

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PLANTA DOSIFICADORA AUTOMÁTICA DE SUPLEMENTO NUTRICIONAL PARA GANADO LECHERO

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
MENCIÓN EN ENERGÍAS**

ANGELICA ALEXANDRA CARRILLO MAYANQUER
angiecarrillo1989@gmail.com

DIRECTOR: PhD. ALVARO AGUINAGA
alvaro.aguinaga@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2015

DECLARACIÓN

Yo Angélica Alexandra Carrillo Mayanquer, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Angélica Carrillo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Angélica Alexandra Carrillo Mayanquer, bajo mi supervisión.

PhD. Álvaro Aguinaga

DIRECTOR DE PROYECTO

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mis padres que me han apoyado incondicionalmente con todas las decisiones a lo largo de mi vida y siempre guiando con sabiduría cada obstáculo.

Y a ti especialmente mamita que siempre con tu ternura supiste hacerme sonreír y aceptar las decisiones de Dios.

A mis hermanos y hermanas que siempre han estado ahí para alentarme con un consejo o con su compañía.

A esos amigos verdaderos que con ellos hemos pasado momentos buenos y malos en esta etapa que culmina.

A mis colaboradores PhD. Álvaro Aguinaga y a los Ing. Homero y Oscar por su invaluable contribución en el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | 3 |
| CONTENIDO..... | 4 |
| RESUMEN | 13 |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| GENERALIDADES | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.2 GENERALIDADES..... | 4 |
| 1.3 FACTORES PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE..... | 4 |
| 1.3.1 RAZA..... | 4 |
| 1.3.2 NUTRICIÓN | 8 |
| 1.3.3 ETAPAS DE ALIMENTACIÓN:..... | 13 |
| 1.3.4 LACTACIÓN TEMPRANA: | 15 |
| 1.4 RACIONAMIENTO DIARIO DEL SUPLEMENTO NUTRICIONAL EN LA PROVINCIA DEL CARCHI | 17 |
| 1.5 COMPOSICIÓN DE LA LECHE:..... | 19 |
| 1.6 CALIDAD DE LA LECHE | 20 |
| 1.7 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 22 |
| 1.8 ESTUDIO DE LAS RESTRICCIONES DEL MEDIO..... | 23 |
| 1.9 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO | 24 |
| 1.9.1 PARÁMETROS FUNCIONALES | 24 |
| CAPITULO 2 | 27 |
| SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 27 |
| 2.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 27 |
| 2.2 ALTERNATIVA A: DOSIFICADOR HORIZONTAL CON 4 DOSIFICADORES VERTICALES: | 29 |
| 2.2.1 ETAPAS DEL PROCESO (CONCEPTOS Y PRESTACIONES) | 29 |

| | |
|--|------------|
| 2.2.2 ALTERNATIVA B: DOSIFICADOR VERTICAL CON UN CONTENEDOR RECTÁNGULAR DÓNDE SE ENCUENTRA LA MEZCLA LISTA PARA SER DOSIFICADA. | 35 |
| 2.2.3 LECCIÓN DE LA ALTERNATIVA | 39 |
| CAPITULO 3 | 41 |
| DISEÑO DE LA MÁQUINA | 41 |
| 3.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA DOSIFICADOR HORIZONTAL CON 4 DOSIFICADORES VERTICALES..... | 41 |
| 3.2 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO. | 42 |
| 3.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN | 52 |
| 3.3.2 DIMENSIONES DEL SIN FIN: | 56 |
| 3.3.3 ANÁLISIS DE FUERZAS DE TRABAJO QUE ACTÚAN SOBRE LOS SISTEMAS. | 62 |
| 3.4 SISTEMA MOTRIZ | 97 |
| 3.4.1 SELECCIÓN DE UN SISTEMA MOTRIZ | 99 |
| 3.5 DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL..... | 101 |
| CAPITULO 4 | 112 |
| AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA..... | 112 |
| 4.1 PLANTEAMIENTO FÍSICO PARA EL CONTROL..... | 112 |
| 4.2 SISTEMA DE ALIMENTACION..... | 113 |
| 4.2.1 SELECCIÓN DE ELEMENTOS | 114 |
| 4.3 CANAL DOSIFICADOR | 120 |
| 4.3.1 ALTURA | 121 |
| 4.3.2 SELECCIÓN DE ELEMENTOS | 123 |
| 4.3.3 CILINDROS:..... | 124 |
| 4.3.4 SISTEMA QUE ABRE Y CIERRA LAS COMPUERTAS HACIA LOS COMEDEROS..... | 126 |
| 4.4 SELECCIÓN DE MÁNGUERAS PARA AIRE COMPRIMIDO. | 130 |
| 4.5 CIRCUITO NEUMÁTICO..... | 131 |
| 4.1 SELECCIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL | 132 |

| | |
|---|------------|
| CAPITULO 5 | 135 |
| SIMULACIÓN DE LA MÁQUINA | 135 |
| 5.1 DESARROLLO CRONOLÓGICO DEL CICLO DE TRABAJO..... | 136 |
| 5.2 TIEMPO DE UN CICLO | 137 |
| 5.3 PROGRAMACION DEL PLC..... | 137 |
| 5.3.1 PROGRAMACION DE PLC EN STEP -7 | 140 |
| 5.3.2 CONEXIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO CON PLC'S | 142 |
| CAPITULO 6 | 144 |
| 6.1 COSTOS DE MATERIALES | 144 |
| CAPITULO 7 | 150 |
| 7.1 CONCLUSIONES..... | 150 |
| 7.2 RECOMENDACIONES..... | 151 |
| BIBLIOGRAFIA | 152 |
| ANEXOS..... | 154 |
| ANEXO A: NORMAS DE CALIDAD DE LA LECHE..... | 154 |
| ANEXO C: MATERIALES A TRANSPORTAR..... | 159 |
| ANEXO D: DIMENSIONES DE TRASPORTADOR SIN FIN..... | 172 |
| ANEXO E: TABLA DE TUBERÍA PARA EL TRASPORTADOR SIN FIN. | 181 |
| ANEXOS F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE COJINETE..... | 183 |
| ANEXO G: CATÁLOGO DE PERFILES ESTRUCTURALES DE SECCIÓN CUADRADA..... | 184 |
| ANEXO H: CATÁLOGO DE CILINDROS NEUMÁTICOS..... | 185 |
| ANEXO I: CATÁLOGO DE ELECTROVÁLVULAS..... | 186 |
| ANEXO I: CATALOGO DE COMPRESOR: | 187 |

| | |
|--|------------|
| ANEXO J: CATÁLOGO DE PLC' | 188 |
| ANEXO J: PROGRAMACION DE STEP – 7 EN LENGUAJE LADDER..... | 189 |
| ANEXO K: CONEXIÓN DE PLC'S CON SISTEMA DE CONTROL..... | 190 |
| ANEXO L: PROFORMAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN..... | 195 |
| ANEXO M: PLANOS DE CONJUNTO Y DE TALLER. | 197 |

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1: GENERALIDADES

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabla 1. 1 | Número de cabezas de ganado por cantón de la provincia del Carchi. | 5 |
| Tabla 1. 2 | Composición de la leche según la raza | 7 |
| Tabla 1. 3 | Composición de raciones de materia seca para vacas lactantes. | 10 |
| Tabla 1. 4 | Racionamiento de suplemento alimenticio en vacas. | 18 |
| Tabla 1. 5 | Composición Nutricional de la leche..... | 19 |
| Tabla 1. 6 | Requisitos Químicos de la leche cruda. | 20 |
| Tabla 1. 7 | Requisitos Físico de la leche cruda. | 21 |
| Tabla 1. 8 | Detalle de costo y composición de leche requerida por los ganaderos. | 23 |
| Tabla 1. 9 | Dimensiones de los componentes de la mezcla balanceada | 25 |
| Tabla 1. 10 | Condición exterior de del cantón Montúfar | 26 |
| Tabla 1. 11 | Condiciones internas del suplemento..... | 26 |

CAPITULO 2: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

| | | |
|------------|--|----|
| Tabla 2. 1 | Criterios de selección para el diseño y materialización | 27 |
| Tabla 2. 2 | Densidad de distintas mezclas | 31 |
| Tabla 2. 3 | Criterios de selección para la alternativa A | 34 |
| Tabla 2. 4 | Criterios de selección para la alternativa B. | 38 |
| Tabla 2. 5 | Selección de la alternativa para la dosifica..... | 40 |

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA MÁQUINA

| | | |
|------------|--|----|
| Tabla 3. 1 | Evaluación de peso específico de cada criterio. | 41 |
| Tabla 3. 2 | Evaluación de peso específico de cada criterio..... | 44 |
| Tabla 3. 3 | Peso específico de cada alternativa en base al criterio costo. | 44 |
| Tabla 3. 4 | Peso específico de cada alternativa en base al criterio montaje. | 45 |
| Tabla 3. 5 | Peso específico de cada alternativa en base al criterio ergonomía..... | 45 |
| Tabla 3. 6 | Peso específico de cada alternativa en base al criterio vida útil..... | 45 |
| Tabla 3. 7 | Tabla de conclusiones para el sistema de alimentación..... | 46 |
| Tabla 3. 8 | Capacidades de los transportadores sin fin m ³ /h..... | 53 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 3. 9 Características de los materiales de acuerdo al código de la tabla 3.9 | 55 |
| Tabla 3. 10 Factor de capacidad para él sin fin..... | 56 |
| Tabla 3. 11 Capacidades Sistema Inglés | 58 |
| Tabla 3. 12 Método de prueba y error | 61 |
| Tabla 3. 13 Factores K | 70 |
| Tabla 3. 14 resistencia a la tensión | 70 |
| Tabla 3. 15 Factor de K..... | 74 |
| Tabla 3. 16 Selección del motorreductor en catalogo Siemens | 101 |
| Tabla 3. 17 Peso determinado en el programa INVENTOR..... | 102 |

CAPÍTULO 4: AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA

| | |
|--|-----|
| Tabla 4. 1 Tabla de protocolo de pruebas para el flujo de la mezcla balanceada | 117 |
| Tabla 4. 2 Lista de pistones neumáticos necesarios para el sistema..... | 130 |
| Tabla 4. 3 Señales de entrada para el módulo de control | 132 |
| Tabla 4. 4 Señales de salida para el módulo de control | 132 |
| Tabla 4. 5 Características de las versiones del PLC LOGO de siemens | 133 |
| Tabla 4. 6 Descripción del PLC LOGO 1214 C y su módulo de ampliación..... | 134 |

CAPÍTULO 5: SIMULACIÓN

| | |
|---|-----|
| Tabla 5. 1 Desarrollo cronológico del circuito..... | 137 |
| Tabla 5. 2 Interpretación de la simbología utilizada en el programa. | 141 |
| Tabla 5. 3 Entradas digitales | 142 |
| Tabla 5. 4 Salidas digitales..... | 143 |

CAPÍTULO 6: COSTOS

| | |
|---|-----|
| Tabla 6. 1 Costos de materiales..... | 144 |
| Tabla 6. 2 Elementos mecánicos | 145 |
| Tabla 6. 3 Sistema de transporte | 146 |
| Tabla 6. 4 Automático | 146 |
| Tabla 6. 5 Sistema Neumático | 147 |
| Tabla 6. 6 Costos de fabricación | 147 |
| Tabla 6. 7 Costos indirectos | 148 |
| Tabla 6. 8 Costos total del proyecto..... | 149 |

INDICES DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

| | |
|---|----|
| Figura 1. 1 Cabezas de ganado por especie..... | 1 |
| Figura 1. 2 Ordeño mecánico y manual | 2 |
| Figura 1. 3 Porcentaje de hogares que se dedican a la producción agropecuaria en el Ecuador. (Carchi 65.2%) | 3 |
| Figura 1. 4 Vacas lecheras mestizas..... | 6 |
| Figura 1. 5 Razas lecheras 1. Holstein Friesian 2. Pardo Suizo 3. Normando 4. Jersey..... | 7 |
| Figura 1. 6 1. Pastos y 2. Vaca pastoreando..... | 12 |
| Figura 1. 7 Alimentación de vacas al ser ordeñadas comiendo concentrados nutricionales. | 13 |
| Figura 1. 8 Curva de lactancia..... | 14 |
| Figura 1. 9 Balance energético- condición corporal y fertilidad. | 17 |

CAPÍTULO 2: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

| | |
|--|----|
| Figura 2. 1 Alternativa A con cuatro canales dosificadores. | 29 |
| Figura 2. 2 Dimensiones generales para la alternativa A | 32 |
| Figura 2. 3 Dosificadora automática individual | 36 |
| Figura 2. 4 Disposición de la paletas rotativas | 36 |

Capítulo 3: DISEÑO DE LA MÁQUINA

| | |
|---|----|
| Figura 3. 1 Tolva piramidal..... | 43 |
| Figura 3. 2 Tolvas cónica | 44 |
| Figura 3. 3 Regulador de flujo | 46 |
| Figura 3. 4 Volumen de la tolva cónica. | 48 |
| Figura 3. 5 Análisis de tensión de Von Misses de la tolva..... | 52 |
| Figura 3. 6 Denominación del material..... | 54 |
| Figura 3. 7 Representación del área ocupada por el balanceado y de rs | 61 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3. 8 Diagramas de fuerzas en la hélice del sin fin | 62 |
| Figura 3. 9 Diagramas de fuerzas en la mezcla suplementaria..... | 63 |
| Figura 3. 10 Diagrama de cuerpo libre del eje del sin fin | 64 |
| Figura 3. 11 Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión plano x-y..... | 65 |
| Figura 3. 12 Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el plano x –y... | 67 |
| Figura 3. 13 DCL en el plano x-z..... | 67 |
| Figura 3. 14 Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el plano x-z..... | 68 |
| Figura 3. 15 Factores de acabado de superficie. | 71 |
| Figura 3. 16 Factor de tamaño | 71 |
| Figura 3. 17 Factor de carga | 72 |
| Figura 3. 18 Tubería que soporta el sin fin..... | 73 |
| Figura 3. 19 Acople para eje | 75 |
| Figura 3. 20 Hélice del sin fin | 76 |
| Figura 3. 21 Diagrama de fuerzas de la hélice..... | 77 |
| Figura 3. 22 Medidas de la artesa | 85 |
| Figura 3. 23 Diagrama de cuerpo libre..... | 86 |
| Figura 3. 24 Diagrama de momento combinado..... | 87 |
| Figura 3. 25 Diagramas de fuerza cortante y momento flector..... | 88 |
| Figura 3. 26 Llenado máximo de la artesa..... | 90 |
| Figura 3. 27 Perfil de la soldadura..... | 93 |
| Figura 3. 28 Soldadura de filete entre el canal y la artesa..... | 95 |
| Figura 3. 29 Sistema de transporte | 96 |
| Figura 3. 30 Partes de un Transportador de Tornillo Sinfín:..... | 96 |
| Figura 3. 31 Elemento diferencial de fuerza resistiva..... | 98 |
| Figura 3. 32 Conexión de los contactores..... | 100 |
| Figura 3. 33 DLC de la viga, fuerza cortante, momento flexionante..... | 103 |
| Figura 3. 34 Columna de Acero A-36 sección cuadrada | 106 |
| Figura 3. 35 Esquema del sistema estructural | 109 |
| Figura 3. 36 Análisis de tensión de Von Mises..... | 110 |
| Figura 3. 37 Análisis de desplazamiento..... | 110 |
| Figura 3. 38 Análisis de coeficiente de seguridad | 111 |

Capítulo 4: AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA

| | |
|---|-----|
| Figura 4. 1 Dimensiones de la tolva | 50 |
| Figura 4. 2 Dosificadora de balaceado para vacas de ordeño | 112 |
| Figura 4. 3 Planteamiento del sistema físico para el control | 112 |
| Figura 4. 4 Tolva reguladora | 113 |
| Figura 4. 5 Dimensiones de la tolva | 113 |
| Figura 4. 6 Compuerta móvil automática..... | 114 |
| Figura 4. 7 Micro cilindros con electroválvula..... | 116 |
| Figura 4. 8 Trayectoria de la compuerta de la tolva reguladora de flujo..... | 119 |
| Figura 4. 9 Sensor capacitivo | 119 |
| Figura 4. 10 Canal dosificador..... | 120 |
| Figura 4. 11 Medidas para determinar el volumen de cada sección | 121 |
| Figura 4. 12 Geometría del canal dosificador..... | 123 |
| Figura 4. 13 Método grafico para determinar las posiciones de la compuerta. .. | 124 |
| Figura 4. 14 Sensor ultrasónico Fuente: http://www.taringa.net/post/hazlo-tu-mismo/01/11/2014 | 126 |
| Figura 4. 15 Sistema que abre y cierra las compuertas. | 127 |
| Figura 4. 16 Posición Inicial y final gráficamente..... | 128 |
| Figura 4. 17 Circuito neumático..... | 131 |

CAPÍTULO 5: SIMULACIÓN

| | |
|--|-----|
| Figura 5. 1 Interfaz del STEP – 7 | 138 |
| Figura 5. 2 Barra de Menús..... | 139 |
| Figura 5. 3 Interfaz gráfica de la dosificadora automática. | 140 |
| Figura 5. 4 S7-200 escogiendo el CPU 224. | 140 |

Resumen

En el presente proyecto consiste en el diseño y la simulación de una planta dosificadora automática de suplemento nutricional para ganado lechero en la provincia del Carchi, usando para la parte de diseño conceptos de diseño concurrente y para la parte de simulación de esfuerzos mecánicos el programa AUTODESK INVENTOR 2015 y para la simulación automática el programa FESTO y STEP-7 microwin.

En el capítulo 1 se detalla generalidades de nutrición de las vacas lecheras y producción de leche en cada etapa de lactancia. Además en este capítulo se describe y establece ciertas condiciones y consideraciones de la máquina dosificadora frente a las necesidades del ganadero como punto de partida para su diseño.

En el capítulo 2 este capítulo se analizan dos posibles alternativas, factibles para la solución del problema, evaluando a cada alternativa desde el punto de vista técnico, funcional, económico entre otros parámetros.

El capítulo 3, 4, 5 se realiza el diseño mecánico y de detalle de cada sistema que conforma la dosificadora automática. En la etapa de diseño de detalle se dimensiona los elementos mecánicos mientras que en el capítulo 4 se automatiza y se elige el sistema necesario para automatizar.

En el capítulo 6 se muestra la simulación y programación del PLC usado en la automatización de dosificadora.

Además se detallan los costos directos e indirectos de cada sistema de la dosificadora.

En el capítulo 7 se incluyen las conclusiones y recomendaciones obtenidas en la realización del proyecto.

En la sección de los anexos es donde contienen las características técnicas, los planos de taller y planos de conjunto, y el estudio de campo realizado para la ejecución del proyecto

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Una de las actividades económicas de la provincia del Carchi es la ganadería y la producción de leche tanto para las zonas rurales como las zonas urbanas.

La provincia del Carchi tiene una variedad de pisos climáticos y el clima frío es el más predominante y es apto para el crecimiento de pastos y gramíneas, la principal fuente de alimento del ganado vacuno lechero.

En la figura 1.1 se ilustra el número y porcentaje por especie en la provincia del Carchi, y se tiene como predominante a la raza criollo.

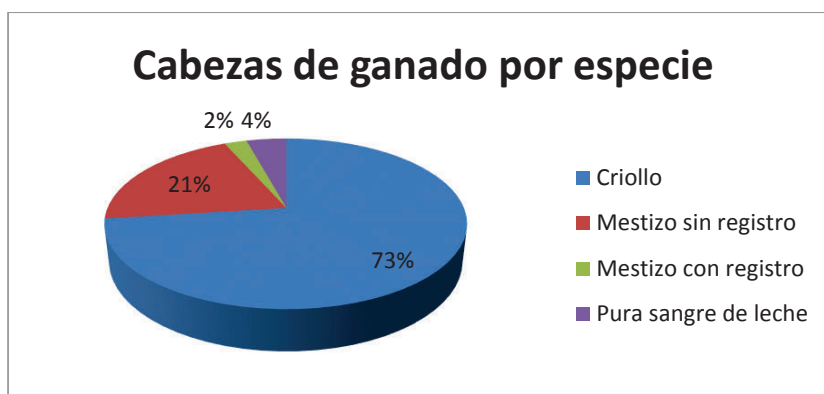


Figura 1. 1 Cabezas de ganado por especie.

Fuente: INEC censo 2013. Tabla 6 y <http://www.agroecuador.com/>

De la figura 1.1 el tipo de especies o razas vacunas se detalla las características en la parte 1.3.1

Según datos del INEC en la provincia el número de hectáreas que se usa para sembrar estos pastos o forrajes son 40296 hectáreas que representa el 10% de la superficie de la provincia, en donde se ubica la producción de leche y la crianza de ganado en general.

La producción total de leche de 437094¹ litros repartidos entre el consumo familiar y para la venta a las diferentes industrias lácteas.

La cantidad de 46823² vacas son ordeñadas de manera artesanal y por ordeño mecánico. En la figura 1.2 se muestra ambos procedimientos respectivamente.



Figura 1. 2 Ordeño mecánico y manual

Fuente: Lácteos "La franquicia"³

En la figura 1.3 se muestra el porcentaje de hogares dedicada a la actividad agropecuaria en el Ecuador, en el caso de la provincia del Carchi el 65.2 % de hogares se dedica a la actividad agropecuaria.

