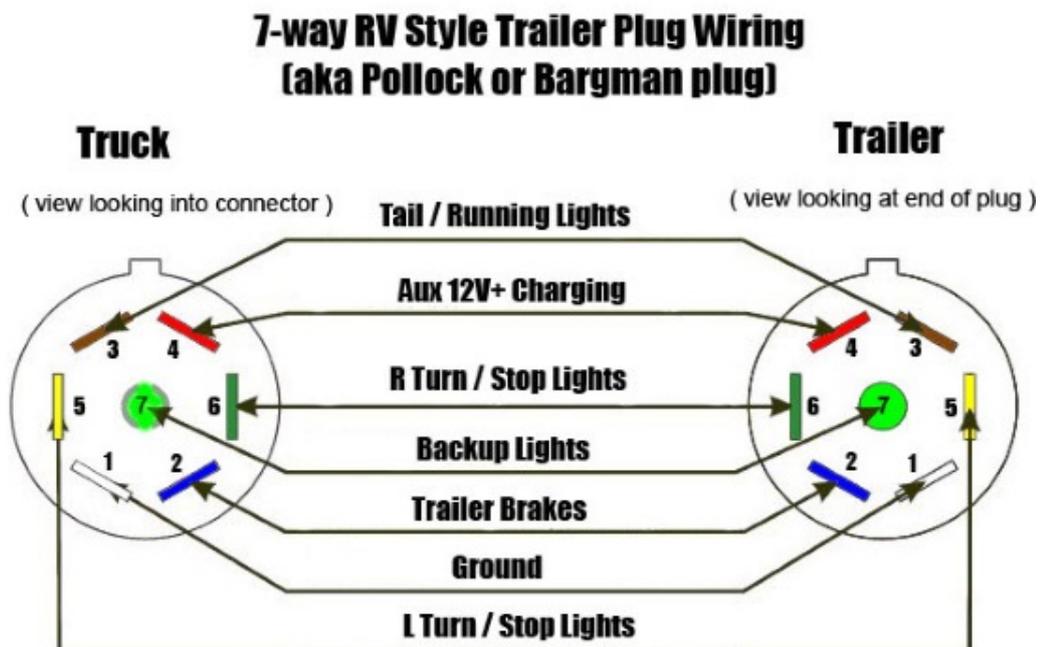


Figura 1.28. 7-way RV Style Trailer Plug Wiring [4]

Para que el sistema funcione, la señal es proporcionada por el tractor John Deere 6100D mediante derivaciones del sistema eléctrico del mismo como se muestra en el Anexo B.1.

7.1.7. Elemento de Apoyo al Desmontar el Remolque del Tractor

Se determina la necesidad de un elemento de apoyo en la parte delantera del prototipo, para evitar que el remolque se incline hacia delante una vez desenganchado del tractor John Deere 6100D. El esfuerzo máximo ejercido por el tractor sobre el sistema de arrastre es de 15000 N.m, que soporta el elemento de tiro; en tal virtud se encuentra la carga ejercida sobre el soporte delantero. El soporte delantero tiene una sujeción móvil vertical de sección circular, de diámetro 50 mm y espesor de 2 mm con 500 mm de largo (50 x 2 x 500); la sujeción consta de una guía (50.8 x 2 x 100 mm) por la cual se desliza el soporte, como se muestra en la Figura 1.29.

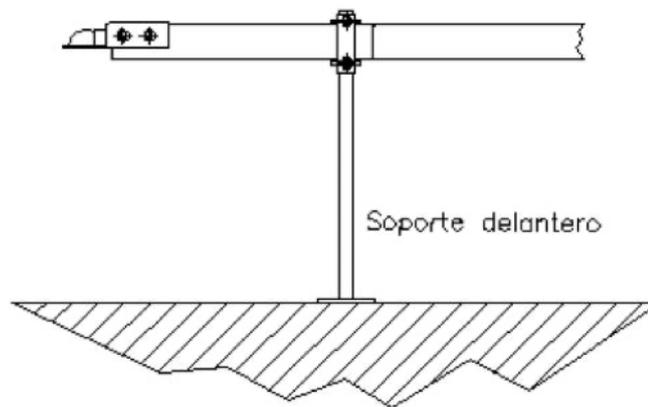


Figura 1.29. Soporte Dispuesto en el Remolque

El soporte consta de dos pares de agujeros que determinan dos diferentes niveles en la altura de este, la primera posición corresponde al punto máximo superior permitiendo así la movilización del remolque y la segunda posición en el punto más bajo donde complementa el tercer apoyo, para que el remolque permita el desmontaje seguro del mismo respecto al tractor John Deere 6100D.

7.1.8. Impacto de las Cuchillas en la Tolva 1

Es importante determinar si el impacto que sufren las cuchillas no supera la fuerza aplicada promedio, esto debido a que si el impacto supera la fuerza aplicada, éstas tenderán a flejar o romperse. Las cuchillas serán previamente seleccionadas dependiendo la disponibilidad en el mercado. Para esto, se calcula la aceleración angular, tangencial y fuerza

máxima de comparación en (1.24), (1.25) y (1.26).

$$\alpha = \frac{Wf - Wo}{t} \quad (1.24)$$

$$\alpha t = \alpha \cdot r \quad (1.25)$$

$$Ft = \alpha t \cdot m \quad (1.26)$$

Donde:

- α aceleración angular, en $\frac{rad}{s^2}$;
- αt aceleración tangencial, en $\frac{m}{s^2}$;
- Wf velocidad angular final, en $\frac{rad}{s}$;
- Wo velocidad angular inicial, en $\frac{rad}{s}$;
- r radio de giro, en m;
- m masa giratoria del plátano de rechazo, en kg.

