

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 10-04-2012	Revisión A
Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(126)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	CARLOS ALBERTO MALDONADO FONTALVO MIGUEL EDGARDO PAREDES AMARIS		
FACULTAD	INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA MECANICA		
DIRECTOR	JUAN GUILLERMO GARCIA RINCON		
TÍTULO DE LA TESIS	DESARROLLO DE UNA PRENSA HORIZONTAL PARA LA COMPACTACIÓN DE MATERIAL VERDE PICADO EN BOLSA PLÁSTICA PARA EL SECTOR PRODUCTIVO AGRÍCOLA DE LA PROVINCIA DE OCAÑA		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>LOS FORRAJES CONSTITUYEN LA FUENTE MÁS ECONÓMICA DE NUTRIENTES PARA EL GANADO Y SU DISPONIBILIDAD SE CARACTERIZA POR ÉPOCAS DE ABUNDANCIA QUE COINCIDEN CON LAS LLUVIAS; Y DE ESCASEZ, QUE COINCIDEN CON LA SEQUÍA. LA INNOVACIÓN Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN EL ÁMBITO AGRÍCOLA SE HAN CONVERTIDO EN UN PATRIMONIO MUY VALIOSO PARA LAS ECONOMÍAS Y SOCIEDADES MODERNAS. EL OBJETIVO PRINCIPAL DE ESTE PROYECTO ES SATISFACER LAS NECESIDADES PRESENTADAS POR EL USUARIO EN EL SISTEMA DE ENFARDADO Y ENSILADO DE FORRAJES.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 126	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:1



**DESARROLLO DE UNA PRENSA HORIZONTAL PARA LA
COMPACTACIÓN DE MATERIAL VERDE PICADO EN BOLSA
PLÁSTICA PARA EL SECTOR PRODUCTIVO AGRÍCOLA DE LA
PROVINCIA DE OCAÑA**

AUTORES:

CARLOS ALBERTO MALDONADO FONTALVO

MIGUEL EDGARDO PAREDES AMARIS

**Trabajo de Grado presentado como requisito para Optar por el Título
de Ingeniero Mecánico.**

Director:

JUAN GUILLERMO GARCIA RINCON

MSc (c). Sistemas Energéticos Avanzados

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA MECANICA

Ocaña, Colombia

Abril de 2016

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por darme la sabiduría y el conocimiento para realizar este proyecto, a mi querido hijo Santiago Maldonado Ortiz, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor, a toda mi familia y en especial a mi madre Carmen Isabel Fontalvo Hernández y a mi Tía Elsa Marina Maldonado Fontalvo, por poner todo su esfuerzo para que yo ahora este culminando esta etapa de mi vida y darle las gracias por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida , a mi primo José Nelson Maldonado Rodríguez por su apoyo incondicional en el proceso de formación.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus alegrías, tristeza y conocimientos y a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Carlos Alberto Maldonado Fontalvo

DEDICATORIA

Gracias a Dios y a mis padres, Edgardo Paredes Quintero y Elizabeth Amaris Mora por su apoyo incondicional.

A mis hermanos: Yurley Paredes Amaris, Mario Luis Paredes Amaris, Rosa Angelica Paredes Amaris por toda su colaboración.

A mis sobrinos: Juan Esteban Pallares Paredes, Luis Alejandro Pallares Paredes.

A mi amiga: Jessica Paola Bolaños Robles por su ayuda en este proceso y sus consejos brindados.

A mis Amigos: Milton Alfonso Romero de la Cruz, Norvey Perez Villegas, William Andrés Wilches, Laura Cristina Duran Rincon. Por haberme acompañado hacer este sueño realidad

Miguel Edgardo Paredes Amaris

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos desarrollar este proyecto, también al grupo de personas que hicieron parte de su culminación, especialmente a nuestro director de tesis Juan Guillermo Garcia Rincon, quien con su conocimiento y su guía fue una pieza clave para desarrollar cada etapa de desarrollo del trabajo, A todos nuestros compañeros y amigos, a la Universidad Francisco de Paula Santander y a todos los profesores de la facultad de ingeniería mecánica por impartirnos sus capacidades y conocimientos.

Índice

	pág.
<u>Introducción</u>	13
<u>Capítulo 1. Desarrollo de una prensa horizontal para la compactación de material verde picado en bolsa plástica para el sector productivo agrícola de la provincia de Ocaña</u>	15
<u>1.1 Planteamiento del problema</u>	15
<u>1.2 Formulación del problema</u>	15
<u>1.3 Objetivos</u>	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
<u>1.4 Justificación</u>	16
<u>1.5 Delimitación</u>	17
1.5.1 Geográfica	17
1.5.2 Conceptual	17
1.5.3 Operativa	18
1.5.4 Temporal	18
<u>Capítulo 2. Marco referencial</u>	19
<u>2.1 Marco histórico</u>	19
2.1.1 Antecedentes a nivel mundial	19
2.1.2 Antecedentes a nivel nacional	22
2.1.3 Antecedentes a nivel local	22
<u>2.2 Marco conceptual</u>	23
<u>2.3 Marco teórico</u>	28
<u>2.4 Marco legal</u>	31
2.4.1 Constitución Política de Colombia.	31
2.4.2 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	31
2.4.3 Normas Nacionales	33
<u>Capítulo 3. Diseño metodológico</u>	34
<u>3.1 Tipo de investigación</u>	34
<u>3.2 Fases del proyecto</u>	34
3.2.1 Fase I. Diseñar el prototipo de la prensa horizontal	34
3.2.2 Fase II. Construir el prototipo con los requerimientos deseados	35
3.2.3 Fase III. Automatizar el sistema de transmisión de potencia para la prensa horizontal	35
<u>Capítulo 4. Desarrollo de una prensa horizontal para la compactación de material verde picado en bolsa plástica para el sector productivo agrícola de la provincia de Ocaña.</u>	36
<u>4.1 Fase I .Diseño de los elementos de la maquina ensiladora</u>	36
4.1.1 Conocer los diferentes parámetros utilizados en la compactación de ensilaje	36
4.1.2 Selección del tipo de compactado	38
4.1.3 Conceptualización del mecanismo de compactación	38

4.1.4 Dimensiones de la bolsa para ensilaje	38
4.1.5 Dimensiones de la tolva	39
4.1.6 Dimensiones de la cuchara	40
4.1.7 Dimensiones del riel de avance	41
4.1.8 Dimensiones de la estructura	42
4.1.9 Dimensiones del tornillo sin-fin	42
4.1.10 Dimensiones del cilindro	43
4.1.11 Selección del sistema de frenado acoplado a la cuchara	44
<u>4.2 Calculo de los elementos de la maquina ensiladora</u>	45
4.2.1 Inercias de la maquina	45
4.2.2 Cálculos del tornillo sin-fin	48
4.2.3 Cálculos de la tolva	52
4.2.4 Cálculo del cilindro	55
4.2.5 Cálculos de la estructura	56
<u>4.3 Fase II. Construcción de los elementos mecánicos de la maquina</u>	71
4.3.1 Construcción del cilindro y tolva	71
4.3.2 Construcción de la cuchara	72
4.3.4 Construcción del riel de avance	73
4.3.5 Construcción de la estructura	73
4.3.6 Construcción del tornillo sin fin	74
<u>4.4 Fase III. Automatización</u>	76
4.4.1 Desarrollar el esquema del proceso automatizar	77
<u>Capítulo 5. Recursos y presupuesto</u>	84
<u>5.1 Presupuesto global</u>	84
<u>5.2 Gastos personales</u>	85
<u>5.3 Equipos</u>	86
<u>5.4 Recursos institucionales</u>	86
<u>5.5 Insumos</u>	87
<u>Conclusiones</u>	88
<u>Recomendaciones</u>	90
<u>Referencias</u>	91
<u>Glosario</u>	95
<u>Apéndices</u>	97

Índice de figuras

	pág.
Figura 1. Hojas de maíz utilizadas para ensilaje	23
Figura 2. Forraje (pasto de pradera ‘big bluestem’)	24
Figura 3. Tornillo sin-fin.	25
Figura 4. Variador de frecuencia.	26
Figura 5. Tarjeta PLC (Tarjeta de control lógico programable)	27
Figura 6. Motor de inducción trifásico.	28
Figura 7. Compactación del ensilaje de forma manual.	36
Figura 8. Compactación de silo bolsa con palanca manual.	37
Figura 9. Compactación horizontal con tornillo sin fin.	37
Figura 10. Dimensiones de la tolva.	39
Figura 11. Dimensiones de la cuchara.	40
Figura 12. Riel de avance de la cuchara.	41
Figura 13. Dimensiones de la Estructura de la máquina.	42
Figura 14. Dimensiones del Tornillo sin-fin.	43
Figura 15. Cilindro. Autores del proyecto	44
Figura 16. Freno seleccionado. Autores del proyecto	44
Figura 17. Tolva. Autores del proyecto	53
Figura 18. Miembro estructura 60x60x3 sección transversal.	56
Figura 19. Miembro estructural 60x60x3.	57
Figura 20. Consideraciones de la relación de esbeltez efectiva	60
Figura 21. Principio de transmisibilidad aplicado en la columna.	61
Figura 22. Usando un software cad, para la demostración visual del comportamiento de la columna al aplicarle una fuerza vertical de 62.29 N.	63
Figura 23. Viga indeterminada empotrada en ambos extremos)	64
Figura 24. Usando un software cad, para la demostración visual de la fuerza vertical de 124.17 N aplicada a la viga empotrada en ambos extremos que soporta el motor eléctrico.	64
Figura 25. DCL (diagrama de cuerpo libre) de la viga empotrada en ambos extremos que soporta el motor eléctrico.	65
Figura 26. Formular para determinar la deflexión de vigas estáticamente indeterminada.	66
Figura 27. Influencia del momento flexionante en un segmento de viga	67
Figura 28. Sección transversal de la viga.	69
Figura 29. Usando un software cad, para la demostración visual del comportamiento de la viga que soporta el motor electrico al aplicarle una fuerza vertical de 124.17 N.	70
Figura 30. Vista frontal y posterior de la unión soldada de la tolva y el cilindro.	71
Figura 31. Terminación de la cuchara por medio de soldadura.	72
Figura 32. Construcción del riel de avance.	73
Figura 33. Soldadura de la estructura.	73
Figura 34. Pulido de la estructura y Enmasillada de la estructura.	74
Figura 35. Tornillo sin fin construido.	75
Figura 36. Acoplamiento del tornillo sin fin con la unión solidaria de la tolva y cilindro	75
Figura 37. Acople del motor con el tornillo sin fin.	76

Figura 38. Demostración del proceso de compactación de la máquina para realizar la programación del proceso.	77
Figura 39. Paso 8 dar clic en las operaciones lógicas para empezar a programar el segmento 1	79
Figura 40. Continuación de la programación del segmento 1	79
Figura 41. Continuación de la programación del segmento 1	80
Figura 42. Cargar la programación al PLC “conexión online”	80
Figura 43. Continuación de la conexión online	81
Figura 44. Continuación de la conexión online “carga exitosa”	81
Figura 45. Programación del variador de frecuencia	82
Figura 46. Interconexión de la CPU al PLC y HMI	83
Figura 47. Sincronización de los componentes	83

Índice de tablas

	pág.
Tabla 1 Coeficiente de relleno de la sección	48
Tabla 2 Coeficiente de disminución del flujo de material	50
Tabla 3 Coeficiente de resistencia del material	51
Tabla 4 Propiedades mecánicas del material	58
Tabla 5 Criterios para esfuerzo del diseño-esfuerzo normales directo	62
Tabla 6 Lista de contactos conectados	78
Tabla 7 Totalidad de gastos invertidos en el proyecto	84
Tabla 8 Horas dedicadas a la investigación del proyecto	85
Tabla 9 Justificación del trabajo en horas de la construcción de la maquina	86
Tabla 10 Presupuesto invertido en el proyecto	87

Introducción

El proceso de almacenamiento de forrajes, es una actividad agrícola importante para el desarrollo de la agricultura, ya que el consumo de este tipo de suplementos alimenticios mejora diferentes tipos de animales de granja tales como: bovinos, caprino y equinos.

El forraje demuestra su calidad nutricional para ser almacenados por largos periodos de tiempo y así suplir las carestías alimenticias en las diferentes regiones del país que contribuyen a un desarrollo agrícola; durante los periodos de sequía o de invierno extremos, como los observados en los últimos años en Colombia. Debido a esto, los medianos y pequeños productores se ven muy afectados en suministrarles forrajes a sus animales. La técnica de ensilaje se representa por dos factores: a) conservar el forraje y b) obtener un producto de alto nivel nutricional.

Actualmente, este proceso se ve afectado por los altos costo de la maquinaria robusta importada del extranjero y por la deficiencia presentada al realizar todo el trabajo de forma manual o artesanal como se viene practicando en el país, a esto es importante sumarle el hecho de que en muchos departamentos del país, no cuentan con una topografía regular y más bien son terrenos de difícil acceso para la mayoría de maquinarias, por eso el pequeño productor se ve obligado a realizar todo el proceso de forma manual y de alguna manera implica pérdida de tiempo y dinero; por ende es necesario estudiar, plantear, diseñar y construir alternativas viables y exitosas para el manejo de este tipo de alimentos, ya que en estos momentos son muy pocos los desarrollos realizados en esta materia y aun así sigue siendo un proceso costoso.

La innovación y el desarrollo tecnológico en el ámbito agrícola se ha convertido en un patrimonio muy valioso para las económicas y sociedades modernas, y es por eso que cada vez se hace exigente el apoyo bien sea público o privado a cualquier iniciativa de desarrollo

que involucre la tecnología como pilar fundamental para la construcción de sociedades más incluyentes y prosperas; por esta razón se plantean soluciones para las miles de aplicaciones que tiene el ámbito agrícola, llegando así al objetivo principal de este proyecto en donde se pretende satisfacer las necesidades presentadas por el usuario en el sistema de enfardado y ensilado de forrajes como alimento suplementario en épocas de escasez para todo tipo de animales de granja y más aún para pequeños productores con terrenos de difícil topografía.

Capítulo 1. Desarrollo de una prensa horizontal para la compactación de material verde picado en bolsa plástica para el sector productivo agrícola de la provincia de Ocaña

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente en el municipio de Ocaña, la elaboración de ensilaje se realiza por pequeños ganaderos para el almacenaje de forraje de sus fincas, en la actualidad la sección de la granja en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, es la mayor productora de forrajes en la provincia. Su esquema productivo para la realización forrajes se practica de forma adecuada, pero sin maquinaria que mejore su productividad.

El sector agrícola de la provincia utiliza el ensilaje para su propio consumo y su proyección es la comercialización del producto, el proceso actual lo realizan de forma artesanal y mecanizada, generalmente es realizada por pequeñas fincas, sin embargo, no se alcanzan niveles adecuados de producción, lo que resulta ineficiente el poder comercializarlo, además las maquinas existentes utilizadas en esta parte del país, presentan tolvas muy pequeñas y esto acarrea perdida de la materia prima; el sistema de freno adicional no cumple niveles de compactación dando como resultado una rápida oxidación del forraje; la maquina exige más personas para su uso, representando mayor gasto de personal en la producción de ensilaje.

1.2 Formulación del problema

Será posible la construcción de una prensa horizontal para compactar material verde picado en bolsa plástica usada para el sector productivo agrícola de la provincia de Ocaña.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una Prensa Horizontal para la Compactación de Material Verde Picado en Bolsa Plástica en el Sector Productivo Agrícola de la Provincia de Ocaña.

1.3.2 Objetivos específicos

Diseñar el Prototipo de la Prensa Horizontal para Realizar 2 ton/h de Ensilaje.

Construir el prototipo con los requerimientos establecidos.

Automatizar el sistema de transmisión de potencia para la prensa horizontal.

1.4 Justificación

El desarrollo agrícola que se ha venido presentando en este sector productivo de la provincia de Ocaña, ha tenido gran auge debido a la producción interna que se presenta. Por ende es muy importante contar con maquinaria confiable y económica que permita a la provincia producir forrajes de alta calidad, lo cual necesita explotar de manera adecuada y segura los terrenos de difícil topografía; muchas veces se hace imposible el transporte de maquinarias más robustas para desarrollar los procesos necesarios como: siembra, cosecha y almacenaje.

Este prototipo busca por un lado facilitar y acelerar los procesos de almacenamiento de forrajes conocidos como enfardado y ensilado, utilizados mayormente en la alimentación de bovinos y equinos. Gracias a su alto nivel nutricional y su capacidad de almacenaje por periodos extendidos de tiempo, se busca dar a conocer el funcionamiento del equipo, además, dejar ver las facilidades y beneficios que podrán traer a la comunidad interesada o a aquellas personas que se dedican a desarrollar este tipo de productos alimenticios una mejor manutención propia de sus animales.

El sector agrícola de la provincia de Ocaña, tiene la necesidad de obtener una prensa de compactación para ensilaje automatizada, la cual brindara una mayor cantidad de producción al sector productivo. Su objetivo primordialmente es tener bovinos bien alimentados y suministrar forraje de alta calidad para comercializar en toda la provincia y sur del Cesar.

Para finalizar es importante destacar que en los últimos años Colombia ha firmado una serie de tratados de libre comercio con otros países (EE.UU, Canadá, Chile, etc.), lo cual implica desarrollar procesos más eficientes y competitivos que busquen mantener la producción agropecuaria en un nivel alto y no dejar que dichos tratados arroyen y acaben con la producción interna que se presenta.

1.5 Delimitación

1.5.1 Geográfica. Esta construcción se realizara en la ciudad de Ocaña en la Universidad Francisco de Paula Santander de la facultad de ingeniería, con ayuda de la línea de ingeniería y diseño del TecnoParque nodo Ocaña ubicado en el colegio instituto técnico la industrial lucio Pabon Nuñez Ocaña.

1.5.2 Conceptual

Los términos específicos que se manejaran como referentes primarios del proyecto son:

- ✓ Ensilaje
- ✓ Pantalla HMI (Interfaz Hombre Maquina)
- ✓ Forraje
- ✓ Tarjeta PLC (tarjeta de control lógico programable)
- ✓ Variador de frecuencia
- ✓ Tornillo sin-fín
- ✓ Motor de inducción trifásico sincrónico

1.5.3 Operativa. Con este diseño se espera principalmente satisfacer las necesidades de las regiones en época de sequía y darle mayor fortalecimiento al sector agrícola de la provincia de Ocaña, de la misma manera poder disminuir el esfuerzo físico del campesino operario para poder tener mejor rendimiento en su área laboral, también poder comercializar el ensilaje en bolas plásticas compactadas con un mejor estándar de calidad para el consumidor.

1.5.4 Temporal. La construcción tendrá una duración de 25 semanas iniciando desde el mes de febrero del 2016.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

2.1.1 Antecedentes a nivel mundial. La práctica del ensilaje se inició hace aproximadamente 3.000 años en las ruinas de Cartago se descubrieron indicios del ensilaje de forraje alrededor del 1200 a.C. sin embargo, la primera referencia sobre la conservación del forraje verde data de 1786, cuando en Italia se observó la preservación de hojas verdes en toneles de madera. En 1842 se descubrió en Londres el proceso de ensilaje de gramíneas y leguminosas en fosas, tal como se conoce hoy en día. En 1873 se introdujo su práctica en los estados unidos, en donde se generalizó rápidamente con el ensilaje del maíz, y en la década de 1990, con el uso del ensilaje de gramíneas y leguminosas. En Escandinavia empezó a practicarse la conservación de productos animales como fuentes de proteínas en la alimentación animal: del pescado y sus desechos, desperdicios de matadero y otros subproductos. Los primeros productos que se conservaron en silos fueron los granos. Posteriormente, el uso se extendió a raíces y tubérculos y a las hierbas frescas y, finalmente, a las leguminosas (Chaverra & Bernal, 2000).

El hombre al pasar en tiempo siempre se ha preocupado por sobrevivir en el entorno donde se encuentre y de ahí la preocupación por conservar los alimentos, el hombre empezó a ser uso de las máquinas en la revolución industrial, se crearon cantidades infinitas de diferentes máquinas para trabajar en el campo entre ellas el tractor, segadoras o guadañadora, entre otras herramientas. El proceso de ensilaje se practicaba de forma artesanal, luego se emplearon las máquinas para facilitar el trabajo de hombre. Se empezó a realizar ensilaje tipo bunker, trinchera, torre, al vacío, canal, chorizo, anillo entre otros. Pero el proceso era tedioso era necesario utilizar un tractor quien tiene adaptado una segadora o en casos solamente una guadañadora para extraer el forraje del cultivo, luego se utilizaba una picadora

o cortadora de pasto para dejar el material verde picado de 2 o 3 cm de largo y luego se hacía uso del tipo de ensilaje.

La segadora o cosechadora una maquina agrícola se utiliza especialmente para segar heno, paja, avena o trigo fue inventada en 1831 por Cyrus Hall McCormick, la invento tirada por caballo y luego mecánica. Esta era capaz de cortar 10 acres por día (Ceballos, 2008).

La empresa Deere&Company, que se encuentran en el mercado desde 1837, creada por el herrero e inventor John Deere quien creo un arado de acero pulido, permitiéndole ser una de las empresas pionera en la fabricación de maquinaria y equipos para la mecanización agrícola. Entre esos equipos se puede mencionar los tractores, cosechadoras, plantadoras, pulverizadoras y equipos de forraje. Que ha fabricado a lo largo de los años (Deere, 2014).

La empresa New Holland fue fundada en 1895 en New Holland (Pensilvania, EE.UU.) lugar del que procede el nombre, por Abe Zimmerman quien comenzó con un taller de reparaciones. Y En 1937 se introduce el gancho en 3 puntos en los tractores. A lo largo de la línea del tiempo la empresa fue fabricando maquinaria agrícola en general (tractores, cosechadora, sembradoras, segadoras “recolectoras de henos”, entre otras (Agricola, 2016).

La empresa Ag-Bag corporation fue fundada por cinco agro-empresarios que tenían la experiencia con un concepto que se inició en Alemania en la década de 1970. Les gusto el concepto de ensilaje en bolsa. Funciono muy bien y la calidad de la alimentación fue excepcional por lo que estos 5 inversores tomaron la decisión de formar su propi compañía ag-bolsa internacional se formó en 1978. Muchos cambios se hicieron a las máquinas para adaptarse al mercado de Estados Unidos y Ag-Bag aplicarse en sus propias patentes. En 1989 la compañía adquirió las patentes y compró el negocio de un competidor anterior, Silopress.