¹ Censo Agropecuario 2013, INEC, Tabla 6 27/11/2013

² Censo Agropecuario 2012, INEC Tabla 6 27/11/2013

³ Lácteos la franquicia: <http://lacteoslafranquicia.blogspot.com/2011/02/conservacion-y-alteracion-de-la-leche.html> 24/09/2014

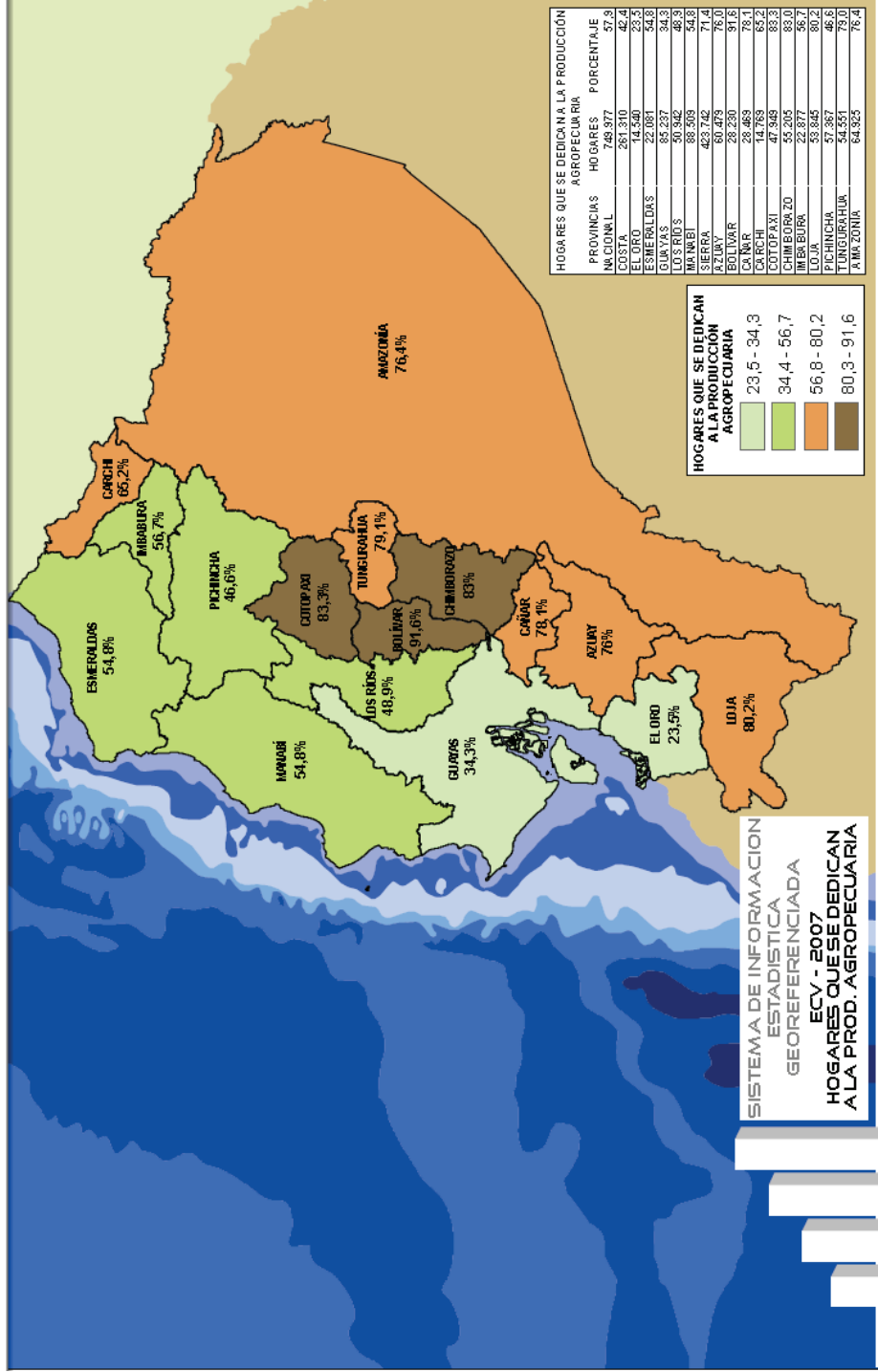


Figura 1. 3 Porcentaje de hogares que se dedican a la producción agropecuaria en el Ecuador. (Carchi 65.2%)

Fuente: INEC. Censo 2014

1.2 GENERALIDADES

La producción de leche tiene como objetivo garantizar una leche de buena calidad que implica un mejor precio en el mercado y la salud de las personas que la consumen.

Para que tenga estas características y que sea rica en vitaminas y nutrientes, los factores que hacen una leche de buena calidad y apta para el consumo humano son: una buena alimentación y salud del ganado lechero, el transporte de la leche hasta los centros de acopio, el ordeño total porque si al quedar leche en la ubre la composición química cambiará afectando la calidad de la leche y la salud del animal.

1.3 FACTORES PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE

La producción de leche depende de factores como:

- Raza del ganado o genética del ganado
- Nutrición
- Manejo del ganado
- Estado de lactancia

1.3.1 RAZA

Este es un factor muy importante para la producción de leche ya que existen diferencias marcadas entre raza y raza, con relación a su adaptación a diferentes ecosistemas de producción.

Para mejorar la producción lechera lo que se ha hecho en diferentes partes del Ecuador y en la provincia se ha cruzado toros europeos con ganado local y lo ganado de carne obteniendo razas mestizas, siendo estas nuevas razas más resistentes al clima y a las enfermedades,

Este procedimiento se transforma en ganado lechero de alta producción en ciertos casos y el otros se obtienen mayor valor como ganado de carne. ⁴

⁴ Tipo de ganado bovino. http://www.jica.go.jp/project/bolivia/3065022E0/04/pdf/4-3-1_05.pdf 24/09/2014.

En la tabla 1.1 se muestra el número de cabezas de ganado total de la provincia y por cantón clasificadas por raza.

Tabla 1. 1 Número de cabezas de ganado por cantón de la provincia del Carchi. ⁵

| Especie\Cantón | Montufar | Espejo | Bolívar | Mira | Huaca | Tulcán | Total | |
|-----------------------------|--------------------------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Criollo | 19040 | 6576 | 6335 | 6424 | 4946 | 26116 | 69436 | |
| Mestizo sin registro | 4665 | 3255 | 319 | 2776 | 1020 | 7366 | 19402 | |
| Mestizo con registro | 1654 | 326 | 136 | 141 | 0 | 0 | 2256 | |
| Pura sangre de leche | | | | | | | | |
| Pura sangre de leche | Jersey | 54 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Normando | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 | |
| | Holstein Friesian | 1654 | 629 | 0 | 1 | 36 | 1621 | |
| | Brown Swiss | 0 | 0 | 0 | 5 | 6 | 0 | |
| | Cebú | 0 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 | |
| | Total (%) | 0,2892 | 0,1157 | 0,0724 | 0,1 | 0,064 | 0,3758 | 1 |
| | Total (Cabezas) | 27.122 | 10.851 | 6.790 | 9.378 | 6.002 | 35.244 | 93.784 |

Fuente: Tabla 6. III Censo agropecuario 2000

Fuente: <http://www.agroecuador.com/> y datos de INEC

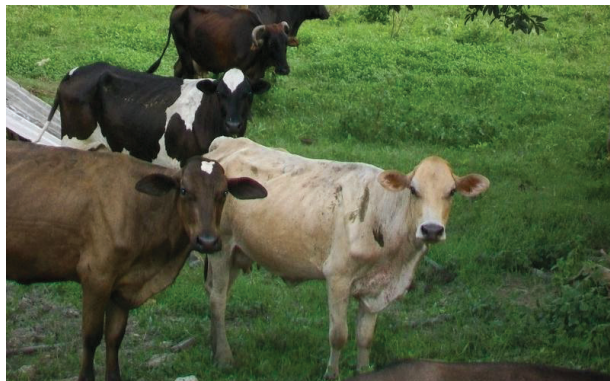
Criollo es originado en la península ibérica (se les llama criollos porque son nacidos en América y tienen ascendencia de padres españoles). Es un animal rústico y resistente a enfermedades. Y de fácil adaptabilidad a diferentes climas.

Mestizo: Es la mezcla entre razas lecheras europeas y razas criollas, debido a que no se comportan bien debido a condiciones ambientales.

⁵ III Censo nacional INEC <http://www.agroecuador.com/HTML/Censo/Censo.htm>.

En la figura 1.4 se muestra vacas lecheras mestizas de Holstein Friesian, pardo suizo preñadas de toros de tunal (Raza criolla).

Figura 1. 4 Vacas lecheras mestizas



Fuente: <http://www.clasf.co.ve/q/toros-brahman-y-caroras-novillas-lecheras/> 24/04/2014

Las razas pura sangre⁶ son consideradas la razas europeas como:

- Holstein Friesian que tiene su origen en Holanda esta raza de vacas son las mejores productoras de leche. Y desarrollan sus mejores cualidades en climas fríos y medios. Estos animales son dóciles y fáciles de manejar su capacidad corporal es grande.
- Jersey: es la raza lechera más antigua originada de la isla de Jersey esta raza es más pequeña de las razas europeas, esta raza se usa para la producción de leche para la elaboración de productos lácteos. Es de una buena adaptación a climas tropicales y teniendo un buen desempeño productivo en ese clima.

La capacidad corporal es pequeña.

- Tudanca: Es nacida en España, resiste a temperaturas muy bajas, esta raza es exclusivamente para la producción de leche, su capacidad corporal es grande y consistente y es usada para llevar carga de arrastre.

⁶ Razas de vacas lecheras: http://es.wikipedia.org/wiki/Razas_de_vacas_lecheras

En la figura 1.5 se muestra las razas europeas pura sangre de leche.

Figura 1. 5 Razas lecheras 1. Holstein Friesian 2. Pardo Suizo 3. Normando 4. Jersey



Fuente: <http://zootecniarazas.blogspot.com/2011/07/inicio.html> 24/04/2014

En la tabla 1.2 se presentan composición de la leche en algunas razas lecheras.

Tabla 1. 2 Composición de la leche según la raza

| RAZA | GRASA (%) | PROTEINA (%) | SÓLIDOS (%) |
|-------------------|-----------|--------------|-------------|
| Holstein Friesian | 4.20 | 3.60 | 11.92 |
| Brown Swiss | 4.01 | 3.50 | 12.41 |
| Jersey | 5.37 | 3.70 | 14.91 |
| Ayrshire | 4.00 | 3.52 | 12.90 |
| Guernsey | 4.95 | 3.91 | 14.61 |

Fuente: <http://www.infolactea.com/descargas/biblioteca/98.pdf>

Según la Norma Ecuatoriana de Alimentos las características de leche deben ser: grasa = 3.2%, proteína=3%, sólidos=11.4%.

En el estudio de campo realizado en la provincia la característica deseada por los ganaderos en la leche es:

grasa = 4.1%, proteína = 3.1%, debido a que el litro de leche es mejor pagado bajo esas condiciones.

1.3.2 NUTRICIÓN ⁷

La alimentación es fundamental para la producción de leche debido a que el animal absorbe de los alimentos los elementos esenciales para producir los componentes de la leche. Para garantizar los contenidos mínimos de sólidos y composición de grasa y proteína de la leche, la dieta debe ser balanceada, especialmente en la relación proteína: energía.

1.3.2.1 Necesidad energética

En vacas de alta producción el factor limitante es la energía y esto se agrava a medida que los forrajes tienen una baja digestibilidad sin embargo el pastoreo en edad temprana del ganado lechero hasta alcanzar su madurez es muy importante ya que desarrolla y estimulan la rumia, y la producción de saliva evitando la acidificación en la vaca en el momento de la rumia.

La necesidad de energía se determina por el peso, si hay demasiado forraje en la ración la producción de leche está limitada.

La unidad que se usa para medir la energía que aportan los alimentos y que necesitan los animales, en el caso de ganado lechero es el UFL.

Un UFL es la energía que contiene 1 Kg de cebada con un 86% de MS
MS: materia seca.

1.3.2.2 Necesidades proteicas

Efectos del contenido de proteína en la leche es menos afectado por el factor nutricional ya que la proteína láctea está formada por 20 aminoácidos de los cuales la vaca puede producir 9 y los 11 restantes se consideran esenciales es decir son absorbidos directamente del intestino (proteínas producidas por bacterias rumiantes).

Las vacas requieren del aporte de proteínas para sintetizar sus propias proteínas.

⁷ Alimentos para vacas lecheras:http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_06.es.pdf 24/09/2014
http://www.jica.go.jp/project/bolivia/3065022E0/04/pdf/4-3-1_12.pdf 24/09/2014

El aporte proteico y las necesidades de los animales se expresan en términos de PDI (proteínas digeribles en el intestino) y tienen dos valores: PDIN y PDIE

Para calcular los aportes de PDI de una ración se realiza la suma de los aportes de PDIN por un lado y la suma de los aportes de PDIE por otro.

La suma más pequeña corresponde al valor proteico efectivo de la ración y debe ser al menos igual a los aportes de PDI recomendados para los animales.

1.3.2.3 Necesidades minerales

Los minerales son muy importantes en la nutrición debido a que satisfacen las necesidades nutricionales y físicas del ganado lechero. Deben ser suplementadas en la dieta diaria de la vaca lechera entre 0 a 150 gr/vaca debido que en los forrajes o ensilajes hay escasos de minerales.

Entre los macro minerales más importantes están el Ca, Na, P, Mg, S, sal NaCl

El calcio: la deficiencia de este causa una fiebre de leche en los primeros días de lactancia debido a un desequilibrio en el metabolismo.

El fosforo: es el responsable de mantener una buena fertilidad en el hato.

Ejemplos de minerales: melaza, subproductos de origen animal (harina de pescado, carne y hueso, plumas) son fuentes de calcio, sal en grano fuente de sodio.

1.3.2.4 Necesidades de vitaminas

Las vitaminas A, D y E deben ser suministrada diariamente por vía oral.

La vitamina A, el aporte es indispensable en invierno o en los últimos meses de gestación.

La vitamina D, se sintetiza en la piel en cantidades suficientes debido a la radiación solar, cuando las vacas no tienen acceso solar es necesario suplementar.

Las vitaminas del grupo B, C y K las sintetizan los microorganismos del intestino por lo tanto las vacas no tienen déficit de este grupo.

1.3.2.5 Necesidades de agua.

La producción de leche tiene una relación estrecha con la cantidad de agua bebida y el agua contenida en los alimentos, además la cantidad de agua bebida depende de la cantidad de materia seca consumida.

El consumo de agua desarrolla funciones como mantener el movimiento de la sangre, regular la temperatura corporal, ayudar a la producción de leche ya que está constituida el 87% de agua.

Una vaca en estado de lactancia debe consumir : de 2 a 3 litros de agua por cada Kg de MS que consuma y 1 litro de agua por cada litro de leche que produzca.

A continuación se mencionan los porcentajes de agua en los diferentes alimentos.

En promedio los pastos y forrajes contienen entre 70 y 90%, los ensilados, 40 y 80%, los heno 10 y 20%, y los concentrados, 8 y 10% de contenido de agua.

Los forrajes que contienen más agua son los menos consumidos por el ganado debido a que contienen mayor humedad se fermentan por más tiempo ocasionando la baja producción de leche.

En la tabla 1.3 se enlista los requerimientos nutricionales cuando se obtiene una alta producción en las vacas lecheras.

Tabla 1. 3 Composición de raciones de materia seca para vacas lactantes. ⁸

| Nutrimento % M.S | Estado de Lactación | | |
|---------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| | Inicio | Mitad | Final |
| Proteína cruda (PS) | 17-18 | 16-17 | 15-16 |
| Proteína soluble (%PS) | 30-34 | 32-36 | 32-38 |
| Proteína degradable (%PS) | 62-66 | 62-66 | 62-66 |
| Proteína sobrepasante (%PS) | 34-38 | 34-38 | 34-38 |
| Energía Neta lactación Mcal/ kg | 1.67-1.76 | 1.58-1.67 | 1.50-1.67 |
| FND del forraje (%M.S) | 21-24 | 25-26 | 27-28 |
| Total de FND (%M.S) | 28-32 | 33-35 | 36-38 |

⁸<http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Alimentacion/Desarrollo%20de%20un%20sistema%20Moderno%20de%20nutrici%20F3n%25.pdf> (11/12/2013)

| | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Carbohidratos no estructurales % | 32-38 | 32-38 | 32-38 |
| Grasa, máximo % | 5-7 | 4-6 | 4-5 |
| <i>Minerales mayores</i> | | | |
| Calcio % | 0.81-0.91 | 0.77-0.87 | 0.70-0.80 |
| Fósforo % | 0.46-0.52 | 0.44-0.50 | 0.40-0.46 |
| Magnesio % | 0.28-0.34 | 0.25-0.31 | 0.22-0.28 |
| Potasio % | 1.00-1.50 | 1.00-1.50 | 1.00-1.50 |
| Azufre % | 0.23-0.24 | 0.21-0.23 | 0.20-0.21 |
| Sal % | 0.45-0.50 | 0.45-0.50 | 0.45-0.50 |
| Sodio % | 0.20-0.25 | 0.20-0.25 | 0.20-0.25 |
| Cloro % | 0.25-0.30 | 0.25-0.30 | 0.25-0.30 |
| <i>Minerales traza mg/kg</i> | | | |
| Manganeso | 44 | 44 | 44 |
| Cobre | 11-25 | 11-25 | 11-25 |
| Zinc | 70-80 | 70-80 | 70-80 |

Fuente: Desarrollo de un sistema moderno de nutrición y alimentación para vacas lecheras.

1.3.2.6 Tipos de alimentación para ganado lechero:

Los alimentos más comunes para el ganado se clasifican en: forrajes concentrados, minerales y vitaminas

1.3.2.6.1 Forrajes:

Los forrajes que son las partes vegetativas de las gramíneas o leguminosas que contienen una alta proporción de fibra y están constituidos por hojas, tallos y flores de las plantas forrajeras como la alfalfa, trébol, cebada, avena, ray grass.

El ganado consume forrajes frescos o verdes que son buenos nutricionalmente a un nivel muy pobre al tratarse de pajas o ramoneos, así mismo los forrajes son cosechados y preservados a una edad muy temprana para obtener el heno y ensilado.

A medida que las plantas forrajeras alcanzan una madurez el contenido de fibra aumenta y la concentración de proteína, energía, calcio, fósforo y materia seca digestible disminuyen.

En el estudio de campo se determinó que entre los forrajes más consumidos en la provincia están la alfalfa, trébol, ray grass debido a que los forrajes estimulan la rumia.

En la figura 1.6 se muestran pastos (ray grass) en estado joven y ganado pastoreando.



Figura 1. 6 1. Pastos y 2. Vaca pastoreando.

1.3.2.6.2 Concentrados y subproductos industriales:

Son alimentos que son bajos en fibra y altos en energía además pueden ser altos o bajos en proteína. Entre los más conocidos se tiene los granos y frutos de origen vegetal, formados por sustancias nutritivas y altamente digeribles como el arroz, el maíz, el sorgo, soya, arveja, cebada, etc.

Las vacas con alta producción de leche tienen altos requerimientos de energía y proteína que no son abastecidos por los forrajes o pastos. Deben ser satisfechos diariamente por alimentos balanceados que permiten administrar y formular una dieta balanceada que maximizan la producción de leche en razas con potencial genético como la Holstein Friesian, la máxima cantidad de concentrado que una vaca puede recibir cada día no debe sobrepasar 12 a 14⁹ kg, de caso contrario compromete la salud del animal provocando acidosis ruminal.

⁹<http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/nutricion/articulos/alimentos-vacas-lecheras>; 27/11/2013.

También están subproductos industriales que son los restos de procesos de producción industrial que no son aptos para el consumo humano, como: el afrecho de arroz, harina de pescado, harina de plumas, afrecho, torta de soya, etc.

En la figura 1.7 se muestran a las vacas comiendo suplemento mientras están siendo ordeñadas.



Figura 1. 7 Alimentación de vacas al ser ordeñadas comiendo concentrados nutricionales.

Fuente: <http://www.extension.org>

1.3.3 ETAPAS DE ALIMENTACIÓN:¹⁰

Las etapas de alimentación es una división de las etapas de producción de leche de la vaca, teniendo una mayor producción desde el parto y menor producción en la etapa seca.

Para determinar las etapas productivas de las vacas lecheras se muestra una curva de lactancia, en la que se esquematiza litros de leche vs tiempo.

En la figura 1.8 se observa la curva de lactancia que describe los cambios fisiológicos y productivos generados en la vaca.

¹⁰<http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Alimentacion/Desarrollo%2520de%2520un%2520sistema%2520Moderno%2520de%2520nutrici%25F3n%25.pdf> (11/12/2013)

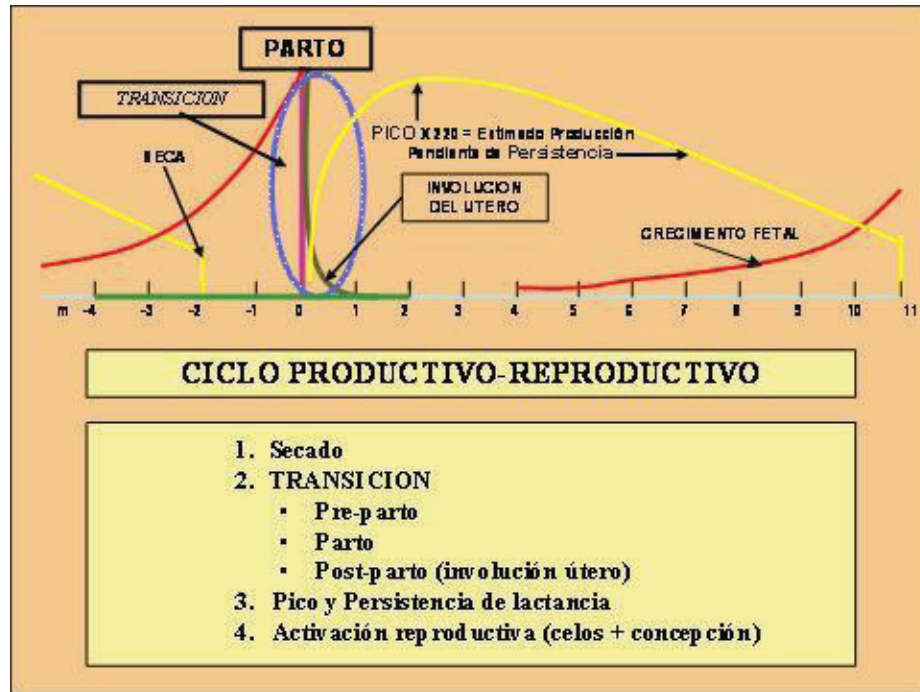


Figura 1. 8 Curva de lactancia

Fuente:http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Alimentacion/form_diets.es.pdf

De la figura 1.8 la línea amarilla representa la producción de leche donde tiene un punto máximo en el segundo mes para luego descender hasta el onceavo mes donde ya no hay producción de leche.