Reemplazando valores en (1.24), (1.25) y (1.26), se obtiene que:

$$\alpha = \frac{78,54}{1,5}$$

$$\alpha = 53 \frac{rad}{s^2}$$

$$\alpha t = 0,225 \cdot 52,36$$

$$\alpha t = 11,78 \frac{m}{s^2}$$

$$Ft = 11,78 \cdot 0,291$$

$$Ft = 3,42 \text{ N}$$

Una vez determinada la aceleración angular, la aceleración tangencial y la fuerza máxima a comparar, se concluye que no existirá deformación porque el rango admisible de las cuchillas está entre 18 y 30 N.

7.2. Dimensionamiento Electrónico

El dimensionamiento electrónico se basa de acuerdo a los componentes electrónicos que la procesadora de alimento tiene, como se muestra en la Figura 1.30. El sistema tiene entradas analógicas y digitales, y además cuenta con 2 salidas digitales.

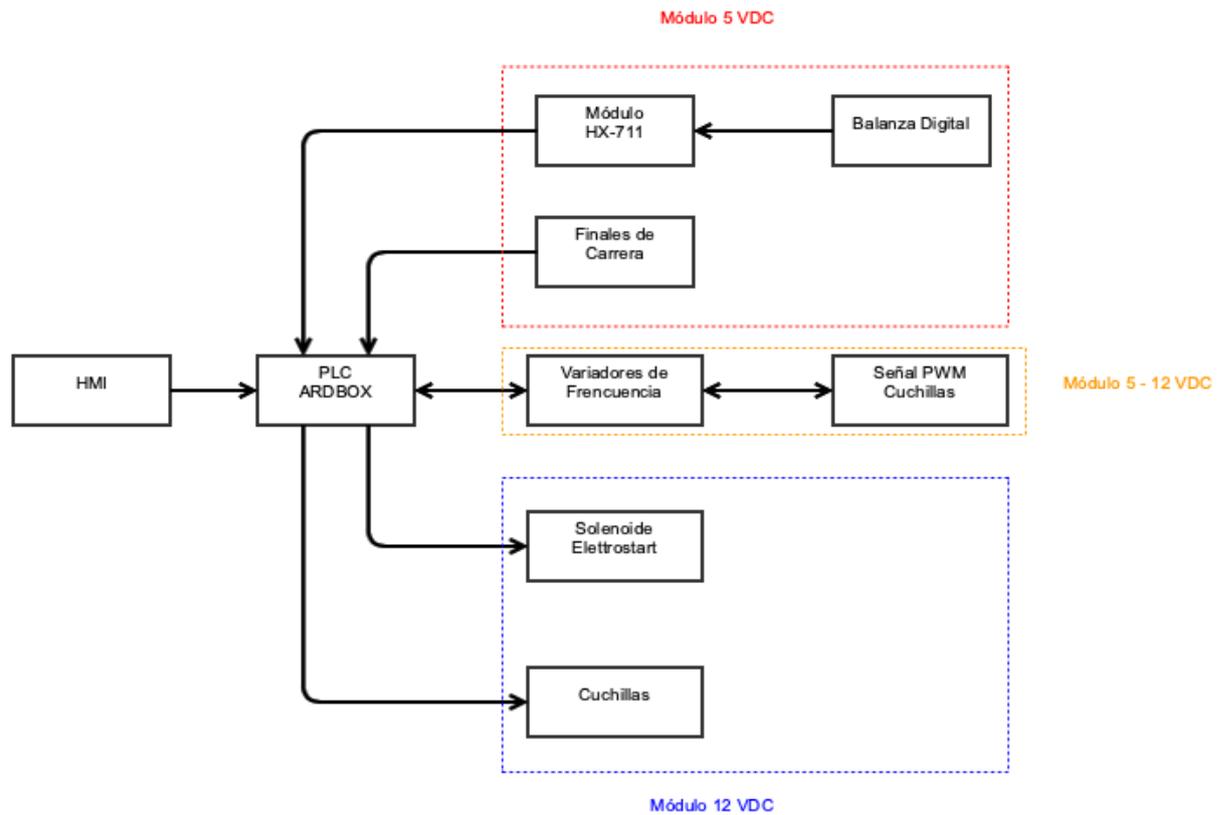


Figura 1.30. Diagrama de Bloques del Sistema

Una vez determinados los componentes y módulos electrónicos, se analiza cada uno de estos, para finalmente determinar la fuente de alimentación para el HMI, PLC y salidas digitales.

7.2.1. Módulo de Control Central PLC

Para el adiestramiento de las funciones de la procesadora de sobrealimento se utiliza un PLC Arduino ARDBOX que posee las características mostradas en la Tabla 1.44.