Ag-Bag también tenía una planta en Blair, Nebraska, que reunió a los empacadores que van a la costa del Medio Oeste y del Este, así como el almacenamiento de las bolsas de ensilaje. Y es así como Ag-Bagger es la más grande, tiene la más alta capacidad más alta y mayor producción en embolsadora ensilado disponibles en la actualidad (Ag-Bag, 2016).

La empresa Kuhn fue creada en 1828 por Joseph Kuhn, en 1864 aprovecha la apertura de la línea de ferrocarril que comunica a París y Estrasburgo, Joseph se instala en Saverne para dar inicio a su fábrica de maquinaria agrícola. En 1928 se convierte en una empresa que fabrica 1000 trilladoras al año. La fabricación de segadoras, rastrillos henificadores y henificadoras Kuhn se amplía de forma creciente. En 1992 recibe una medalla de oro de Sima por la segadora rotativa alterna 500 (Kuhn, 2016).

La empresa Nogueira máquinas agrícolas nace en el año 1957, en la ciudad de Itapira, estado de São Paulo, y los hermanos Nogueira empiezan a fabricar su primera máquina agrícola DPN. La empresa posee una logística muy bien planificada atendiendo a todo Brasil y actualmente exporta para más de 35 países en América Latina, África y Medio Oriente, contando con una amplia red de distribuidores (Nogueira, 2013).

- ✓ Los productos son divididos en cuatro líneas principales:
- ✓ La línea verde con sus desintegradores picadores, moledores, trituradores y ensiladoras.
- ✓ La línea para ganadería con las tradicionales cosechadoras de forrajes/ vagones forrajeros y embutidora de forrajes.
- ✓ La línea agrícola con extractores, embutidoras y distribuidores de fertilizantes, calcáreos y sembradoras.
- ✓ La línea de heno constituido por las segadoras rastrillos y enfardadoras.

Con todo el empeño durante la historia de Nogueira, el reconocimiento no podría ser diferente. Son innumerables galardones conquistados en el transcurso de estos años como el premio Gerdau melhores da terra, Pop List, Touro de Ouro, Top of Mind y Top List y por estar entre las mayores empresas de máquinas agrícolas e implementos de Brasil.

Y para continuar aún más fuerte desde el año 2013 a las máquinas Nogueira y JF se reunieron y crearon Industrias NB "Nogueira y Brait" convirtiéndose en uno de los mayores grupos de máquinas e implementos agrícolas del mundo. Con un parque industrial que alcanza los 45.000 m² distribuidos en tres grandes fábricas en las ciudades de Itapira-SP y São João da Boa Vista-SP y con más de 800 empleados tiene más modernidad, la fuerza y el respeto a los clientes a que sigan ofreciendo productos y servicios alta calidad y productividad para el agricultor (Nogueira, 2013).

2.1.2 Antecedentes a nivel nacional. Actualmente en el mercado de nuestro país existe una variedad considerable de maquinaria agrícola para realizar ensilaje, utilizando el tornillo sin-fin como compactador en el proceso, entre la cuales podemos mencionar SILOPACK J-402 (50kg) producido por IDEAGRO, ENSILAR 350 que utiliza un motor diesel de 10 hp producido por DR. CALDERON LABS y SILO BOLSA MI-60 producido por INAMEC. Estas utilizan el mismo principio del proceso de silo bolsa compactada por tornillo sin-fin.

2.1.3 Antecedentes a nivel local. En la ciudad de Ocaña actualmente existen dos prototipos que rigen por el mismo principio y se encuentran en nuestra alma mater, la universidad francisco de paula Santander seccional Ocaña, una realiza el proceso de forma vertical y la otra lo realiza horizontalmente, hoy día las utilizan para satisfacer la demanda de la sede la granja de nuestra alma mater. Sin embargo la compactadora horizontal presenta falla de diseño. Pero estos procesos no están automatizados.

2.2 Marco conceptual

El proyecto está enmarcado dentro de los siguientes conceptos:

ENSILAJE: El ensilaje no es otra cosa que forraje verde picado (de gramíneas, cultivos anuales, leguminosas), conservado en la ausencia de aire y recolectado en bolsas plásticas o en depósitos denominados silos (Herrera, Medina, & Quintero, 2008, pág. 55).



Figura 1. Hojas de maíz utilizadas para ensilaje. Fuente. (Perez, Catrillon, Pallares, Fonseca, & Guerrero, 2015)

FORRAJE: se puede ensilar todo tipo de gramíneas usadas para pastoreo con o sin mezclas de leguminosas (tréboles y leguminosas nativas), gramíneas de corte (imperial, elefante, sudan, etc.) sorgo forrajero, maíz millo, maíz, avena forrajera y otros cereales (trigo cebada) (Herrera, Medina, & Quintero, 2008).



Figura 2. Forraje (pasto de pradera ‘big bluestem’). Fuente. (Perez, Catrillon, Pallares, Fonseca, & Guerrero, 2015)

A partir del período de recolección y picado del forraje, hasta finalizar el proceso de ensilaje, ocurren dos procesos muy importantes: a) respiración y b) fermentación.

- a) Después de cosechada la planta, cuando la célula vegetal aún respira, produce anhídrido carbónico (HCO) y agua, que elevan la temperatura hasta 58 ó 60°C , conduciendo al oscurecimiento del ensilado y caramelización de los azúcares. Esta fase aerobia no debe permitir la presencia de aire, pues disminuye sensiblemente el contenido de azúcares solubles y la digestibilidad. Es por esto que el silo debe cerrarse en forma hermética; así el poco oxígeno presente se consume con rapidez (primeras cinco horas) y garantiza un buen resultado.
- b) Al comienzo del proceso, cuando hay presencia de oxígeno y la temperatura se encuentra entre 20 y 60°C , se presenta un crecimiento de bacterias aerobias, las cuales conservan los azúcares y liberan ácido fórmico, acético, láctico, butírico, alcohol, y anhídrido carbónico. Una vez se agota el oxígeno se inicia un proceso

de fermentación láctica, cuyo grado depende del contenido de azúcares fermentables y del nivel de anaerobiosis; por tanto, cuando el material ensilado no contiene suficientes carbohidratos, como ocurre con las leguminosas, es conveniente adicionar durante el proceso de ensilaje, materiales ricos en estos elementos como melaza, granos molidos, entre otros.

TORNILLO SIN-FIN: Se usa para subir a la altura deseada agua, harina o grano. Se basa en las características geométricas del helicoide, que permite que la composición de fuerzas tangencial y normal en cada punto impida que el agua u otra sustancia se mantengan en la altura menor como sería lógico en otro caso. El tornillo se coloca formando un ángulo y se le hace girar alrededor de su eje, de forma que el extremo inferior del tornillo describa una trayectoria circular en el plano perpendicular a dicho eje, y el extremo del helicoide entre y salga en cada vuelta, del agua o sustancia a elevar (Delgado, Lopez, & Lopez, 2004, págs. 361-380).



Figura 3. Tornillo sin-fin. (Famac, 2011)

VARIADOR DE FRECUENCIA: se trata de dispositivos electrónicos, que permiten el control completo de motor eléctricos de inducción; los hay de C.C (variación de la tensión), y

de C.A (variación de la frecuencia); los más utilizados son los de motor trifásicos de inducción y rotor sin bobinar (jaula de ardilla).también se les suele denominar inversores (invertir) o variadores de velocidad (Sevillano, 2013).



Figura 4. Variador de frecuencia. (Siemens, 2010)

Nota. Micromaster 420 de siemens, tiene una capacidad de potencia para motores que se encuentren en el rango de 1/5 hp a 14 hp, fuente de alimentación 220/240 V AC (Siemens, 2010).

TARJETA PLC: Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos un PLC – Programable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos (Luna, 2012).



Figura 5. Tarjeta PLC (Tarjeta de control lógico programable). Fuente. Recuperado el 16 de junio de 2016, de <http://www.indiamart.com/automationsolutions/>.

Nota. Características de la tarjeta de control lógico programable son: CPU 1214 C, AC/DC/RLY, referencia: 6ES7 214-1BG31-OXBO, la memoria de trabajo es de 75 kb; fuente de alimentación 120/240 V AC, conexión profi para programación, HMI y comunicación PLC-PLC (Siemens, 2010).

MOTOR ELECTRICO: El motor eléctrico es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica. El motor de inducción es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica, bajo costo, facilidad de transporte, limpieza, simplicidad de comando, con su construcción simple y su gran versatilidad de adaptación a las cargas de los más diversos tipos y mejores rendimientos (weg, 1961).

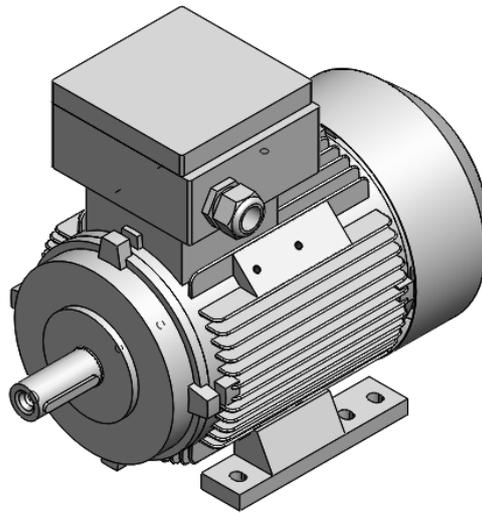


Figura 6. Motor de inducción trifásico. Fuente. Autores del proyecto

Nota. Las características del motor de inducción trifásico son de 5 hp, masa 25.4 kg, eficiencia 85.3 %, velocidad de 1740 rpm, peso de 248.92 N.

2.3 Marco teórico

Según la investigación, existen varias teorías y métodos para el desarrollo de una prensa horizontal para la compactación de material verde picado en bolsa plástica para el sector productivo agrícola de la provincia de Ocaña, además se debe tener previo conocimiento en conceptos tales como teorías de nuevas tecnologías, para una prensa de compactación de ensilaje, diseño de elementos de máquinas, resistencia de materiales, tarjeta PLC (tarjeta de control lógico programable), variador de frecuencia y tipos de motores sincrónicos.

El ensilaje es un método de resguardo para el forraje húmedo y su objetivo es la conservación del valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento (Peñagaricano,

1972). En las granjas modernas los forrajes son segados en la fase donde el rendimiento y el valor nutritivo están al máximo y se ensilan para asegurar un suministro continuo de alimento durante el año.

Los forrajes constituyen la fuente más económica de nutrientes para el ganado y su disponibilidad se caracteriza por épocas de abundancia que coinciden con las lluvias; y de escasez, que coinciden con la sequía, aspecto que conduce al sobrepastoreo, a la disminución de la producción de leche, a la pérdida de peso de los animales, al retraso en el crecimiento, al incremento de los costos de producción y a un menor ingreso percibido. De estas generalidades, no se escapan los pequeños ganaderos (Garces, Suarez, Serna, & Ruiz, 2006).

Para superar estas limitantes, se requieren estrategias de conservación de forrajes que conduzcan a la disponibilidad de forraje de buena calidad en forma permanente y a bajo costo durante la época crítica del verano. Existen forrajes adaptados a las diferentes zonas agroecológicas, aspectos que de alguna manera conoce el ganadero, pero con serias deficiencias en su aprovechamiento y en especial, de improvisaciones para las contingencias resultantes de la escasez. La manera más conocida de conservar forrajes es como heno y ensilado. Sin embargo, los procesos de conservación generalmente son costosos por que implican el uso de maquinaria especializada, la cual no siempre está disponible para los pequeños productores. Una alternativa es el ensilaje en bolsas plásticas, una práctica de menor costo y que está al alcance de pequeños y medianos ganaderos con bajos recursos económicos.

El ensilaje en bolsas plásticas se presenta como una de las alternativas existentes debido a su fácil elaboración y a que no demanda una gran infraestructura ni costos elevados. Esta tecnología permite conservar forraje en un estado físico parecido al que tenía en el momento de la recolección y su composición química no está modificada por las fermentaciones que

sufre. La finalidad de este proceso es la liberación de biomasa tratada, fermentaciones lácticas, reducción del pH, estabilidad en el olor y en el aspecto. El ensilaje en bolsas puede practicarse con cualquier forrajera tradicional utilizada para estos fines en las fincas, tales como sorgo forrajero, maíz, entre otros. Bien sea solos o en mezclas con el uso o no de aditivos como melaza.

El embolsado es el paso más importante en todo el proceso y por eso es absolutamente necesario que la bolsa quede herméticamente sellada y con la mínima cantidad de aire dentro de ella, ya que se desencadenarían procesos de acidificación, fermentación, desarrollo de hongos y bacterias que dañan el ensilado. Para garantizar un sello hermético, se recomiendan bolsas plásticas de calibre No. 6, que es un plástico grueso, lo que garantiza que no se va a romper con trozos de ramas, ni va a permitir la entrada de humedad del aire en forma de vapor.

Una vez llena la bolsa y bien compactada. En el proceso de Embolsado, hay que garantizar que el ensilado quede bien apretado, sin aire dentro de la bolsa.

El éxito del ensilaje consiste en una buena distribución del material y un apisonamiento y tapado adecuado para desalojar la mayor cantidad posible de aire al comienzo del proceso. Durante el llenado de la bolsa, se pueden adicionar ciertos productos destinados a mejorar su conservación, como la melaza al 5% del peso total. Hay componentes que son muy importantes y se deben vigilar durante el proceso de ensilaje.

2.4 Marco legal

2.4.1 Constitución Política de Colombia. Artículo 71. La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y, en general, a la cultura. El estado creara incentivos para personas e instituciones que desarrollen y fomenten la ciencia y la tecnología y las demás manifestaciones culturales y ofrecerá estímulos especiales a personas e instituciones que ejerzan estas actividades (Perez J. , 1991).

2.4.2 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Acuerdo 065 de 1996. El cual establece el estatuto estudiantil que es el regente actual en la institución (superioruniversitario, 1996).

Artículo 140. El estudiante podrá optar por una de las siguientes modalidades del trabajo de grado:

a. Proyecto de investigación

Monografía

Trabajo de investigación: generación o aplicación de conocimientos
sistematización del conocimiento

b. Proyecto de extensión.

Trabajo social

Labor de consultoría en aquellos proyectos en los cuales participe la
universidad.

Pasantía

Trabajo dirigido

PARAGRAFO 1. El estudiante podrá optar como componente alterna al proyecto de grado, créditos especiales como cursos de profundización académica o exámenes preparatorios.

PARAGRAFO 2. Para algunos planes de estudio y de acuerdo a sus características el consejo académico podrá obviar la presentación del trabajo de grado.

Artículo 141. El proyecto de grado incluye las siguientes etapas:

- a. Presentación del anteproyecto o plan de trabajo según corresponda a la modalidad del proyecto seleccionado.
- b. Desarrollo de la investigación o ejecución física del proyecto.
- c. Sustancias de la investigación y/o verificación o aval de la realización del proyecto.

PARAGRAFO. Para todas las modalidades de proyecto de grado, el estudiante deberá presentar un informe final avalado por su director.

Artículo 142. Las condiciones y procedimientos para la presentación, desarrollo y evolución de cada una de las modalidades de trabajo de grado, o sus componentes alternas, harán parte de la reglamentación específica de cada facultad, para cada plan de estudios.

PARAGRAFO. La universidad incorporara los trabajos de grado, como componente básico de su hacer y creara bancos de proyectos en los departamentos académicos y en la vicerrectoría asistente de investigación y extensión.

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, presenta a los lectores un documento guía para la adaptación de la última edición del Manual de publicaciones de la American Psychological Association, (Norma APA), para la redacción de trabajos de investigación, trabajos de grado y trabajos de aula. Este documento presenta un resumen de

los aspectos de mayor consulta por parte de los estudiantes y docentes de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña en lo referente a contenido, estilo, citación, referenciación, presentación de tablas y figuras, entre otras (Portillo, 2016).

2.4.3 Normas Nacionales

Ley 101 de 1993. Ley general de desarrollo agropecuario y pesquero (congreso, 1993).

Instituto colombiano agropecuario. Directivas técnicas de alimentos para animales y sales mineralizadas.

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

Según la finalidad del proyecto se desarrolla una investigación aplicada porque tiene como objetivo la solución de problemas prácticos e inmediatos en el sector agrícola de la provincia de Ocaña. Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. Sin embargo, en una investigación empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas.

3.2 Fases del proyecto

Las fases del proyecto se desarrollaron bajo los objetivos específicos. Para poder realizarlos se desarrollan ciertas actividades específicas.

3.2.1 Fase I. Diseñar el prototipo de la prensa horizontal

Para el desarrollo de la Fase I se plantean las siguientes actividades:

- ✓ Conocer los diferentes parámetros utilizados en la compactación de ensilaje
- ✓ Seleccionar un tipo de compactado
- ✓ Conceptualizar el mecanismo de compactación
- ✓ Calcular las dimensiones de la tolva, el cilindro, la estructura, el tornillo sin-fin y la cuchara
- ✓ Elegir el sistema de frenado acoplado a la cuchara

3.2.2 Fase II. Construir el prototipo con los requerimientos deseados

Para el desarrollo de la Fase II se plantean las siguientes actividades:

- ✓ Crear: la tolva, el cilindro, la estructura, el tornillo sin-fin y la cuchara
- ✓ Acoplar la tolva, el cilindro y la cuchara a la estructura

3.2.3 Fase III. Automatizar el sistema de transmisión de potencia para la prensa horizontal

Para el desarrollo de la Fase III se plantean las siguientes actividades:

- ✓ Conocer los equipos para realizar la compactación de material verde picado
- ✓ Identificar las características del motor
- ✓ Escoger el motor para el desarrollo del sistema
- ✓ Programar en TIA los componentes: variador, PLC y pantalla HMI
- ✓ Evaluar la programación
- ✓ Conectar el PLC al HMI
- ✓ Conectar el PLC al variador
- ✓ Conectar variador al motor eléctrico
- ✓ Transferir los datos del TIA al hardware de los equipos
- ✓ Sincronizar cada uno de los componentes

Capítulo 4. Desarrollo de una prensa horizontal para la compactación de material verde picado en bolsa plástica para el sector productivo agrícola de la provincia de Ocaña.

4.1 Fase I .Diseño de los elementos de la maquina ensiladora

4.1.1 Conocer los diferentes parámetros utilizados en la compactación de ensilaje

Se tuvo en cuenta como se compactaba en décadas anteriores manualmente. Hoy en día hay muchas alternativas con sistemas automatizados que ayudan a generar mayor cantidad de compactación con mecanismo para aumentar la producción.

Como se puede observar en las figuras siguientes los diferentes tipos de compactación



Figura 7. Compactación del ensilaje de forma manual. Fuente. (Mapablogs, 2014)



Figura 8. Compactación de silo bolsa con palanca manual. Fuente. (Practiagro, 2012)



Figura 9. Compactación horizontal con tornillo sin fin. Fuente. (Saenz, 2009)

4.1.2 Selección del tipo de compactado. Evaluando la información recopilada de los diferentes tipos de compactación, procedemos a establecer nuestro sistema de compactado de tornillo sin fin, es el proceso que se acopla al diseño conceptual para el desarrollo de la ensiladora.

4.1.3 Conceptualización del mecanismo de compactación. La ensiladora consta de una tolva con un volumen de $2.4778 \times 10^6 \text{ mm}^3$ de ensilaje, un flujo másico $Q = 1.37 \text{ ton/h}$, un tornillo sinfín con un desplazamiento del material de 0.044 hp , se cuenta con una cuchara que funciona con la tercera ley de Newton de reacción a acción, cuando el proceso empiece a empaquetar dicho material la cuchara hace una presión para poder compactar el producto terminado. Presión requerida de ensilado $P = 0.03 \text{ kg/mm}^2$ o 43 PSI

4.1.4 Dimensiones de la bolsa para ensilaje. La información brindada por distribuidores más grande de bolsa en la región como lo es Plastife y Plásticos Yino. Entre mayor sea el calibre más grueso es el plástico, por ende es más resistente.

Por lo tanto se utilizarán bolsas de calibre 6, que son las más comerciales y fáciles de adquirir, el calibre 7 es el calibre más grueso en la parte comercial pero no se consigue a menos que se realice un pedido especial y específico, del calibre 7 en adelante se realizan por pedidos, porque son de difícil consecución y su fabricación es costosa.

Calibre 6

$$D_{bolsa} = 400 \text{ mm}$$

$$L_{bolsa} = 1200 \text{ mm}$$

Capacidad de 60 kg

$$Volumen\ bolsa = \pi r^2 h = \pi (200\ mm)^2 (1200\ mm) = 150.796 \times 10^6\ mm^3$$

$$W_{\text{peso de bolsa}} = m_{\text{bolsa}} \times \text{gravedad} = (60\ kg) (9.81\ m/s^2)$$

$$W_{\text{peso de bolsa}} = 588.6\ N$$

Densidad del ensilaje con aditivos

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{60\ kg}{150796447.4\ mm^3} = 3.9788 \times 10^{-7}\ kg/mm^3$$

4.1.5 Dimensiones de la tolva. La tolva es la encargada de alimentar de material verde picado el compactador (tornillo sin fin), ya sea por medio de un operario o por medio de un ducto, estas medidas están en el sistema métrico, Estas dimensiones están basadas a la altura promedio de una persona aproximadamente 1.70 m, también cabe resaltar que las dimensiones del cono en la parte superior es para una mayor capacidad y menos desperdicio de materia prima.

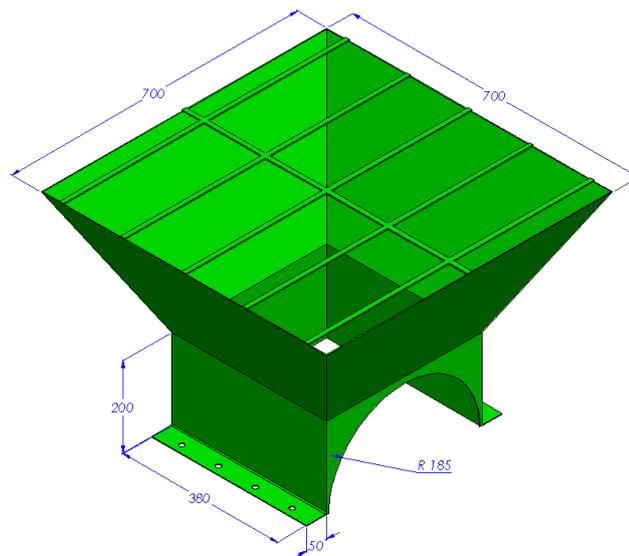


Figura 10. Dimensiones de la tolva. Fuente Autores del proyecto

4.1.6 Dimensiones de la cuchara. La cuchara de compactación está construida con una lámina de acero inoxidable AISI 304, su base tiene un diámetro de 400 mm y su longitud es de 720 mm, es una cuchara con una sección en su parte superior que permite un volcamiento eficiente al no oponerse con el diámetro de salida de la ensiladora. Esta cuchara también consta con unos perno de 9.5 mm de diámetro, que la unen a la rótula para su volcamiento, estos pernos esta ubicados a 500 mm de longitud en la cuchara para movilizar así el centro de masa de esta y provocar que sea un volcamiento sin mucha resistencia estática.