Se especifica cada etapa de lactancia a continuación:

1.3.3.1 Periodo seco temprano:

Comprende entre el momento del secado hasta 45 días siguientes, en esta etapa se pretende establecer las condiciones de peso optimas de la vaca con el consumo de materia seca adecuada entre el 1.8 a 2% del peso corporal, equivalente a 9 a 10kg de materia seca para vacas Holstein.

1.3.3.2 Etapa de transición

Esta etapa tiene una duración de 15 días hasta 21 días antes del parto y 21 a 30 días de postparto. Al acercarse la fecha de parto el nivel de estrógenos es alto por lo que disminuye el consumo de materia seca, sin embargo hay un aumento en la producción de leche.

Alimentar a las vacas durante este período de transición ayuda a adaptar a la vaca a la gran demanda de nutrientes dado por el inicio de la nueva lactación; además evitar los problemas metabólicos y garantizar un alto consumo de materia seca que le permita a la vaca volver lo más pronto a un balance positivo de energía.

El uso de alimento balanceado al final del periodo seco permite una adaptación al cambio de la población de los microorganismos del rumen.

1.3.3.3 Vacas recién paridas:

Esta etapa tiene un periodo de 21 a 30 días después del parto. La alimentación en esta etapa tiene como objetivo estimular el consumo de materia seca, si no están consumiendo forraje en cantidad y calidad adecuada necesita complementarse con alimento balanceado aumentando poco a poco.

El suministrar la misma cantidad de alimento el día del parto que el día antes del parto e ir aumentando progresivamente de 250 a 500 g/día hasta que la vaca alcance un consumo óptimo de materia seca, en las 3 semana postparto no suministrar más de 7.5 Kg de concentrado por día dividido en una de 4 a 6 veces y no dar más de 3 Kg por comida.

1.3.4 LACTACIÓN TEMPRANA:

Al inicio de la lactación, el mantener la función ruminal normal y optimizar la síntesis de proteína microbial son esenciales para maximizar la producción de leche.

Este periodo empieza entre los 21 a 30 días postparto y la alimentación tiene mucha importancia, pues en esta etapa es donde se alcanzan dos parámetros muy importantes para la futura producción de leche; estos son el pico de lactación y el consumo de materia seca.

Se establece que por cada Kg adicional que se logre en el pico de producción la vaca producirá de 200Kg a 250Kg más de leche durante esa lactación, cuando la producción haya alcanzado el pico de producción, presentará una reducción en la producción de un 6% para una vaca bien alimentada y en una novilla en un 10%, valores inferiores o superiores presentan un problema alimenticio.

El máximo consumo de materia seca en las vacas lo alcanza entre la décima y doceava semana postparto pero en la práctica se debe alcanzar ese máximo lo antes posible para que la vaca tenga un balance de energía positivo alcanzando una ganancia de peso y mejorar su condición corporal, además restableciendo su función reproductiva.

1.3.4.1 Lactación media:

Este periodo comprende del día 150 a 210 de la lactación, en esta etapa hay una disminución de producción de leche por lo que hay que disminuir o reajustar la cantidad de alimentación para evitar el engorde del animal.

Una vaca productora de leche para esta etapa ya deberá estar preñada.

1.3.4.2 Lactación final:

Este periodo comprende del día 210 al 305, para este tiempo las vacas deben estar secas, en esta etapa la práctica más importante a considerar es regulación de la condición corporal por el uso regulado de balanceado, si la vaca engorda en esta etapa se presentará problemas metabólicos en la siguiente lactación, con un efecto negativo sobre la producción de leche, salud de la vaca y eficiencia productiva de la misma manera si la carece de peso ideal.

En la figura 1.9 se muestra cómo cambian las curvas de lactancia, cambiando los parámetros: como son el balance energético, condición corporal y fertilidad.

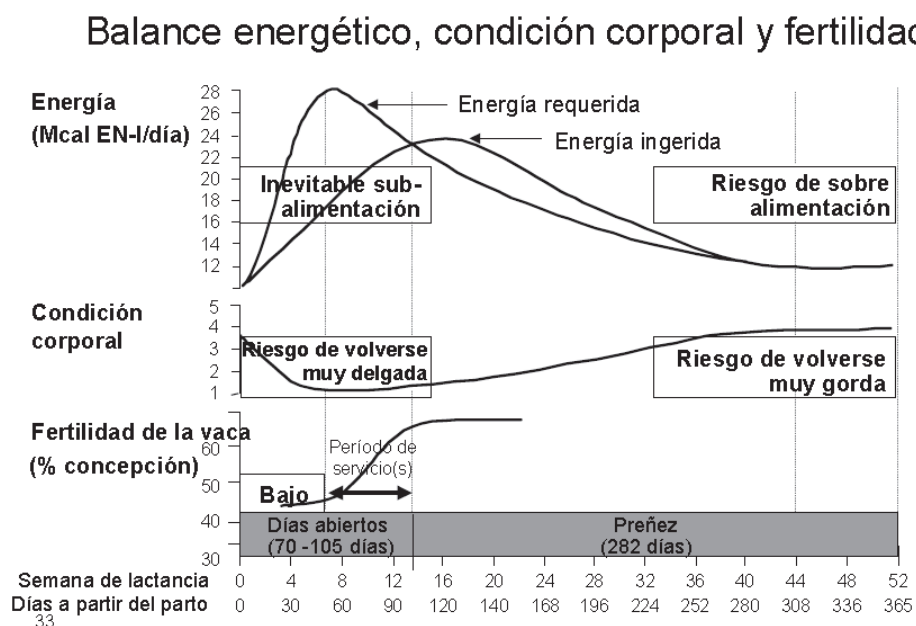


Figura 1. 9 Balance energético- condición corporal y fertilidad.

Fuente:http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Alimentacion/form_diets.es.pdf

1.4 RACIONAMIENTO DIARIO DEL SUPLEMENTO NUTRICIONAL EN LA PROVINCIA DEL CARCHI

Racionamiento de alimentos que se dan a un animal durante un día para cubrir todas las necesidades nutricionales y productivas.

Para el suministro de balanceado se lo hace a partir de la producción diaria de leche y tomando la premisa de por cada 2 litros de leche 1 Kg de balanceado se tiene:

La ración de forraje puede variar por el estado de lactancia como se ve en la figura 1.9, va desde 100 % en vacas no lactante a no menos de 30% en vacas en

la primera parte de la lactancia comen 2.5 a 3% de su peso corporal de materia seca puede ser de 15 a 18 kg

Para determinar el racionamiento en vacas de leche, en la tabla 1.4 se anotan valores dependiendo de los diferentes estados de lactancia y la cantidad promedio de alimento.

Tabla 1. 4 Racionamiento de suplemento alimenticio en vacas.

| | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|-----|--------|----------------------|--------|
| Peso | 600 Kg | | | | |
| Producción de leche | 20 Litros | | | | |
| Nutrición | Forraje 3% peso corporal | % | Lt/día | Mezcla Balanceada | Lt/día |
| Lactación inicial | 12 Kg | 50 | 12 | 4 Kg | 8 |
| Lactación media | 15 Kg | 75 | 12 | 2 Kg | 4 |
| Etapa seca | 18 Kg | 100 | 0 | 0 | 0 |

Para el cálculo de racionamiento de balanceado se lo hace a partir de la cantidad de consumo de forraje por ejemplo:

Para obtener 20 litros y se le suministra 12 Kg de forraje se obtienen 12 litros de leche, para alcanzar los 8 litros restantes, el balanceado suplementa esa necesidad entonces queda 4 Kg de mezcla suplementaria

Estos concentrados fermentan rápidamente que los forrajes en el rumen por lo tanto no debe sobrepasar los 12 a 14 Kg diarios.

Este racionamiento debe estar formado por varios alimentos como mínimo tres.

- Dos cereales que aportan energía: cebada, trigo, maíz, etc.
- Cascarilla que contiene fibra y hace menos pesado el forraje.
- Harina de una torta de semilla oleaginosa y/o leguminosa de grano que aportan proteína.

1.5 COMPOSICIÓN DE LA LECHE:

La composición y características de la leche dependen de la raza y la nutrición de la vaca como se detalla en la anteriores secciones.

En la tabla 1.5 se presentan rangos de valores de los componentes de la leche en general.

Tabla 1. 5 Composición Nutricional de la leche.

| Composición | Porcentaje de ácido láctico | Descripción |
|---------------------------|-----------------------------|--|
| Agua | 87.2 [%] =>(82.4 – 90.7) | La mayor parte de la leche es agua, sirve como mejor disolvente o de suspensión para constituyentes de la misma. |
| Grasa | 3.7 [%] => (2.5 – 6) | La grasa es uno de los componentes más importantes por que interviene en el valor económico, nutricional, sabor y propiedades físicas de la leche y subproductos. |
| Proteína | 3 [%] =>(2.8 - 3.2) | Este porcentaje varía entre raza teniendo una relación con la cantidad de grasa a mas grasa mayor proteína. |
| Lactosa | 5.6 [%] => (3.5 -6) | Es el carbohidrato más importante de la leche. Al cambiar ese valor sufre alteraciones como fermentación láctica y alcohólica. |
| Sales minerales y cenizas | 1 [%] | Se encuentra algunos minerales en la leche en forma de sales solubles al aumentar el estado de la lactancia, pueden ocasionar infecciones de la ubre y alteran la proporción de sales. |
| Vitaminas | | Son agentes biológicos indispensables para la nutrición de todas las especies. En la leche |

| | | |
|--|--|--|
| | | procesada se pierden las vitaminas A,B,D2,B12 y C. inicialmente se tienen vitaminas A,D,E,K. |
|--|--|--|

Fuente: <http://www.infolactea.com/descargas/biblioteca/98.pdf>

<http://agropecuarios.net/composicion-de-la-leche.html#3021>

1.6 CALIDAD DE LA LECHE

La calidad de la leche proviene de vacas sanas y bien alimentadas. Esta determinada por varios factores de manejo dentro recinto lechero y en las plantas lecheras.

- Manejo de la vaca
- Transferencia de la vaca
- Enfriamiento de leche
- Transporte de leche
- Proceso de leche
- Envasado de leche
- Productos de leche

En la tabla 1.6 se muestran los análisis microbiológicos para que la leche pueda ser consumida bajo esos valores.

Tabla 1. 6 Requisitos Químicos de la leche cruda.

| Factores | Proporción | Procedimiento |
|--|--------------------------|---|
| Conteo de bacterias | Menor a 100000 UFC/ml | A 30 °C, 2 muestras mínimas al mes. Ensayo de reductancia. |
| Células somáticas | Menor a 400000 Cél/ml | Recuento de células somáticas (RCS) es indicador de mastitis. |
| Ausencia de antibióticos Hormonas Contaminantes químicos | | Verificar la densidad a 15°C |

| | | |
|-------------------|---|---|
| Agregados de agua | | $\delta = 1.028 \text{ a } 1.035$ |
| Componentes | | |
| Grasas | 3.2 % (g ácido láctico/100ml) | ISO 2446:1976 ¹¹ Pipeta de 11ml |
| Proteínas | 3.0 % (g ácido láctico/100ml) | ISO 8968-2-IDF 20-2:2001 ¹² |
| Minerales | | |
| Enzimas | | |
| Acidez | 0.13 a 0.18 (g ácido láctico/100ml) | AOAC ¹³ a15°C 947.05 |
| pH | 6.5 a 6.7 | |

UFC: unidades formadoras de colonias

Fuente: <http://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/ROBERT/1.pdf>

En la tabla 1.7 se enlistan los requisitos definidos por la norma INEN de alimentos para determinar si la leche puede ser o no consumida las personas.

Tabla 1. 7 Requisitos Físico de la leche cruda.

| Factores | Unidad | Mínimo | Máximo | Método de ensayo |
|-------------------------------------|---------|--------|--------|------------------|
| Densidad relativa | | | | NTE INEN 11 |
| 15 °C | - | 1.029 | 1.033 | |
| 20°C | - | 1.026 | 1.032 | |
| Materia grasa | % (m/m) | 3.2 | | NTE INEN 12 |
| Acidez titulable como ácido láctico | % (m/v) | 0.13 | 0.16 | NTE INEN 13 |
| Sólidos totales | % (m/m) | 11.4 | | NTE INEN 14 |

¹¹ Norma especificada para la separación de la grasa de la leche, INEC código Alimentario del Ecuador.

¹² Norma para determinar el contenido de nitrógeno en la leche líquida.

¹³ Asociación Oficial de Químicos Agrícolas.

| | | | | |
|---|--|--------|--------|---------------|
| Sólidos no grasos | % (m/m) | 8.2 | | * |
| Cenizas | % (m/m) | 0.65 | 0.8 | NTE INEN 14 |
| Punto de congelación | °C | -0.536 | -0.512 | NTE INEN 15 |
| Proteínas | % (m/m) | 3 | - | NTE INEN 16 |
| Ensayo de la reductancia. | H | 2 | - | NTE INEN 18 |
| Reacción de estabilidad proteica (prueba del alcohol) | No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 65% en peso o 75% en volumen | | | NTE INEN 1500 |

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana

Las normas completas enlistadas a continuación. (VER ANEXO A)

NTE INEN 4:1984 Leche y productos lácteos. Muestreo.

NTE INEN 11:1984 Leche. Determinación de la densidad relativa.

NTE INEN 12:1973 Leche. Determinación del contenido de grasa.

NTE INEN 13:1984 Leche. Determinación de la acidez titulable.

NTE INEN 14:1984 Leche. Determinación de sólidos totales y cenizas.

NTE INEN 15:1973 Leche. Determinación del punto de congelación.

NTE INEN 16:1984 Leche. Determinación de proteínas.

NTE INEN 18:1973 Leche. Ensayos de reductasas.

NTE INEN 1 500:2001. Leche. Métodos de ensayo cualitativos para la determinación de la calidad.

1.7 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta sección de la investigación se pretende describir y establecer ciertas condiciones y consideraciones de la máquina dosificadora frente a las necesidades del ganadero como punto de partida para su diseño.(VER ANEXO B)

Situación inicial

Alimentación con suplementos balanceados y mezclas caceras en una mínima cantidad, considerando que la vaca lechera debe consumir 1 Kg de suplemento nutricional por 2 Kg de leche producidos.

En los recintos lecheros a las vacas se les abastece de 0.5 Kg diarios de balanceado repartido manualmente por parte del personal en el momento del ordeño.

En la tabla 1.8 se detallan los precios y el efecto que causa el uso y el no uso de balanceado en la producción de leche en la provincia.

Tabla 1. 8 Detalle de costo y composición de leche requerida por los ganaderos.

| | Cantidad de balanceado recomendado | Cantidad de balanceado Baja | Calidad Según Norma INEN |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Costo \$ | \$0.42 a 0.45 | \$0.39 a \$0.41 | - |
| Grasa (%) | 4.1 | 3.9 | 3.2 |
| Proteína (%) | 3.1 | 2.8 | 3 |

Situación final

Mantener la mezcla balanceada a un ambiente fresco para garantizar la salud de las vacas y maximizar la producción de leche mediante una dosificadora de mezcla balanceada con un aumento progresivo de mezcla de hasta 4 Kg a cada vaca mientras es ordeñada dos veces al día.

1.8 ESTUDIO DE LAS RESTRICCIONES DEL MEDIO

Los factores se toman en cuenta para el estudio de las restricciones del medio son:

Tiempo:

La máquina que se desea diseñar debe ser capaz de almacenar la mezcla balanceada durante 1 día de operaciones a condiciones aptas para el consumo del ganado además dosificar e 2 a 4 Kg de mezcla por ordeño en un tiempo de 1 minuto hasta los comederos.

Mantenimiento:

Para el mantenimiento se establece las condiciones ambientales y de trabajo en dónde la máquina va a estar funcionando, para saber si la corrosión y el desgaste son factores que puedan perjudicar el estado de la máquina.

La presente investigación y estudio se la hace en la provincia del Carchi en dónde la corrosión y el desgaste en el material son bajos y será de fácil limpieza y mantenimiento.

El contenedor de mezcla balanceada debe ser de fácil acceso y de fácil limpieza, para que la persona encargada pueda surtir el producto con facilidad.

Costos:

El costo de la máquina debe equilibrar su inversión en el menor tiempo posible teniendo en cuenta el factor costo – beneficio. Entre el aumento de producción y el costo adicional que implica.

Tecnología:

Los materiales y elementos utilizados deben estar disponibles en el mercado local a un precio accesible y módico para el ganadero así como obtener una máquina capaz de satisfacer todos los requisitos y objetivos que se ha propuesto satisfactoriamente.

Geometría:

La máquina debe ser de fácil instalación en los centros de ordeño mecánico o manual, además el contenedor no debe ser demasiado grande ya que debe satisfacer las necesidades de espacio debido a que los centros de ordeño se encuentran en un espacio determinado.

Manipulación humana:

Al tratarse de una máquina automática, el accionamiento se asignará a una persona la misma que estará encargada de abastecer mezcla balanceada en el contenedor.

1.9 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

En este punto se detallan las condiciones y restricciones que la máquina va a desempeñar en el ambiente requerido tanto parámetros funcionales como parámetros técnicos.

1.9.1 PARÁMETROS FUNCIONALES

En los parámetros funcionales se analiza las condiciones y restricciones que la máquina desempeña.

1.9.1.1 Características físicas de la mezcla del suplemento nutricional

En distintos establecimientos ganaderos de la provincia se maneja una mezcla de zanahoria picada, balanceado en forma de pequeñas esferas y cilindros o balanceado en polvo, papas pequeñas y en algunos caso melaza de caña.

En la tabla 1.9 se especifican las dimensiones de los componentes de la mezcla balanceada más usada en la provincia del Carchi.

Tabla 1. 9 Dimensiones de los componentes de la mezcla balanceada

| Componente | Forma | Altura | Diámetro |
|-----------------------|------------|--------------|--------------|
| Zanahoria picada | Cónica | 1.5 a 2 [cm] | 1.5 a 2 [cm] |
| Papas pequeñas | Esférico | - | 1 a 2.5 [cm] |
| Balanceado esférico | Esférico | - | 1 [cm] |
| Balanceado cilíndrico | Cilíndrico | 1 [cm] | 0.5 [cm] |

La proporción de balanceado de la mezcla balanceada es 1:1, esto quiere decir por 1 Kg de balanceado 1 Kg de mezcla de zanahoria, papas, remolacha.

1.9.1.2 Cantidad del suplemento por cada ración

La cantidad de 4 Kg dosificados en 1 minuto durante el ordeño.

1.9.1.3 Ambiente de trabajo

Se analiza las condiciones de trabajo en donde se desarrolla la alimentación y el ordeño, en la sección 1.8.1.2 se detalla las características. El ambiente de trabajo está cubierto y acondicionado.

La mezcla balanceada debe estar en condiciones saludables para no afectar la salud del ganado.

En la tabla 1.10 muestra ciertas condiciones ambientales y climáticas en las cuales se desarrolla la actividad de ordeño y para las condiciones climáticas exteriores se ha tomado de referencia el cantón Montúfar.

Tabla 1. 10 Condición exterior de del cantón Montúfar

| Condición exterior del Cantón Montufar | |
|--|--------------|
| Altitud | 2860 m.s.n.m |
| Clima | Semifrío |
| Temperatura promedio | 12 °C |
| Humedad relativa | 40% |

Fuente: Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI 2013

1.9.1.4 Condiciones del suplemento

La mezcla se prepara antes del ordeño para su uso inmediato no puede servir para el siguiente ordeño por que se oxida y se fermenta afectando la salud del animal. Por esta razón una de las características más importantes de la mezcla balanceada es que se mantenga en condiciones salubres.

En la tabla 1.11 se enlistan los parámetros para mantener los componentes de la mezcla balanceada en óptimas condiciones para el consumo del ganado.

Tabla 1. 11 Condiciones internas del suplemento

| Condición internas en el dosificador de la mezcla | |
|---|--|
| Temperatura balanceado | Temperatura ambiente |
| Humedad | Entre 30% |
| Temperatura de la zanahoria y papa | 10° C Para mantenerla fresca mientras se encuentre en el dosificador. |

CAPITULO 2

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se analizan dos posibles alternativas, factibles para la solución del problema, evaluando a cada alternativa desde el punto de vista técnico, funcional, económico entre otros parámetros.

2.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En la tabla 2.1 se establecen los criterios de selección y ponderación según su importancia los cuales permitirán escoger, comparar y realizar una selección técnica entre dos alternativas planteadas.