Tabla 1.44. Características del PLC Arduino [Anexo B.3]

Características	Ilustración
	10 entradas de 5 a 24V DC
	10 salidas de 5 a 24V DC
	Comunicación por USB, RS485, I2C y RS-232
	30W de Potencia
	Memoria Flash de 32 Kb
	Velocidad de Procesamiento de 16 MHz
	Alimentación de 12 a 24V DC

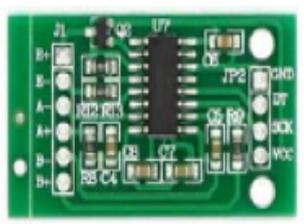
Las funciones a ser ejecutadas en la máquina procesadora de alimento son:

- Encendido de la máquina.
- Interpretar y procesar las órdenes ingresadas.
- Enviar señales de control para controlar la rapidez en el movimiento de las cuchillas para el corte del plátano verde de rechazo.
- Enviar señales de control a los 2 pistones lineales para la apertura y cierre de las compuertas de la Tolva 2 y tolva 3.
- A través de una conexión a internet, proveer información diaria sobre el proceso de mezclado al dueño de la hacienda ganadera “El Placer”.

7.2.2. Módulo de 5V DC

El módulo de 5V DC, es utilizado como fuente de alimentación para elementos de bajo consumo expuestos en la Tabla 1.45 con sus respectivas características.

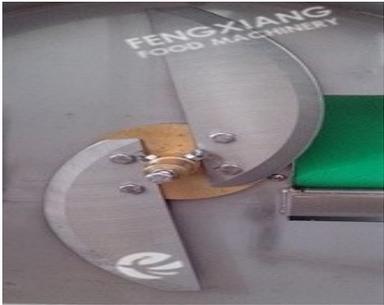
Tabla 1.45. Características de los Elementos de 5VDC [Anexo B.5]

Ilustración	Característica	Función
<p>Módulo HX711 (Amplificador de Señal y ADC)</p> 	<p>Voltaje: 2.7 - 5 VDC, Corriente: <1.5 mA, Ganancia del amplificador: 32, 64, 128.</p>	<p>Balanza digital para la estimación de la masa total de la mezcla de sobrealimento.</p>
<p>Microswitchs (Finales de Carrera)</p> 	<p>Voltaje: 3.3 - 12 VDC, Temperatura: -10 °C + 50 °C</p>	<p>Indicadores de cierre y apertura completa para las compuertas.</p>

7.2.3. Módulo de 12V DC

El módulo de 12V DC, es utilizado como fuente de alimentación para los pistones que el PLC controla, es importante detallar que las cuchillas son alimentadas por 12V DC y su rapidez se controla a través de la salida PWM que cuenta el PLC, los pistones lineales son alimentados con 12V DC y su accionar depende de si están alimentados o no. Las potencias totales de los elementos se detallan en la Tabla 1.46.

Tabla 1.46. Características de los Elementos de 12VDC [Anexo B.2]

Ilustración	Característica	Función
	<p>Pistón Lineal: Alimentación de 12 VDC o 24 VDC, Potencia de 41W, Fuerza de Arranque 4.3 Kg. Nota: Tomar en cuenta que son 2 pistones lineales</p>	<p>Pistón que al ser accionado o apagado, abre o cierra respectivamente las compuertas para la tolva 2 y 3.</p>
	<p>Cuerno de Buey Alimentación de 12 VDC o 24 VDC, Potencia de 30 W, Fuerza de Arranque 3.1 Kg</p>	<p>Cuchillas en la base inferior de la tolva 1 (pirámide truncada) para el corte del plátano verde de rechazo.</p>

7.2.4. Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación para los módulos y componentes electrónicos previamente detallados, tiene una potencia total de alrededor de 1.5kW, por lo que el detalle de consumo de cada módulo y elemento, se expone en la Tabla 1.47.

Tabla 1.47. Características de los Componentes Electrónicos del Sistema

Componentes	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)
Pistón Lineal	2	12	0.5
Cuerno de Buey	1	12	0.7
HX - 711	1	5	1.5×10^3
Finales de Carrera	4	5	0.1
PLC ARDBOX	1	12	2.5

Componentes	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)
Nextion Enhanced HMI	1	12	1

Una vez determinado el voltaje y corriente que cada elemento y módulo necesita, es necesario añadir un factor de corriente del 100% , esto debido a los picos de corriente que pueden surgir, previendo el cuidado de los elementos electrónicos. Se resume lo expuesto en la Tabla 1.48.

Tabla 1.48. Características de la Fuente de Alimentación con Factor de Seguridad

Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de Seguridad	Potencia (W)
5	0.2	2	2
12	6	2	144

7.2.5. Selección del Módulo de 5 VDC

Es importante destacar que se necesita un módulo de 5 VDC de voltaje, con capacidad de soportar una corriente mínima de 2 A de corriente y 10 W de potencia, por lo que se selecciona un módulo de la marca Mean Well de 12 W de potencia y 2.4 A de corriente. Se selecciona este por las características de protección de sobrecarga y sobre-tensión detallado en la ficha técnica en el Anexo B.5, su ilustración se presenta en la Figura 1.31.



Figura 1.31. Módulo 5 VDC - Mean Well DR - 15 (Anexo B.5)

7.2.6. Selección del Módulo de 12 VDC

Es importante destacar que se necesita un módulo también de 12 VDC de voltaje, con capacidad de soportar una corriente mínima de 16 A de corriente y 192 W de potencia,

por lo que se selecciona un módulo Mean Well de 196 W de potencia y 16 A de corriente. Se selecciona este, por las características de protección de sobrecarga y sobre-tensión detalladas en la ficha técnica en el Anexo B.4, su ilustración se presenta en la Figura 1.32.