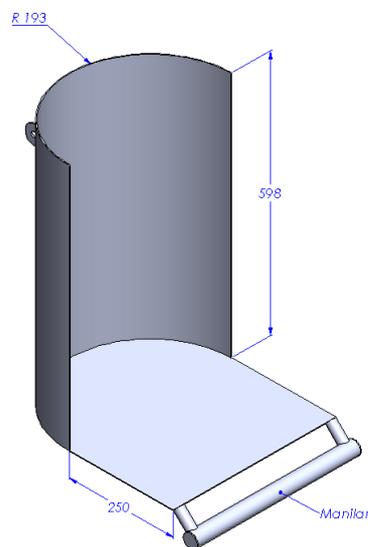


Figura 11. Dimensiones de la cuchara. Fuente. Autores del proyecto

4.1.7 Dimensiones del riel de avance. El riel se encuentra una estructura tipo cajón que desliza sobre los rieles de la mesa (ángulos) está construida con tubo de trabajo tipo mediano de acero estructural ASTM A-36 con perfil cuadrado de medidas 50 mm x 50 mm x 2.5 mm y un tubo rectangular de trabajo tipo mediano con medidas 50 mm x 80 mm x 2mm, soldado a ella un ángulo tipo medio de 20 mm para soportar la fricción que genera el freno. Esta estructura consta con una rotula que sirve para el movimiento de volteo de la cuchara.

Está construida con dos tipos de tubos cuadrados que son de 60 mm y 50 mm ambos tipo pesado y las atraviesa un eje de longitud 60 mm y diámetro 17.5 mm macizo de hierro que se une a ellas por soldadura.

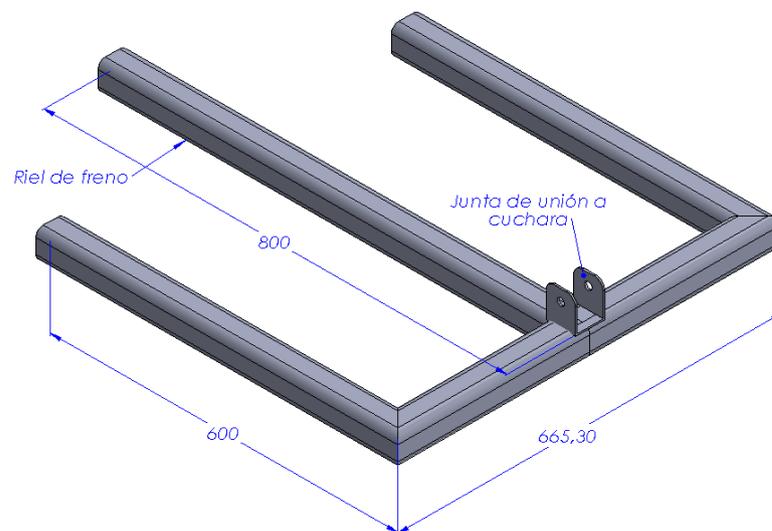


Figura 12. Riel de avance de la cuchara. Fuente. Autores del proyecto

4.1.8 Dimensiones de la estructura. Las medidas de la estructura están ligas a las medidas de los elementos mecánicos que hacen parte de la máquina. Como por ejemplo la longitud del cilindro, longitud del motor y longitud del gabinete del variador de frecuencia.

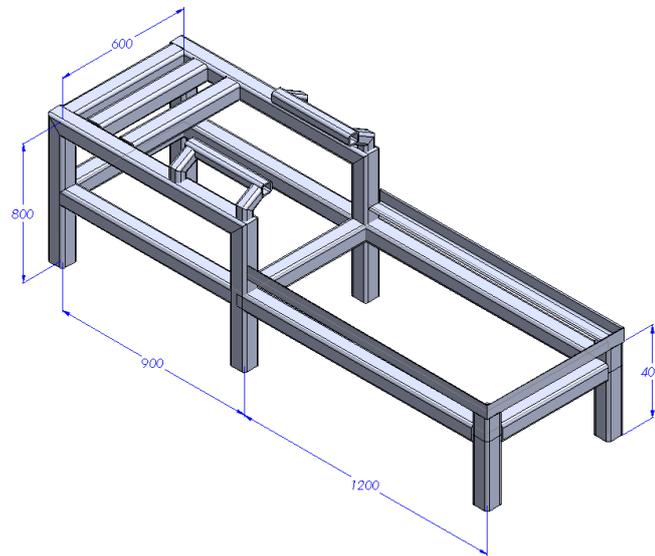


Figura 13. Dimensiones de la Estructura de la máquina. Fuente. Autores del proyecto

4.1.9 Dimensiones del tornillo sin-fin. Estas medidas están ligadas a las medidas del cilindro pues es quien determina la longitud del tornillo sin fin. Con respecto al paso y al Angulo de avance son recomendaciones de diseño.

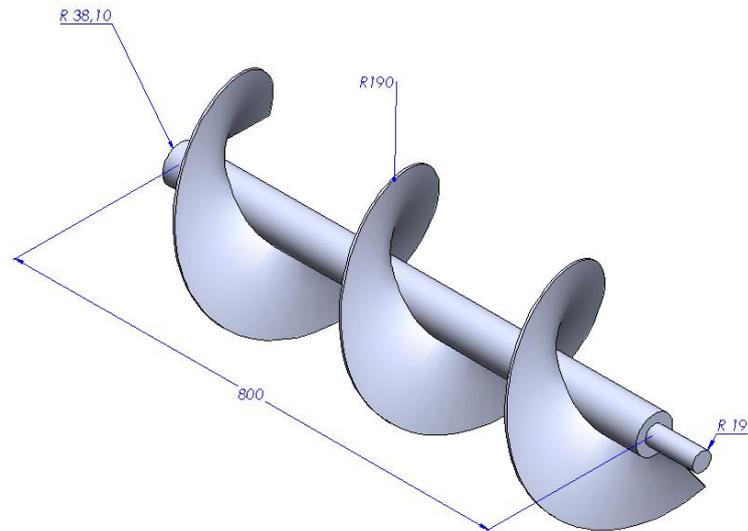


Figura 14. Dimensiones del Tornillo sin-fin. Fuente. Autores del proyecto

4.1.10 Dimensiones del cilindro. Estas dimensiones están relacionadas a las dimensiones de la bolsa, debido a las condiciones comerciales de la bolsa se obtienen sus medidas y de ahí parte todo el dimensionamiento del cilindro. Se le da una longitud de 1100 mm debido a que la longitud comercial de la bolsa es de 1200 mm, para que posteriormente quede 400 mm para realizar el sellado de la bolsa, se dejan 300 mm para el acople de la tolva, el diámetro del cilindro es el mismo diámetro de la bolsa.

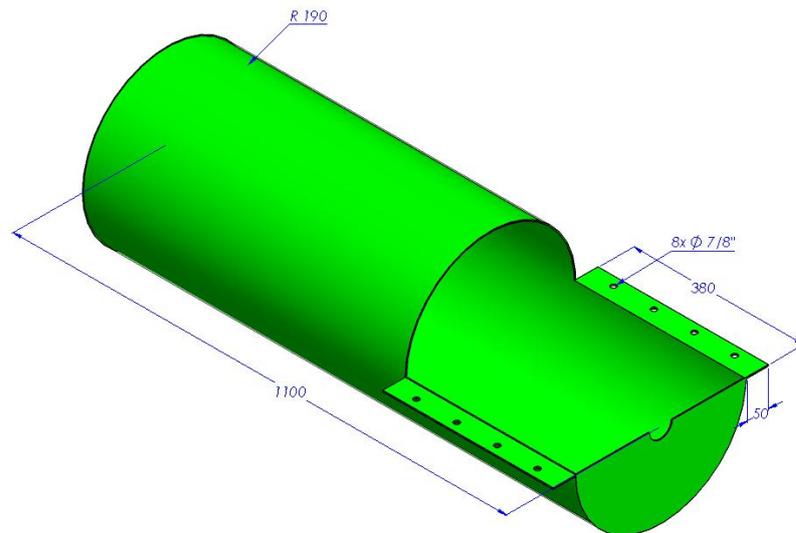


Figura 15. Cilindro. Fuente. Autores del proyecto

4.1.11 Selección del sistema de frenado acoplado a la cuchara. El freno seleccionado para este trabajo es tipo disco del cual utilizamos su mordaza y la bomba que impulsa el líquido así sus cilindros y genera la presión sobre el Angulo de 2 cm que produce el frenado.



Figura 16. Freno seleccionado. Fuente. Autores del proyecto

Nota. Este freno es seleccionado por el torque $T = 36.10 \text{ lb}_s/\text{pulg}$ que cumple con las condiciones de diseño.

4.2 Calculo de los elementos de la maquina ensiladora

4.2.1 Inercias de la maquina

Se analiza la inercia entorno al eje X

Condiciones:

La densidad de la materia a ensilar es una densidad relativa y se analizó de la siguiente manera:

$$Volumen\ bolsa = 150.796 \times 10^6\ mm^3$$

Masa de la mezcla = 60 kg

Densidad del ensilaje con aditivos

$$\rho = 3.9788 \times 10^{-7}\ kg/mm^3$$

Basado en una herramienta cad (diseño asistido por computador) solidworks 2015 se pudieron obtener los siguientes resultados de todas las inercias de toda la máquina.

$$I_{tolva} = 2.7955\ kg/m^2$$

$$I_{cilindro} = 3.5422\ kg/m^2$$

$$I_{sin\ fin} = 1.8026\ kg/m^2$$

$$I_{total} = I_{tolva} + I_{cilindro} + I_{sin\ fin}$$

$$I_{total} = 8.1403\ kg/m^2$$

$$T = I \propto + T_{perdido}$$

$$T_{perdido} = 10\ \% \text{ Consideración de diseño}$$

$$T = I \alpha + 0.1T_{perdido}$$

$$T - 0.1T_{perdido} = I \alpha$$

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_0}{t} \quad (1)$$

Consideraciones

$$\omega_0 = 0 \text{ porque parte del reposo}$$

$$t = 0 - 5 \text{ segundos}$$

$$t = 5 \text{ segundos}$$

$$\alpha = \frac{\omega_f}{5}$$

$$\omega_f = 3600 \text{ rpm} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 377 \text{ rad/seg}$$

$$\alpha = \frac{377 \text{ rad/seg}}{5 \text{ seg}} = 75.4 \text{ rad/seg}^2$$

$$0.9T = I \alpha$$

$$T = \frac{I \alpha}{0.9}$$

$$T = \frac{(8.1403 \text{ kg/m}^2)(75.4 \text{ rad/s}^2)}{0.95} = 646.08 \text{ kg}_f/\text{m}$$

$$646.08 \text{ kg}_f/\text{m} \times \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ pulg}} \times \frac{2.2 \text{ lb}_s}{1 \text{ kg}_f} = 36.10 \text{ lb}_s/\text{pulg}$$

$$H = \frac{TN}{K} \quad (2)$$

$$H = \frac{36.10 \times 3600}{63025} = 2.06 \text{ hp}$$

Nota. Con este análisis se observó que la potencia requerida para el motor es de 2.06 HP, pero por disponibilidad del Tecnoparque se utilizó un motor de 5 HP.

4.2.2 Cálculos del tornillo sin-fin

Longitud de 1000 mm

Diámetro 380 mm

Paso de 350 mm $\varphi = 5^\circ$

Diámetro del tornillo = D

$\varphi = \text{angulo de inclinacion de helice}$

Para determinar de la sección trasversal del cilindro se utilizó la ecuación 3. Para obtener su magnitud se necesita conocer el coeficiente de relleno del cilindro y el diámetro del cilindro.

$$S = \lambda \left(\pi \frac{D^2}{4} \right)$$

$\lambda = \text{coeficiente de relleno de la seccion}$ (3)

Tabla 1

Coeficiente de relleno de la sección

Tipo de carga	λ
Pesada y abrasiva	0.125
Pesada poco abrasiva	0.25
Ligera poco abrasiva	0.35
Ligera no abrasiva	0.4

Nota. En la presente tabla se escoge le coeficiente de relleno de la sección del cilindro para luego determinar el flujo volumétrico. Fuente. (Lopez, Boada, Boada, Caldas, & Babe, 2008, pág. 3)

$$S = 0.125 \left(\pi \frac{380^2}{4} \right) = 14176.43 \text{ mm}^2$$

Para determinar velocidad de desplazamiento lineal del material verde picado se emplea la ecuación 4. Para conocer la magnitud es necesario conocer las variables P y n, donde P es el paso del tornillo sin fin y su valor se obtiene por recomendación de diseño y n son las rpm de funcionamiento de la maquina a la cual se desea operar

$$V = \frac{P \times n}{60}$$

(4)

$$V = \frac{350 \times 50}{60} = 291.66 \text{ mm/s}$$

Para determinar del flujo del material verde picado se emplea la ecuación 5, para conocer su magnitud se debe calcular ciertas variables como la sección transversal del cilindro S, la velocidad lineal V, la densidad del material verde picado ρ y el coeficiente de disminución del flujo del material el cual depende de la inclinación del cilindro

$$Q = 1800 \times S \times V \times \rho \times K$$

(5)

$$\rho = 3.08 \times 10^{-7} \text{ kg/mm}^3 \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 3.08 \times 10^{-10} \text{ ton/mm}^3$$

Tabla 2
Coefficiente de disminución del flujo de material

Inclinación del cilindro	0°	5°	10°	15°	20°
<i>K</i>	1	0.9	0.8	0.7	0.6

Nota. Como se muestra en la tabla. Fuente. (Lopez, Boada, Boada, Caldas, & Babe, 2008, pág. 4)

$$Q = 1800 \left[(0.125) \frac{\pi(380\text{mm})^2}{4} \right] \left[\frac{(350\text{mm})(50)}{60} \right] (3.08 \times 10^{-10} \text{ ton/mm}^3) (0.6)$$

$$Q = 1.37 \text{ ton/h}$$

Para determinar la Potencia de accionamiento del tornillo sin fin es necesario calcular las potencias que intervienen en el proceso.

$$P = P_H + P_N + P_{st}$$

(6)

P_{st} = potencia requerida para un tornillo sin – fin inclinado

$P_{st} = 0$ porque esta en posición horizontal

Para determinar la potencia de desplazamiento horizontal del material del material se utiliza la ecuación 7. Para conocer su magnitud es necesario encontrar las variables descritas en la ecuación. Q es el flujo del material, calculado anteriormente con la ecuación 5. L es la longitud del cilindro y C_0 es el coeficiente de resistencia del material y se selecciona dependiente del tipo de material en la tabla 3.

$$P_H = C_0 \frac{QL}{367} \quad (7)$$

$C_0 =$ coeficiente de resistencia del material

Tabla 3
Coeficiente de resistencia del material

Material	C_0 Empírico
Harina, aserrín, productos granulosos	1.2
Turba, sosa, polvo de carbón	1.6
Antracita, carbón, sal de roca	2.5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Nota. En la siguiente tabla se selecciona el coeficiente de resistencia del material. Fuente. Autores del proyecto

$$P_H = \frac{4 \times 1.37 \times 1}{367} = 0.014 \text{ kw}$$

Para determinar la potencia de accionamiento del tornillo en vacío se utiliza la ecuación 8. Para conocer su magnitud es necesario encontrar las variables descritas en la ecuación es el diámetro del tornillo, L es la longitud del tornillo.

$$P_N = \frac{D \times L}{20} \quad (8)$$

$$P_N = \frac{0.38 \times 1}{20} = 0.019 \text{ kw}$$

$$P_{total} = 0.014 + 0.019 + 0 = 0.033 \text{ kw} = 0.044 \text{ hp}$$

4.2.3 Cálculos de la tolva. Los parámetros iniciales de diseño para la tolva, sirven para determinar las dimensiones y el volumen requerido de la tolva.

$$\text{Densidad del forraje verde con aditivos} = 3.9788 \times 10^{-7} \text{ kg/mm}^3$$

Se utiliza una lámina de acero inoxidable AISI 304 que tiene las medidas 3052 mm x 1525 mm x 2mm.

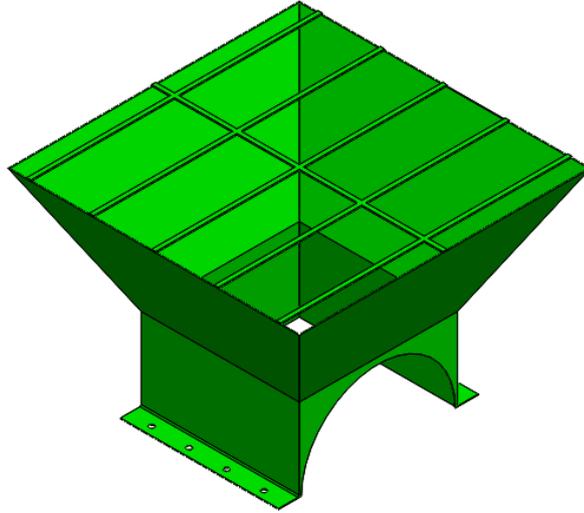


Figura 17. Tolva. . Fuente. Autores del proyecto

Se calcularan las áreas teniendo en cuenta las dimensiones de la tolva en la figura 7.

$$A_1 = L^2 = (380 \text{ mm})^2 = 144400 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = L^2 = (376 \text{ mm})^2 = 141376 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = L^2 = (699 \text{ mm})^2 = 488601 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = L^2 = (696 \text{ mm})^2 = 484416 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{tronco piramide}} = \left[\left[\frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \right] - \left[\frac{h}{3} (A_3 + A_4 + \sqrt{A_3 A_4}) \right] \right]$$

$V_{\text{tronco piramide}}$

$$= \left[\left[\frac{0.3}{3} (144400 + 141376 + \sqrt{144400 \times 141376}) \right] \right. \\ \left. - \left[\frac{0.3}{3} (488601 + 484416 + \sqrt{488601 \times 484416}) \right] \right]$$

$$V_{\text{tronco piramide}} = 1.3078 \times 10^{-11} \text{mm}^3$$

Analizando el cubo que es la unión del tronco de pirámide

$$V_1 = abc = (200 \text{ mm})(380 \text{ mm})(380 \text{ mm}) = 28.88 \times 10^6 \text{mm}^3$$

$$V_2 = abc = (196 \text{ mm})(376 \text{ mm})(376 \text{ mm}) = 27.70 \times 10^6 \text{mm}^3$$

$$V_{\text{cubo}} = V_1 + V_2 = (28.88 \times 10^6 - 27.70 \times 10^6) \text{mm}^3 = 1.17 \times 10^6 \text{mm}^3$$

$$V_{\text{volumen total de la tolva}} = V_{\text{cubo}} + V_{\text{tronco piramide}} = (1.17 \times 10^6 + 1.3078 \times 10^{-11}) \text{mm}^3$$

$$V_{\text{volumen total de la tolva}} = 2.4778 \times 10^6 \text{mm}^3$$

Para la fabricación de la tolva se utiliza acero inoxidable AISI 304 $\rho = 7.96 \text{ kg/mm}^3$

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

$$m_{\text{masa de la tolva}} = \rho V = (7.96 \text{ kg/mm}^3) (2.4778 \times 10^6 \text{mm}^3) = 19.72 \text{ kg}$$

$$W_{\text{peso de la tolva}} = (19.72 \text{ kg}) (9.81 \text{ m/s}^2) = 193.48 \text{ N}$$

4.2.4 Cálculo del cilindro. Se calcula el diámetro exterior del cilindro observando las dimensiones de la figura 11, se puede encontrar V_1

$d = \text{diámetro exterior del cilindro}$

$h = \text{longitud del cilindro}$

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

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$V_1 = \frac{\pi}{4} d^2 h = \frac{\pi}{4} (400 \text{ mm})^2 (1000 \text{ mm}) = 125.66 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Con el diámetro interior del cilindro se puede encontrar V_2

$$V_2 = \frac{\pi}{4} d^2 h = \frac{\pi}{4} (398 \text{ mm})^2 (1000 \text{ mm}) = 124.41 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{total del cilindro}} = V_1 - V_2 = (125.66 \times 10^6 - 124.41 \times 10^6) \text{ mm}^3 = 1.25 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Para la fabricación del cilindro se utilizó acero inoxidable AISI 304 $\rho = 7.96 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$

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

$$m_{\text{masa del cilindro}} = \rho V = (7.96 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3)(1.25 \times 10^6 \text{ mm}^3) = 9.97 \text{ kg}$$

$$W_{\text{peso del cilindro}} = (9.97 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 97.80 \text{ N}$$

4.2.5 Cálculos de la estructura. Analizando la columna de tubo cuadrado de 3 mm de espesor que se encuentra empotrada en ambos extremos, para determinar la carga axial máxima que puede soportar.

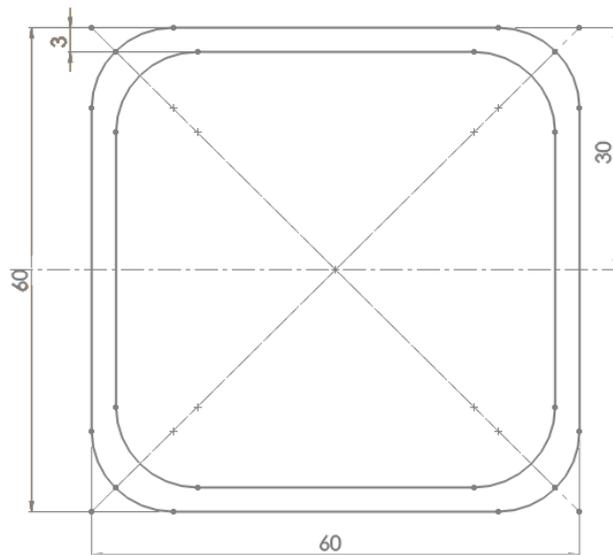


Figura 18. Miembro estructura 60x60x3 sección transversal. . Fuente. Autores del proyecto

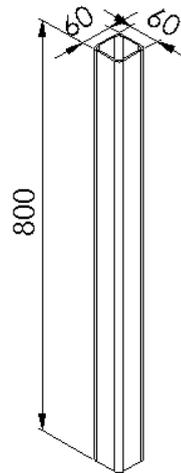


Figura 19. Miembro estructural 60x60x3. Fuente. Autores del proyecto

$$A = (60)(60) - (54)(54) = 684 \text{ mm}^2$$

Para determinar la magnitud del momento de inercia de la sección transversal con respecto a su eje centroidal se utiliza la ecuación 9. Se debe conocer las variables de la ecuación las cuales son sus dimensiones transversales.