Tabla 2. 1 Criterios de selección para el diseño y materialización .¹⁴

| CRITERIOS DE SELECCIÓN | | |
|------------------------|---|-------|
| CRITEROS | DETERMINACIONES | POND. |
| I. Concepto | ¿Responde a las funciones y prestaciones especificada ? ¿Su funcionamiento es simple y eficaz? ¿Es fácil y económico de materializar? | 0.12 |
| II. Prestaciones | El conjunto de sus componentes proporcionan: ¿Resistencia y durabilidad adecuadas? ¿Deformaciones admisibles? ¿Estabilidad de funcionamiento? ¿Posibilidad de expansión? ¿Vida (fatiga, corrosión) y prestaciones adecuadas? | 0.10 |
| III. Seguridad | ¿El conjunto y sus componentes ofrecen seguridad? ¿Se han considerado las perturbaciones externas? ¿Cumple las directivas de seguridad? | 0.09 |

¹⁴RIBA C“ Diseño Concurrente” Pág. 101

| | | |
|-------------------|--|------|
| IV. Ergonomía | ¿Se ha tenido en cuenta la relación persona-máquina? ¿Se han evitado las situaciones de fatiga o estrés? | 0.07 |
| V. Entorno | ¿Los consumos son adecuados? ¿Se ha provisto el fin de vida? | 0.09 |
| VI. Producción | ¿Se han analizado los procesos de fabricación? ¿Se han evaluado los procesos de fabricación ? ¿Qué partes tiene que subcontratarse ? | 0.06 |
| VII. Calidad | ¿Se ha previsto un funcionamiento robusto? ¿Qué verificaciones hay que hacer y cuándo ? | 0.09 |
| VIII. Montaje | ¿Los procesos de montaje son simples? ¿Se ha pensado en su automatización? | 0.12 |
| IX. Transporte | ¿Se ha considerado el transporte interno y externo? ¿Se tiene que poder desmontar? ¿Con qué herramientas? | 0.07 |
| X. Operación | ¿Se han considerado todos los modos de operación? | 0.06 |
| XI. Mantenimiento | ¿Se ha estudiado que tipo de mantenimiento se requiere? ¿Se han facilitado las reparaciones? | 0.06 |
| XII. Costos | ¿Se mantienen los costos dentro de los límites previstos? ¿Qué costos adicionales aparecen y por qué? | 0.09 |
| XIII. Plazos | ¿Se cumplen los plazos previstos? ¿Se prevén modificaciones que alteren estos plazos? | 0.08 |
| | | 1.00 |

Para poder evaluar los criterios presentados en la tabla 2.1 se requieren realizar una serie de cálculos simples y generalizados para cada alternativa, ya que los cálculos detallados se presentan en la parte de diseño para la alternativa seleccionada.

Las alternativas viables para la solución del problema son:

Alternativa A: Dosificador horizontal con 4 dosificadores verticales.

Alternativa B: Dosificador vertical con un contenedor rectangular.

2.2 ALTERNATIVA A: DOSIFICADOR HORIZONTAL CON 4 DOSIFICADORES VERTICALES:

Esta alternativa se basa en dosificar automáticamente una mezcla balanceada de ganado lechero en cantidades específicas mediante canales dosificadores como se ilustra en la figura 2.1

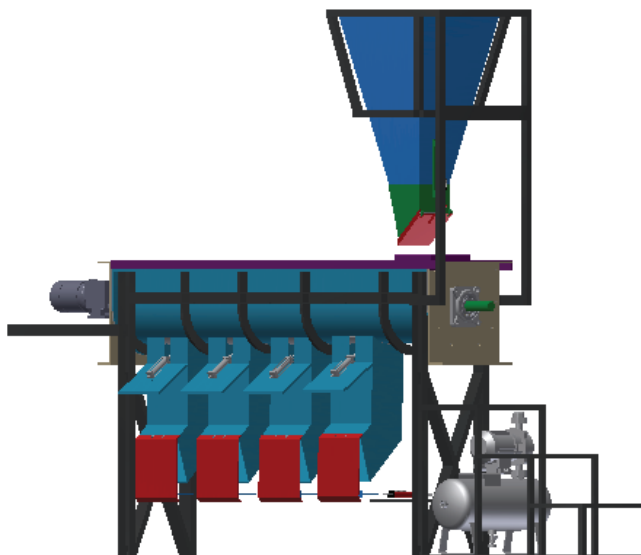


Figura 2. 1 Alternativa A con cuatro canales dosificadores.

2.2.1 ETAPAS DEL PROCESO (CONCEPTOS Y PRESTACIONES)

Esta alternativa dosifica la mezcla balanceada por un transportador sin fin con cuatro canales que contiene compuertas que se abren y se cierran progresivamente accionado por un cilindro neumático, hasta obtener la cantidad requerida y que está controlada por un sensor capacitivo que está ubicado a una

determinada altura del canal dosificador, para luego ser evacuado hasta el comedero.

Al tratarse de insumos alimenticios que influyen en la calidad de la leche, los materiales usados son de acero inoxidable.

Esta alternativa es de fácil mantenimiento y es una máquina estable de fácil instalación en los cuartos de ordeño.

2.2.1.1 Cálculo de producción para esta alternativa

Para el cálculo se toma en cuenta el peso total de la mezcla y la proporción de los componentes, el tiempo necesario para comer el balanceado a la hora del ordeño y la cantidad de suplemento.

Cálculo del tiempo requerido por la vaca para comer 4Kg de suplemento al momento del ordeño (4 Kg).

| | |
|---|---------------------|
| Ración promedio por ordeño de balanceado: | 4 Kg |
| Tamaño de bocado promedio de forraje: | 2 g MS/Bocado |
| Tamaño de bocado de balanceado: | 4.1 g MSB/bocado |
| Tasa de consumo promedio: | 86.7 bocados/minuto |
| Tiempo dedicado a comer pasto: | 2 a 10 horas al día |
| Tiempo dedicado a comer en el ordeño: | 10 minutos |

$$4.1 \frac{gMS}{bocado} * \frac{87.7bocados}{minuto} = 359.57 \frac{gMS}{min} = 0.360 \left(\frac{KgMS}{min} \right)$$

t_N : tiempo necesario para comer 4Kg de balanceado

$$t_N = \frac{4kg}{(0.360KgMS)/min} = 11.12 \text{ minutos}$$

En la tabla 2.2 se tiene distintas mezclas y su respectivo valor de densidad.

Tabla 2. 2 Densidad de distintas mezclas

| MEZCLA DE SUPLEMENTO NUTRICIONAL | DENSIDAD [$\frac{kg}{m^3}$] |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| Balanceado en grano | 665.4 |
| Balanceado en grano+ zanahoria + papa | 432.5 |
| Balanceado + zanahoria + sal de grano | 512.6 |
| Balanceado +melaza + caña | 400.0 |

Para determinar la velocidad de producción:

Al trabajar con un transportador sin fin este se rige bajo la norma CEMA en donde dependiendo de ciertos parámetros y características del material a transportarse muestra un transportador específico, por lo tanto la velocidad de transporte viene dado por un catálogo.

Para una densidad de 400 Kg/m³ se tiene 55 rpm de funcionamiento y un diámetro de 9 pulgadas.

La velocidad de flujo será:

V_f: velocidad de flujo

$$V_f = \frac{16Kg}{10 \text{ min}}$$

Con esta velocidad de flujo abastece a los cuatro espacios con 4 Kg necesarios mientras la vaca es ordeñada en este espacio de tiempo.

2.2.1.2 Especificaciones de la alternativa

Para poder evaluar esta alternativa es necesario primero determinar los parámetros generales que permitan tener una idea general del tamaño de la máquina, como se ilustra en la figura 2.2

Las dimensiones generales de la máquina:

Altura 1880mm

Ancho 550mm

Largo 2150mm

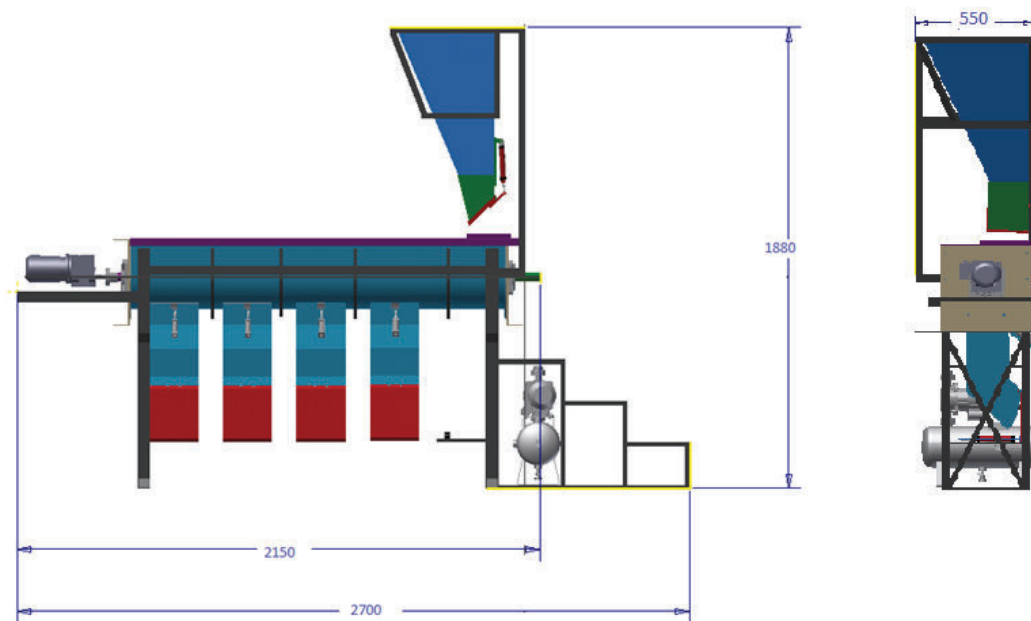


Figura 2. 2 Dimensiones generales para la alternativa A

2.2.1.3 Costos del transporte automatizado de balanceado.

La energía requerida para el accionamiento y funcionamiento de la máquina depende del tiempo que permanece la máquina encendida.

El tiempo empleado para ordeñar un rejo en las haciendas es de 2 hora a 3 horas por ordeño y en el día se tienen 2 ordeños entonces por lo tanto la máquina va a funcionar conjuntamente con el ordeño un tiempo de 5 horas promedio.

2.2.1.4 Mantenimiento

El mantenimiento recomendado es preventivo y correctivo ya que permiten la conservación de la máquina y prolongan su tiempo de vida.

El mantenimiento programado debe tomar en cuenta el material con la cual la máquina trabaja, el material usado para su diseño, los posibles daños por fricción, desbalanceamiento, vibraciones, etc. Por otro lado el mantenimiento preventivo evita los fallos en la máquina en condiciones de funcionamiento como el desgaste y corrosión. Para esta alternativa estos procedimientos son evaluados de forma fácil y sencilla.

Esta alternativa tiene fácil acceso a los diferentes mecanismos por lo tanto el mantenimiento resulta más factible disminuyendo el tiempo destinado para esta actividad.

2.2.1.5 TECNOLOGÍA

La alternativa descrita anteriormente plantea el empleo de elementos y sistemas mecánicos, eléctricos y de control. Se trata de usar tecnología estandar y disponibles en el mercado, se plantea la menor cantidad de mecanismos.

La máquina es automatizada para disminuir el esfuerzo humano y maximizar la producción lechera con una dosificación en una cantidad requerida.

2.2.1.6 VENTAJAS

- Dosifica la cantidad de alimento requerida por el animal.
- La calidad de la mezcla balanceada en el contenedor es fresca y saludable.
- La mezcla entre materia seca y húmeda es homogénea.
- El transporte del alimento desde el dosificador hasta el comedero es continuo.
- El mantenimiento es muy simple y facil de realizar.
- El espacio usado es de acuerdo a la estructura del cuarto de ordeño y por estar ubicado en la parte superior (bajo el techo) no obstaculiza y se aprovecha la gravedad para el descenso del alimento.
- Alimenta mayor cantidad de ganado al mismo tiempo.
- Es facitible el aumento de puestos disponibles para comer.
- El tiempo de dosificado es eficiente.
- La cantidad de mezcla balanceada es la requerida.
- Es muy silenciosa
- No hay desperdicio de mezcla en el proceso de dosificado.

2.2.1.7 DESVENTAJAS

- Dificil suministro de la mezcla balanceada debido a que el contenedor se ubica en la parte superior.
- Consume mayor cantidad de energía respecto a un sólo dosificador.

- Ocupa mayor espacio.
- No es móvil

Con la información planteada anteriormente sobre las alternativas se responde a las preguntas en la tabla 2.1 en la tabla 2.3

Tabla 2. 3 Criterios de selección para la alternativa A

| CRITERIOS DE SELECCIÓN | | |
|------------------------|---|------|
| CRITEROS | DETERMINACIONES | POND |
| I. Concepto | Dosifica una cantidad requerida de una mezcla balanceada. Su funcionamiento es simple(se necesita 1 operario) El costo depende de los materiales a utilizarse. | 8 |
| II. Prestaciones | En esta alternativa se presenta un diseño que garantice un buen funcionamiento y durabilidad, además se deja la posibilidad de que la máquina expanda su función es decir aumente el número de comederos que dosifique. | 9 |
| III. Seguridad | Al tratarse de una máquina automática se garantiza un alto nivel de seguridad, sin perjudicar la integridad física del operario. Por otra parte las perturbaciones externas son insignificantes. | 8 |
| IV. Ergonomía | Para facilitar la relación persona-máquina se tiene un proceso automatizado con el fin de evitar la fatiga del operario. | 8 |
| V. Entorno | La máquina funciona con energía eléctrica la misma que se encuentra disponible fácilmente. | 7 |

| | | |
|-------------------|--|---|
| VI. Producción | Se tiene múltiples procesos de fabricación. Excepto los dispositivos electrónicos. | 7 |
| VII. Calidad | Se cumple con la cantidad de balanceado establecido garantizando la contextura de la mezcla en óptimas condiciones. Tomando en cuenta la proporción de la mezcla antes de homogeneizarla. | 8 |
| VIII. Montaje | La parte mecánica es de fácil montaje mientras los sistemas de control requieren conocimiento técnico. | 7 |
| IX. Transporte | Se necesita transporte de maquinaria pesada. | 7 |
| X. Operación | Se han analizado todos los modos de operación. | 9 |
| XI. Mantenimiento | Se requiere de un mantenimiento preventivo y correctivo. | 9 |
| XII. Costos | Los costos se mantienen dentro de los límites, pero encarece para cubrir todas las posibilidades y ampliar su desempeño. | 7 |
| XIII. Plazos | Si se cumplen con los plazos previstos. | 7 |

2.2.2 ALTERNATIVA B: DOSIFICADOR VERTICAL CON UN CONTENEDOR RECTÁNGULAR DÓNDE SE ENCUENTRA LA MEZCLA LISTA PARA SER DOSIFICADA.

En esta alternativa el sistema de dosificación es por medio de un sistema de paletas el cual es accionado por un motor eléctrico y un sistema reductor por correa.

La capacidad de almacenamiento es mínimo se basa en un sólo contenedor rectangular ubicado en forma vertical, donde se encuentra la mezcla lista para ser dosificada en el momento del ordeño. Ver figura 2.3



Figura 2. 3 Dosificadora automática individual

Fuente: <http://perros.comederos-automaticos.com/> 22/01/2014

2.2.2.1 Etapas del proceso (conceptos y prestaciones)

En esta alternativa la mezcla ya preparada se encuentra en un contenedor vertical sobre el comedero individual en el cuarto de ordeño, la misma que desciende por gravedad hasta una paletas donde la mezcla se distribuye y se dispensa mediante orden de un sensor de movimiento ubicado en el comedero. En la figura 2.4 se muestra la posición de las paletas.

El contenedor es de acero inoxidable por tratarse de alimentos para ganado y que no se vea afectada la salud del animal.

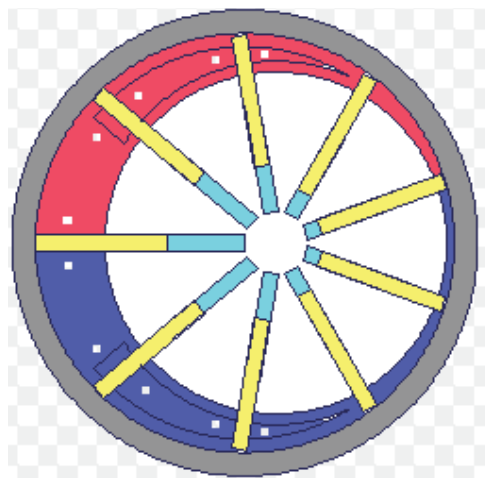


Figura 2. 4 Disposición de la paletas rotativas

Fuente: <http://www.quiminet.com/articulos/principales-caracteristicas-de-las-bombas-de-paletas-28424.htm>

2.2.2.2 Cálculo de producción para esta alternativa

Los cálculos son los mismos que la alternativa anterior dividido entre cuatro ya que dispone de un solo espacio para ser dosificado.

2.2.2.3 Especificaciones de la alternativa

Dimensiones generales para la alternativa individual:

Altura 500mm

Ancho 400mm

Largo 500mm



2.2.2.4 Costos de la alimentación automatizada

Al ser un dosificador individual los costos bajan en comparación a un dosificador de más lugares o espacios. Por lo tanto el costo del consumo energía eléctrica baja y de todos los insumos para el control automático también lo hacen.

2.2.2.5 Ventajas

- La máquina es portable.
- Consume poca energía.
- Por su pequeño tamaño es de fácil mantenimiento.

2.2.2.6 Desventajas

- La dosificación de la mezcla es individual o sea un dosificador por comedero.
- La mezcla de balanceado se la realiza de manera manual.
- El tiempo de dosificado es mayor por el sistema de paletas.
- El estado de la mezcla balanceada puede fermentarse al estar en un sólo dosificador por mas de 4 horas afectando la salud del animal.

En la tabla 2.4 se responden a las preguntas de los criterios de selección.

Tabla 2. 4 Criterios de selección para la alternativa B.

| CRITERIOS DE SELECCIÓN | | |
|------------------------|---|------|
| CRITEROS | DETERMINACIONES | POND |
| I. Concepto | El tiempo de almacenamiento de la mezcla puede afectar la calidad del producto balanceado. Dosifica una cantidad establecida. Su funcionamiento es simple(se necesita 1 operario) El costo depende de los materiales a utilizarse. | 5 |
| II. Prestaciones | El conjunto de sus componentes proporcionan: El funcionamiento de la máquina es de fácil entendimiento para el operario. No tiene posibilidad de expansión | 7 |
| III. Seguridad | Al tratarse de una máquina automática se garantiza un alto nivel de seguridad, sin perjudicar la integridad física del operario. | 8 |
| IV. Ergonomía | Para facilitar la relación persona-máquina se tiene un proceso automatizado con el fin de evitar la fatiga del operario. | 8 |
| V. Entorno | La máquina funciona con energía eléctrica la misma que se encuentra disponible fácilmente. | 8 |
| VI. Producción | Se tiene múltiples procesos de fabricación. | 7 |

| | | |
|-------------------|--|---|
| | Excepto los dispositivos electrónicos. | |
| VII. Calidad | No se garantiza la calidad del producto debido a la forma como se lo almacena. | 4 |
| VIII. Montaje | La parte mecánica es de fácil montaje mientras los sistemas de control requieren conocimiento técnico. | 9 |
| IX. Transporte | Se necesita transporte liviano. | 9 |
| X. Operación | Se han analizado todos los modos de operación. | 8 |
| XI. Mantenimiento | Se requiere de un mantenimiento preventivo y correctivo. | 8 |
| XII. Costos | Se mantienen los costos dentro de los límites. | 8 |
| XIII. Plazos | Si se cumplen con los plazos previstos. | 8 |

2.2.3 ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

En la tabla 2.5 se muestra una ponderación mediante valores obtenidos por las tablas 2.3 y 2.4 con la cual se determina la alternativa más funcional y la que se adapta a la necesidad y a la solución del problema planteado en el capítulo 1.

Tabla 2. 5 Selección de la alternativa para la dosifica

| | I | II | III | IV | V | VI | VI | VIII | IX | X | XI | XII | XIII | POND. |
|-------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| ALTERNATIVA A | 8,00 | 9,00 | 7,00 | 8,00 | 7,00 | 8,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 9,00 | 9,00 | 7,00 | 7,00 | I 0,11 |
| ALTERNATIVA B | 5,00 | 7,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 4,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | II 0,09 |
| | 13,00 | 16,00 | 15,00 | 16,00 | 15,00 | 14,00 | 16,00 | 16,00 | 16,00 | 17,00 | 17,00 | 15,00 | 15,00 | III 0,08 |
| TABLA NORMALIZADA | | | | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VI | VIII | IX | X | XI | XII | XIII | IV 0,07 |
| ALTERNATIVA A | 0,62 | 0,56 | 0,47 | 0,50 | 0,47 | 0,50 | 0,67 | 0,44 | 0,44 | 0,53 | 0,53 | 0,47 | 0,47 | V 0,08 |
| ALTERNATIVA B | 0,38 | 0,44 | 0,53 | 0,50 | 0,53 | 0,50 | 0,33 | 0,56 | 0,56 | 0,47 | 0,47 | 0,53 | 0,53 | VI 0,05 |
| | | | | | | | | | | | | | | VII 0,08 |
| | | | | | | | | | | | | | | VIII 0,11 |
| | | | | | | | | | | | | | | IX 0,07 |
| | | | | | | | | | | | | | | X 0,05 |
| | | | | | | | | | | | | | | XI 0,05 |
| | | | | | | | | | | | | | | XII 0,08 |
| | | | | | | | | | | | | | | XIII 0,08 |
| | | | | | | | | | | | | | | 1,00 |
| RESULTADO | | | | | | | | | | | | | | |
| ALTERNATIVA A | 0,51 | | | | | | | | | | | | | |
| ALTERNATIVA B | 0,49 | | | | | | | | | | | | | |

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA MÁQUINA

Para facilitar el diseño de la máquina se divide por sistemas o partes:

- Sistema de almacenamiento
- Sistema de alimentación .
- Sistema de motriz.
- Sistema estructural.

3.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA DOSIFICADOR HORIZONTAL CON 4 DOSIFICADORES VERTICALES.

Los criterios de valoración que se consideran más importantes son:

Costo: este parámetro permite evaluar la relación costo – beneficio de cada una de las alternativas.

Montaje: este parámetro permite diferenciar la facilidad de montaje de cada alternativa.