Figura 1.32. Módulo 12 VDC - Mean Well EDR - 120 (Anexo B.4)

7.2.7. Protecciones

Es importante en un sistema electrónico, contar con protecciones que garanticen el correcto funcionamiento de los elementos y módulos por lo que mediante (1.27), se determina la salida de potencia de la fuente.

$$P_{sal} = V_{en} \cdot I_{en} \cdot f_p \quad (1.27)$$

Donde:

P_{sal} potencia de salida de la fuente, en W;

V_{en} voltaje RMS de entrada a la fuente, en V;

I_{en} corriente RMS de entrada a la fuente, en A;

f_p factor de potencia, adimensional.

Si despejamos I_{en} y reemplazamos los valores conocidos en (1.27) para la fuente de 12 V, se obtiene que:

$$I_{en} = \frac{P_{sal}}{V_{en} \cdot f_p}$$

$$I_{en} = \frac{144}{110 \cdot 100\%}$$

$$I_{en} = 1,309 \text{ A}$$

Para determinar la corriente pico se utiliza (1.28).

$$I_{pico} = \sqrt{2} \cdot I_{en} \quad (1.28)$$

Donde:

I_{pico} corriente pico de entrada a la fuente, en A;

I_{en} corriente RMS de entrada a la fuente, en A.

Se reemplazan los valores conocidos en (1.28) y se obtiene:

$$I_{pico} = \sqrt{2} \cdot 1,309$$

$$I_{pico} = 1,851 \text{ A}$$

Utilizando (1.27) y (1.28) para la fuente de 5 V, se obtiene un valor I_{pico} de 0,283 A.

7.2.7.1 Conclusión en la Selección de Protecciones

Una vez determinado la corriente RMS de entrada a la fuente de 5 y 12 [V] y la corriente pico de entrada a la fuente, se determina la necesidad de instalar 2 fusibles de 2A a 220 V.

7.2.8. Cableado

Para determinar el diámetro adecuado para los cables AWG a utilizarse en la máquina procesadora de alimento, se toma en cuenta los valores normalizados de cables en el Anexo B.6 del Estándar AWG.

Todo lo correspondiente al módulo de 5 VDC que vienen del módulo Mean Well DR - 15, se utiliza un calibre 28 AWG, mientras que todo lo correspondiente al módulo de 12 VDC del módulo Mean Well EDR - 120, se utiliza un calibre 19 AWG.

7.3. Diseño de Interfaz

La metodología OOHDM (Object Oriented Hypermedia Design Methodology) diseñada por D. Schwabe, G. Rossi y S. D. J. Barbosa, inspirada en el modelo HDM, propone el desarrollo de aplicaciones hipermedia mediante 4 etapas:

- Diseño conceptual.

- Diseño navegacional.
- Diseño de interfaces abstractas.
- Implementación

Teniendo por objetivo el tener ADV (Vistas Abstractas de Datos), lo que refiere a un entendimiento simplificado en la vista de datos.

7.3.1. ADV Inicial

En la Figura 1.33, se ilustra el ADV de inicio, en el cual se visualiza el accionamiento y paro de las cuchillas y 2 pistones lineales, además, le permite al operador aumentar o reducir la rapidez de giro de las cuchillas, así como un tiempo estimado de finalizado de la mezcla de sobrealimento.