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (9)$$

$$I_x = I_y = \frac{1}{12}(60)(60)^3$$

$$I_Y = \frac{1}{12}(60)(60)^3 - \frac{1}{12}(54)(54)^3 = 371412 \text{ mm}^4$$

para determinar la magnitud del radio de giro mínimo de la columna se utiliza la ecuación

10. La variable I es el momento de inercia y A es la sección transversal de la columna

$$r_X = r_Y = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (10)$$

$$r_Y = \sqrt{\frac{371412 \text{ mm}^4}{684 \text{ mm}^2}} = 23.30 \text{ mm}$$

Tabla 4
Propiedades mecánicas del material

Material	Densidad ρ <i>Mg/m³</i>	Módulo de elasticidad E GPa	de	Resistencia de fluencia σ_y MPa
Acero estructural A36	7.85	200		250

Nota. Tabla de propiedades mecánicas promedio de materiales típicos de ingeniería del libro mecánica de materiales sexta edición R.C Hibbeler. Fuente. Autores del proyecto

La longitud efectiva de la fórmula de Euler para una columna empotrada en ambos extremos.

$$L_e = 0.5 L$$

$L =$ longitud no soportada de la columna

$L_e =$ longitud efectiva de la columna

Para determinar la carga axial máxima que puede soportar una columna cuando está a punto de pandearse se llama *carga crítica*, se determina por la Fórmula de Euler que se observa en la ecuación 11. Las variables E es el módulo de elasticidad es propiedad del material de la columna, I es el momento de inercia con respecto al eje más débil, K es la relación de esbeltez efectiva, se puede observar su valor en la figura 19 y L longitud no soportada de la columna.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (11)$$

P_{cr}

= carga axial crítica o máxima sobre la columna, justo antes de que se comience a pandear

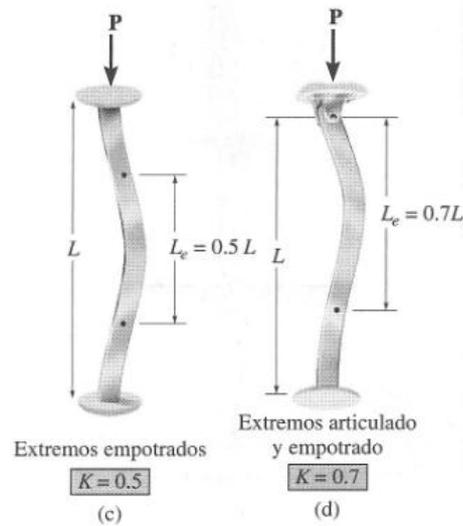


Figura 20. Consideraciones de la relación de esbeltez efectiva. Fuente. (Charles, 2006, pág. 679)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \left(200 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \right) (3.7141 \times 10^{-7} \text{ m}^4)}{[(0.5)(0.8)]^2}$$

$$P_{cr} = 4582.08 \text{ KN}$$

Para determinar el esfuerzo crítico de la columna justo antes que se pandee. Se utiliza la ecuación 12.

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} \quad (12)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{4582.08 \text{ KN}}{68.4 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 66.98 \text{ MPa} < \sigma_y$$

Nota: este es un esfuerzo elástico y en consecuencia $\sigma_{cr} \leq \sigma_y$

Haciendo uso del principio de transmisibilidad se tiene en la columna

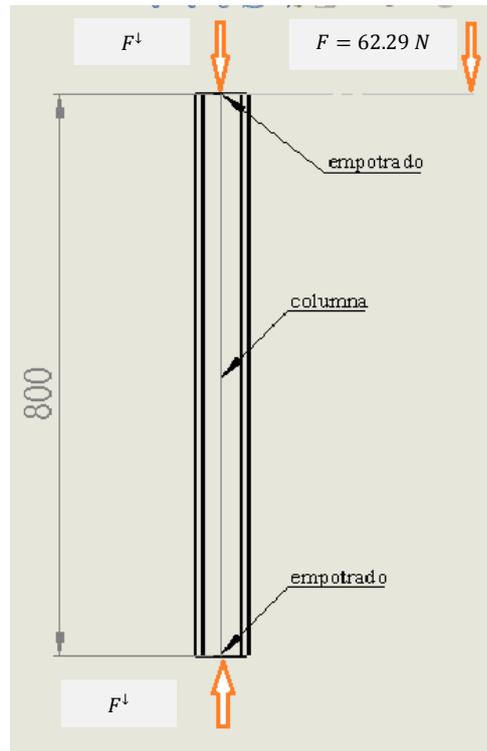


Figura 21. Principio de transmisibilidad aplicado en la columna. Fuente. Autores del proyecto

Nota: la carga F no debe hacer que el esfuerzo en la columna sea mayor que el límite de proporcionalidad.

$$F = P_{cr} \text{ cumple}$$

$$\sigma_{cr} \leq \sigma_y \text{ cumple}$$

Para evaluar la seguridad del diseño se procede a calcular el factor de diseño n , Porque el diseño está basado en la resistencia a la cadencia se utiliza la ecuación 13.

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma_d}$$

Se debe tener en cuenta la forma de carga recomendada por la tabla 5

Tabla 5
Criterios para esfuerzo de diseño-esfuerzo normales directo

Forma de la carga	Material dúctil	Material frágil
Estática	$\sigma_d = S_y/2$	$\sigma_d = S_u/6$
Repetida	$\sigma_d = S_u/8$	$\sigma_d = S_u/10$
Impacto o choque	$\sigma_d = S_u/12$	$\sigma_d = S_u/15$

Nota. Criterios para evaluar el factor de diseño. Fuente. (Mott, 2009, pág. 119)

$$n = \frac{250 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{66.98 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 3.73$$

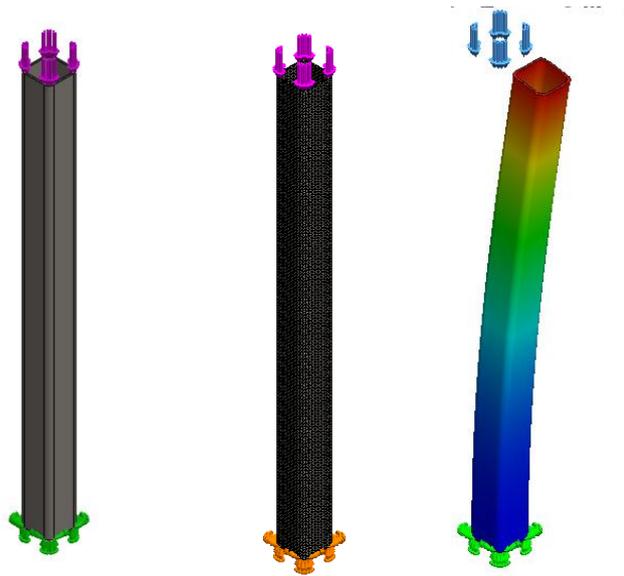


Figura 22. Usando un software cad, para la demostración visual del comportamiento de la columna al aplicarle una fuerza vertical de 62.29 N. Fuente. Autores del proyecto

Con este análisis de diseño se puede observar que el tipo de material de la estructura es seguro y funcional, demostrando que la resistencia y rigidez de la estructura cumplen su fin.

Analizando la viga que soporta el motor trifásico por análisis y diseño de vigas para flexión.

Es tipo de viga de apoyos fijos está firmemente restringida en ambos extremos para que no gire y pueda soportar las cargas que actúan en ella. Vea la figura 21. Observe que la forma de la viga flexionada se inicia con una pendiente horizontal en cada apoyo por la firmeza del apoyo rígido en ese lugar. Esta clase de viga con frecuencia se utiliza en el diseño de marcos de máquina y estructuras de edificios, porque da por resultado ensambles muy rígidos (Mott, 2009).

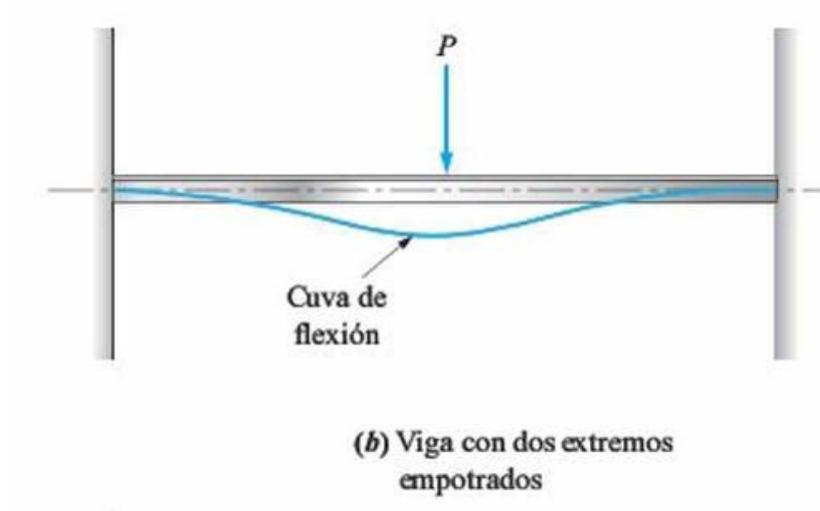


Figura 23. Viga indeterminada empotrada en ambos extremos. Fuente. (Mott, 2009, pág. 445)

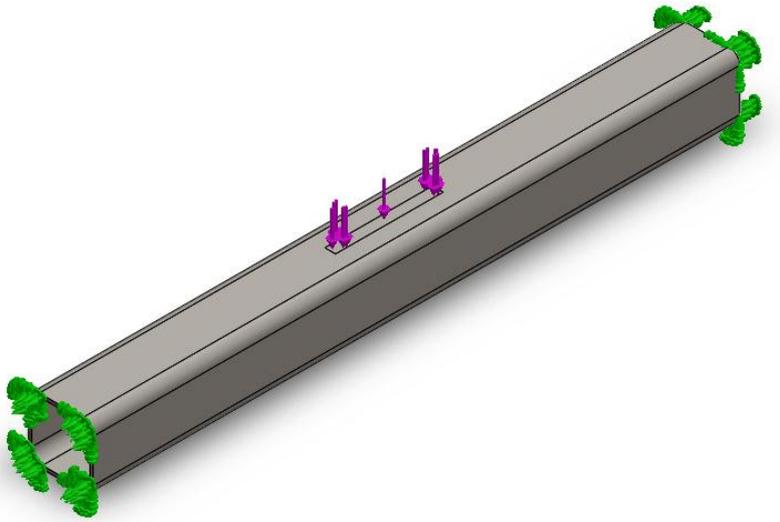


Figura 24. Usando un software cad, para la demostración visual de la fuerza vertical de 124.17 N aplicada a la viga empotrada en ambos extremos que soporta el motor eléctrico. Fuente. Autores del proyecto

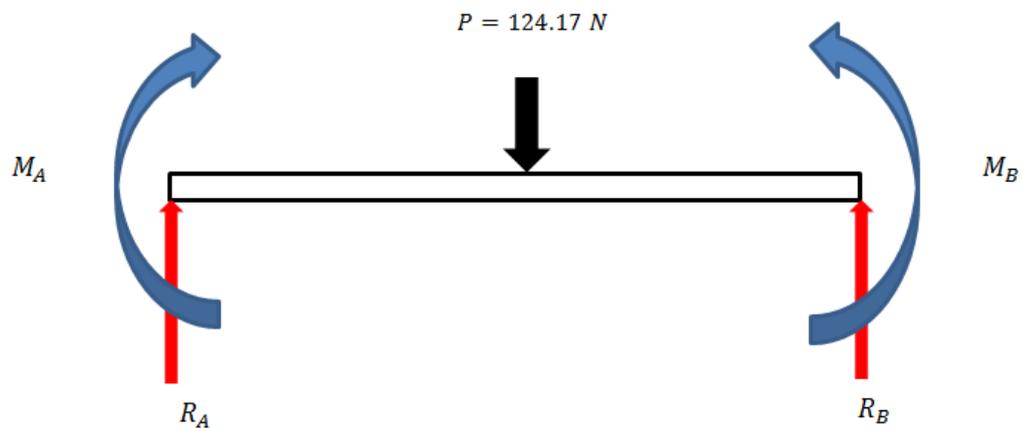


Figura 25. DCL (diagrama de cuerpo libre) de la viga empotrada en ambos extremos que soporta el motor eléctrico. Fuente. Autores del proyecto

Primero se obtienen las reacciones en los soportes a partir del DCL (diagrama de cuerpo libre) de la figura 25 de la viga entera, realizando una sumatoria de fuerzas (Beer, Johnston, Dewolf, & Mazuret, 2010, pág. 312).

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$R_A + R_B - P = 0 \quad (1)$$

Con la condición de equilibrio de la fuerza $P \therefore R_A = R_B$

Entonces $2R_A = P$

$$R_A = R_B = \frac{P}{2} = \frac{124.17 \text{ N}}{2} = 62.29 \text{ N}$$

La viga es indeterminada en primer grado, $M_A = M_B$ es redundante porque la reacción de momento es estáticamente indeterminada.

Utilizando el método de la fórmula de los apéndices A-23 y A-25 del libro resistencia de materiales 5edición Robert L. Mott. Se puede observar en la figura 25.

A-25 (continuación)

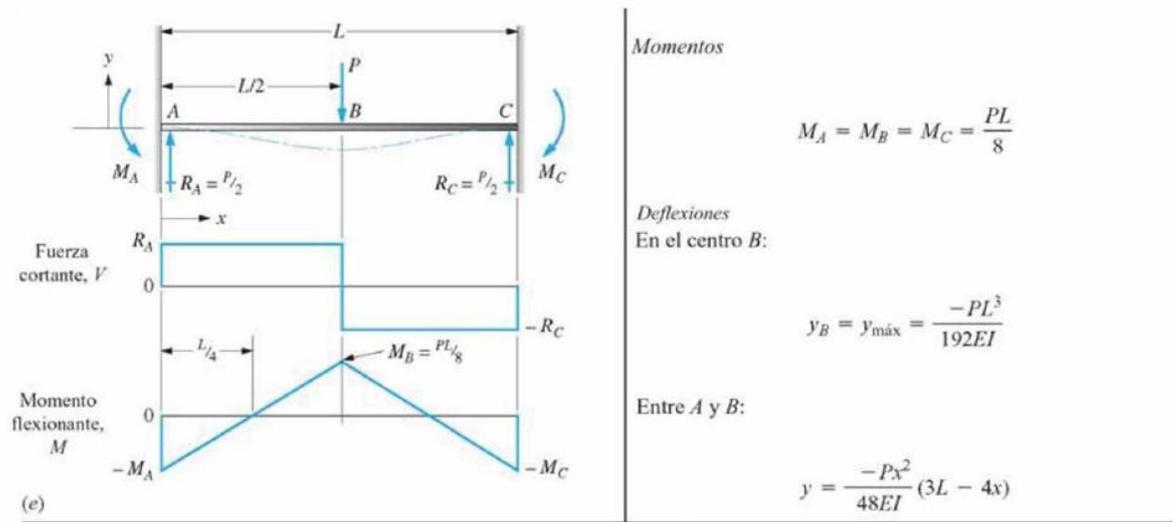


Figura 26. Formular para determinar la deflexión de vigas estáticamente indeterminada. Fuente. (Mott, 2009, pág. 740)

Para determinar la magnitud de los momentos en la viga se utiliza las fórmulas de las tablas del libro de la mott.

$$M_A = M_B = M_C = \frac{PL}{8} \quad (14)$$

$$M_A = \frac{(124.17 \text{ N})(600 \text{ mm})}{8}$$

$$M_A = 9312.75 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Para determinar la magnitud de la deflexión en la viga se utiliza la ecuación 15.

$$y_B = y_{max} = - \frac{PL^3}{192EI} \quad (15)$$

$$y_B = y_{max} = - \frac{(124.17 \text{ N})(0.6\text{m})^3}{192 \left(200 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \right) (3.7141 \times 10^{-7} \text{ m}^4)} = 1.88 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$y_B = y_{max} = 0.00188 \text{ mm}$$

Esfuerzos debido a la flexión

Debido a la carga perpendicular al eje mayor de una viga, que ocasiona que en su interior se desarrollen momentos flexionantes que hacen que la viga se flexione (Mott, 2009, pág. 356).

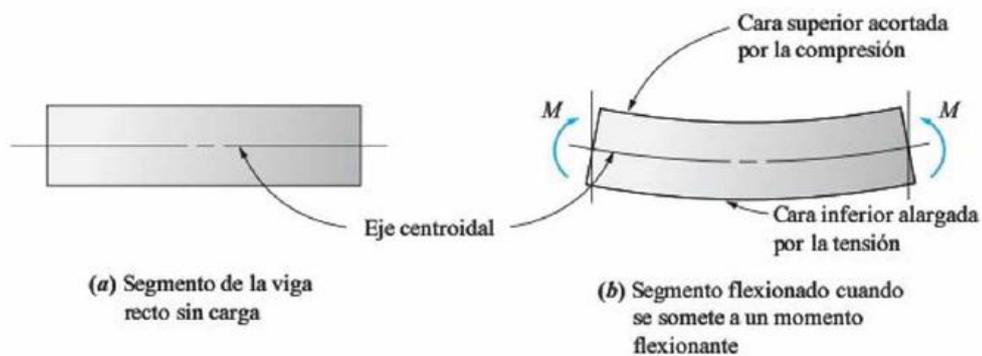


Figura 27. Influencia del momento flexionante en un segmento de viga. Fuente. (Mott, 2009, pág. 357).

El material bajo el eje centroidal estará a tensión con el esfuerzo de tensión máximo en la cara inferior (Mott, 2009).

A lo largo del eje centroidal, la deformación y el esfuerzo debido a la flexión son cero. Este se llama eje neutro (Mott, 2009).

Para determinar la magnitud del esfuerzo máximo de la flexión de viga se utiliza la ecuación 16. Donde la variable M es el momento flexionante en la sección de interés, C es la distancia del eje centroidal de la viga a las fibras más externas y I es el momento de inercia de la sección transversal con respecto a su eje centroidal.

σ_{MAX} = *esfuerzo maximo en las fibras mas externas de la viga*

$$\sigma_{MAX} = \frac{MC}{I} \quad (16)$$

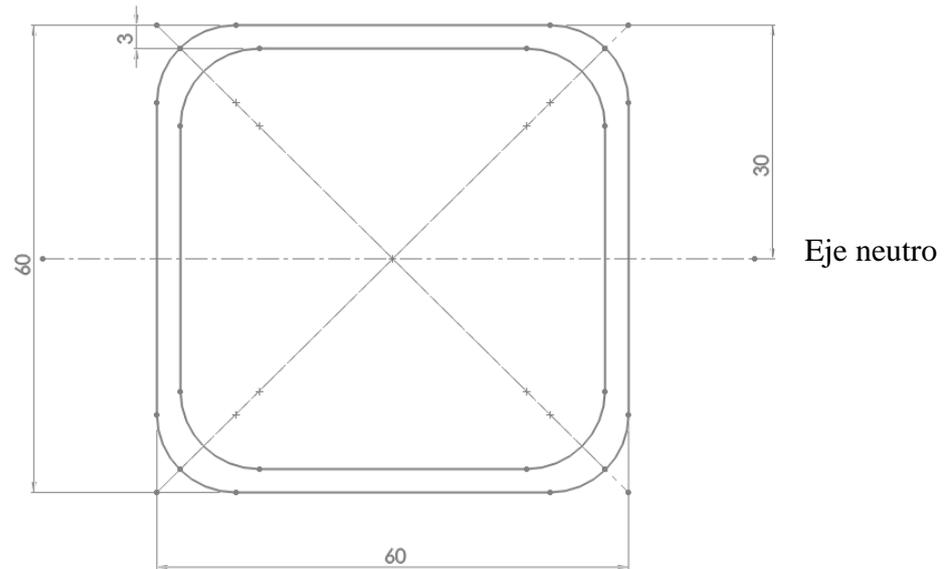


Figura 28. Sección transversal de la viga. . Fuente. Autores del proyecto

Se calculan la demás variables

$$I_{TOTAL} = I_1 - I_2$$

$$I_1 = \frac{bh^3}{12} \quad (17)$$

$$I_1 = \frac{(60 \text{ mm})(60\text{mm})^3}{12} = 1080000 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_2 = \frac{(54 \text{ mm})(54 \text{ mm})^3}{12} = 708588 \text{ mm}^4$$

$$I_{TOTAL} = 1080000 - 708588 = 371412 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{(9312.75 \text{ N} \cdot \text{mm})(30 \text{ mm})}{371412 \text{ mm}^4} = 0.7522 \text{ N/mm}^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}\right)^2 = 752.21 \text{ kPa}$$

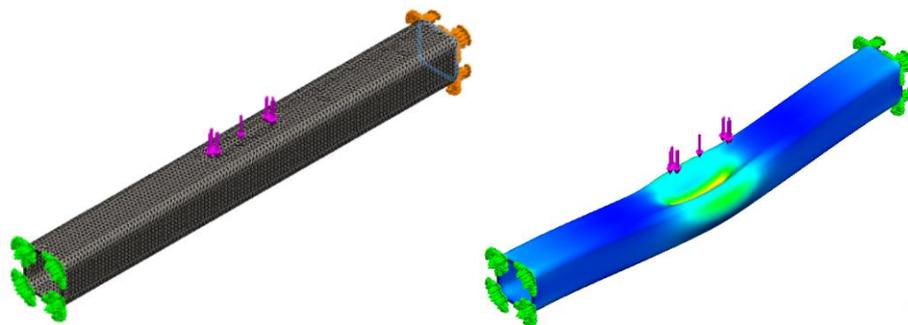


Figura 29. Usando un software cad, para la demostración visual del comportamiento de la viga que soporta el motor eléctrico al aplicarle una fuerza vertical de 124.17 N. Fuente. Autores del proyecto

Nota. Se puede observar que la viga empotrada en ambos extremos sufre una pequeña deflexión, pero el elemento estructural es funcional, esto quiere decir que no se deforma excesivamente afectando el servicio que presta.

4.3 Fase II. Construcción de los elementos mecánicos de la maquina

La construcción de la compactadora horizontal para realizar ensilaje inicia su proceso con base en el diseño preestablecido.

4.3.1 Construcción del cilindro y tolva. Se Inicia con una lámina de acero inoxidable AISI 304 con medidas 3052 mm x 1525 mm x 2 mm, esta lámina nos permite obtener de ella misma la tolva y cilindro, después de lo anterior expuesto se trazan la dimensiones deseadas que se obtuvieron del diseño sobre la lamina, luego con una cortadora de plasma se realizan los cortes deseados.