Mantenimiento: este parámetro da una idea de revisar el correcto funcionamiento y cuidado de cada alternativa.

Vida útil: este parámetro permite relacionar la durabilidad de cada alternativa.

En la tabla 3.1 se evalúa los parámetros para obtener un orden de preferencia

Tabla 3. 1 Evaluación de peso específico de cada criterio. ¹⁵

| Criterio | Costo | Montaje | Mantenimiento | Vida útil | S+1 | Pond. |
|---------------|-------|---------|---------------|-----------|-----|-------|
| Costo | | 0 | 1 | 0,5 | 2,5 | 0,25 |
| Montaje | 1 | | 1 | 1 | 4,0 | 0,40 |
| Mantenimiento | 0 | 0 | | 0,5 | 1,5 | 0,15 |
| Vida útil | 0,5 | 0 | 0,5 | | 2 | 0,20 |
| | | | | Suma | 10 | 1 |

¹⁵ RIBA C. "Diseño concurrente ", páginas 60 y 61

De acuerdo a su importancia para la solución del problema se tiene su respectiva ponderación.

MONTAJE > >COSTO>VIDA ÚTIL> MANTENIMIENTO

El valor ponderado de cada uno de los criterios se establece, según la importancia que tiene en el aporte a la solución del problema.

3.2 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.¹⁶

El sistema de almacenamiento cumple con la función de almacenar el suplemento nutricional y mantenerlo de forma higiénica y segura durante 12 horas, y dosifica cuando el sistema de transporte empiece a distribuir a cada uno de los contenedores el suplemento nutricional en un intervalo de tiempo de 15 minutos.

- Alternativa A: Tolva piramidal
- Alternativa B: Tolva Cónica

3.2.1.1 Alternativa A: tolva piramidal:

En este tipo de tolva, el material es contenido en un recipiente de forma de tronco de pirámide. Ver figura 3.1

Ventajas

- Fácil montaje
- Fácil mantenimiento
- Utiliza la gravedad para el descenso del material
- El ingreso del material es sencillo y abundante
- Proceso de fabricación fácil y económico.

¹⁶ <http://es.slideshare.net/alanmecanica/diseo-de-un-silo-estructura-metalica>

Desventajas

- Debe tener un elemento que regule para que el suplemento no salga de manera muy abundante.
- Velocidad de descarga muy abundante.
- Problemas de flujo de descarga.

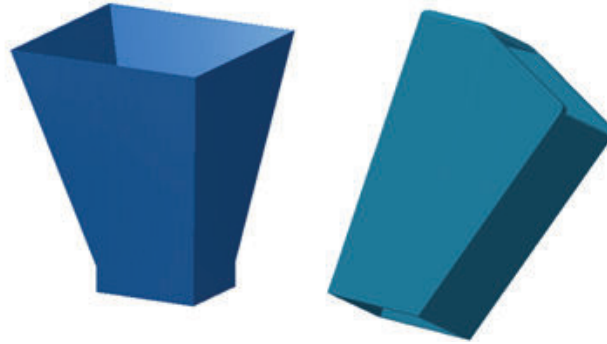


Figura 3. 1 Tolva piramidal

Fuente: propia

3.2.1.2 Alternativa B: tolva cónica:

En este tipo de tolva el material es contenido en un recipiente en forma de troco de cono y el ingreso del material es sencillo debido a que el diámetro de la tolva en su parte superior es amplio ver Figura 3.2.

Ventajas

- La entrada de material es sencillo y abundante.
- Utiliza la gravedad como para el descenso del material.
- Velocidad de descarga media
- Ocupa poco espacio.
- Fácil mantenimiento.
- Son estructuras más eficaces.
- Mayor capacidad de almacenamiento.

Desventajas.

- Si se desea mayor capacidad de almacenamiento se debe tener un mayor tamaño.

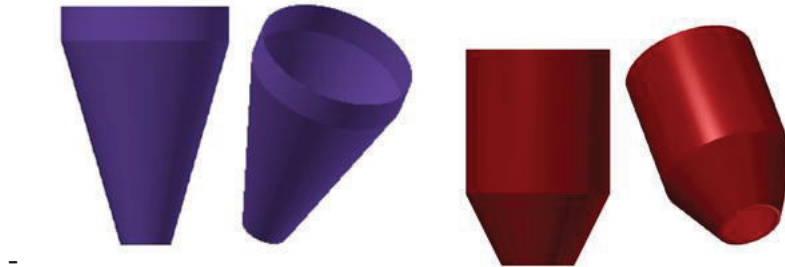


Figura 3. 2 Tolvas cónica

Evaluación y selección de sistema de almacenamiento.

Tabla 3. 2 Evaluación de peso específico de cada criterio

| Criterio | Costo | Montaje | Ergonomía | Vida útil | S+1 | Pond. |
|-----------|-------|---------|-----------|-----------|-----|-------|
| Costo | | 1 | 1 | 1 | 4,5 | 0,45 |
| Montaje | 0 | | 0 | 1 | 2 | 0,20 |
| Ergonomía | 0 | 1 | | 1 | 2 | 0,20 |
| Vida útil | 0 | 0,5 | 0 | | 1,5 | 0,15 |
| | | | | Suma | 10 | 1 |

Costo > Montaje = Ergonomía > Vida útil

En la tabla 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 se realiza la valoración del peso específico de cada alternativa en función del criterio costo, montaje, ergonomía, vida útil.

Tabla 3. 3 Peso específico de cada alternativa en base al criterio costo.

| Costo | Tolva piramidal | Tolva cónica | S+1 | Ponderación. |
|-----------------|-----------------|--------------|-----|--------------|
| Tolva cónica | | 0 | 1 | 0,33 |
| Tolva piramidal | 1 | | 2 | 0,67 |
| | | Suma | 3 | 1 |

Tabla 3. 4 Peso específico de cada alternativa en base al criterio montaje.

| Montaje | Tolva piramidal | Tolva cónica | S+1 | Ponderación. |
|-----------------|--------------------|-----------------|-----|--------------|
| Tolva cónica | | 0 | 1 | 0,33 |
| Tolva piramidal | 1 | | 2 | 0,67 |
| | | Suma | 3 | 1 |

Tabla 3. 5 Peso específico de cada alternativa en base al criterio ergonomía

| Ergonomía | Tolva piramidal | Tolva cónica | S+1 | Ponderación. |
|-----------------|--------------------|-----------------|-----|--------------|
| Tolva cónica | | 0 | 1 | 0,33 |
| Tolva piramidal | 1 | | 2 | 0,67 |
| | | Suma | 3 | 1 |

En la tabla 3.6 se muestran las conclusiones y se determinan la alternativa ganadora.

Tabla 3. 6 Peso específico de cada alternativa en base al criterio vida útil.

| Vida útil | Tolva piramidal | Tolva cónica | S+1 | Ponderación. |
|-----------------|--------------------|-----------------|-----|--------------|
| Tolva cónica | | 0 | 1 | 0,33 |
| Tolva piramidal | 1 | | 2 | 0,67 |
| | | Suma | 3 | 1 |

En la tabla 3.7 se recoge los datos de las tablas anteriores y se detalla la conclusiones del sistema de alimentación. Y las tolvas prismáticas son más eficaces que las cilíndricas

Tabla 3. 7 Tabla de conclusiones para el sistema de alimentación.

| | Costo | Montaje | Mantenimiento | Vida útil | Σ | Prioridad |
|-----------------|-------|---------|---------------|-----------|----------|-----------|
| Tolva cónica | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 1.33 | 2 |
| Tolva piramidal | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 2.67 | 1 |

Este sistema de almacenamiento cuenta con un sistema adicional de direccionamiento y control de flujo del suplemento nutricional. Dado por un pistón neumático dicho sistema consta de una tolva de forma de tronco de pirámide que direcciona el flujo para el sistema de transporte y no haya desperdicio de suplemento nutricional como se ve en la figura 3.3.

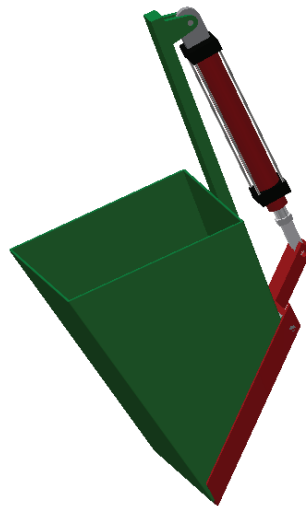


Figura 3. 3 Regulador de flujo

Fuente: Propia.

3.2.1.3 Diseño del sistema del de alimentación.

3.2.1.3.1 Dimensionamiento de la tolva:

La capacidad de la tolva se es de 100 Kg promedio por lo tanto se elige un valor de 64 Kg y debe ser recargada cada 30 minutos por lo cual la tolva deberá almacenar 128 Kg/h.

En el momento de distribuir la mezcla hacia el transportador debe dosificar 16 Kg en dos minutos por lo tanto se tiene un flujo másico de 2 Kg/min

$$\dot{m} = 0.13 \frac{Kg}{min}$$

$$\delta_m = 160 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\delta_m = 668 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\delta_m = 400 \frac{Kg}{m^3}$$

La ecuación 3.1 ó de Jenike - Johanson es necesaria para determinar el flujo másico, en función del diámetro, el mismo que es requerido para el cálculo del volumen y las dimensiones de la tolva.

$$\dot{m} = \delta_m \left(\frac{\pi}{4}\right) D_c^2 \sqrt{\frac{gD}{4 \tan \theta_c}} \quad (3.1)$$

Se ha escogido un ángulo de inclinación de 45 grados con la vertical, con el mismo se tiene un flujo de vaciado más uniforme.

$$0.5 \frac{Kg}{s} = 400 \frac{Kg}{m^3} \left(\frac{\pi}{4}\right) D_c^2 \sqrt{\frac{9.8 \left(\frac{m}{s^2}\right) D_c}{4 \tan 45}}$$

$$D_c^5 = 6.46 * 10^{-6}$$

$$D_c = 0.09 m$$

Con el diámetro y el ángulo de inclinación se calcula la distribución de volumen y medidas necesarias para determinarlo, como se ve en la figura 3.4

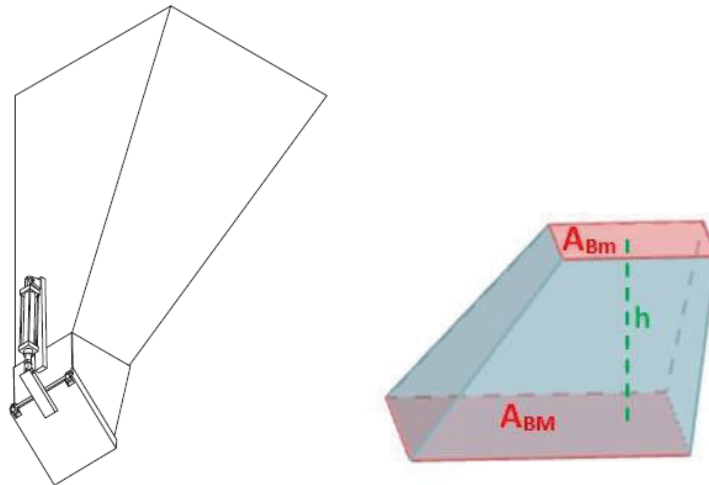


Figura 3. 4 Volumen de la tolva cónica.

Se calcula las medidas necesarias para almacenar 64 Kg teniendo en cuenta el resultado de la ecuación 3.1

$$V_{tolva} = \frac{m}{\delta_m} \quad (3.2)$$

$$V_{tolva} = \frac{64 \text{ Kg}}{668 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0.095$$

$$V_{tolva} = 0.095 \text{ m}^3$$

Con la ecuación 3.3 se determina la altura necesaria para cumplir con el valor de la ecuación 3.2

$$V_{tolva} = \frac{1}{3} h (A_{B_m} + A_{B_M} + \sqrt{A_{B_m} \cdot A_{B_M}}) \quad (3.3)$$

$$A_{B_m} = 0.15\text{m} * 0.15\text{m} = 0.0225\text{m}^2$$

$$A_{B_M} = 0.6 * 0.6 = 0.36\text{m}^2$$

Remplazando los valores:

$$0.95 = \frac{1}{3} h(0.0225 * 0.36 + \sqrt{0.0225 * 0.36})$$

$$h = 0.6 \text{ m}$$

Carga máxima de la tolva

W: Carga máxima

γ : densidad relativa de la mezcla balanceada.

Presiones de llenado

Según el Euro-código 1 deben considerarse las presiones de llenado y vaciado.

Según el criterio de Jenike el $d_c = 0.09 \text{ m}$, la presión horizontal en las paredes verticales se determina a continuación

Con la ecuación 3.4 se obtiene el peso en Newton y poder determinar

$$W = m * g \tag{3.4}$$

$$W = 64 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$A = 0.09^2 = 0.0081 \text{ m}^2$$

$$p = 4 * l = 4 * 0.0324 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{aparente}} = 668 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Los valores enlistados a continuación viene dado por el diagrama de Jenike.

$$\mu = 0.6$$

$$K_s = 0.5$$

$$z_0 = \frac{A}{K_s * \mu * P} \tag{3.5}$$

$$z_0 = \frac{0.006}{0.5 * 0.6 * 0.3} = 0.07 \text{ m}$$

Para determinar la presión vertical se determina mediante la ecuación de Jassen.

$$P_h = \frac{\delta_{aparente} A}{K_s * \mu * P} [1 - e^{-z_0 k_s \frac{\mu * P}{A}}] \quad (3.6)$$

$$P_h = 0.036 \text{ Mpa}$$

Remplazando los valores en la ecuación 3.7

$$P_v = K_s P_h \quad (3.7)$$

$$p_v = 0.02 \text{ Mpa}$$

Cálculo de las áreas.

Para determinar el área de la tolva se tiene las medidas en la figura 4.1.

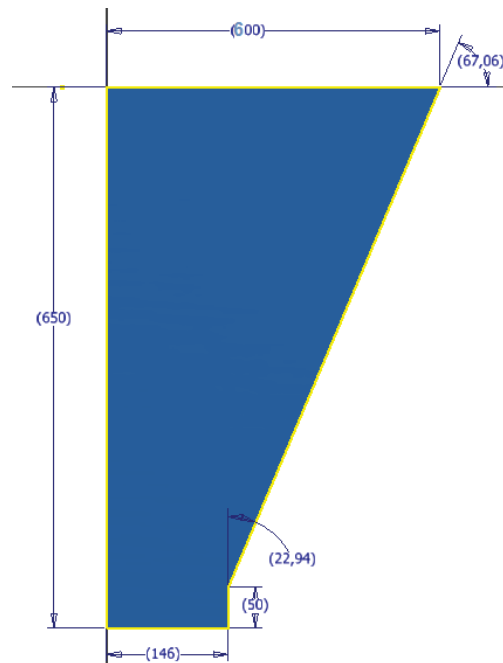


Figura 4. 1 Dimensiones de la tolva

$$V_{tolva} = 0.08 \text{ m}^3$$

$$m = 60 \text{ kg}$$

La tolva reguladora tiene una capacidad para 64 kg

Salidas: Se requiere tener un flujo uniforme y pausado de tal manera que se obtenga un flujo de 16 Kg cada 15 minutos.

Flujo:

$$\dot{m} = 0.6 * 55 = 33 \frac{kg}{min}$$

El cálculo de áreas se lo hace para determinar los costos en el capítulo 6.

Se calcula el área de un tronco de pirámide el mismo que está conformado por 4 trapecios.

$$A_{total} = 4 * A_{trapecio} \quad (3.8)$$

$$A_{trapecio} = \frac{0.15 + 0.6}{2} * 0.6 \quad (3.9)$$

$$A_{trapecio} = 4 * 0.225 = 0.9m^2 \quad (3.10)$$

3.2.1.3.2 Análisis de la tolva por elementos finitos

La tolva es construida de acero inoxidable debido a que tiene contacto con alimentos de ganado vacuno, al tener las paredes lisas¹⁷ se genera un campo de presiones de flujo para un perturbador radial se desarrolle dentro de la tolva.

En la figura 3.6 se observa claramente que en el cambio de sección existe mayor concentración de esfuerzos, debido que ahí la presión aumenta debido a que las partículas se re direccionan para el vaciado.

¹⁷ RAVENE J, "Silos investigación, construcción" 14-15 biblioteca pag 95

Los esfuerzos máximos de Von Mises es 1.39 MPa y la deformación de varios puntos son menores a 1 mm por lo tanto el material es adecuado y duradero en el diseño de la máquina.

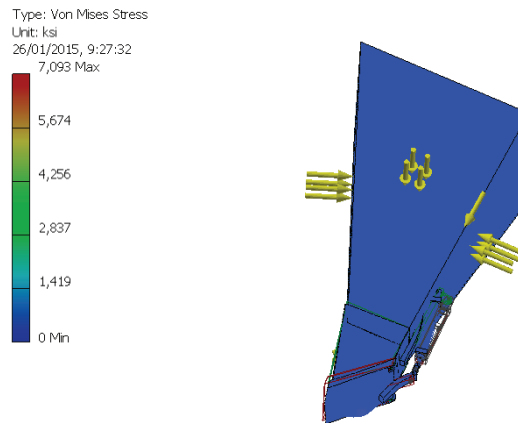


Figura 3. 5 Análisis de tensión de Von Mises de la tolva.

La tolva sufre un esfuerzo máximo de falla en la tapa dosificadora cuando se tenga un valor de 7.093 ksi o 48 Mpa y en los cálculos resultantes nos da un valor mucho menor al permisible por el material entonces se tiene un diseño adecuado a la necesidad.

3.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN¹⁸

Este sistema es el encargado de distribuir uniformemente el balanceado que viene de la tolva a cada uno de los comederos. El sistema de alimentación para la alternativa 1 en el capítulo 2, es un transportador sin fin.

Las características para el diseño que debe tomarse en cuenta son: tipo de grano o material, longitud de transporte, capacidad requerida, espacio disponible, localización de la carga y descarga, facilidad de mantenimiento.

¹⁸ Los parámetros relacionados al Sin Fin se sustentan por la norma CEMA (Conveyor Equipment Manufacture Asociation) Asociación Americana de Constructores de equipos para manejo de materiales.

3.3.1.1 Diseño del sin fin

3.3.1.1.1 Materiales a transportar:

Los materiales que se va a transportar son una mezcla entre granos cilíndricos y esféricos, polvos, hortalizas picadas en forma de conos y esferas (materiales en trozos); dichos materiales se les conoce como sólidos granel y son considerados como sólidos finos y susceptibles a fluir

3.3.1.1.2 Manejo y transporte de material.

El material que es transportado por el sin fin, no es abrasivo y se lo enlista en la tabla 3.8 son los componentes de la mezcla suplementaria del ganado lechero, esta tabla detalla información sobre las características de los materiales. VER ANEXO C.

Tabla 3. 8 Capacidades de los transportadores sin fin m³/h

| Material | Densidad | | Código del material | % de Carga | Factor de material | Comp. series |
|----------------------|--------------------|------------------|-------------------------|------------------|--------------------|--------------|
| | $\frac{lb}{pie^3}$ | $\frac{Kg}{m^3}$ | | | | |
| Harina de maíz | 32-40 | 512.6-640.7 | 43B ₆ 35P | 30A ^a | 0.5 | 1A-B |
| Harina de soya | 40 | | 40B ₆ 35 | 30A ^a | 0.5 | 1A-B-C |
| Semolina de arroz | 20 | | 20B ₆ 35NY | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Sal de grano | 45-60 | | 53C _{1/2} 36TU | 30B | 1.0 | 3D |
| Bicarbonato de sodio | 40-55 | | 48A ₁₀₀ 25 | 30A | 1.0 | 1B |
| Zanahoria | 23.23 | 372.17 | - | - | - | - |

Fuente: Norma CEMA

Esta información se enlista de la siguiente manera.

- 1) Descripción del material: nombre del material
- 2) El peso específico del material: en (lb/pie cúbico)
- 3) El código del material: es una codificación que hace CEMA para representar ciertas características de los materiales. Códigos que sirven para el diseño del transportador dependiendo del tipo de material a transportar en la figura 3.6 se muestra el significado del código.

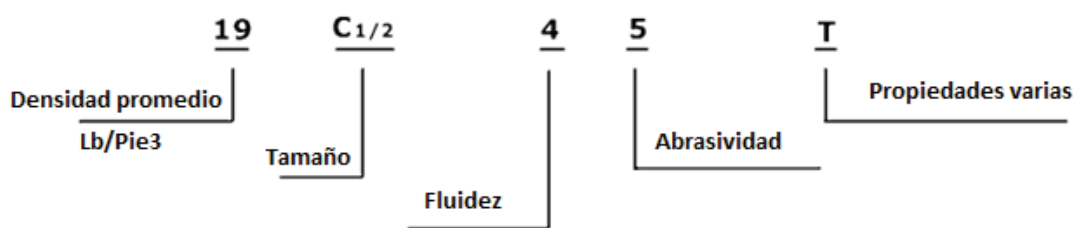


Figura 3. 6 Denominación del material

Fuente : Norma CEMA

- 4) Tipo de rodamiento intermedio recomendado, cuando se requieran utilizar colgantes a lo largo del trayecto del Sinfín, estos se emplean con rodamientos especiales, los cuales se representan con un código CEMA que puede ser: B, L, S o H.
- 5) La serie o grupo de componentes recomendados por CEMA es un número que se utiliza como referencia para seleccionar de tablas estandarizadas, las diferentes partes en que está constituido el transportador Sinfín, y varía de acuerdo con el grado de exigencia del trabajo.
- 6) Factor de material, que tiene que ver con la resistencia a fluir del material y se lo utiliza para el cálculo de la potencia requerida para mover la carga de material a transportar.
- 7) Carga de artesa, es un factor que expresa el porcentaje de llenado adecuado de carga al corte transversal del transportador o el nivel de llenado de la artesa medido desde el fondo. Y que se va a mantener durante la operación a pleno régimen.