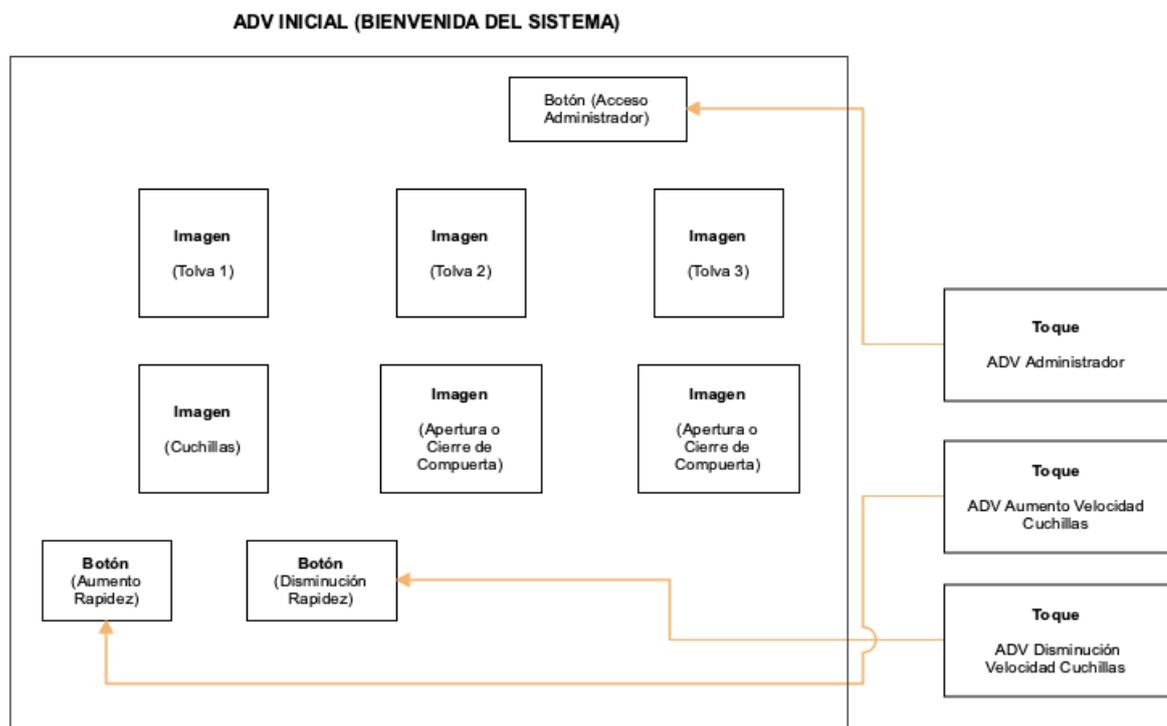


Figura 1.33. ADV Inicial

7.3.2. ADV Administrador

En la Figura 1.34, se ilustra el ADV de administrador, en el cual a través de un ID de usuario y una contraseña, se verifica que se trata del administrador y este, puede visualizar

el estado de los elementos electrónicos y los tiempos estimados de uso de la máquina en un periodo no mayor a 15 días.

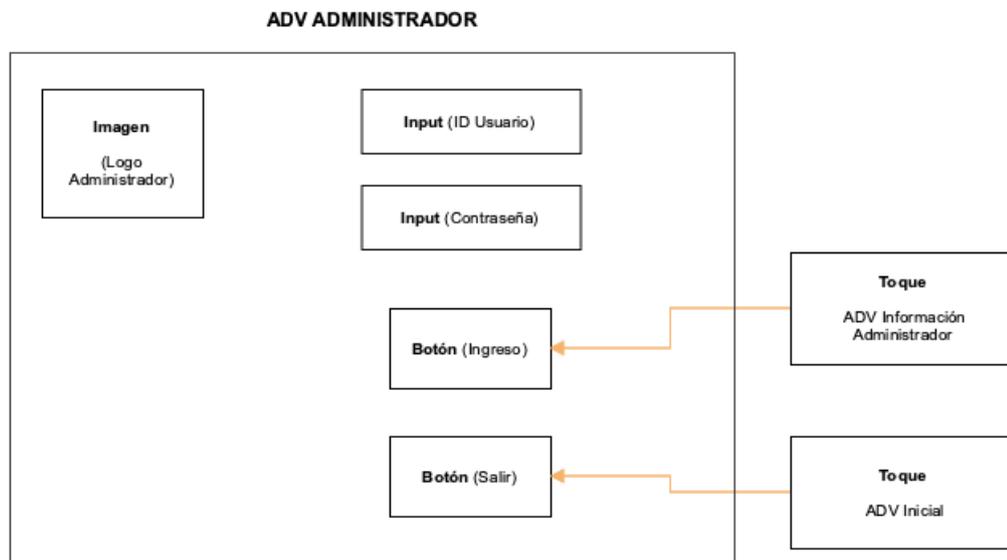


Figura 1.34. ADV Administrador

7.3.3. ADV Información Administrador

En la Figura 1.35, se ilustra el ADV con la información de administrador, en el que se indica el estado ON/OFF de los elementos electrónicos y los tiempos estimados de uso de la máquina en un periodo no mayor a 15 días, este acceso es posible únicamente para el administrador.