Por consiguiente, una prensa hidráulica tipo industrial realiza la forma de cono truncado de pirámide a la tolva. Por último, Se toma una sección rectangular de 400 mm x 1150 mm y por medio de una cilindradora se obtiene el cilindro, quien se conecta por medio de sujeciones atornilladas a la tolva.



Figura 30. Vista frontal y posterior de la unión soldada de la tolva y el cilindro. Fuente. Autores del proyecto

4.3.2 Construcción de la cuchara. Se Inicia con una lámina de acero inoxidable AISI 304 con medidas 3052 mm x 1525 mm x 2 mm, esta lámina nos permite obtener la cuchara, se trazan medidas sobre la lámina, luego con una cortadora de plasma se realizan los cortes y medidas deseados.

Por medio de una cilindradora, se obtiene la forma deseada de la cuchara que luego será conecta al riel de avance.



Figura 31. Terminación de la cuchara por medio de soldadura. . Fuente. Autores del proyecto

4.3.4 Construcción del riel de avance. Para la construcción del riel se utiliza un tubo rectangular de trabajo tipo mediano con medidas 50 mm x 80 mm x 2mm.

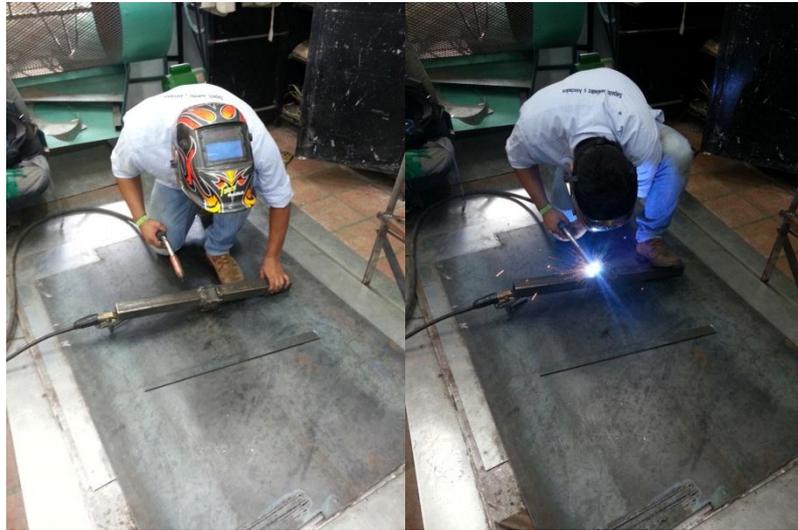


Figura 32. Construcción del riel de avance. . Fuente. Autores del proyecto

4.3.5 Construcción de la estructura. La estructura se define en acero galvanizado ASTM A-36 con perfil cuadrado de medidas: 60 mm x 60 mm x 3 mm, Se cortan secciones del perfil y mediante uniones soldadas se reafirma toda la estructura



Figura 33. Soldadura de la estructura. Autores del proyecto

Para darles acabos finales de toda la maquina se utilizó la pulidora, limas, lijas y cepillo de acero para la estructura de acero estructural y para el acero inoxidable se utilizó una grata.



Figura 34. Pulido de la estructura y Enmasillada de la estructura. Fuente. Autores del proyecto

4.3.6 Construcción del tornillo sin fin. A partir de un eje con diámetro de 5 pulgadas previamente definido, se arman por secciones de láminas con uniones soldadas al eje, dando paso entre secciones se define el tornillo sin fin.



Figura 35. Tornillo sin fin construido. Fuente. Autores del proyecto

Se toma la estructura y se conecta mediante uniones atornilladas al conjunto de la tolva con el cilindro (Fig. 30), Luego se empieza a ensamblar cada parte conjuntamente, utilizando un acople y una chumacera fija cuadrada preestablecida la cual se sujeta a la tolva y esta su vez se conecta con el tornillo sin fin.



Figura 36. Acoplamiento del tornillo sin fin con la unión solidaria de la tolva y cilindro. Fuente. Autores del proyecto

El tornillo sin fin dentro del cilindro, es acoplado con una unión tipo estrella de forma directa con el motor trifásico de 5 Hp.



Figura 37. Acople del motor con el tornillo sin fin. Fuente. Autores del proyecto

4.4 Fase III. Automatización

Para el control de la máquina de ensilaje se necesita controlar las revoluciones del tornillo sin fin que se encuentra unido solidariamente por medio de un acople tipo estrella a un motor eléctrico trifásico, la función del tornillo sin fin es compactar el material verde picado que es depositado en la tolva por el operario de la máquina.

Se dispone de una tarjeta de control lógico programable (PLC) Siemens S7-1200, un variador de frecuencia micromaster 420 que funciona con un rango de potencia de $1/5$ hp a 14.75 hp y una pantalla HMI KTP 600 (Interfaz hombre-máquina). De esta manera se obtendrá una productividad eficiente, que tendrá como resultado el bajo costo en el sistema de operación de la máquina.

4.4.1 Desarrollar el esquema del proceso automatizar. Se realizó un programa para el sistema que se muestra en la figura 32, donde se necesita compactar el material verde picado que es depositado en la tolva.

Encender y apagar son botones en la pantalla táctil para dar inicio y final al proceso de compactación y sellado, start es el botón en la pantalla táctil para dar la orden de poner en marcha el motor y finalizar para detenerlo, el sellado es una imagen ilustrativa que permite identificar el momento en que el motor se detiene porque culmina la compactación y abre paso al operario para que inicia el sellado manual de la bolsa.

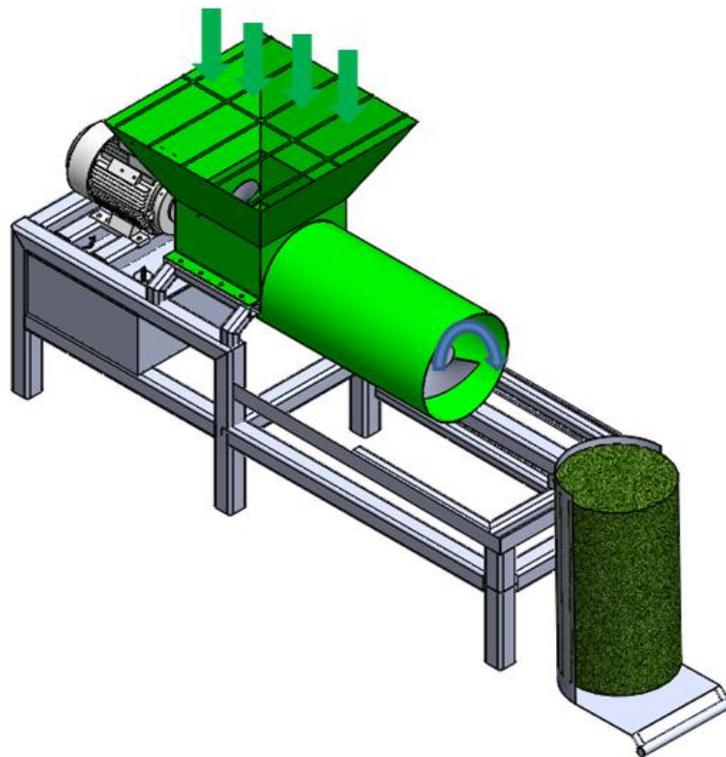


Figura 38. Demostración del proceso de compactación de la máquina para realizar la programación del proceso. Fuente. Autores del proyecto

Tabla 6
Lista de contactos conectados

N^o	Denominación	Indicador	Modo de acción	Dirección
1	Inicio del proceso de compactación	Encender	Cierra = 1	M_0
2	Paro del proceso de compactación	Finalizar	Abre = 1	M_3
3	Puesta en marcha del motor	Start	Cierra = 1	M_1
4	Imagen ilustrativa que representa el sellado	Sellado	Cierra = 1	M_4
5	Salida hacia el motor eléctrico	Motor		Q_0

Nota. En la anterior tabla se puede observar las variables de entradas y salidas del plc y hmi, su modo de acción en la programación, su denominación es la función que cumple, indicador es la imagen que se puede observar en la pantalla hmi y su dirección es la condición de interconectar con el plc. Fuente. Autores de proyecto

La solución del esquema de contactos anteriormente mencionada se realiza con la lógica de esquema de contacto (KOP).

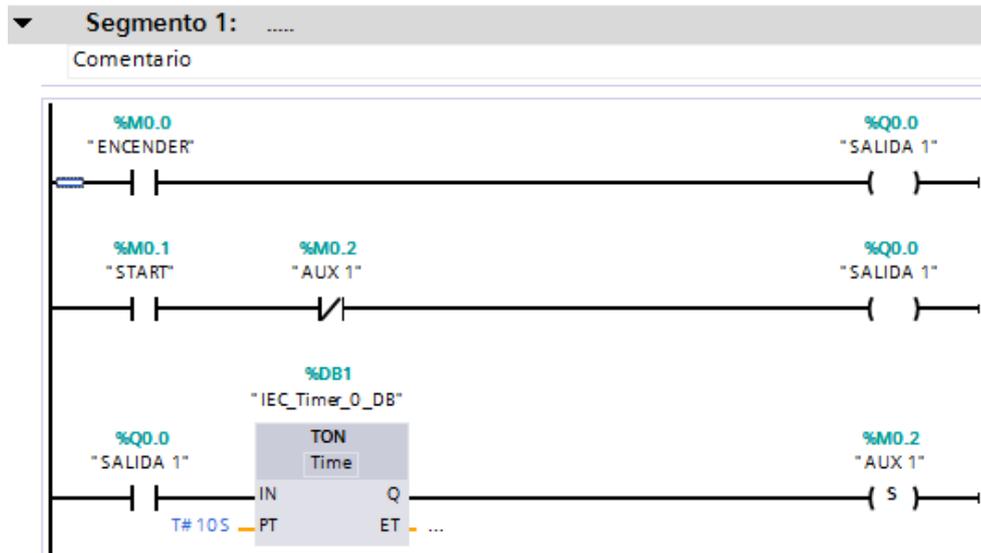


Figura 39. Paso 8 dar clic en las operaciones lógicas para empezar a programar el segmento 1. Fuente. Autores del proyecto.

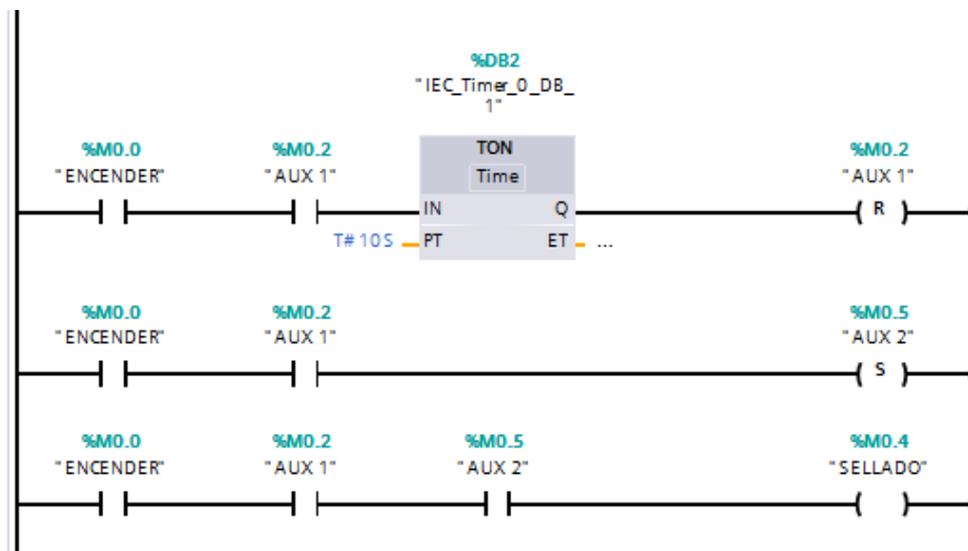


Figura 40. Continuación de la programación del segmento 1. Fuente. Autores del proyecto

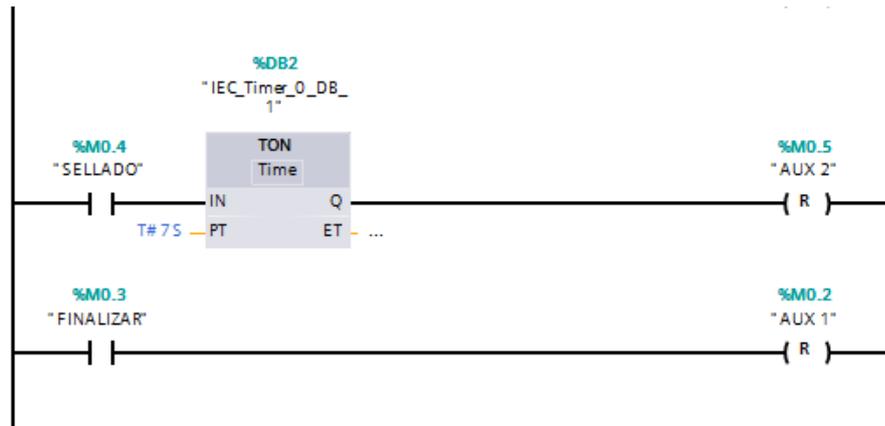


Figura 41. Continuación de la programación del segmento 1. Fuente. Autores del proyecto

Para evaluar la programación de esquema de contacto (KOP) es necesario establecer la conexión online, que se realiza por medio de un puerto PROFINET que viene incorporado en la CPU, que se utiliza para la comunicación entre el PLC, pantalla HMI y la CPU.

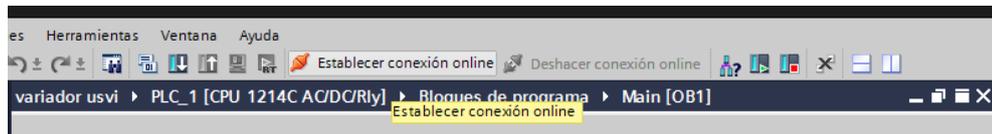


Figura 42. Cargar la programación al PLC “conexión online”. Fuente. Autores del proyecto

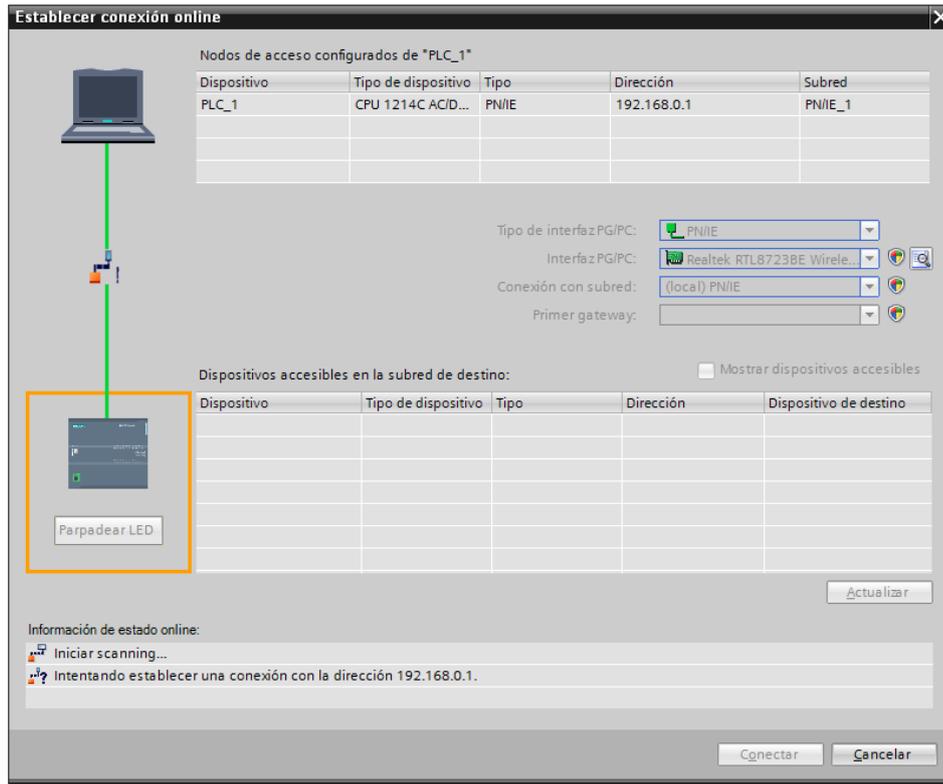


Figura 43. Continuación de la conexión online. Fuente. Autores del proyecto

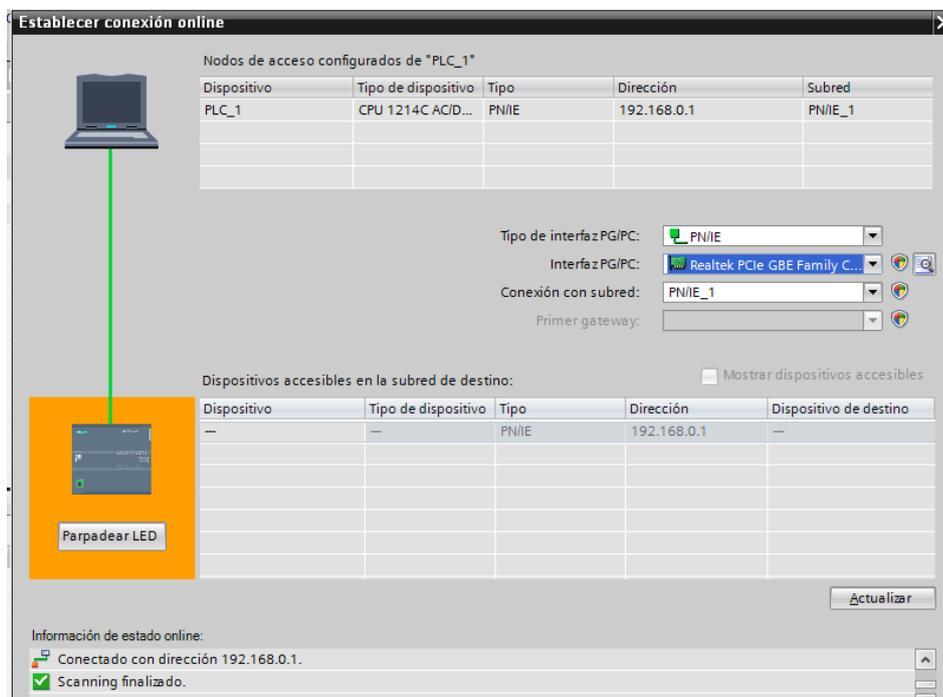


Figura 44. Continuación de la conexión online "carga exitosa". Fuente. Autores del proyecto

Interconexión del variador al motor eléctrico trifásico, se necesita conocer la ficha técnica del motor para programar al variador de frecuencia con dichas características. Para interconectar el motor eléctrico al Variador de frecuencia es necesario el uso de cables.



Figura 45. Programación del variador de frecuencia. Fuente. Autores del proyecto

Para ejecutar los componentes de los equipos utilizados para automatizar el prototipo es necesario interconectar los puertos PROFINET de la CPU y el PLC. Luego transferir los datos del TIA al hardware de los equipos



Figura 46. Interconexión de la CPU al PLC y HMI. Fuente. Autores del proyecto

Sincronización de cada uno de los componentes, para verificar que todos los equipos estén cumpliendo la orden de la programación.



Figura 47. Sincronización de los componentes. Fuente. Autores del proyecto

Capítulo 5. Recursos y presupuesto

5.1 Presupuesto global

Tabla 7

Totalidad de gastos invertidos en el proyecto

Gastos generales	Valor total de los gasto en pesos
Total de gastos personales	4.136.724
Total de gastos de equipos	2.118.000
Total de gastos de insumos	6.439.160
Total general	12.693.884

Nota. Se puede observas los gastos generados en el proyecto ejecutado. Fuente. Autores del proyecto

5.2 Gastos personales

Tabla 8

Horas dedicadas a la investigación del proyecto

Nombre del investigador	Horas semanales dedicadas al proyecto	Números de meses	Valor / hora	Valor total en pesos
Carlos Alberto Maldonado Fontalvo	6	4	2872.725	2.068.362
Miguel Edgardo paredes Amaris	6	4	2872.725	2.068.362

Nota. El valor de la hora de investigación se calculó basado en el salario mínimo 2016 Colombia. Fuente. Autores del proyecto

5.3 Equipos

Tabla 9

Justificación del trabajo en horas de la construcción de la maquina

Justificación	Horas de trabajo	Valor hora	Valor total en pesos
Soldadura	90	20000	1800000
Pulido	15	5000	75000
Taladro	5	3000	15000
Tronzadora	12	9000	108000
Cortadora de plasma	8	15000	120000
Total	105		2118000

Nota. Se observa los gastos generados en horas de cada equipo utilizado en el proyecto. Fuente. Autores del proyecto

5.4 Recursos institucionales

TecnoParque Nodo Ocaña quien brindo su apoyo para el desarrollo del prototipo

5.5 Insumos

Tabla 10

Presupuesto invertido en el proyecto

Cantidad	Descripción	Valor. uni	Valor total
1	Tubo de 1 1/2"	43000	43000
3	Aerosol	13000	39000
2	Botella tinner	2000	4000
2	Abrazadera	2500	5000
1	Platina	2000	2000
1	Acople metálico	50000	50000
¼	Base galvanizado	5000	5000
4	Lijas # 80	1000	4000
1/8	Hueso duro	5000	5000
4	Lijas # 220	1500	6000
1	Lamina de acero de 2 mm espesor	320000	320000
1	Motor trifásico 5 hp	1200000	1200000
1	Variador de frecuencia 8 a 11 hp	700000	700000
1	Tarjeta plc	1500000	1500000
1	Chumacera plana	26700	26700
1	Broca 7/16	13500	13500
1	Broca 3/8	9500	9500
1	Broca 5/16	7000	7000
6	Tornillos 7/16×1 1/2"	550	3300
1	Cilindrada	20000	20000
1	Doblada	30000	30000
3	Tubo cuadrado 60mm×60mm×3mm	50000	150000
		SUBTOTAL	5551000
		I.V.A 16 %	888160
		TOTAL FACTURA	6439160

Nota: en esta tabla se observa el presupuesto de la construcción de la máquina. Fuente Autores del proyecto

Conclusiones

La etapa de diseño del prototipo está concluida, por lo que se puede asegurar que el principio funciona de manera adecuada, pues se logra implementar el sistema de compactación, pero se sabe que todavía se pueden obtener mejores resultados en cuanto a otros parámetros adicionales como una bomba de vacío lo que mejora en la bolsa una mayor prolongación de vida del material.