En la tabla 3.9 se detalla las características de los ingredientes principales del balanceado enlistados en la tabla 3.8

Tabla 3. 9 Características de los materiales de acuerdo al código de la tabla 3.9

| Densidad | | Características del material | Tamaño [mm] | Fluidez | Abrasividad | Propiedades varias |
|--------------------|------------------|------------------------------|------------------|---------------------------------------|------------------------|--|
| $\frac{lb}{pie^3}$ | $\frac{Kg}{m^3}$ | | | | | |
| 43 | 688.8 | Fina | Tamiz N.6 = 3.35 | Fluidez media 2<función de flujo<4 | Ligeramente abrasivo | Contaminante |
| 40 | 640.7 | Fina | Tamiz N.6 =3.35 | Fluidez media 2<función de flujo<4 | Ligeramente abrasivo | - |
| 20 | 320.4 | Fina | Tamiz N.6 = 3.35 | Fluidez media 2<función de flujo<4 | Ligeramente abrasivo | Explosividad Muy ligera y esponjosa - puede ser azotada por el viento |
| 53 | 849.0 | Granular | 0.5 in | Fluidez media 2<función de flujo<4 | Moderadamente abrasivo | Ligeramente corrosivo. Higroscópico. |
| 48 | 768.9 | Muy fina | 0.0059 in | Flujo libre 4<función de flujo<10 | Ligeramente abrasivo | |

Fuente: Norma CEMA

3.3.1.2 Diseño del transportador sin fin.

Se basa en un sistema de recolección formado por un tornillo sin fin de paso normal colocado en la parte inferior de una tolva reguladora de flujo, sujetado en sus extremos por chumaceras hacia la pared o vigas existentes en la construcción.

El volumen que transporta el tornillo es determinado en los cálculos para que distribuya uniformemente a cada uno de los comederos para que no haya un exceso de balanceado.

3.3.2 DIMENSIONES DEL SIN FIN:

Longitud del sin fin o longitud de recorrido es la distancia que traslada al material.

$$L = 1.5[m]$$

Para determinar el diámetro exterior de la hélice se escoge el paso del transportador, en la tabla 3.10 se escoge el paso normal.

Tabla 3. 10 Factor de capacidad para él sin fin.

| Paso | Descripción | Factor de capacidad |
|--------|---------------------|---------------------|
| Normal | Paso = 1 diámetro | 1.00 |
| Corto | Paso = 2/3 diámetro | 1.50 |
| Medio | Paso= ½ diámetro | 2.00 |
| Largo | Paso =1 ½ diámetro | 0.67 |

Fuente: Norma CEMA

$$P = 0.10 m$$

Número de pasos:

$$No = \frac{L}{P} \quad (3. 11)$$

$$No = \frac{1.5}{0.10} = 15$$

$$No = 15$$

Diámetro exterior de la hélice del sin fin:

La carga se distribuye uniformemente en la longitud del sin fin:

Por lo tanto cada paso tendrá un volumen de:

$$V_T = \frac{m}{\delta}$$

$$V_T = \frac{16 \text{ kg}}{400 \text{ Kg/m}^3} = 0.023 \text{ m}^3$$

Para determinar el volumen contenido en cada paso.

$$V_p = \frac{V_T}{15} \quad (3.12)$$

$$V_p = \frac{0.023 \text{ m}^3}{15}$$

$$V_p = 0.0015 \text{ m}^3$$

Peso total de alimentos por cada paso es:

$$m = v * \delta = 400 * 0.0015$$

$$m = 0.6 \text{ kg}$$

Porcentaje de llenado:

El porcentaje de llenado del sin fin es 30% de acuerdo al catálogo y los materiales que componen la mezcla suplementaria en la tabla 3.9.

Para determinar el diámetro exterior del sin fin se lo considera al transportador como un cilindro:

$$V_c = \frac{\pi D_h^2}{4} * P \quad (3.13)$$

$$V_c = \frac{\pi D_h^2}{4} * 0.10$$

$$V_c = 0.078 D_h^2 \text{ [m]}$$

El volumen ocupado en cada paso es 30% ,el volumen que ocupará el 100% será:

$$V_c = \frac{V_p * 100}{30}$$

$$V_c = 0.0015 * \frac{100}{30}$$

$$V_c = 0.005 \text{ m}^3$$

Remplazando la ecuación se tiene:

$$D^2 = \frac{V_c}{0.078}$$

$$D^2 = \frac{0.005}{0.078} = 0.0576$$

$$D = 0.24 \text{ m}$$

$$D = 9 \text{ pulg}$$

El valor del diámetro que se tiene en el catálogo es 9 [pulg] el valor más cercano al valor calculado y en la tabla 3.11 se detallan las características necesarias para los siguientes cálculos.

Tabla 3. 11 Capacidades Sistema Inglés

| Capacidad de carga | Diámetro [m] [pulg] | | Tamaño del conducto [pulg] | RPM máximas | Capacidad en $\frac{pie^3}{h}$ | |
|--------------------|---------------------|---|----------------------------|-------------|--------------------------------|-------|
| | | | | | RPM Máximas | 1 RPM |
| 30 B | 0.23 | 9 | 2 ½ | 55 | 295 | 5.36 |

3.3.2.1 Velocidad tangencial de la hélice del sin fin:

$$V_s = N r_s \tag{3.14}$$

$$V_s = 55 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi}{rev} * \frac{1min}{60s} * r_s$$

$$V_s = 5.76 * r_s$$

Ahora con el volumen determinado por paso se tiene:

$$V_p = 0.0016 \text{ m}^3$$

El área transversal ocupada será:

$$A_p = \frac{V_p}{P} \tag{3.15}$$

$$A_p = \frac{0.0015 \text{ m}^3}{0.1 \text{ m}}$$

$$A_p = 0.015 \text{ m}^2$$

Para determinar el área ocupada por el material en el sin fin se hace una integración que cubra el área bajo la curva (cuya función es una circunferencia.)

Función de la circunferencia como la ecuación 3.16

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (3.16)$$

Despejando y en la ecuación 3.16

$$y = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - x^2}$$

Y la recta: ecuación 3.17 que es la altura de forma horizontal hasta donde llega la mezcla balanceada.

$$y = y_1 \quad (3.17)$$

La función de la parte inferior de la artesa se considera como una media circunferencia, la ecuación 3.16 se reemplaza en la 3.17

$$\left(\frac{D}{2} + 0.02\right)^2 = x^2 + y^2$$

$$y = \sqrt{\left(\frac{D}{2} + 0.02\right)^2 - x^2}$$

El área ocupada queda definida como una integral definida

$$\frac{A_p}{2} = \int_{-\left(\frac{D}{2}+0.002\right)}^{-y_1} \left(\left(\frac{D}{2} + 0.02\right)^2 - x^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{A_p}{2} = \int_{-\left(\frac{D}{2}+0.002\right)}^{-y_1} (0.015)^2 - x^2 dx$$

$$0.0075 = \int_{-0.122}^{-y_1} \sqrt{0.015 - x^2} dx$$

Para determinar los valores se realiza un cambio variable como la ecuación 3.18

$$x = r \operatorname{sen} t \quad (3.18)$$

Derivando la ecuación 3.18

$$dx = r \cos t \, dt$$

Y se reemplaza en la ecuación 3.18

$$\frac{A_p}{2} = \int_{-(0.242)}^{-y_1} \sqrt{r^2 - r^2 \operatorname{sen}^2 t} \, r \cos t \, dt$$

Integrando:

$$\text{si } -0.242 < x < -y_1$$

Cambiando la variable se tiene nuevos límites.

$$\operatorname{arc} \operatorname{sen} \left(-\frac{y_1}{0.122} \right) < t < -1.57$$

$$0.0075 = \int \sqrt{r^2 - r^2 \operatorname{sen}^2 t} \cdot r \cos t \, dt$$

$$0.0075 = \int \sqrt{r^2(1 - \operatorname{sen}^2 t)} \cdot r \cos t \, dt$$

$$0.0075 = \int r \cos t \cdot r \cos t \, dt$$

$$0.0075 = \int r^2 \cos^2 t \, dt$$

$$0.0075 = r^2 \int \frac{1 + \cos 2t}{2} \, dt$$

$$0.0075 = r^2 \left[\frac{t}{2} + \frac{1}{4} \operatorname{sen}^2 2t \right] \quad \text{si } \operatorname{arc} \operatorname{sen} \left(-\frac{y_1}{0.122} \right) < t < -1.57$$

Para determinar el valor de y_1 se usa el método de prueba y error como se muestra en la tabla 3.12 .

Tabla 3. 12 Método de prueba y error

| y_1 | A_p |
|-------|--------|
| 0.05 | 0.0177 |
| 0 | 0.011 |
| -0.03 | 0.008 |
| -0.05 | 0.0058 |
| -0.08 | 0.0027 |

$$y_1 = -0.03 \text{ m}$$

Para determinar el r_s se tiene la siguiente ecuación.

$$r_s = \frac{\left|\frac{D}{2}\right| + 0.002 + |y_1|}{2} \quad (3. 19)$$

$$r_s = \frac{0.24 + 0.002 + 0.03}{2}$$

$$r_s = 0.14$$

En la figura 3.7 se muestra el porcentaje de llenado, y_1 y A_p , y se muestra la altura de 0.14m en el eje de las y que es hasta donde la mezcla balanceada es ocupada.

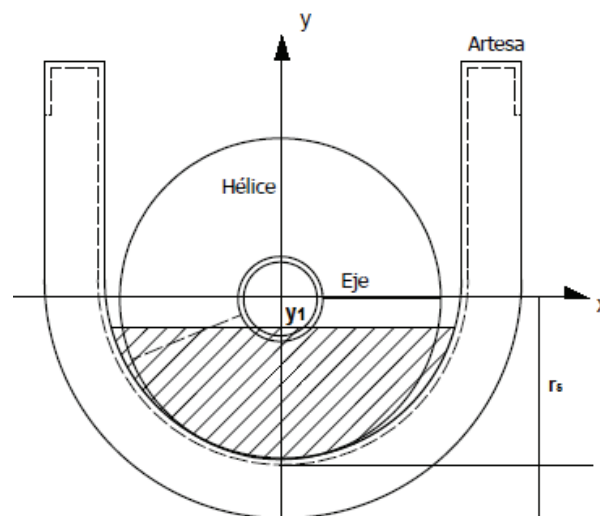


Figura 3. 7 Representación del área ocupada por el balanceado y de r_s

Remplazando en la ecuación 3.15 se obtiene el valor de la velocidad tangencial de la hélice.

$$V_s = 5.76 * r_s$$

$$V_s = 5.76 * 0.2$$

$$V_s = 0.78 \frac{m}{s}$$

3.3.3 ANÁLISIS DE FUERZAS DE TRABAJO QUE ACTÚAN SOBRE LOS SISTEMAS.

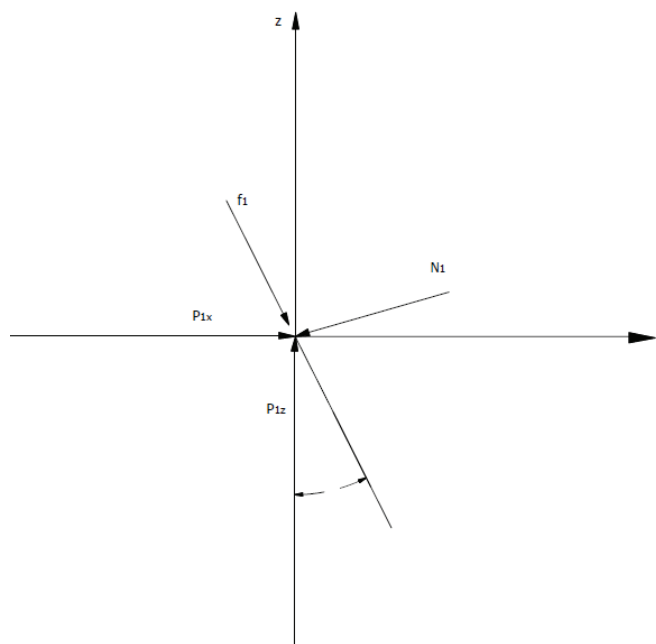


Figura 3. 8 Diagramas de fuerzas en la hélice del sin fin

De la figura 3.8 se realiza el análisis de fuerzas.

$$\Sigma Fx = 0 (= > +)$$

$$P_{1x} + \mu_s N_1 \text{sen } \lambda - N_1 \text{cos } \lambda = 0$$

$$N_1 = \frac{P_{1x}}{\text{cos } \lambda - \mu_s \text{sen } \lambda} \quad (3. 20)$$

$$\Sigma Fz = 0 (+)$$

$$P_{1z} - \mu_s N_1 \text{cos } \lambda - N_1 \text{sen } \lambda = 0$$

$$P_{1z} = N_1 (\mu_s \text{cos } \lambda + \text{sen } \lambda) \quad (3. 21)$$

Remplazando la ecuación 3.20 en 3.21

$$P_{1z} = P_{1x} \frac{(\mu_s \cos \lambda + \operatorname{sen} \lambda)}{(\cos \lambda - \mu_s \operatorname{sen} \lambda)}$$

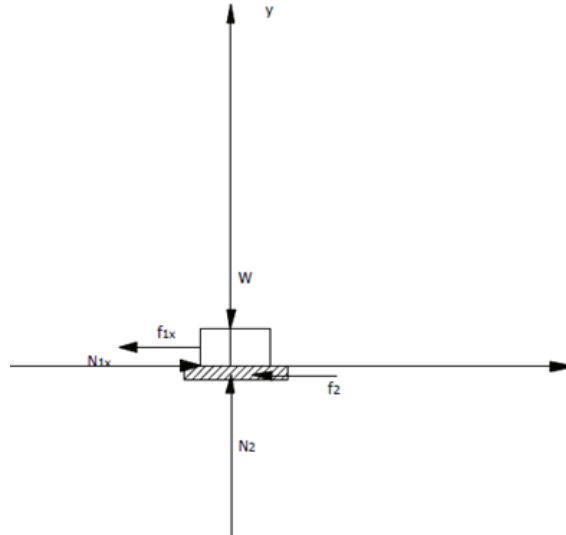


Figura 3. 9 Diagramas de fuerzas en la mezcla suplementaria.

De la figura 3.9:

$$\Sigma Fy = 0$$

$$N_2 = W$$

$$f_2 = \mu_s N_2 \tag{3. 22}$$

$$f_2 = \mu_s W$$

$$\Sigma Fx = 0 (= > +)$$

$$-f_2 = -N_{1x} + f_{1x} \tag{3. 23}$$

De la figura 3.9 y con la ecuación 3.23 se reemplaza la ecuación 3.22

$$\mu_s W = N_1 \cos \lambda - \mu_s N_1 \operatorname{sen} \lambda \tag{3. 24}$$

De la ecuación 3.24

$$P_{1x} = \mu_s W$$

Remplazando la ecuación 3.24 se tiene:

$$P_{1z} = \mu_s W \frac{(\mu_s \cos \lambda + \operatorname{sen} \lambda)}{(\cos \lambda - \mu_s \operatorname{sen} \lambda)}$$

El coeficiente de rozamiento $\mu_s = 0.78$ ¹⁹

Ángulo de hélice = 20.8°

$$P_{1z} = 0.78 * \frac{980(0.78 \cos(20.8) + \operatorname{sen}(20.8))}{\cos(20.8) - 0.78 \operatorname{sen}(20.8)}$$

$$P_{1z} = 1615.2 \text{ N}$$

$$P_{1x} = 1615.2 * 0.78$$

$$P_{1x} = 1260 \text{ N}$$

3.3.3.1 Diseño y cálculo del sin fin

En la figura 3.10 se muestra el diagrama de cuerpo libre y se especifica los planos de trabajo.

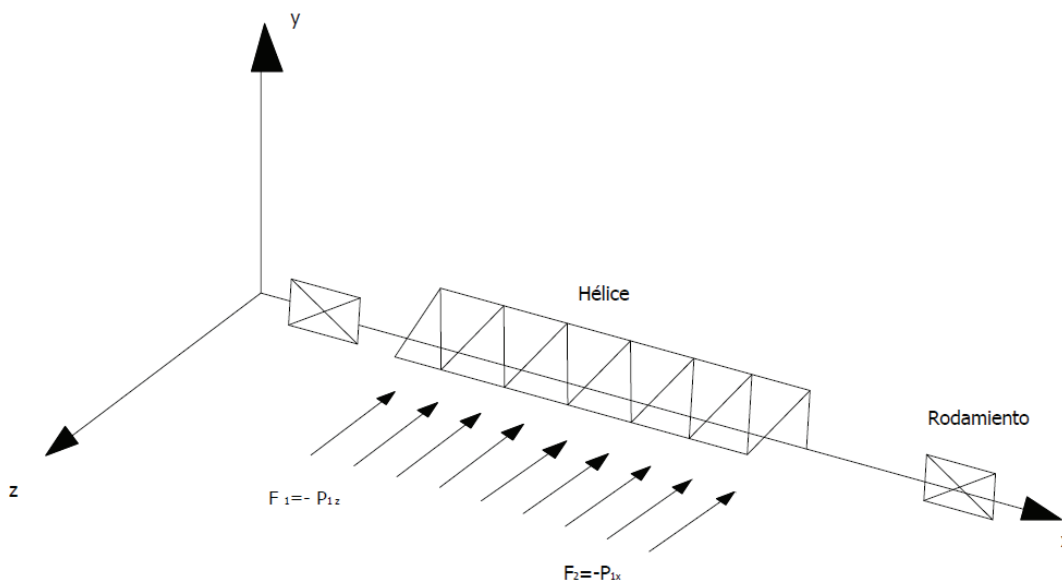


Figura 3. 10 Diagrama de cuerpo libre del eje del sin fin

¹⁹ Semillas, Tecnología de Producción y Conservación; INIAP; 31/10/11

En la figura 3.11 se muestra el Diagrama de cuerpo libre en el eje de transmisión del Sin fin.

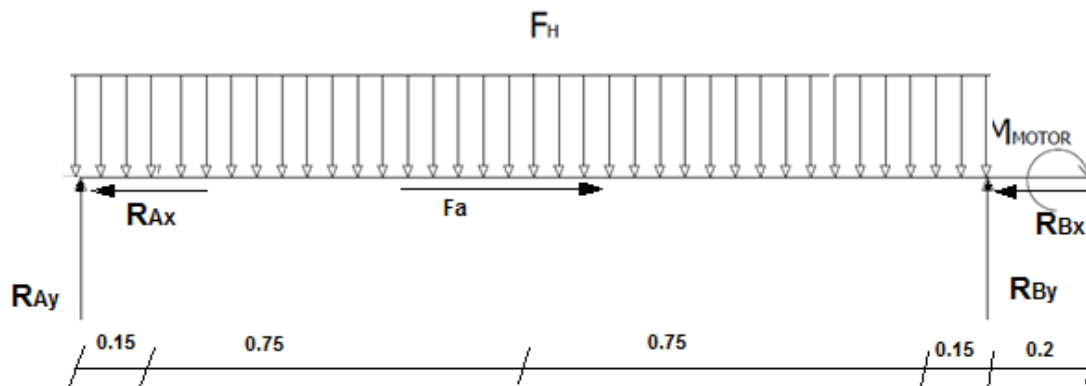


Figura 3. 11 Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión plano x-y²⁰

Para determinar F_h se encuentra la masa ocupada en la construcción de la hélice
El perímetro se toma como una longitud proporcional

$$p = 2\pi R$$

$$P = 2\pi * 0.12 = 0.75 \text{ m}$$

Es la longitud en la cual se cumple una vuelta la hélice.

$$L = \sqrt{P^2 + H^2} \quad (3. 25)$$

$$H = 0.2$$

Esta es la longitud de una vuelta:

$$L = 0.77 \text{ m}$$

Se calcula para toda la longitud de la hélice es: $L_{total} = 0.77 * 7.5 = 6m$

²⁰ GERE;J " ;" *Resistencia de materiales* Thomson; 5 Edición; Pág

Con la densidad del material se determina la masa y luego el peso que actúa como fuerza concentrada.

$$\delta_{acero\ AISI\ 304} = 7930 \frac{Kg}{m^3}$$

$$V_{total\ hélice} = l * a * w \quad (3.26)$$

$$V_{total} = 6 * 0.002 * 0.08m^3$$

$$V_{total} = 0.002m^3 * \frac{7930\ Kg}{m^3}$$

$$m = 15\ Kg$$

$$F_H = mg = 15 * 9.8$$

$$F_H = 147\ N$$

$$q = \frac{147}{1.8} = 81.7 \frac{N}{m}$$

Se determina las reacciones:

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_{Ax} + F_A - R_{Bx} = 0$$

$$R_{Ax} = R_{Bx} \quad (3.27)$$

$$F_A = 1260\ N$$

$$R_{Ax} = 630\ N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} = \frac{147}{2}$$

Por simetría

$$R_{Ay} = R_{By} = 73.5\ N$$

En la figura 3.12 se tiene los diagrama de momento flector y fuerza cortante.