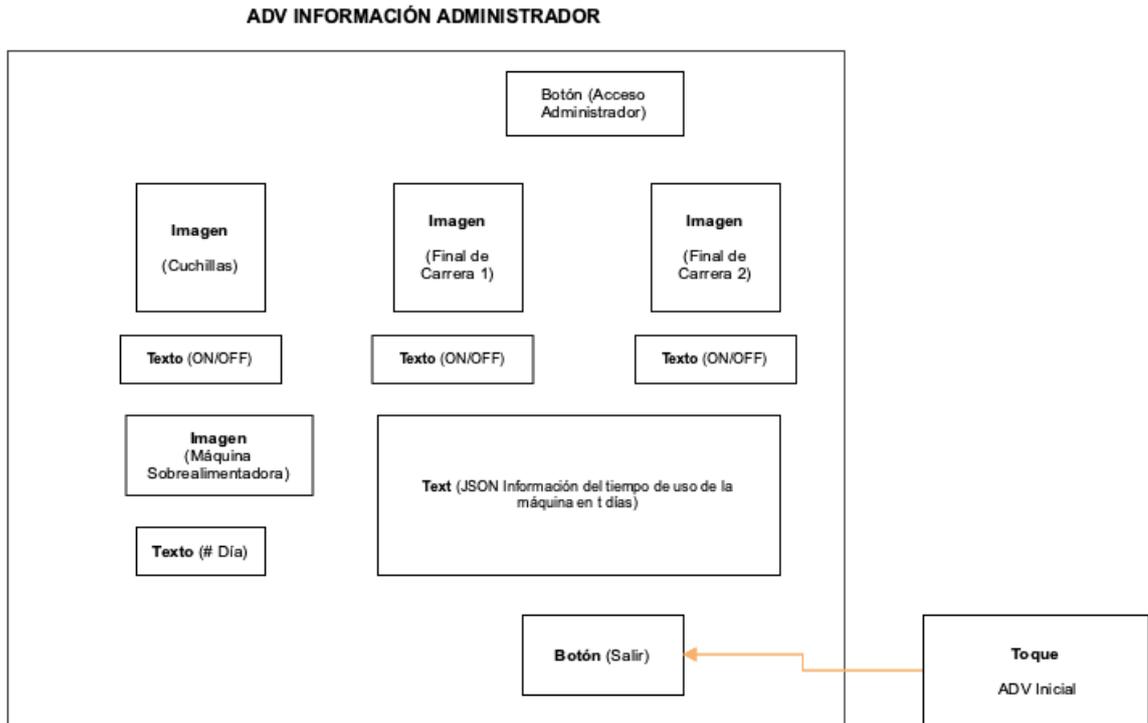


Figura 1.35. ADV Información Administrador

7.4. Implementación del HMI

Una vez desarrollada la interfaz y probada junto a la simulación, se tiene como resultado lo expuesto en la Figura 1.36. Como se observa en la ilustración, se tiene una imagen del sistema con pulsadores que cambian de color de verde a rojo al ser accionados, de igual forma, los pulsadores para el encendido del sistema y paro a través del selector y paro de emergencia respectivamente. Una vez que la balanza digital mida el peso del producto que se encuentra en el tanque central y este se encuentre entre 400 y 410 libras (que es la capacidad máxima del equipo), se encenderá el indicador de que la mezcla de sobrealimento ha llegado al peso deseado.

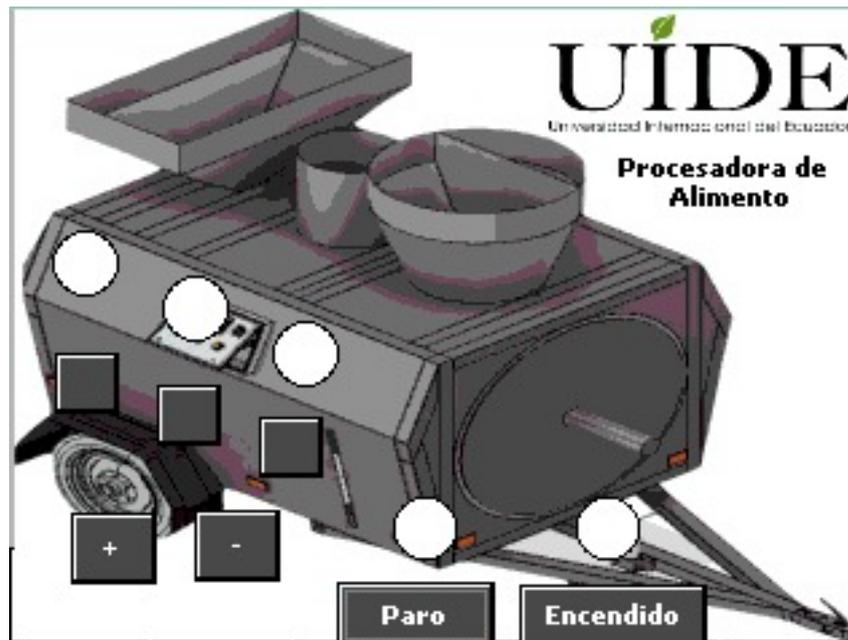


Figura 1.36. ADV Implementado en el HMI

7.5. Algoritmo General de Programación

Cuando la procesadora de alimento se energiza a través de la toma de fuerza del tractor John Deere 6100D, se llenan las tolvas con el producto establecido para la procesadora de sobrealimento. Una vez que las mismas se encuentren cargadas con el producto, se accionan las cuchillas cortadoras del plátano verde de rechazo y dependiendo el criterio del operador se abren o cierran las tolvas 2 y 3 según la mezcla, como se observa en la Figura 1.37, las demás subrutinas se encuentran detalladas en los Anexos.

8. Conclusiones

- La investigación del principio de funcionamiento de las cortadoras de plátano y mezcladoras de sobrealimento, permite evidenciar la existencia en el mercado de este tipo de máquinas por separado, por lo que unificarlas en un diseño conjunto, reduciría costos y tiempo en la implementación del sistema para la producción de sobrealimento en la hacienda ganadera “El Placer”.
- Para la selección de los mecanismos, partes y componentes, se utiliza el método de evaluación de soluciones más viable en la etapa de diseño conceptual, pues este es el método ordinal corregido de criterios ponderados que permite obtener resultados

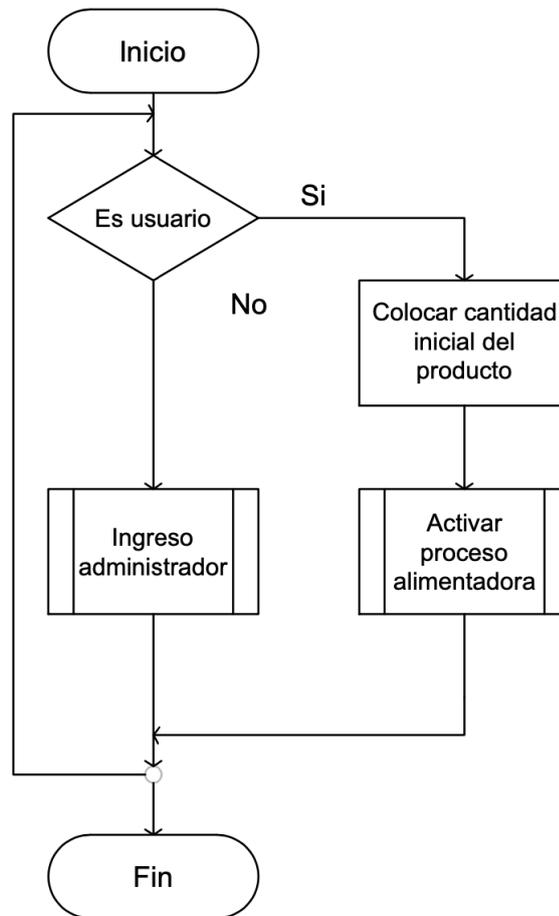


Figura 1.37. Algoritmo General

globales suficientemente significativos, evaluando las diferentes alternativas existentes en el mercado para finalmente a través de la comparación de criterios, tomar una decisión y seleccionar.