El correcto funcionamiento mecánico de la prensa permite determinar la construcción y selección de sus partes mecánicas de forma adecuada.

La máquina brinda una capacidad de ensilaje de 2 toneladas por hora, cabe agregar que su capacidad puede ser muchos más grande si aumento las rpm del motor en rangos de velocidad de 50 a 1740 rpm , como resultado, la producción continua de ensilaje brindara un mayor abastecimiento para la región.

El proceso para elaboración de un ensilaje de muy buena calidad, consta de la creación de una bacteria anaeróbica requerida en el ensilaje, como consecuencia de esto, la maquina está equipada con un sistema de prensado continuo (tornillo sin fin), que garantiza un 95% de efectividad en el ensilaje de buena calidad.

Durante el proceso de construcción de la maquina surgieron problemas de tiempo y de presupuestos, pero como resultado, se logró implementar el sistema de compactación a la máquina. Por lo tanto, el sistema de sellado no se pudo implementar en la construcción por falta de presupuesto. En tal sentido, quedara para una nueva fase de la máquina.

El uso de un sistema de control con: PLC y variador de frecuencia; optimiza de forma más eficaz las variables de la maquina obteniendo unos resultados experimentales más confiables.

En la programación del variador de frecuencia y la tarjeta de control lógico programable (PLC), ofrecen la flexibilidad necesaria para controlar una gran cantidad de dispositivos para cada necesidad en la programación, obteniendo muy buen resultado al interconectar los equipos de la máquina.

Para concluir, este proyecto es de gran impacto socioeconómico para el sector productivo agrícola, como resultado de los cambios climáticos que se vienen registrando en los últimos años en nuestro país. En tal sentido es de mayor utilidad tener comida almacenada para los bovinos, equinos y caprinos en gran cantidad, y de esta manera no sufrirán los campesinos por falta de alimentos para sus animales y será un buen lucro cesante.

Recomendaciones

En una segunda etapa del proyecto, se busca continuar con la automatización continua de la máquina para poder lograr una alta eficiencia en la realización de ensilaje, y como resultado satisfacer la carestía de este producto en la provincia de Ocaña norte de Santander.

Adaptar el lugar donde se va instalar el equipo de trabajo principalmente con buena acometida eléctrica, iluminación adecuada, piso de concreto y los soportes de ajuste adecuados para la estructura se encuentren bien ubicados para anclar.

El proceso de engrasar el rodamiento de la máquina, se debe realizar cada 2 meses si esta en reposo, o cada 100 horas de trabajo.

Para la de manipulación de la pantalla HMI se debe tener presente que es una pantalla táctil y muy frágil a la hora de recibir fuertes golpes. Por tal motivo se debe tener mucha precaución a la hora de su manipulación.

Tener una adecuada instalación eléctrica en el sitio de trabajo de la máquina, debido a que los equipos deben tener una regulación eléctrica menos del 3%, para poder tener la tensión eléctrica 220 voltio del sistema bifásico trifilar deseada.

Referencias

Tutoriales automatizacion. (10 de enero de 2015). Recuperado el 16 de junio de 2016, de <http://tutoriales-automatizacion.blogspot.com.co>

Ag-Bag. (2016). *Ag-Bag*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de Ag-Bag: www.ag-bag.com

Agricola, N. H. (2016). *New Holland Agrícola*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de New Holland Agrícola: www.agriculture1.newholland.com

Automation solutions. (s.f.). Recuperado el 6 de Junio de 2016, de www.indiamart.com

Beer, F., Johnston, R., Dewolf, J., & Mazuret, D. (2010). *Mecánica de materiales*. Mexico: McGrawHill.

Beer, J. M. (2010). *mecánica vectorial para ingenieros estática*. Mexico: McGrawHill.

Ceballos, P. (1 de Julio de 2008). *TimeRime*. Recuperado el 25 de marzo de 2016, de TimeRime.com: www.timerime.com

Charles, R. (2006). *Mecánica de materiales*. Mexico: Pearsoneducacion.

Chaverra, H., & Bernal, J. (1 de Octubre de 2000). *el ensilaje en la alimentación del ganado vacuno*. colombia, Colombia: Tercer mundo editores.

congreso. (23 de Diciembre de 1993). *Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero*. Recuperado el 04 de 04 de 2016, de <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/101-1993.pdf>

constituyente, a. n. (1991). *constitución política de Colombia de 1991*. bogota.

- Deere, J. (2 de Enero de 2014). *Deere & Company*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de Deere & Company: www.deere.com
- Delgado, M., Lopez, J., & Lopez, L. (2004). *upct.com*. Recuperado el 04 de abril de 2016, de upct.com:
https://www.upct.es/seeu/_as/divulgacion_cyt_09/Libro_Historia_Ciencia/inicio.htm
- Famac. (2011). *Famac*. Recuperado el 16 de Junio de 2016, de Famac: www.Famac.cl
- Garces, A., Suarez, E., Serna, J., & Ruiz, S. (2006). Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y mani forrajero. *Revista Lasallista de Investigación*, 35.
- Herrera, M., Medina, J., & Quintero, H. (2008). diseño de maquina para empaque de forraje de maiz para ensilaje: dosificado y compactado. *scientia et technica*, 55.
- Kuhn. (2016). *Kuhn maquinaria agricola*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de Kuhn maquinaria agricola: www.Kuhn.es
- Lopez, V., Boada, B., Boada, M., Caldas, C., & Babe, A. (25 de Febrero de 2008). *Ingenieria de transporte*. Recuperado el 16 de Junio de 2016, de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes>
- Luna, M. (2012). *academia*. Recuperado el 04 de 04 de 2016, de academia: http://www.academia.edu/9181621/CURSO_061_CONTROLADOR_L%C3%93GICO_PROGRAMABLE_PLC_061_MICRO_CAPACITACION
- Mapablogs. (23 de Diciembre de 2014). *Tecnologias agropecuarias frente al cambio climatico*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de Tecnologias agropecuarias frente al cambio climatico: <https://mapablogs.wordpress.com/tag/ensilaje/>
- Mott, R. (2009). *Resistencia de Materiales*. Mexico: PearzonPrenticeHall.

Nogueira. (2013). *Nogueira*. Recuperado el 20 de marzo de 2016, de Nogueira:
www.nogueira.com.br

Peñagaricano, A. &. (1972). *ensilaje (manejo y utilización de las reservas forrajeras)*.
montevideo-uruguay: hemisferio sur.

Perez, J. (1991). *Constitucion Politica de Colombia*. Bogota.

Perez, J., Catrillon, D., Pallares, M., Fonseca, P., & Guerrero, G. (1 de Octubre de 2015).
contextoganadero. Recuperado el 16 de junio de 2016, de contextoganadero:
www.contextoganadero.com

Portillo, B. A. (14 de 03 de 2016). Guia para la presentacion de proyectos de grado a la
biblioteca. ocaña.

Practiagro. (10 de Octubre de 2012). *youtube*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de
youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=1wnDLiopEAc>

Saenz, F. C. (25 de Noviembre de 2009). *Dr. Calderon Labs*. Recuperado el 10 de Febrero de
2016, de Dr. Calderon Labs.: <http://www.drcalderonlabs.com/>

Sevillano, F. (02 de 04 de 2013). *scribd*. Recuperado el 04 de 04 de 2016, de scribd:
<https://es.scribd.com/doc/128299884/09-Variadores-de-Frecuencia>

Siemens. (15 de agosoto de 2010). *Siemens Simatic*. Recuperado el 20 de febrero de 2016, de
Siemens Simatic: <http://www.siemens.com/simatic>

superioruniversitario, c. (26 de agosto de 1996). estatuto estudiantil acuerdo 065. ocaña.

weg. (16 de 10 de 1961). *weg*. Recuperado el 04 de 04 de 2016, de www.weg.net

Yaruro, J., & Coronel, J. (10 de abril de 2012). construccion de una empacadora para realizar el ensilaje de pasto, la cual sera implementada en la granja de la universidad franisco de paula santander ocaña. Ocaña, Ocaña, Colombia.

Glosario

A_1 Es el área de un cuadrado con las medidas del exterior

A_2 Es el área del cuadrado con las medidas del interior

A_3 Es el área de un cuadrado con las medidas del exterior

A_4 Es el área del cuadrado con las medidas del interior

$d =$ *diametro exterior del cilindro*

$h =$ *longitud del cilindro*

$\lambda =$ *coeficiente de relleno de la seccion*

$\varphi =$ *angulo de inclinacion de helice*

$P_H =$ *potencia para el desplazamiento horizontal del material*

$P_N =$ *potencia para el accionamiento del tornillo en vacio*

$P_{st} =$ *potencia requerida para un tornillo sin – fin inclinado*

$P_{st} = 0$ *porque esta en posicion horizontal*

$D =$ *Diámetro del tornillo*

P_{cr}

$=$ *carga axial critica o maxima sobre la columna, justo antes de que se comience a padear*

$E =$ *modulo de elasticidad*

$I =$ *momento de inercia minimo del area transversal de la columna*

$K =$ *relacion de esbeltez efectiva*

L = longitud no soportada de la columna

L_e = longitud efectiva de la columna

σ_{cr}

= esfuerzo critico, que es el esfuerzo promedio en la columna justo antes que se pandee.

σ_{MAX} = esfuerzo maximo en las fibras mas externas de la viga

M = momento flexionate en la seccion de interes

C = distancia del eje centroidal de la viga a las fibras mas externas

I = momento de inercia de la seccion transversal con respecto a su eje centroidal

n = factor de diseño

DCL = Digrama de cuerpo libre

TIA = automatización totalmente integrada

Apéndices

Apéndice 1.

Estructura de la maquina ensiladora



Apéndice 2.

Maquina ensiladora



Apéndice 3.

Dosificadora y cilindro de la máquina



Apéndice 4.

Gabinete de control variador de frecuencia y tarjeta de control lógico programable



Apéndice 5.

Propiedades mecánicas de los materiales

Propiedades mecánicas promedio de materiales típicos en ingeniería^a
(Unidades SI)

Materiales	Densidad ρ (Mg/m ³)	Módulo de elasticidad E GPa	Módulo de rigidez G GPa	Resistencia de fluencia (MPa) σ_y			Resistencia última (MPa) σ_u			% Alargamiento espécimen 50 mm	Relación de Poisson ν	Coef. de expansión Térm. α (10 ⁻⁶)/°C	
				Tens.	Comp. ^b	Corte	Tens.	Comp. ^b	Corte				
Metálicos													
Aleaciones forjadas de aluminio	2014-T6	2.79	73.1	27	414	414	172	469	469	290	10	0.35	23
	6061-T6	2.71	68.9	26	255	255	131	290	290	186	12	0.35	24
Aleaciones de hierro colado	Gris ASTM 20	7.19	67.0	27	-	-	-	179	669	-	0.6	0.28	12
	Maleable ASTM A-197	7.28	172	68	-	-	-	276	572	-	5	0.28	12
Aleaciones de cobre	Bronce rojo C83400	8.74	101	37	70.0	70.0	-	241	241	-	35	0.35	18
	Bronce C86100	8.83	103	38	345	345	-	655	655	-	20	0.34	17
Aleación de magnesio	[Am 1004-T61]	1.83	44.7	18	152	152	-	276	276	152	1	0.30	26
Aleaciones de acero	Estructural A36	7.85	200	75	250	250	-	400	400	-	30	0.32	12
	Inoxidable 304	7.86	193	75	207	207	-	517	517	-	40	0.27	17
	Herramientas L2	8.16	200	75	703	703	-	800	800	-	22	0.32	12
Aleación de titanio	[Ti-6Al-4V]	4.43	120	44	924	924	-	1 000	1 000	-	16	0.36	9.4
No metálicos													
Concreto	Baja resistencia	2.38	22.1	-	-	-	12	-	-	-	-	0.15	11
	Alta resistencia	2.38	29.0	-	-	-	38	-	-	-	-	0.15	11
Plástico reforzado	Kevlar 49	1.45	131	-	-	-	-	717	483	20.3	2.8	0.34	-
	30% vidrio	1.45	72.4	-	-	-	-	90	131	-	-	0.34	-
Madera Grado estructural seleccionado	Abeto Douglas	0.47	13.1	-	-	-	-	2.1 ^e	26 ^d	6.2 ^d	-	0.29 ^e	-
	Abeto blanco	3.60	9.65	-	-	-	-	2.5 ^e	36 ^d	6.7 ^d	-	0.31 ^e	-

^a Los valores específicos pueden variar para materiales particulares debido a la composición de la aleación o el mineral, el trabajo mecánico del espécimen o el tratamiento térmico. Vea un valor exacto del valor que se va a consultar en libros de referencia.

^b Las resistencias de fluencia y última, para materiales dúctiles, se suponen iguales en tensión y compresión.

^c Medido perpendicular al hilo.

^d Medido paralelo al hilo.

^e Deformación medida perpendicular al hilo, cuando la carga se aplica siguiendo el hilo.

Apéndice 6.

Instrucciones para determinar el esfuerzo de diseño

Apéndice

723

A-21 (continuación)

Esfuerzos flexionantes de diseño—Diseño estructural y de máquinas en general

Forma de carga	Materiales dúctiles (% de alargamiento > 5%)	Materiales frágiles (% de alargamiento < 5%)
Cargas estáticas	$\sigma_d = s_y/2$	$\sigma_d = s_u/6$
Cargas repetidas	$\sigma_d = s_y/8$	$\sigma_d = s_u/10$
Impacto o choque	$\sigma_d = s_y/12$	$\sigma_d = s_u/15$

Esfuerzos flexionantes de diseño—Especificaciones AISC para estructuras de acero de edificios sometidas a cargas estáticas

$$\sigma_d = s_y/1.5 = 0.66 s_y$$

Esfuerzos flexionantes de diseño—Especificaciones de la Aluminum Association para estructuras de aluminio de edificios sometidas a cargas estáticas

$$\sigma_d = s_y/1.65 = 0.61 s_y \quad \text{o} \quad \sigma_d = s_u/1.95 = 0.51 s_u$$

Cualquiera que sea menor

Esfuerzos cortantes de diseño para vigas sometidas a flexión

Perfiles de viga de acero estructural laminado—esfuerzo cortante permisible en el alma (AISC)

$$\tau_d = 0.40 s_y$$

Materiales dúctiles generales sometidos a cargas estáticas: Basados en la resistencia a la cadencia del material a cortante con un factor de diseño $N = 2$:

$$\tau_d = s_{ys}/N = 0.5 s_y/N = s_y/2N = s_y/2(2) = s_y/4 = 0.25 s_y$$

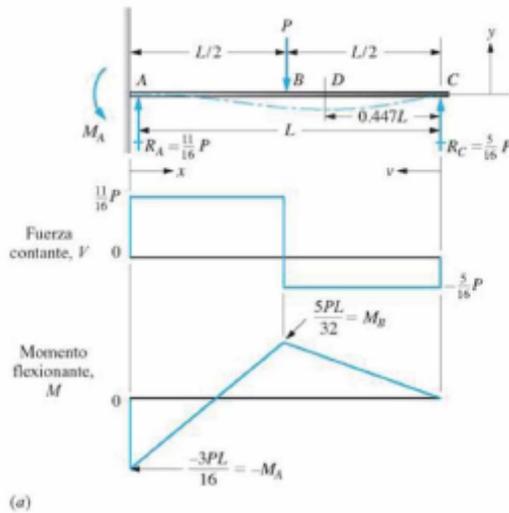
Apéndice 7.

Diagramas de vigas y fórmulas para determinar la deflexión de vigas estáticamente indeterminadas

738

Apéndice

A-25 Diagramas de vigas y fórmulas para determinar la deflexión de vigas estáticamente indeterminadas



Deflexiones

En \$B\$ donde actúa la carga

$$y_B = \frac{-7}{768} \frac{PL^3}{EI}$$

\$y_{\text{máx}}\$ ocurre en \$v = 0.447L\$ en donde \$D\$:

$$y_D = y_{\text{máx}} = \frac{-PL^3}{107EI}$$

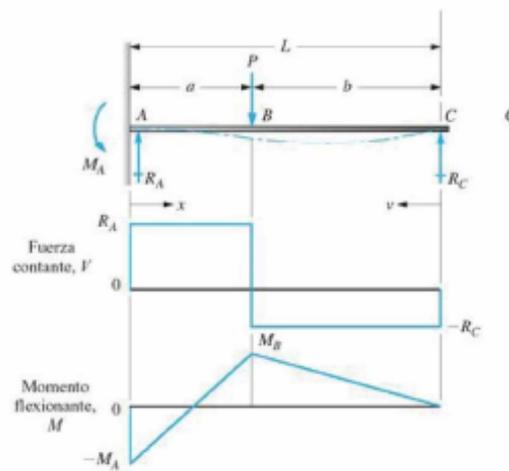
Entre \$A\$ y \$B\$:

$$y = \frac{-Px^2}{96EI} (9L - 11x)$$

Entre \$B\$ y \$C\$:

$$y = \frac{-Pv}{96EI} (3L^2 - 5v^2)$$

(a)



Reacciones

$$R_A = \frac{Pb}{2L^3} (3L^2 - b^2)$$

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

Momentos

$$M_A = \frac{-Pab}{2L^2} (b + L)$$

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

Deflexiones

En \$B\$ donde actúa la carga

$$y_B = \frac{-Pa^3b^2}{12EIL^3} (3L + b)$$

Entre \$A\$ y \$B\$:

$$y = \frac{-Px^2b}{12EIL^3} (3C_1 - C_2x)$$

$$C_1 = aL(L + b); C_2 = (L + a)(L + b) + aL$$

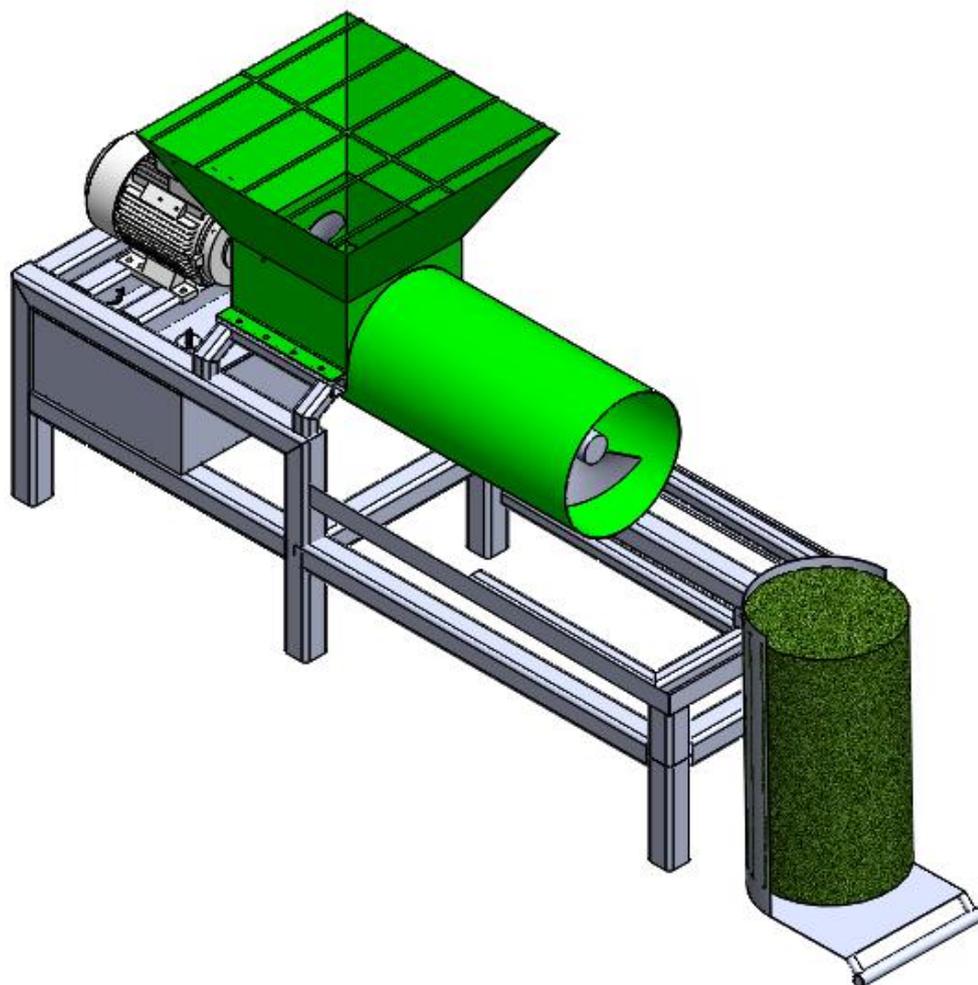
Entre \$B\$ y \$C\$:

$$y = \frac{-Pa^2v}{12EIL^3} [3L^2b - v^2(3L - a)]$$

(b)

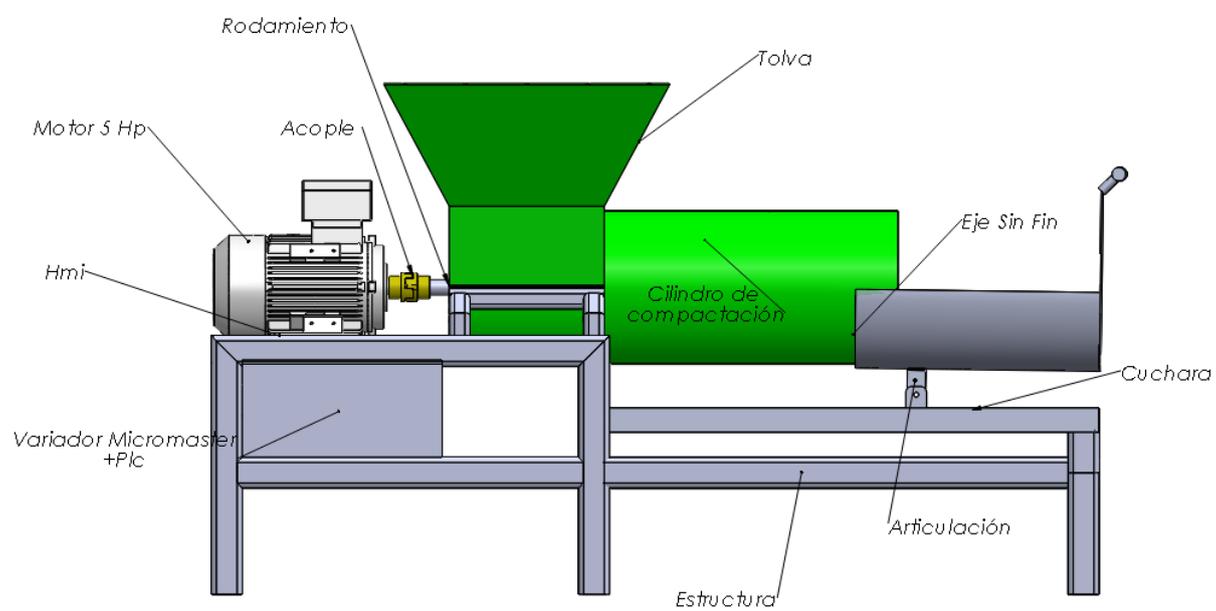
Apéndice 8.