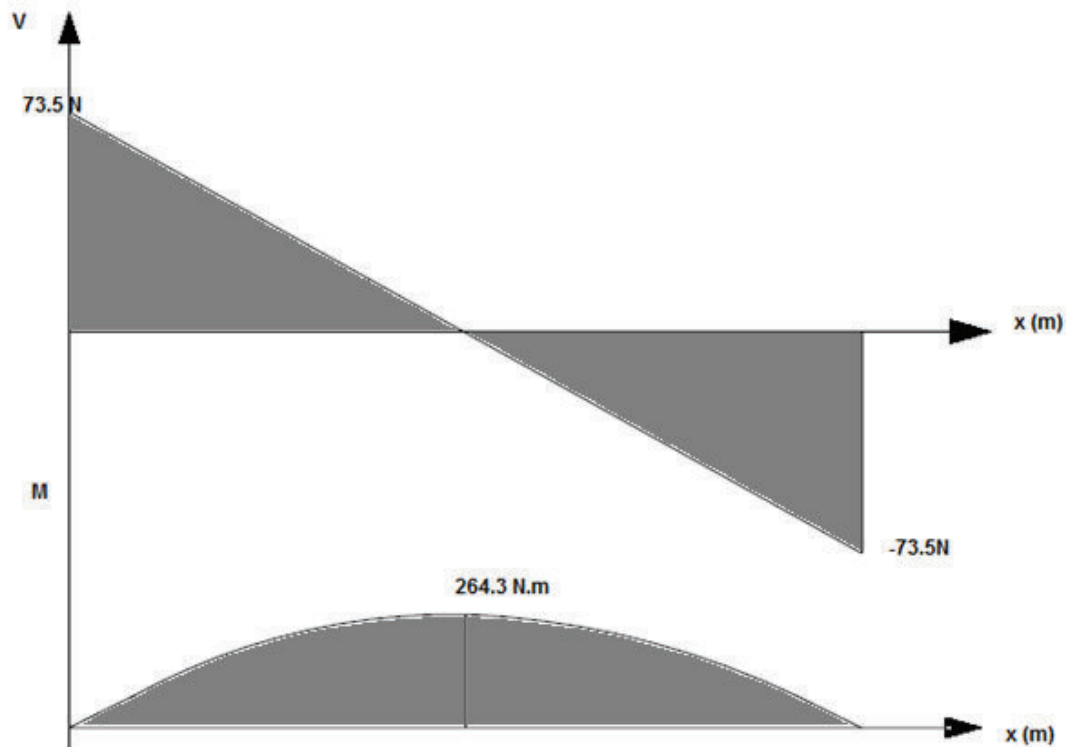


Figura 3. 12 Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el plano $x - y$

En la figura 3.13 se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje del \sin en el plano $x-z$.

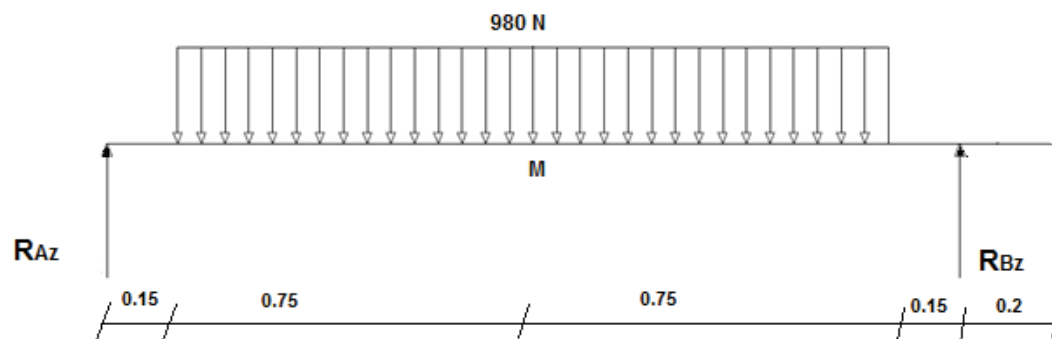


Figura 3. 13 DCL en el plano $x-z$

Para determinar la W_H :

$$W_H = mg$$

$$W_H = 100Kg * 9.8 = 980 N$$

$$q_H = \frac{980}{1.5} = 653.3 \frac{N}{m}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{Az} + R_{Bz} = 980$$

$$R_{Az} = R_{Bz} = \frac{980}{2}$$

$$R_{Az} = R_{Bz} = 490 N$$

Los diagramas de fuerzas cortantes y momento flector se tienen en la figura 3.14

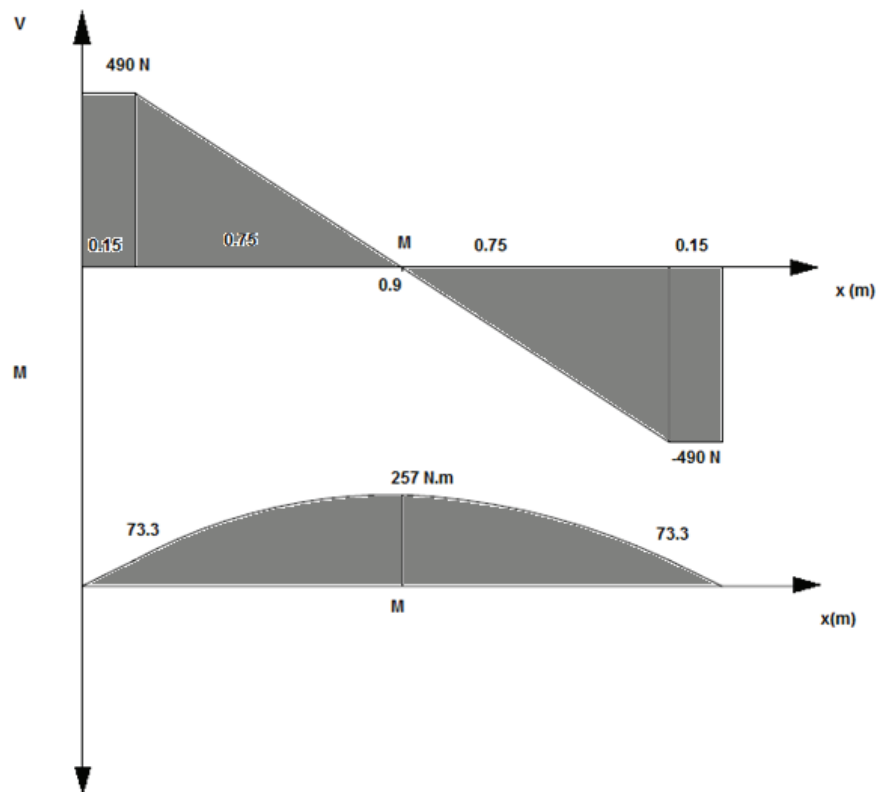


Figura 3. 14 Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el plano x-z

El momento flector máximo está en el punto M.

$$M_m = \sqrt{257^2 + 264.3^2} \quad (3.28)$$

$$\mathbf{M_m = 368.7 N.m}$$

Cálculo del diámetro del eje para cargas estáticas ²¹.

$$D_e = \left\{ \frac{32n}{\pi S_Y} \sqrt{M_m^2 + T_m^2} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (3.29)$$

El momento torsor en el eje es:

$$T_m = F_t * r_s \quad (3.30)$$

$$T_m = (147 + 980) * 0.14$$

$$T_m = 157.8 N.m$$

$$D_e = \left\{ \frac{32 * 1.2}{310 * 10^6 \pi} \sqrt{368.7^2 + 158^2} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$\mathbf{D_e = 0.025 m}$$

Cálculo del diámetro del eje para cargas dinámicas ²².

$$D_e = \left(\frac{32 M_m n}{\pi S_e} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.31)$$

Donde:

Se': límite de resistencia a la fatiga de la muestra de viga rotatoria.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S_e' \quad (3.32)$$

$$S_e = 155.8 MPa$$

$$S_e' = 0.5 S_{ut}$$

$$S_e' = 0.5 * 620 MPa$$

$$S_e' = 310 MPa$$

²¹ SHIGLEY. J "Manual De Diseño Mecánico"; McGraw-Hill; 4 edición; Pág 245

²² SHIGLEY. J "Manual De Diseño Mecánico"; McGraw-Hill; 4 edición; Pág 732, 307-325

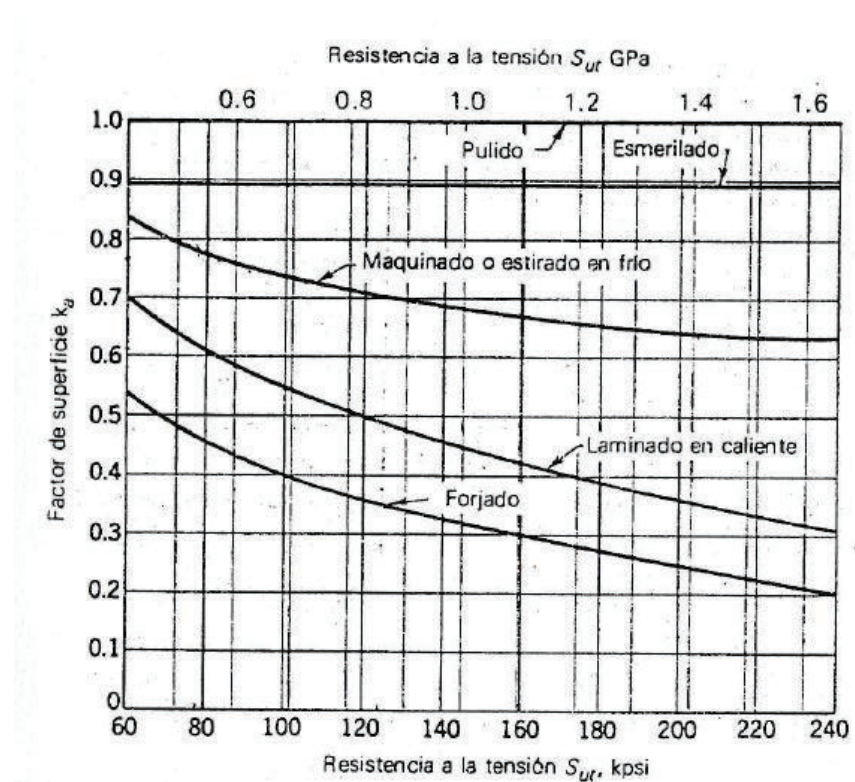
Los valores de los factores k se determina en la tabla 3.13

Tabla 3. 13 Factores K

| Factores | Condición | Valor | Referencia |
|----------|---------------------------------------|-------|------------------------|
| K_a | Maquinado en frio | 0.75 | Tabla 3.14 |
| K_b | $0.3\text{pulg} < d < 10\text{ pulg}$ | 0.89 | Ecuación 7.16 |
| K_c | Confiabilidad 0.999 | 0.753 | Tabla7.7 |
| K_d | Temperatura de 100 C | 1 | Ecuación 7.22 |
| K_e | - | 1 | Capítulo 7 pág. 321 |
| K_f | - | 1 | |

Fuente: Shigley; J Manual de diseño mecánica

Figura 3. 15 Resistencia a la tensión



$$K_a = aS_{ut}^b$$

(3. 33)

De la figura 3.15 se escoge maquinado en frio y el valor se lo enlista en la tabla 3.14

Tabla 3. 14 Factores de acabado de superficie.

| Acabado de superficie | Factor a | | Exponente b |
|--------------------------|----------|-------|-------------|
| | kpsi | MPa | |
| Esmerilado (rectificado) | 1.64 | 1.58 | -0.085 |
| Maquinado o estirado en | 2.70 | 4.51 | -0.265 |
| Laminado en caliente | 14.4 | 57.7 | -0.718 |
| Forjado | 39.9 | 272.0 | -0.998 |

Fuente: Shigley; J Manual de diseño mecánica

K_b

Figura 3. 16 Factor de tamaño

$$k_b = \left\{ \begin{array}{ll} \left(\frac{d}{0.3} \right)^{-0.1133} in & 0.11 \leq d \leq 2 in \\ \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.1133} mm & 2.79 \leq d \leq 51 mm \end{array} \right\}$$

Fuente: Shigley; J Manual de diseño mecánica

K_c

Tabla 3. 15 Factores de confiabilidad K_c correspondiente a una desviación estándar del 8% del límite de fatiga.

| Confiabilidad R | Variable estandarizada z_c | Factor de confiabilidad k_c |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 0.50 | 0 | 1.000 |
| 0.90 | 1.288 | 0.897 |
| 0.95 | 1.645 | 0.868 |
| 0.99 | 2.326 | 0.814 |
| 0.999 | 3.091 | 0.753 |
| 0.999 9 | 3.719 | 0.702 |
| 0.999 99 | 4.265 | 0.659 |
| 0.999 999 | 4.753 | 0.620 |
| 0.999 999 9 | 5.199 | 0.584 |
| 0.999 999 99 | 5.612 | 0.551 |
| 0.999 999 999 | 5.997 | 0.520 |

Fuente: Shigley; J Manual de diseño mecánica

Figura 3. 17 Factor de carga

$$k_c \left\{ \begin{array}{ll} 0.923 & \text{carga axial } S_{ut} \leq 220 \text{ kpsi (1520 MPa)} \\ 1 & \text{carga axial } S_{ut} \leq 220 \text{ kpsi (1520 MPa)} \\ & 1 \quad \text{Flexión} \\ 0.577 & \text{torsión y cortante} \end{array} \right\}$$

Fuente: Shigley; J Manual de diseño mecánica

Se reemplaza los valores de la tabla 3.15 en la ecuación 3.31 con un factor de seguridad de 1.2.

$$D_e = \left(\frac{32 * 368.7 * 1.2}{\pi 155.8 * 10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D_e = 0.03 \text{ m}$$

Con el diámetro encontrado se determina el factor de seguridad para evitar falla por fluencia.

Se reemplaza este valor del diámetro en la ecuación 3.31 y se despeja el factor de seguridad.

$$D_e = \left\{ \frac{32n}{\pi S_Y} \sqrt{M_m^2 + T_m^2} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$n = \frac{D_e^3 \pi S_Y}{32 \sqrt{M_m^2 + T_m^2}} \quad (3.34)$$

$$n = 2$$

Con este valor de factor de seguridad se calcula el nuevo diámetro para evitar fallas por fatiga.

$$D_e = \left(\frac{32 * 368.7 * 2}{\pi 155.8 * 10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D_e = 0.036 \text{ m}$$

El eje que se va a usar es un eje hueco para evitar problemas de deflexión de igual sección al eje macizo además se usa un eje hueco por qué se va a usar la parte superior del eje y la parte interna o maciza se la suprime.

Los diámetros de la tubería son:

Según la norma CEMA el diámetro de la tubería a usarse es:

Diámetro nominal: $1\frac{1}{4} \text{ in} = 31.75 \text{ mm}$

Diámetro exterior = $1.66 \text{ in} = 42.2 \text{ mm}$

Diámetro interior = $1.38 \text{ in} = 35.1 \text{ mm}$

En la figura 3.18 se ilustra la forma de la geometría



Figura 3. 18 Tubería que soporta el sin fin.

Se determina el diámetro para cargas estáticas en el eje de transmisión del motor reductor.

Para el eje de transmisión el acero que se va a usar es el AISI 1018

$$S_y = 370 \text{ MPa}$$

$$S_{Uy} = 440 \text{ MPa}$$

$$D_e = \left\{ \frac{32n}{\pi S_y} \sqrt{M_m^2 + T_m^2} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

Como en el punto B o en el extremo de del eje. el momento flector es cero por lo tanto se remplaza los valores en la ecuación 3.31 para obtener el diámetro estático.

$$D_e = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi * 370 * 10^6} \sqrt{0 + 157.8^2} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$\mathbf{D_e = 0.021m}$$

Diámetro para cargas dinámicas

El eje está sometido a torsión pura se tiene:

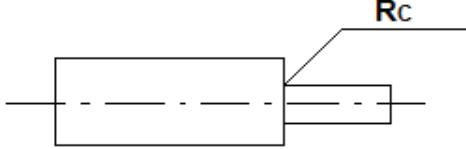
$$D_e = \left\{ \frac{32n}{\pi} \left[\left(\frac{T}{S_y} \right)^2 + \left(\frac{M}{S_e} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$D_e = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[\left(\frac{157.8}{370 * 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$D_e = 0.022m$$

En la tabla 3.14 se ilustran los valores de k para determinar el diámetro.

Tabla 3. 16 Factor de K

| Factores | Condición | Valor | Referencia |
|----------|---|-------------------------------|--|
| K_a | Maquinado en frio | 0.81 | Figura 3.15 |
| K_b | $0.3pulg < d < 10 pulg$ | 0.89 | |
| K_c | Confiabilidad 0.90 | 0.9 | Tabla 3.15 |
| K_d | Temperatura de 100 C | 1 | 1 |
| K_e |  | 0.77 Ver Figura 3.19 | $K_e = \frac{1}{K_f}$ q: la sensibilidad a las ranuras |
| K_f | $K_f = 1 + q(K_t - 1)$ | 1.3 | $q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1}$ $K_f = 1 + q(K_t - 1)$ $K_f =$ $K_t = 1.4$ $q = 0.75$ Ver en tabla 7-18 |

Con la figura 3.19 se determina el radio crítico.

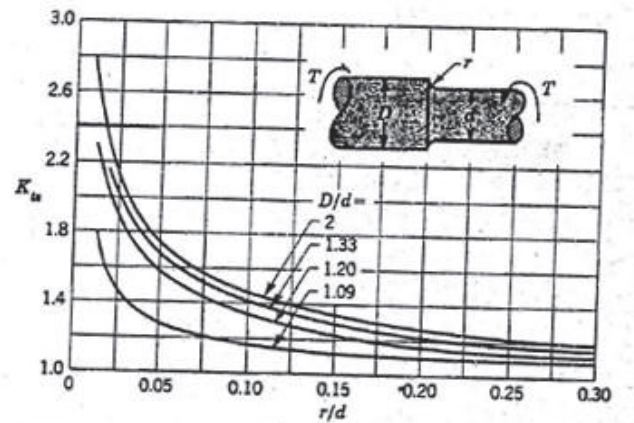


FIGURA A-26-8 Barra de sección circular en torsión con estrechamiento y entalle. $\tau_o = Tc/J$, donde $c = d/2$ y $J = \pi d^4/32$.

Figura 3. 19 barra de sección circular de torsión con estrechamiento y entalle

El eje de transmisión se usa un eje macizo de 0.025 m de diámetro. Y va montado al eje hueco con un ajuste de precisión con los ejes de transmisión y el eje que soporta las hélices se usa un acople como en la figura 3.20



Figura 3. 20 Acople para eje

Fuente: <http://labalinera.com/productos.html>

3.3.3.2 Diseño de la hélice

Para el cálculo de la hélice se considera que es una viga corta en voladizo, proyectada desde el eje del sin fin.

En la figura 3.21 se tiene la representación de la hélice con la carga paralela al eje concentrado en el radio medio de la hélice y el ancho de la viga es igual a la longitud de la hélice medida en el radio medio.

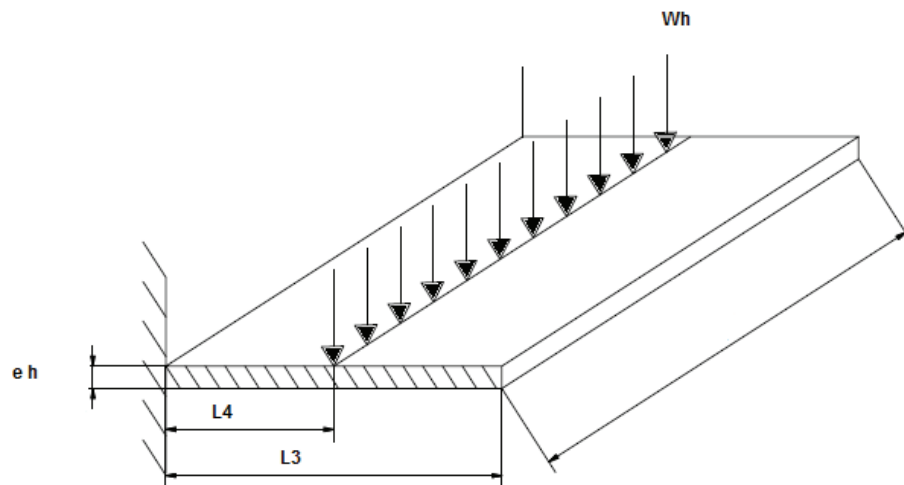


Figura 3. 21 Hélice del sin fin

e_h : Espesor de la hélice

L_3 : Ancho de la hélice

$$L_3 = \frac{D_h}{2} - \frac{D_e}{2} \quad (3.35)$$

$$L_3 = \frac{0.24}{2} + \frac{0.042}{2}$$

$$L_3 = 0.141 \text{ m}$$

L_4 : Distancia al radio medio.

$$L_4 = \frac{L_3}{2} = \frac{0.145}{2}$$

$$L_4 = 0.071 \text{ m}$$

W_h : Carga máxima que empuja la hélice

$$W_h = 1260 \text{ N}$$

r_m : Radio medio.

$$r_m = \frac{D_e}{2} + L_4$$

$$r_m: \frac{0.042}{2} + 0.072$$

$$r_m = 0.092 \text{ m}$$

En la figura 3.21 se tiene el diagrama de cuerpo libre de la hélice

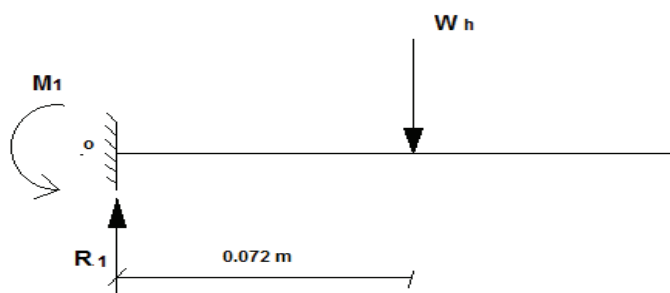


Figura 3. 22 Diagrama de fuerzas de la hélice.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 = W_h$$

$$R_1 = 1260 \text{ N}$$

$$\sum M_o = 0$$

$$M_1 = 1260 * 0.072$$

$$M_1 = 90.72 \text{ N.m}$$

Diseño por cortante:

Para la construcción de la hélices se usa un acero inoxidable AISI 304.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{3V}{2A} \leq \tau_{perm} \quad (3.36)$$

$$\tau_{prom} = \frac{V}{A} \quad (3.37)$$

Donde:

A es el área transversal.