- Una correcta investigación en fuentes bibliográficas tales como libros, papers y tesis, orientadas al diseño de maquinaria ganadera permite tener una idea clara del cálculo necesario para el diseño de los diferentes elementos de sujeción y soporte para la cortadora de plátano verde y mezcladora de sobrealimento.

9. Recomendaciones

- Es importante investigar la existencia en el mercado de la maquinaria agrícola requerida y evaluar si es conveniente desarrollar el diseño y construcción de un sistema, evaluando el costo - beneficio, debido a que, para la implementación, se debe de

seguir un riguroso proceso de pruebas en el funcionamiento para la calibración del sistema en el lugar de trabajo lo que conlleva tiempo y dinero, por lo que si la máquina requerida es de alta importancia, se recomienda entonces optar por las existentes en el mercado.

- Se recomienda realizar los cálculos para los elementos de sujeción del sistema con lo existente en el mercado ecuatoriano, esto puede evitar demoras en el proceso de construcción y además facilitar la adquisición de los diferentes componentes a ser utilizados.
- Se recomienda construir todos los componentes de la cortadora de plátano y mezcladora de sobrealimento con los detalles mostrados en cada uno de los planos para lo cual es necesario contar con personal calificado asegurándose un correcto funcionamiento del sistema y facilitando el proceso de montaje.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. t. m. a. machinery, cattle feed mixer 13 cbm digital loadcell. [En línea]. Disponible: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/cattle-feed-mixer-13-cbm-digital-loadcell-and-loader-feed-mixer-50031980944.html?spm=a2700.8699010.29.31.2cb67034rmopqE>. [Fecha de consulta: Noviembre 2019]
- [2] A. GASTÓN, “Análisis de las condiciones de almacenamiento hermético de granos (si los bolsa) basadas en la modelización de los procesos de transferencia de energía, masa y momento alien arias barreto1, rita abalone2 y,” *Seminario organizado por el Instituto de Estudios de Ciencia y Tecnología “Amílcar Argüelles” y su Sección ECA-MAT, de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires, el 1 de diciembre de 2015*, p. 30.
- [3] M. gallardo, uso de productos para la ganadería,. [En línea]. Disponible: Available: <http://amanecerrural.com.ar/es/noticia/4550-revista-uso-de-subproductos-para-la-ganaderia>. [Fecha de consulta: Marzo 2020]
- [4] T. Yaguchi y T. Shibuya, “Tractor,” Nov. 27 2018, uS Patent App. 07/290,730.
- [5] El comercio, tres tipos de plátanos que se cosechan. [En línea]. Disponible: Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/tres-tipos-de-platano-se.html> [Fecha de consulta: Enero 2020]
- [6] E. Pérez, M. Ruiz, y D. Pezo, “Suplementación de bovinos con plátano verde,” *MAG, Costa Rica*, vol. 14, no. 1, pp. 61–66, Julio 1990.
- [7] J. Ortega, “Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banana (*musa acuminata* aaa) de rechazo en el desarrollo de películas biodegradables,” Ph.D. dissertation, Fac. de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2016.
- [8] J. F. Mármoll, Z. Chirinos, y D. E. Morillo, “Efecto de la sustitución parcial del alimento concentrado por pastoreo con *leucaena leucocephala* sobre la producción y caracterís-

- ticas de la leche y variación de peso de vacas mestizas,” *Revista Científica FCV-LUZ*, vol. 6, no. 3, pp. 149–154, 1996.
- [9] H. M. Cortes, J. R. Vignau, y A. F. C. Ruelas, “Evaluación de dos suplementos minerales para bovinos en pastoreo en yucatán,” *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 28, no. 2, pp. 111–115, 1990.
- [10] U. Europea, “Reglamento (ce) nº 1935/2004 del parlamento europeo y del consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las directivas 80/590/cee y 89/109/cee.” *Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea*, vol. 1169, 2004.
- [11] M. E. Coto Reyes, “Diseño del sistema de propulsión y elementos de remolque de un remolcador de altura de 633 gt y 65 tn de tiro,” 2013.
- [12] J. McCORMAC, *Diseño de estructuras de acero*. Alfaomega Grupo Editor, 2012.
- [13] Leaving, commercial banana chips cutter maching slicing. [En línea]. Disponible: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/commercial-banana-chips-cutter-machine-slicing-machine-60576006768.html?spm=a2700.8699010.normalList.11.7bea250a0phYjos=p>. [Fecha de consulta: Noviembre 2019]
- [14] Tengsheng, slicing machine for banana chips. [En línea]. Disponible: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/large-capacity-best-price-plantain-slicing-machine-for-banana-chips-60720802923.html?spm=a2700.8699010.normalList.5.7bea250a0phYjos=p>. [Fecha de consulta: Noviembre 2019]
- [15] Alina, zhaoqing fengxiang food machinery co. ltd. [En línea]. Disponible: <http://www.fengxiangfoodmachinery.com/ginger-slicer-3513985.html>. [Fecha de consulta: Noviembre 2020]
- [16] Z. t. t. co, banana slicing machine chips slicer. [En línea]. Disponible: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/banana->