Diseño de la maquina



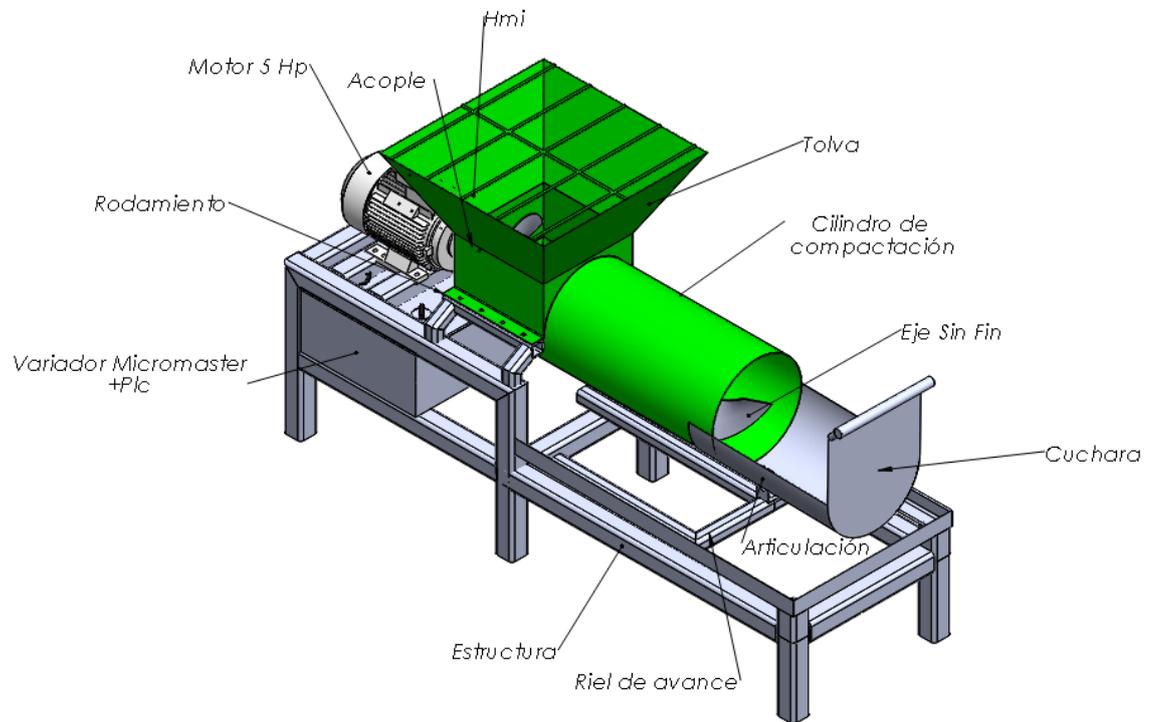
Apéndice 9.

Descripción de los elementos de la maquina vista lateral



Apéndice 10.

Descripción de los elementos de la maquina vista isométrica



Apéndice 11.

Catálogo del motor eléctrico

¡Su motor es muy valioso!
Protéjalo únicamente con productos Siemens:
SINCRONIZADO

Fuertes y ágiles
Diseño único, con la más alta tecnología

motores
TRIFASICOS

SIEMENS

Disponibilidad de repuestos en todo el país

Apéndice 12.

Características de selección del motor

Nuestro amplio conocimiento técnico, que tiene en el mundo más de 150 años de experiencia consolidada, dan como resultado un motor preparado para el futuro: diseño universal y ventajas técnicas y económicas evidentes.

Nuestros motores cumplen con las exigentes demandas técnicas del mercado, demostrando una vez más, nuestro liderazgo a nivel mundial.

Aquí presentamos las características que los identifican.

Carcasa

- Diseño unificado en aletas desde el tamaño 71 hasta el tamaño 225.
- Debido a su diseño con aletas posee una mayor conductividad térmica y por lo tanto, una mejor refrigeración.
- Patas integradas, diseñadas para soportar esfuerzos mecánicos exigentes.
- Pieza intermedia integrada a la carcasa.
- Placa de características en acero inoxidable.
- Con bornes de conexión para puesta a tierra.

Platillos

- Con un nuevo diseño; más robustos y funcionales, que garantizan un perfecto desempeño ante exigencias mecánicas extremas.

Caja de terminales

- Ubicada en la parte superior.
- Entrada de cables de la acometida por dos lados.
- Con bornera de conexión, lo que facilita su manejo.
- Posibilidad de conexión de puesta a tierra.
- Amplia y cómoda, lo que permite cambios de conexión técnicamente seguros.

Rodamientos

- De tipo rígidos de bolas, de doble sello y con juego interno C3.
- Libres de mantenimiento.
- Con una vida útil de hasta 20.000 horas de servicio continuo.

Protección mecánica

- Con retenedor tipo CD ring en el platillo AS.
- El diseño de la caperuza aumenta la protección del ventilador contra contactos involuntarios.
- Protegido contra chorros de agua en cualquier dirección y contra depósitos de polvo (IP55).

Sistema de aislamiento tropicalizado

- Como en todos los motores Siemens, el sistema de aislamiento es apto para usarse con variadores de velocidad.
- Nuestros materiales aislantes y su comportamiento térmico nos permiten garantizar un f.s. de 1,15 para potencias normalizadas.
- Todos nuestros materiales utilizados en la fabricación de la nueva serie, son Clase F.

Tensiones de funcionamiento

- La línea estándar tiene tensión conmutable 220/440V, 60HZ.
- Sin embargo, estamos en capacidad de suministrar cualquier tensión requerida, bajo consulta previa.
- Disponible para arranque directo en los tamaños 71, 80, 90 y 112.
- Aptos para arranque directo o estrella-triángulo a partir del tamaño 132.

Disminución del nivel de ruido

- Todos los motores de la nueva generación disminuyen el nivel de ruido.

Mayor rendimiento

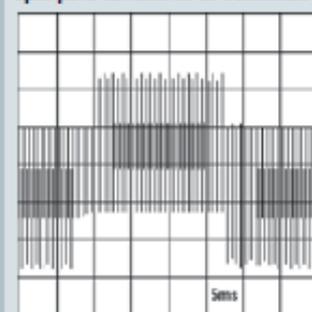
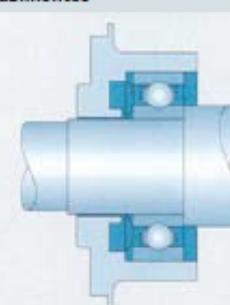
- Con este nuevo diseño se ofrece mayor rendimiento, ahorrando energía.

Alta eficiencia

A partir de:	HP	RPM
	35	3.600
	30	1.800
	25	1.200

Ventajas adicionales

- Diseño moderno, versátil y modular.
- Motor robusto.
- Libre de mantenimiento.
- Intercambiable con las anteriores series (1LA3 y 1LA5).
- Nuestra fábrica posee el Certificado de Aseguramiento de la Calidad ISO9001:2000, según IQNET.

Sistema de aislamiento apto para variadores de velocidad**Rodamientos**

Apéndice 13.

Velocidades de diferentes motores eléctricos

www.siemens.com.cn/catalogomotores.htm

Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia η	Factor de potencia Cos φ	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m ²	Peso kg
			HP	kW		220V A	440V A								
25000001108	1LA7 070-4YC60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	66	0,77	1640	1,74	1,8	2,8	0,0006	4,7
25000001109	1LA7 070-4YA60	71M	0,5	0,37	1,15	1,90	0,95	66	0,81	1590	2,24	1,3	2,7	0,0006	5,5
25000001110	1LA7 071-4YA60	71M	0,6	0,45	1,05	2,20	1,10	69	0,76	1680	2,54	1,8	3,4	0,0008	6
25000001111	1LA7 073-4YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,90	1,45	65	0,79	1650	3,24	1,9	3,7	0,0008	6
25000001113	1LA7 080-4YA60	80M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	69,2	0,87	1660	4,29	1,9	3,7	0,0015	8,1
25000001114	1LA7 081-4YA60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	70	0,85	1675	5,10	2,2	3,7	0,0018	9,3
25000001115	1LA7 083-4YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,00	2,50	72	0,89	1650	6,48	1,8	3	0,0018	9,3
25000001117	1LA7 090-4YA60	90S/L	2	1,49	1,15	7,00	3,50	77	0,80	1700	8,38	2,2	4,4	0,0028	12,1
25000001118	1LA7 094-4YA60	90S/L	2,4	1,79	1,05	7,40	3,70	77	0,86	1690	10,12	2	4,5	0,0035	14,9
25000001119	1LA7 096-4YA60	90S/L	3	2,24	1,15	9,60	4,80	79	0,83	1708	12,51	1,8	3,6	0,0035	14,9
25000001120	1LA7 111-4YA60	112M	4	2,98	1,15	13,00	6,50	76,3	0,79	1750	16,28	2,2	5,6	0,0048	27,1
25000001121	1LA7 112-4YA60	112M	5	3,73	1,15	15,80	7,90	80,5	0,78	1740	20,47	2,3	6,5	0,0058	28,7
25000001122	1LA7 113-4YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,60	9,80	78	0,83	1740	27,02	2	6	0,011	31
25000001123	1LA7 114-4YA60	112M	7,5	5,60	1,15	23,20	11,60	80	0,79	1740	30,71	2,2	5,6	0,011	32,7
25000001124	1LA7 131-4YA70	132S/M	10	7,46	1,15	28,80	14,40	81	0,84	1750	40,71	2,3	6	0,018	46,5
25000001125	1LA7 133-4YA70	132S/M	12	8,95	1,05	34	17,00	81,2	0,83	1750	48,85	2,5	6,6	0,024	49
25000001126	1LA7 134-4YA70	132S/M	15	11,19	1,15	43	21,50	82,5	0,84	1750	61,06	1,8	5	0,024	62
25000001127	1LA7 164-4YA70	160 M/L	20	14,92	1,15	56,8	28,40	85	0,85	1760	80,95	1,8	6,3	0,04	77,5
25000001128	1LA7 167-4YA70	160 M/L	25	18,65	1,15	66	33,00	89	0,87	1755	101,48	1,8	5,4	0,052	85,5
25000001129	1LA5 183-4YA80	180M	30	22,38	1,05	78	39,00	90,7	0,83	1755	121,77	2	4,9	0,13	170
25000001130	1LA5 186-4YA80	180L	36	26,86	1,05	93	46,50	91,3	0,83	1760	145,71	2,8	6,8	0,15	190
25000001131	1LA5 187-4YA80	180L	40	29,84	1,05	104	52,00	91,3	0,83	1750	162,83	2	5,6	0,15	190
25000001132	1LA5 207-4YA80	200L	50	37,30	1,15	126	63,00	92,4	0,84	1770	202,00	2,7	6,6	0,24	250
25000001133	1LA5 220-4YA80	225S	60	44,76	1,15	146	73,00	95,0	0,84	1776	241,00	2,7	6,6	0,44	314
25000001134	1LA5 223-4YA80	225M	75	55,95	1,15	200	100,00	91,7	0,80	1770	301,00	2	5,1	0,52	321
26697 ¹⁾	1LG4 253-4AA60	250M	100	75,00	1,00		120,00	93,3	0,85	1780	355	2,5	6,3	0,69	390
26698 ¹⁾	1LG4 280-4AA60	280S	125	93,00	1,00		145,00	94,2	0,85	1785	482	2,5	7,4	1,29	520
26699 ¹⁾	1LG4 283-4AA60	280M	150	111,90	1,00		177,50	94,6	0,86	1785	579	2,5	7,4	1,47	565
26700 ¹⁾²⁾	1LG4 310-4AA60	315S	200	150	1,00		240,00	94,5	0,84	1783	707	2,6	6,5	2	700
26701 ¹⁾²⁾	1LG4 313-4AA60	315M	225	168	1,00		265,20	94,8	0,85	1783	848	2,8	6,9	2,46	775
26702 ¹⁾²⁾	1LG4 316-4AA90-Z	315L	275	205	1,10		323,10	95,4	0,86	1783	1,028	2,8	6,9	3,01	955
26703 ¹⁾²⁾	1LG4 317-4AA90-Z	315L	350	261	1,10		409,50	95,7	0,88	1785	1,285	2,8	7	3,91	1050

1) Para tensión de servicio a 220V, favor consultar.

3) Consultar tiempo de entrega.

Apéndice 14.

Medidas por montaje dependiendo el tipo de motor eléctrico

www.siemens.com.co/catalogomotores.htm

Medidas para montaje (dimensiones en mm)

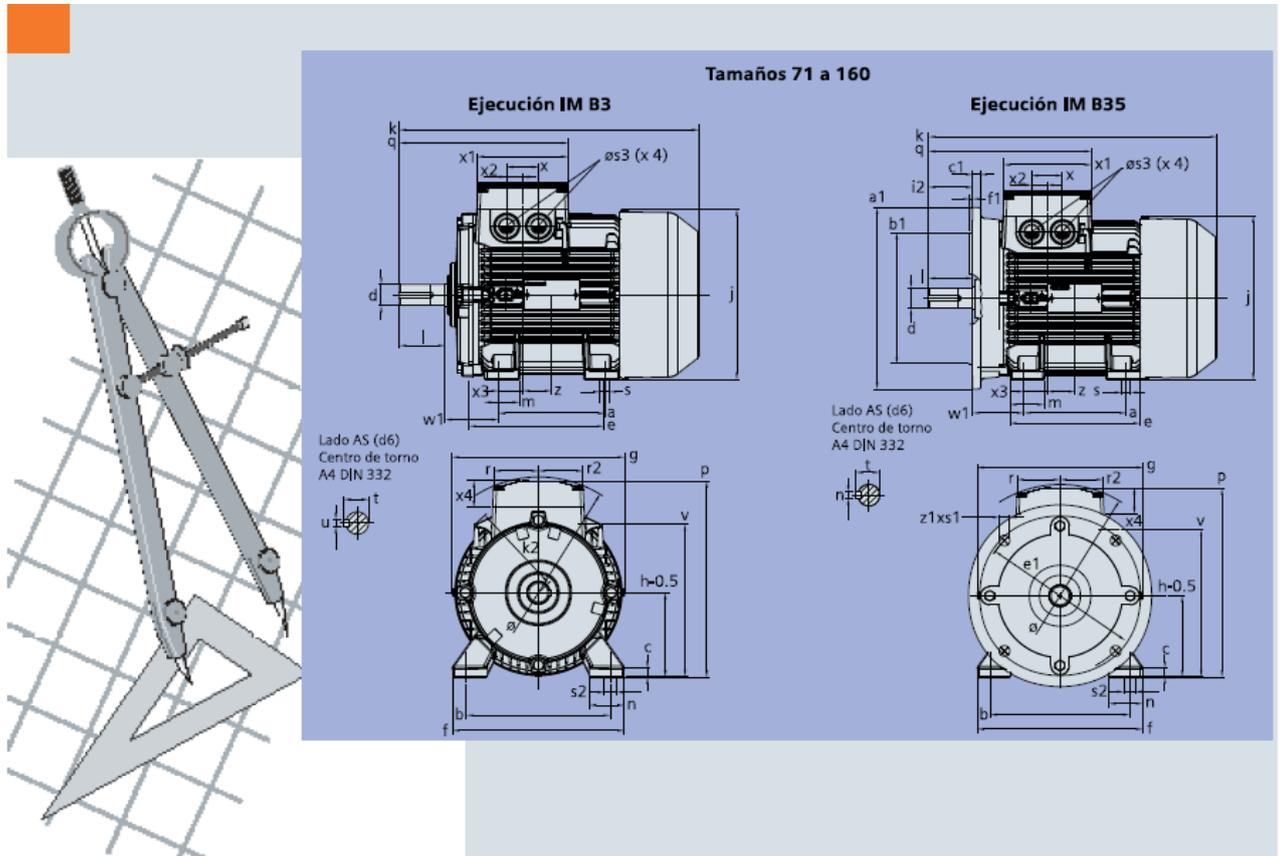
Motor tamaño	Medidas comunes (IM B3, IM B5)						medidas de la forma constructiva IM B3								Medidas de la forma constructiva IM B5 / IM B35							
	l	d	t	u	g	g ₁	p/p ₂	k	a	b	h	w ₁	s	e	f	a1	b1	c1	e1	f1	s1	k
071	30	14	16.1	5	148	-	178.5	240	90	112	71	45	7	107.5	132	160	110	5.5	130	3.5	10.5	231
080	40	19	21.5	6	163	-	193.5	273.5	100	125	80	50	9.5	119.5	150	200	130	8	165	3.5	13	283
090 S	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	100	140	90	56	10	114.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324
090 L	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	125	140	90	56	10	144.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324
112 M	60	28	31.0	8	227	-	260	393	140	190	112	70	12	176	226	250	180	11	215	4	14.5	388
132 S	80	38	41.3	10	264.5	-	315	481	140	216	132	89	12	1218	256	300	230	14	265	4	15	481
132 M	80	38	41	10	266	-	299	491	178	216	132	89	12	218	226	300	230	12	265	4	4.5	491
160 M	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	210	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628
160 L	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	254	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628
180 M	110	48	51.5	14	357	499	410	653	241	279	180	121	16	301	339	350	250	13	300	5	18	653
180 L	110	48	51.5	14	357	499	410	691	279	279	180	121	16	339	339	350	250	13	300	5	18	691
200 L	110	55	59.0	16	403	534	460	743	305	318	200	133	20	385	398	400	300	15	350	5	18	743
225 S	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	286	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830
225 M	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	311	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830
250 M	140	*65	*69	18	520	-	680	930	349	406	250	168	24	409	506	550	450	18	500	5	17.5	930
280 S	140	*75	*79.5	*20	575	-	735	1005	368	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005
280 M	140	*75	*79.5	*20	575	-	735	1005	419	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005
315 S ¹⁾	140	65	69	18	645	-	-	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110
315 S ²⁾	170	85	85	22	-	-	-	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1140
315 M ¹⁾	140	65	69	18	645	-	-	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110
315 M ²⁾	170	80	85	22	-	-	-	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1140
315 L ¹⁾	140	65	69	18	645	-	-	1250	508	508	315	216	28	578	628	660	550	22	600	6	22	1250
315 L ²⁾	170	80	85	22	-	-	-	1280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1280

1) Motores de dos polos
2) Motores de 4 a 8 polos

* Para motores de dos polos cambian las siguientes medidas:
- Tamaño constructivo 250 M: d=60; t=64.....
- Tamaño constructivo 225 M: l=110; d=55; t=59; u=16 mm.; k=800.....
- Tamaño constructivo 280 S: d=65; t=69; u=18 mm.

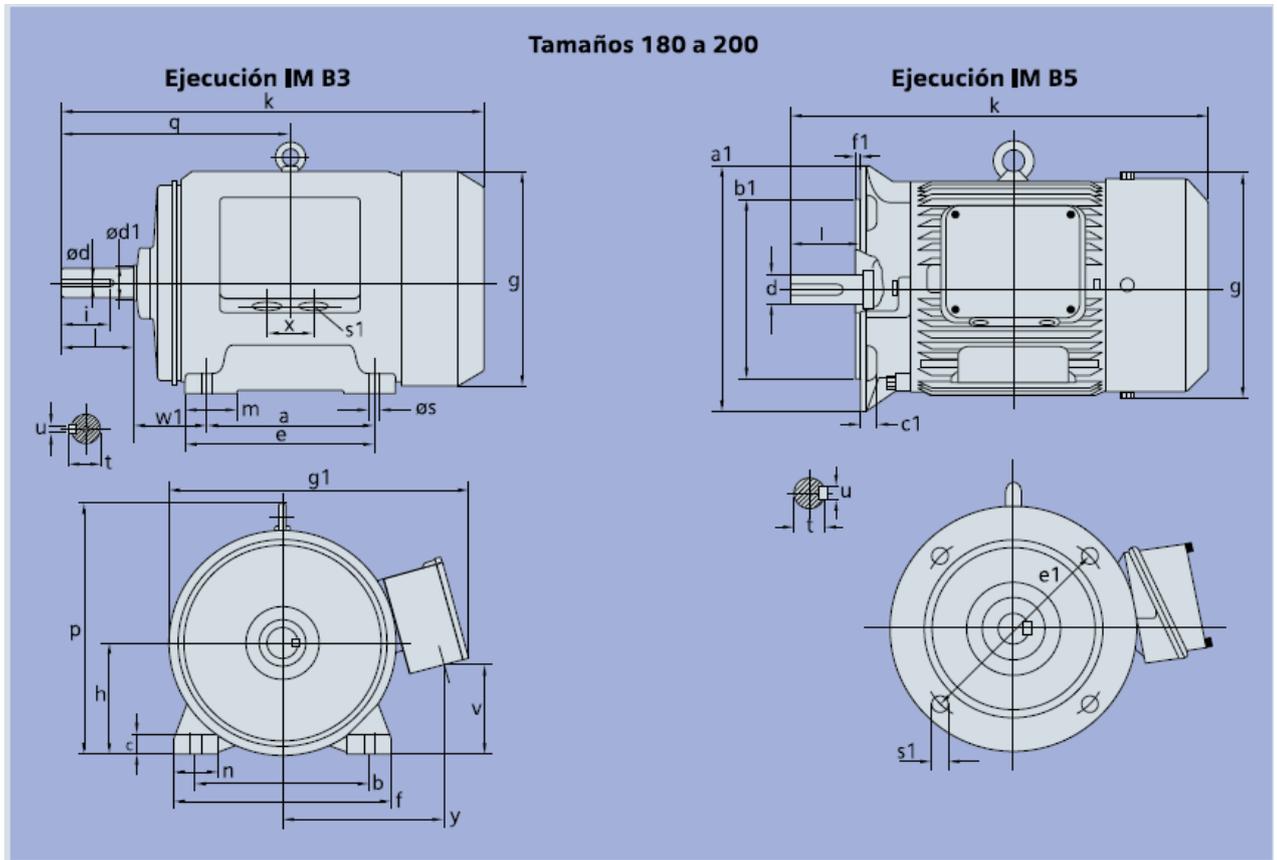
Apéndice 15.

Dimensiones del motor eléctrico para tamaños 71 a 160



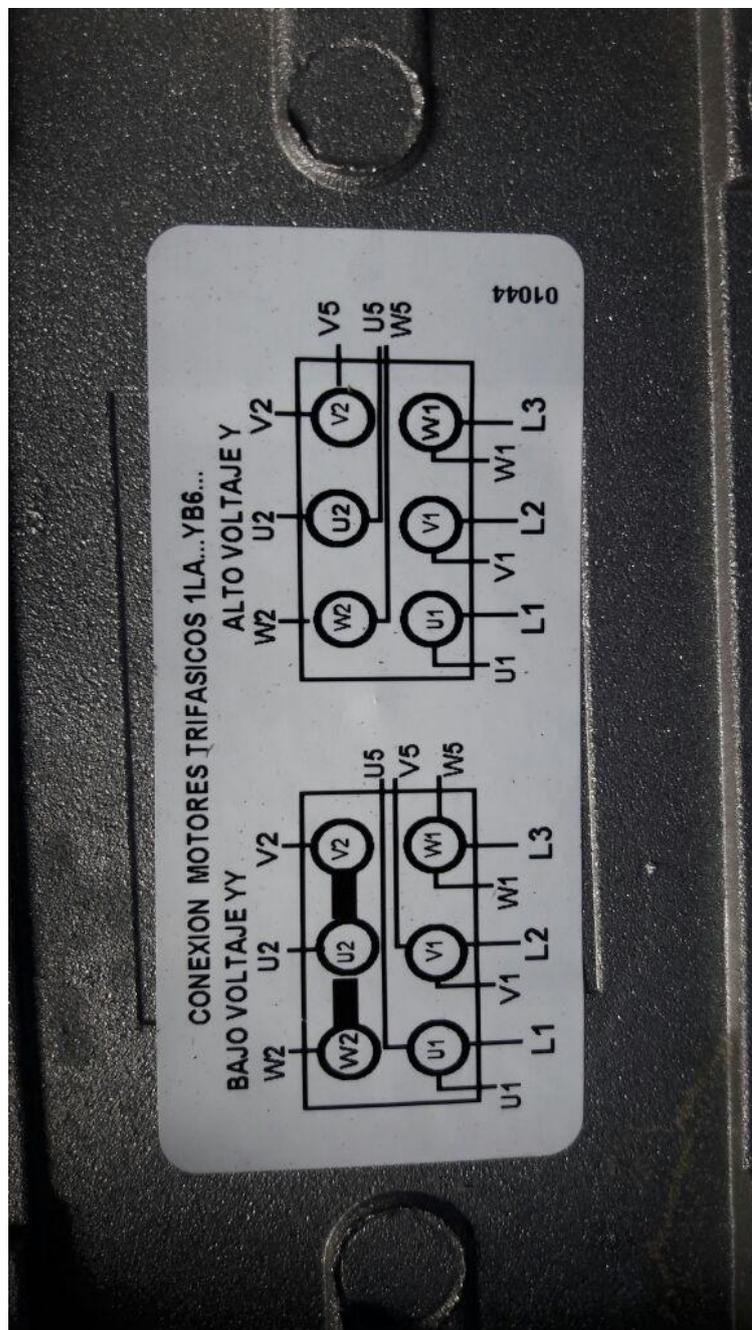
Apéndice 16.

Dimensiones del motor eléctrico para tamaños 180 a 200



Apéndice 17.

Diagrama eléctrico del motor



Apéndice 18.

Publicación del proyecto en la revista del Sena



Flash
informativo

Cúcuta, (N de S) 16 de julio de 2015

TecnoParque mejora máquina de ensilaje para el sector agrícola

Jóvenes ocañeros y talentos TecnoParque se animaron a inscribir y desarrollar un proyecto de base tecnológica en TecnoParque, con el objetivo de proponer una solución innovadora para los ganaderos de la región.

“Se trata de una máquina ensiladora de material verde picado con sistema Scada aprovechando sus ventajas en mejorar los procesos lo que permite empaçar, además de sellar bolsas de 50 kg de material verde picado, para obtener mejores rendimientos del proceso, manifestó el ingeniero mecánico Juan Guillermo García Rincón, gestor TecnoParque.

El método de ensilaje empleado consiste en un sistema de tornillos sin fin, (tornillo que transmite el movimiento entre ejes), conectado a un motor eléctrico y este es controlado con un variador de frecuencia respaldado con un sistema HMI de Scada para controlar de forma más precisa todo el proceso de corte y empaque del pasto.



La construcción de la máquina tiene lugar en las instalaciones de los laboratorios de Metalmecánica de TecnoParque

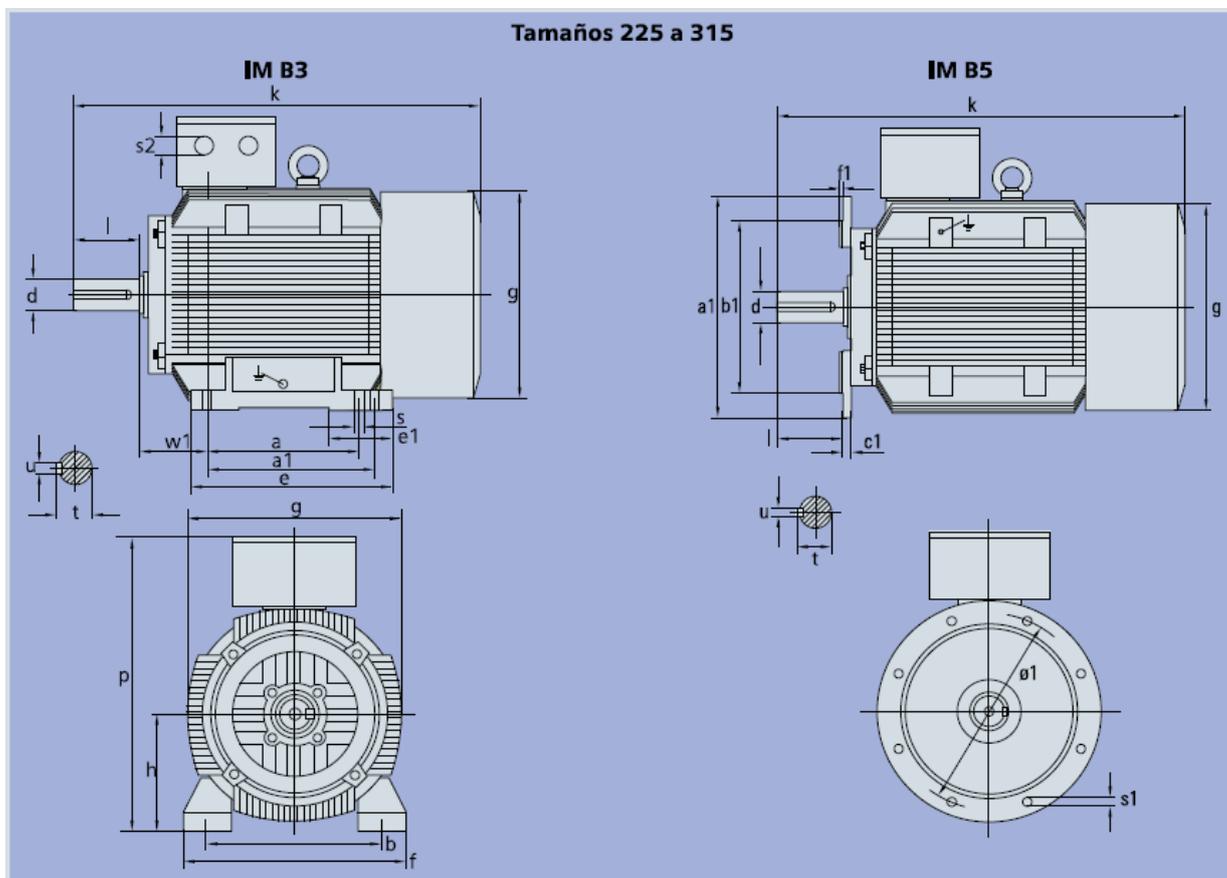
Cabe recordar que en el centro tecnológico ya se había trabajado una primera propuesta de máquina de ensilaje, con algunas limitantes que ésta mejora.

Carlos Maldonado, aprendiz SENA y estudiante de ingeniería mecánica de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y su compañero Miguel Paredes crearon esta máquina con el fin de generar soluciones para las necesidades de la comunidad del Norte de Santander.



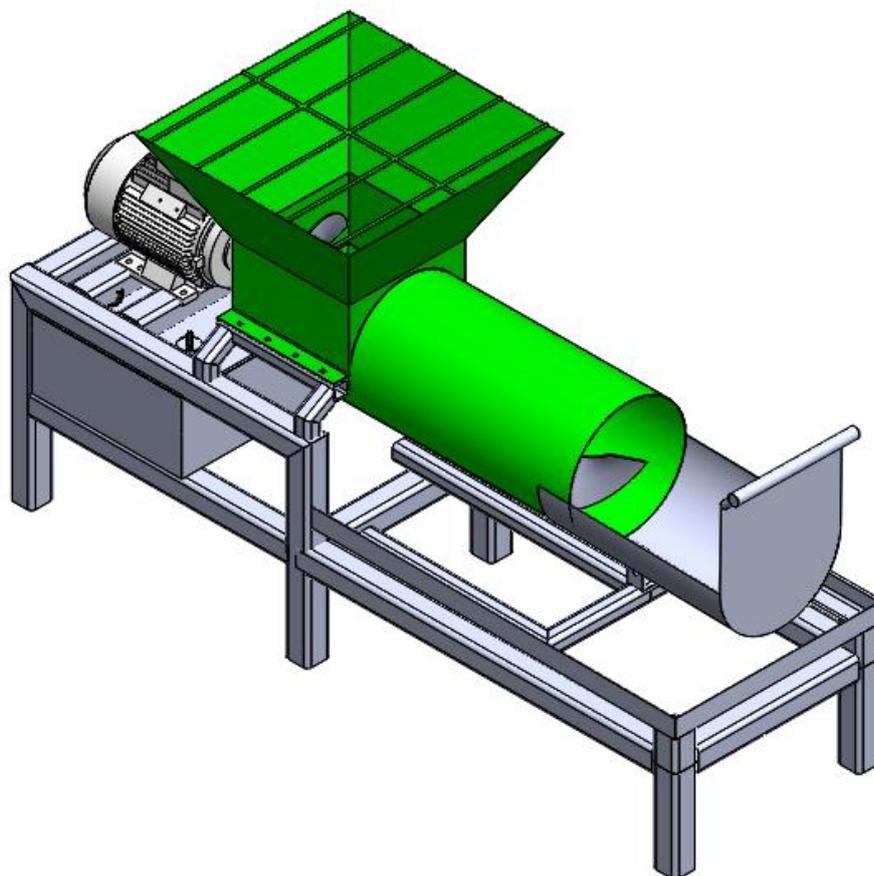
Apéndice 19.

Dimensiones del motor eléctrico para tamaños 225 a 315



Apéndice 20.

MANUAL PRÁCTICO DE OPERACIÓN



DESARROLLO DE UNA PRENSA HORIZONTAL PARA LA COMPACTACION DE MATERIAL VERDE PICADO

Elaborado por:

MIGUEL EDGARDO PAREDES AMARIS

CARLOS ALBERTO MALDONADO FONTALVO

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de la prensa horizontal para la compactación de material verde picado, sus componentes mecánicos y eléctricos requieren un análisis de supervisión según las horas de trabajos. La prensa horizontal no permite el traslado a una instalación para su posterior reparación. De esta forma el mantenimiento se le delega al operario que constantemente debe estar observando el comportamiento de dichos mecanismo en funcionamiento; Su función principal es revisar el buen uso de cada componente.

Este no es un manual de mantenimiento técnico y tampoco lo convertirá en un mecánico experto. Su propósito es ayudar a mantenerlo informado del uso apropiado de la máquina.

REGLAS PARA LA SEGURIDAD

PRECAUCIÓN: Los reportes apuntan que el uso de partes rotativas causa un porcentaje alto de accidentes. Se puede evitar aplicando estas reglas para la seguridad.

- No tener la maquina a la intemperie, porque puede ocasionar fallas a nivel de sus dispositivos electrónicos provocando un corto circuito.
- Mantenga las manos, los pies, el cabello y la ropa alejados de las partes rotativas.
- No apoyar sus extremidades en las partes móviles.
- Proveer un botiquín de primeros auxilios para cualquier atención de primera necesidad.
- No deje nunca la maquina encendida sin la supervisión de un operario capacitado.

- Mantenga el lugar limpio y libre de objetos que obstaculicen el paso del tornillo sin fin sobre la tolva de alimentación.
- Evite el uso de ropa suelta cuando está trabajando con la máquina.
- No haga ningún tipo de maniobra cuando la maquina este en marcha.
- No introduzca elementos sobre la maquina cuando se atasque, detenga la máquina y límpiela.
- No sobrepase la capacidad máxima permitida en la tolva su altura máxima es $\frac{3}{4}$ de volumen.
- Utilizar siempre los elemento de protección personal adecuados.

PASOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PRENSA HORIZONTAL DE ENSILAJE.

PASO 1: Verificar que la prensa horizontal este limpia y sin elementos extraños a los de su composición, y si los hay retirarlos.

PASO 2: Encender el motor eléctrico y la pantalla HMI y controlar las revoluciones adecuadas.

PASO 3: Ponga en funcionamiento la prensa horizontal sin carga por 3 o 5 minutos para verificar el movimientos de los componentes.

PASO 4: Ubique la bolsa en el cilindro y introduzca la cuchara luego accione el freno que se encuentra al costado izquierdo de la máquina para garantizar la presión del proceso.

PASO 5: Suministrar de manera continua el material verde picado que se desea ensilar de forma constante hasta llenar la bolsa.

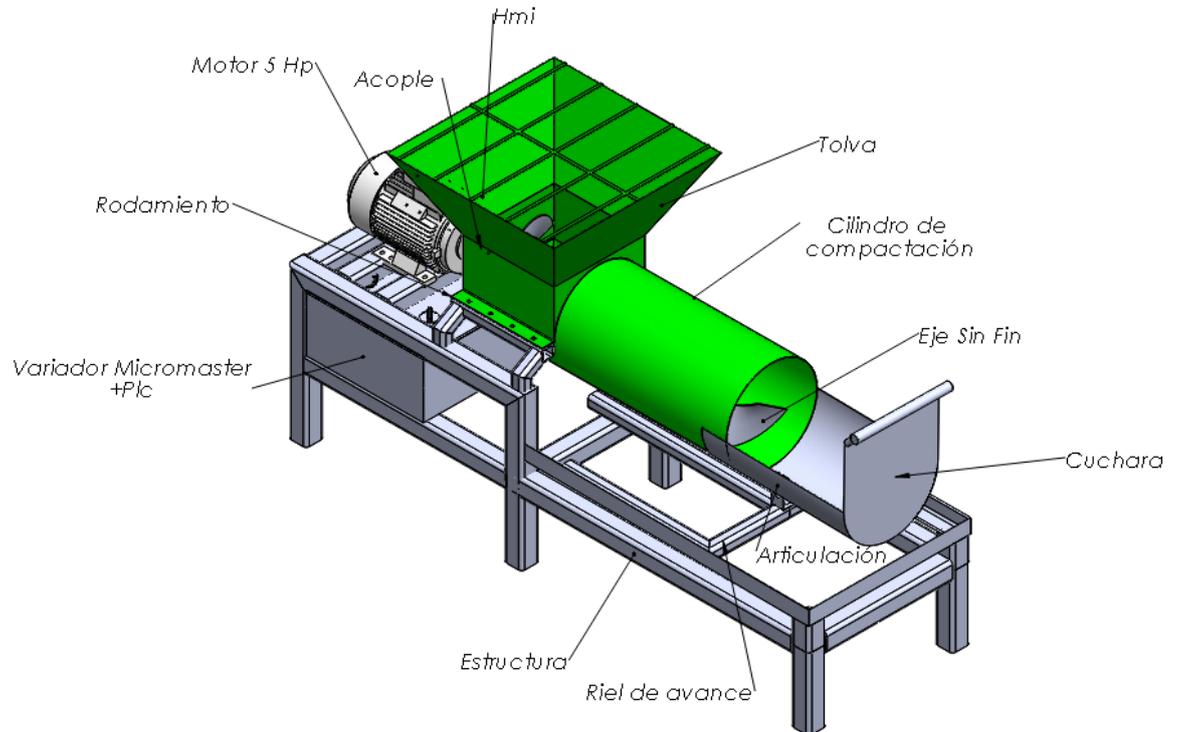
PASO 6: Después de llena la bolsa, la cuchara da un volcó en la articulación para poder girar 90° la bolsa, proseguir a el sellado de la misma y su posterior almacenado.

ESTE PROCESO SE REALIZARÁ CUANTAS VECES SEA NECESARIO DESDE EL PASO 4 AL PASO 6.

PASO 7: Disminuir el número de revoluciones hasta llevar al mecanismo a sus mínima velocidad para su parada.

PASO 8: Limpiar la prensa horizontal para aumentar la vida útil de la misma

MANUAL DE MANTENIMIENTO



El objetivo principal de un buen mantenimiento a la prensa horizontal de ensilado, es lograr que no se presente fallas ni paradas, y al mismo tiempo mantener el flujo constante en el suministro de material verde picado para ensilar. Existen áreas críticas en la realización del mantenimiento, y para eso se tienen en cuenta los siguientes pasos:

PASO 1: limpiar la prensa horizontal para que no tenga residuos de materia prima.

PASO 2: Engrasar el rodamiento de pedestal cada 100 horas de trabajo o cada 2 meses si se encuentra en reposo la prensa horizontal.

PASO 3: revisar los circuitos eléctricos del motor que no tenga residuos que aíslen la corriente.

PASO 4: analizar la tolerancia de la articulación o rotula y el desgaste del riel de avance.

PASO 5: Ajustar los tornillos sujetadores de la tolva si es necesario.

PASO 6: verificar el acople estrella que este en buenas condiciones

PASO 7: observar que la prensa horizontal este en un espacio nivelado para su óptimo funcionamiento.

SEGURIDAD OCUPACIONAL

Elementos de protección personal (EPP) para la manipulación de la prensa horizontal de ensilaje.

Los equipos de protección personal son elementos de uso individual destinados a dar protección al trabajador frente a eventuales riesgos que puedan afectar su integridad.

Es importante destacar que antes de decidir el uso de elementos de protección personal debieran agotarse las posibilidades de controlar el problema en su fuente de origen.

Hay que enfatizar que cualquiera que sea el equipo de protección personal que se tenga que utilizar frente a un determinado riesgo, éstos deben ser seleccionados por profesionales especializados, que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos.

Para describir los diferentes equipos se utilizará la siguiente clasificación:

PROTECCIÓN DE OJOS: Para trabajos manuales como manipulación de sistemas mecánicos, cincelar y otras operaciones con herramientas de mano se utilizan anteojos sin protección lateral, pero cuando se necesita dar a los ojos una protección contra partículas que saltan de cualquier dirección, se debe recurrir a anteojos con anteojeras.



Figura 48. Protección visual. Recuperado el 16 de junio de 2016, de <http://www.ferricamposas.com/portfolio/proteccion-visual/>

PROTECCIÓN DE MANOS Y BRAZOS: Las extremidades superiores son la parte del cuerpo que se ven expuestas con mayor frecuencia al riesgo de lesiones, como consecuencia de su activa participación en los procesos de producción y, muy especialmente, en los puntos de operación de máquinas. Algunos índices estadísticos señalan que aproximadamente un 30% de las lesiones que se originan por accidentes del trabajo afectan a manos y brazos.

Las manos y brazos se deben proteger contra riesgos de materiales calientes, abrasivos, corrosivos, cortantes y disolventes, chispas de soldaduras, electricidad, frío, básicamente mediante guantes adecuados. Para la manipulación y operación de la empacadora es necesario el uso de guantes de carnaza.



Figura 49. Protección de manos. Recuperado 16 de junio de 2016, de <http://gimbelmexicana.com/tienda/catalogos/art/1151>.

PROTECCIÓN DE PIES Y PIERNAS: Por calzado de uso profesional se entiende cualquier tipo de calzado destinado a ofrecer una cierta protección del pie y la pierna contra los riesgos

Derivados de la realización de una actividad laboral. Para evitar el riesgo de resbalamiento se usan suelas externas de caucho o sintéticas en diversos dibujos; esta medida es particularmente importante cuando se trabaja en pisos que pueden mojarse o volverse resbaladizos. El material de la suela es mucho más importante que el dibujo, y debe presentar un coeficiente de fricción elevado.



Figura 50. Protección de pies. Recuperado el 16 de junio del 2016, de <http://www.calzadobelisco.com/>

PROTECCIÓN DE AUDITIVA: El ruido puede ser agradable (una pieza de música) o perjudicial, dependiendo de la intensidad de este y el tiempo de exposición. Cuando se excede los niveles de exposición permitidos, debe buscarse una disminución en la fuente. De no ser esto posible o suficiente, debe recurrirse a la protección auditiva. Su uso adecuado permite controlar el riesgo de contraer una hipoacusia.

Tapones o dispositivos de inserción: existen los aurales y supraaurales, dependiendo del lugar de inserción y la reducción del nivel de ruido dependerá del material con que están fabricados (plástico blando, goma silicona y espuma auto ajustable). Pueden llegar a reducir el ruido en hasta 15 decibeles, en el rango de frecuencia de 2000 a 5000 hertz

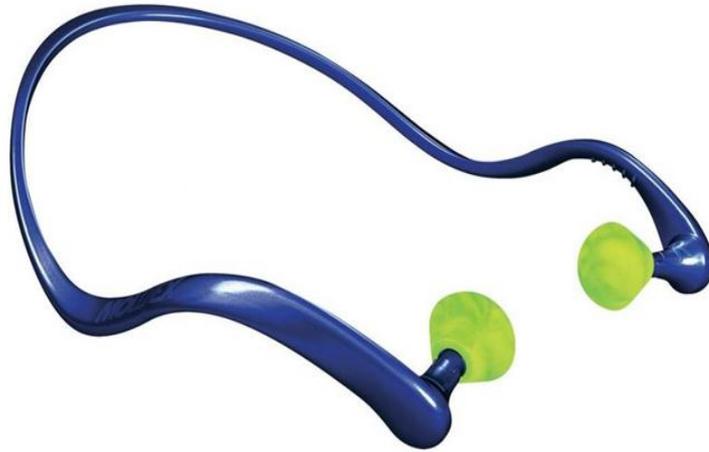


Figura 51. Protección auditiva. Recuperado el 16 de junio de 2016, de <http://episontime.com/home/403-tapones-auditivos-en-banda-2k-waveband.html>