- slicing-machine-banana-chips-slicer-philippine-banana-chips-slicing-machine-60849906404.html?spm=a2700.8699010.normalList.19.7bea250a0phYjo. [Fecha de consulta: Noviembre 2019]
- [17] G. g. m. factory, electric fruit slicer banana cutting olive slicing machine. [En línea]. Disponible: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/electric-fruit-slicer-banana-cutting-olive-slicing-machine-60764292983.html?spm=a2700.8699010.normalList.31.7bea250a0phYjo>. [Fecha de consulta: Octubre 2019]
- [18] L. shandong yuejiang machinery co, vertical cattle feed mixer. [En línea]. Disponible: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/vertical-cattle-feed-mixer-60277364324.html?spm=a2700.8699010.29.26.2cb67034rmopqE>. [Fecha de consulta: Octubre 2019]
- [19] L. zhengzhou joycan machinery co., cattle feed mixer wagon dairy farm. [En línea]. Disponible: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/cattle-feed-mixer-wagon-dairy-farm-equipment-tmr-cattle-feed-mixer-60781723363.html?spm=a2700.8699010.29.41.2cb67034rmopqE> [Fecha de consulta: Noviembre 2019]
- [20] L. zhangkiagang chuangu machinery co., feed spreader feed mixer spreading for cow farm. [En línea]. Disponible: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/feed-spreader-feed-mixer-spreading-for-cow-farm-5cbm-60834361145.html?spm=a2700.8699010.29.51.2cb67034rmopqE>. [Fecha de consulta: Noviembre 2019]
- [21] L. jinan mulong machinery co., small animal feed mixer in kenya. [En línea]. Disponible: L. Jinan Mulong Machinery Co., «Alibaba,» 2018. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/small-animal-feed-mixer-in-kenya-poultry-feed-mixing-machine-60869559245.html?spm>. [Fecha de consulta: Octubre 2019]

- [22] Instituto nacional de investigaciones agropecuarias, banano, plátano y otras musáceas. [En línea]. Disponible: Available: <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/banano-platano-y-otras-musaceas/> [Fecha de consulta: Diciembre 2019]
- [23] Metroecuador, los beneficios del platano verde. [En línea]. Disponible: Available: <https://www.metroecuador.com.ec/ec/estilodevida/2016/06/03/beneficios-platano-o-verde.html> [Fecha de consulta: Febrero 2020]
- [24] M. A. Cárdenas, S. Godoy, N. E. Obispo, y C. F. Chico, "Sustitución total del maíz por el germen desgrasado y afrecho de maíz en la dieta de vacas lecheras," *Zootecnia Tropical*, vol. 20, no. 2, pp. 247–258, 2002.
- [25] V. M. Santos Tugendhat, "Estudio de factibilidad de elaboración de extracto de afrecho en la provincia del guayas," B.S. thesis, 2014.
- [26] A. Villacrés y M. Bedoya Stabenor, "Disponibilidad y uso de insumos para la formulación de raciones en ganadería de lechetrabajos seleccionados sobre producción lechera en la sierra ecuatoriana," *Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito (Ecuador) IICA*, vol. 4, pp. 59–62, 1994.
- [27] M. Gallardo, "Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes," *XXI Curso internacional de lechería para profesionales de América Latina*, pp. 153–162, 2008.
- [28] Contexto ganadero, conozca las seis propiedades de la melaza para la nutrición de los bovinos, ganadería sostenible. [En línea]. Disponible: Available: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/conozca-las-6-propiedades-de-la-melaza-para-la-nutricion-de-bovinos>. [Fecha de consulta: Febrero 2020]
- [29] Gilbert, uso adecuado en nutrición animal, unipi. [En línea]. Disponible: Available: <http://www.ini.unipi.it/stevia/Suplemento/PAG40003.HTM> [Fecha de consulta: Marzo 2020]

- [30] M. Gallardo, "Ganadería de precisión: Uso de subproductos de la agroindustria," *Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en línea en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>(Acceso 11.02. 18)*, pp. 6–8, 2018.
- [31] J. X. Mosquera Mármol, "Diseño de un sistema de buenas prácticas de ordeño basado en la resolución magap-agrocalidad n° 0217 para la hacienda san José del Belén en el sector de tambillo," Tesis de maestría, PUCE-Quito, 2019.
- [32] A. E. Castillo Román, "Diseño de un silo cilíndrico de fondo plano para almacenamiento de maíz con capacidad de 50 toneladas," B.S. thesis, 2013.
- [33] L. F. Calle Landázuri y F. F. Rodríguez Herrera, "Diseño de silos cuadrados con chapa de pared trapecial para almacenamiento de productos granulares, pulverulentos mediante una hoja de cálculo," B.S. thesis, 2009.
- [34] P. A. Aranda Burckhardt, "Diseño de tanques de acero soldado apoyados sobre el suelo para almacenamiento de hidrocarburos," 2011.
- [35] D. F. Ortega Peralvo y F. S. Torres Andrade, "Diseño de un silo de fondo cónico para almacenar maíz con capacidad de 25 toneladas con carga y descarga," B.S. thesis, 2016.
- [36] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. McGraw-Hill Interamericana, 2012, vol. 6.