V: Es la fuerza cortante total.

$$\frac{3 * 1260}{2 * 2\pi * 15 * 0.09 * e_h} = 0.4 * 620 * 10^6$$

$$e_h = 8.1 * 10^{-7} \text{ m}$$

Diseño por flexión:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_m e}{I_h} \leq F_b \quad (3.38)$$

Se reemplaza en la ecuación 3.38 en la ecuación 3.39

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{\frac{M_m e}{2}}{\frac{2\pi n r_m e^2}{12}} \leq 0.6 S_y \quad (4.39)$$

I_h : Momento de inercia de la hélice

$$\frac{3 * 90.72}{\pi * 15 * 0.1 * e^2} = 0.6 * 310 * 10^6$$

$$e = 5.57 * 10^{-4} \text{ m}$$

Diseño por desgaste:

$$V_d = \frac{K_d R_1 X_d}{3 P_f} \quad (3.40)$$

V_d : Volumen del material perdido

F: Fuerza normal al punto de contacto [N]

X_d : distancia de desplazamiento del punto de desgaste [m]

K_d : coeficiente de desgaste.

P_f : presión de flujo [Pa]

$$P_f = 3S_Y$$

$$V_d = \frac{2.6 * 10^{-3} * 1260 * X_d}{3 * 3 * 310 * 10^6}$$

Longitud por desgaste

$$2\pi n r_m = 2\pi * 15 * 0.1 = 9.42 \text{ m}$$

$$V_d = 9.42 * 0.145 * e_d$$

$$V_d = 1.366 e_d$$

El tiempo que se demora en dar un ciclo es:

$$15 t_1 = 10.35 \text{ [seg]}$$

Siendo 15 vueltas del sin fin un ciclo

$$\frac{\text{ciclo}}{\text{hora}} = 347.83 \frac{\text{ciclos}}{h}$$

Para la vida útil de servicio de 1000 horas se tiene:

$$X_d = 347.83 * 9.42 * 1000$$

$$X_d = 3276558.6 \text{ m}$$

$$V_d = \frac{2.6 * 10^{-3} * 1260 * 3276558.6}{3 * 3 * 310 * 10^6}$$

$$V_d = 3.84 * 10^{-3} = 1.366 e_d$$

$$e_d = 0.003 \text{ m}$$

El espesor de la hélice es:

$$e_h = e + e_d$$

$$e_h = 0.004 m$$

3.3.3.3 CÁLCULO DE LA SOLDADURA PARA LA HÉLICE

La soldadura de filete va a estar sometido en torsión y se usa un electrodo

ER-60 ²³. por lo tanto se tiene:

$$\tau \leq \tau_{perm}$$

τ_{perm} : Esfuerzo de torsión permisible

τ : Esfuerzo de torsión aplicado

$$\tau = \frac{T_m * \frac{D_e}{2}}{J}$$

Donde:

r: es la distancia entre el centroide de la junta y la soldadura

h: es la altura del cordón.

J_u : Momento polar de inercia unitario.

J : Momento polar

De la figura 3.23 se obtienen los datos necesarios para el cálculo de la soldadura.

²³ AGA; Catálogo de electrodos Comunes , especiales y gases para corte y soldadura.

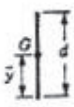
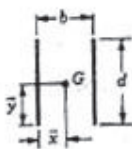
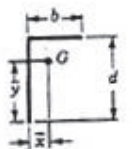
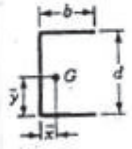
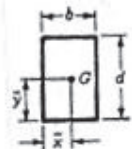

| Soldadura | Área de garganta | Localización de G | Momento polar de inercia unitario |
|---|----------------------|--|--|
|  | $A = 0.707hd$ | $\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$ | $J_u = d^3/12$ |
|  | $A = 1.414hd$ | $\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$ | $J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$ |
|  | $A = 0.707h(b + d)$ | $\bar{x} = \frac{b^2}{2(b + d)}$ $\bar{y} = \frac{2bd + d^2}{2(b + d)}$ | $J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$ |
|  | $A = 0.707h(2b + d)$ | $\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$ | $J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$ |
|  | $A = 1.414h(b + d)$ | $\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$ | $J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$ |
|  | $A = 1.414πr$ | | $J_u = 2πr^3$ |

Figura 3. 23 Propiedades a la torsión de soldaduras de filete.

El área de la soldadura de filete:

$$A = 1.414\pi hr$$

$$J_u = 2\pi r^3$$

$$J = 0.707hJ_u$$

$$J = \frac{0.707h\pi D_e^3}{4}$$

$$J = 0.707 * 0.003 * \frac{0.025^3}{4} \pi$$

$$J = 2.6 * 10^{-8} m^4$$

El manual de la AISC recomienda:

$$h = \frac{1}{8} pul = 3.175 mm.$$

Se tiene que el esfuerzo aplicado es menor al esfuerzo permisible, por lo tanto el diseño de la soldadura si es factible.

$$\mathbf{75.87MPa \leq 176 MPa}$$

$$\tau = \frac{T_m * \frac{D_e}{2}}{J}$$

$$\tau = \frac{157 * \frac{0.025}{2}}{2.6 * 10^{-8}}$$

$$\mathbf{\tau = 75.87 MPa}$$

$$\tau_{perm} = 0.3S_Y$$

$$\tau_{perm} = 0.3S_Y = 0.3(586MPa)$$

$$\mathbf{\tau_{perm} = 176 MPa}$$

3.3.3.4 Cálculo y selección de rodamientos y chumaceras del eje del sin fin

La mayor fuerza de reacción esta en los puntos A y B.

$$R_A = \sqrt{R_{Ay}^2 + R_{Az}^2} \quad (3.41)$$

$$R_A = \sqrt{73.5^2 + 490^2}$$

$$R_A = 495.48 N$$

Los valores de cargas axial y radial se determinan usando los factores de seguridad para efectos dinámicos de mecanismos accionados:

$$F_r = 1.5R_A \quad (3.42)$$

$$F_r = 1.5 * 495.5$$

$$F_r = 743.2 \text{ N}$$

$$F_{ax} = 1.5 R_{Ax}$$

$$F_{ax} = 630 \text{ N}$$

$$F_{ax} = 945 \text{ N}$$

La carga equivalente es:

$$F_e = XV F_r + Y F_{ax} \quad (3.43)$$

F_{ax} : Fuerza axial aplicada

F_r : Fuerza radial aplicada

F_e : Fuerza equivalente

X: factor radial

Y: factor de empuje

V: Factor de rotación

Anillo interior rotatorio

$$X: 0.5$$

$$Y: 1.4$$

$$V = 1$$

$$F_e = 0.5 * 1 * 743 + 1.4 * 945$$

$$\mathbf{F_e = 1694.6 N}$$

Se escoge los valores que den la mayor carga equivalente, por lo tanto F_e es la carga que soporta el rodamiento.

La capacidad básica de carga que soporta el rodamiento:

$$C_b = F_e \cdot L_a^{\frac{1}{a}} \quad (3.44)$$

L en millones de revoluciones:

$$C_b = F_e \cdot \sqrt[3]{\frac{L_{10} * n * 60}{1000000}} \quad (3.45)$$

Donde :

C_b : Capacidad básica [N]

$a = 3$ Si es cojinete de bolas

L_{10} : Vida nominal con la confiabilidad de 90% (Horas)

El valor de $L_{10} = 2000 h$ y $n = 100 rpm$

Remplazando en la ecuación 3.46

$$C_b = 1694.6 \cdot \sqrt[3]{\frac{2000 * 100 * 2\pi * 60}{1000000 h}}$$

$$\mathbf{C_b = 6727.7 N}$$

Se requieren dos rodamiento de las mismas características por ser una estructura simétrica.

Del catálogo FAG se escoge : rodamientos rígidos de bolas Pag 10

$$C_b = 735 \text{ kg} \begin{cases} d_i = 20\text{mm} \\ d_e = 42\text{mm} \\ B = 12\text{mm} \end{cases}$$

3.3.3.5 DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ARTESA DEL SIN FIN:

La artesa recoge el balanceado proveniente de la tolva, y es transportada por el transportador sin fin.

En la artesa hay compuertas que se abren y se cierran, para completar la dosificación en cada una de los canales dosificadores, sin embargo se va a calcular para una artesa sin agujeros.

Tomando en cuenta estas condiciones, en la figura 3.24 se anotan las dimensiones de la artesa.

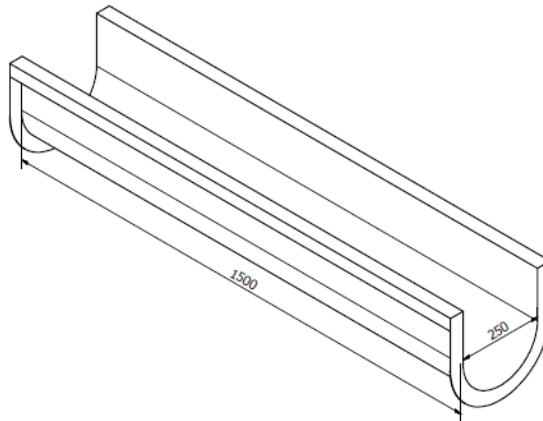


Figura 3. 24 Medidas de la artesa

De la AISC se escoge el espesor de la artesa de 3/16''

En la figura 3.25 se tiene el diagrama de cuerpo libre de la artesa cargada.

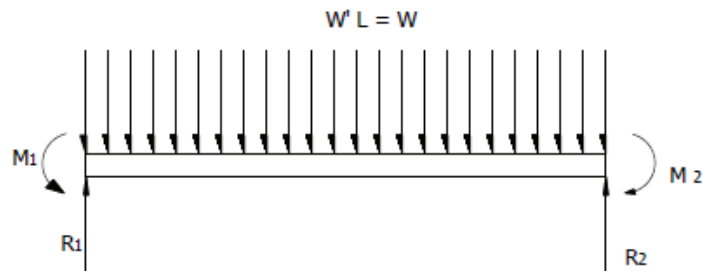


Figura 3. 25 Diagrama de cuerpo libre.

Dónde:

R_1 y R_2 : Reacciones

W : Máxima carga de mezcla de suplemento.

M_1 y M_2 : Momentos

L : Longitud de la artesa

$$W' = \frac{1127}{1.5} = 751.3 \frac{N}{m}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = \frac{W}{2}$$

$$W = m \cdot g = 1127 \text{ N}$$

Por simetría

$$R_1 = R_2 = 563.5 \text{ N}$$

Al tratarse de una viga estáticamente indeterminada, se usa el método del diagrama de momentos flexionante para determinar los valores de M_1 y M_2 , como se muestra en la figura 3.25 ²⁴

Para determinar los valores de M se usa el método de superposición:

Primero se considera a la viga simplemente apoyada y resulta el diagrama como una parábola.

²⁴ Beer J; "Mecánica De Materiales" McGraw-Hill ;Páginas 552- 554

Luego se considera a la misma viga con los momentos de empotramientos y resulta un diagrama de momento rectangular. Como se muestran en las figuras 3.26

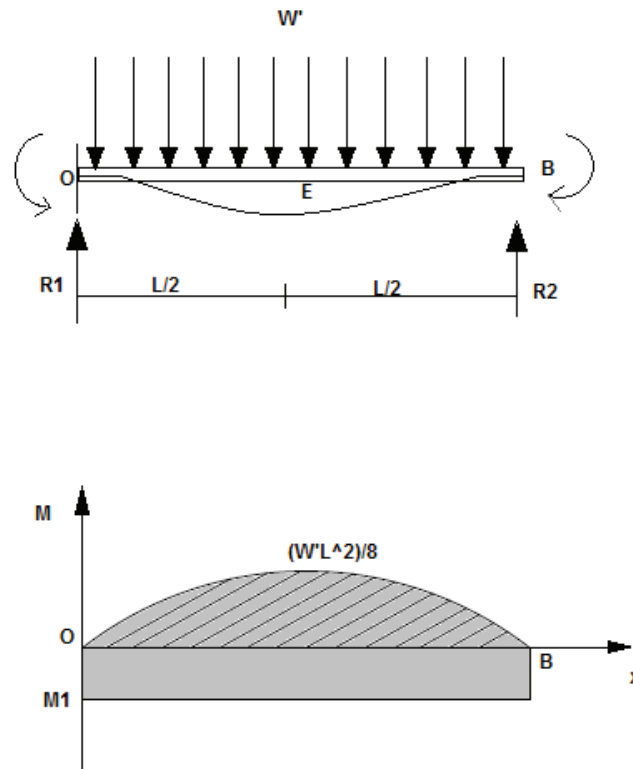


Figura 3. 26 Diagrama de momento combinado.

Usando el primer teorema del área momento se tiene:

$$\Delta\theta_{BO} = \int_0^B \frac{M}{EI} dx \quad (3.46)$$

Donde:

M: Momento

EI: Rigidez a la flexión

$$\frac{1}{EI} \left[\frac{2}{3}L + \left(\frac{W'L^2}{8} \right) + L + (+M_1) \right] = 0 \quad (3.47)$$

$$M_1 = -\left(\frac{W'L^2}{12}\right) \quad (3.48)$$

$$M_1 = -\frac{WL}{12}$$

$$M_1 = -\left(1127 * \frac{1.5}{12}\right) = 140.9 \text{ N.m}$$

$$M_1 = 140.9 \text{ N.m}$$

$$M_1 = M_2 = M$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se los representan en la figura 3.27

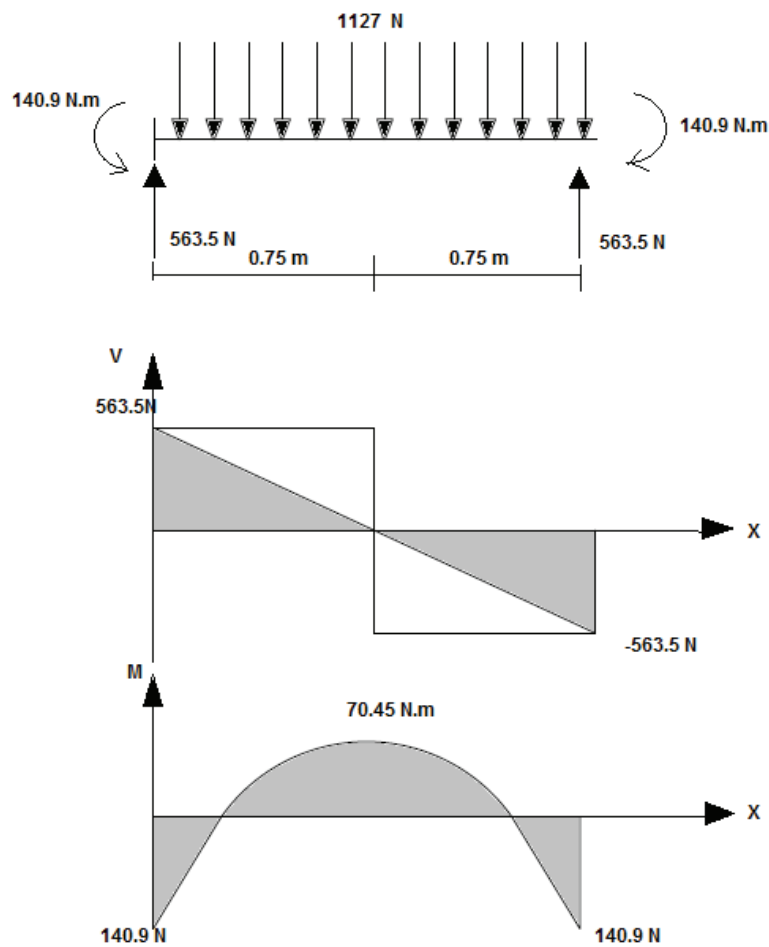


Figura 3. 27 Diagramas de fuerza cortante y momento flector

Para calcular el espesor de la artesa se considera como una viga empotrada.

Diseño por cortante:

Por la ecuación 3.37

$$V = 563.5 \text{ N}$$

$$A = 0.75 e$$

$e = \text{espesor de la viga}$

Entonces se tiene:

$$\tau_{max} = \frac{3 * 563.5}{2 * 0.75 e}$$

$$\tau_{max} = \frac{1127}{e}$$

Según el manual de la AISC se tiene que el esfuerzo cortante permisible es:

$$\tau_{perm} = 0.40S_y \geq \tau_{max} \quad (3.49)$$

Se usa una plancha de acero AISI 304:

$$S_y = 620 * 10^6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{perm} = 248 * 10^6 \text{ MPa}$$

$$e = 4.54 * 10^{-6}$$

Diseño por deflexión

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_m \left(\frac{e}{2} \right)}{I} \quad (3.50)$$

I : es la inercia de la sección de la viga.

b : Ancho de la viga de la artesa

se reemplaza en la ecuación 3.51 los valores de la inercia de la viga.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_m \left(\frac{e}{2} \right)}{\frac{b(e)^3}{12}}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{6 (70.45)}{0.75 e^2}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{563.6}{e^2}$$

Según el manual de la AISC se tiene que esfuerzo máximo de tracción es:

$$\sigma_{perm} = 0.6 S_Y \geq \sigma_{m\acute{a}x}$$

$$\sigma_{perm} = 372 * 10^6 \text{ MPa}$$

Se remplaza en la ecuación:

$$e = 0.0012 \text{ m}$$

Diseño por desgaste:

Se considera la carga máxima en el fondo de la artesa

$$V_d = \frac{k_d F X_d}{3 * P_f} \quad (3.51)$$

Dónde

$$P_f = 3 S_Y = 930 \text{ MPa}$$

En la figura 3.28 se muestra el alcance de la mezcla y la altura que alcanza en la artesa.

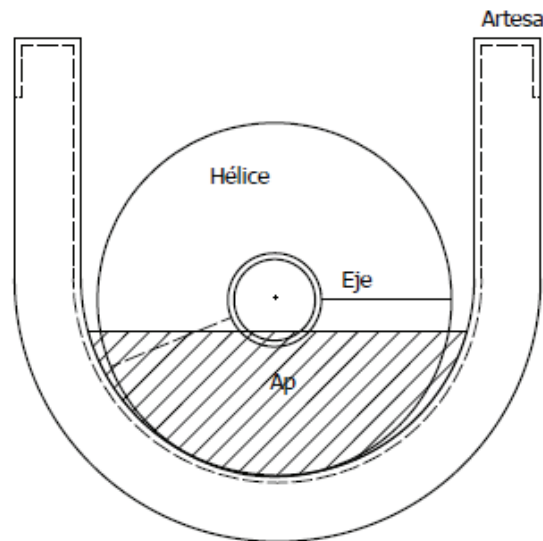


Figura 3. 28 Llenado máximo de la artesa.

$$V_d = 0.440 * 1.5 * e_d$$

$$V_d = 0.66 e_d$$

La fuerza normal en el punto de contacto es igual al peso de la cara máxima.

$$F = W = 1127 N$$

Para una vida útil de servicio de 1000 horas, la distancia de desplazamiento del punto de desgaste es:

$$X_d = \frac{\text{ciclos}}{\text{horas}} * \text{Vida útil de servicio} \quad (3. 52)$$

Un ciclo de transporte de balanceado en el sin fin se demora:

$$\frac{15 \text{ rev}}{55 \text{ rpm}} = 0.27 \text{ min}$$

$$\frac{\text{ciclos}}{\text{min}} = \frac{1}{0.27} = 3.67 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{h}$$

$$\frac{\text{ciclos}}{\text{min}} = 220 \frac{\text{ciclos}}{h}$$

Como:

$$1 \text{ ciclo} = 1.5 \text{ m}$$

$$X_d = 220 * 1.5 * 100$$

$$X_d = 33000 \text{ m}$$

El valor del coeficiente de desgaste

$$K_d = 2.6 * 10^{-3}$$

Se reemplaza los valores y se tiene:

$$V_d = \frac{2.6 * 10^{-3} * 1127 * 33000}{3 * 930 * 10^6}$$

$$V_d = 0.66 e_d$$

$$e_d = 0.0016 \text{ m}$$

$$e_a = e + e_d$$

$$e_a = 0.0016 + 0.0012$$

$$e = 0.003 \text{ m}$$

El espesor que se elige es $\frac{3}{32} in^{25}$

3.3.3.6 Diseño de los canales dosificadores:

Estos canales dosificadores están unidos a la artesa mediante soldadura con un electrodo R-60.

Diseño de la soldadura:

En el canal se transmite una carga del peso contenido en el de 4 Kg, por lo tanto se calcula una soldadura que resista dicha carga.

$$\tau \leq \tau_{perm} \quad (3. 53)$$

τ_{perm} : Esfuerzo de torsión permisible

τ : Esfuerzo de torsión aplicado

$$\tau = \frac{T_m * \frac{D_e}{2}}{J} \quad (3. 54)$$

Donde:

r: es la distancia entre el centroide de la junta y la soldadura

h: es la altura del cordón.

J_u : Momento polar de inercia unitario.

J : Momento polar

²⁵ Manual de la AISC ; Pág 732, 307-325

El área de la soldadura de filete es un cuadrado en la figura 3.29 se muestran las longitudes usadas:

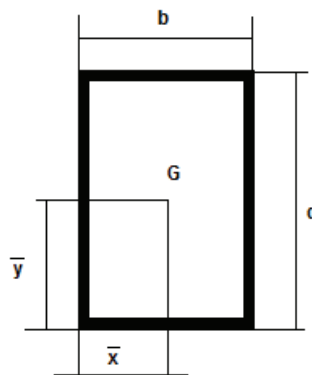


Figura 3. 29 Perfil de la soldadura

Fuente: SHIGLEY J, Diseño de máquinas

Con estas coordenadas se determina el origen del sistema por lo tanto el momento torsional es:

$$x = \frac{b}{2} = 0.075$$

$$y = \frac{d}{2} = 0.1$$

$$W = 4 * 9.8 = 39.2 \text{ N}$$

$$M = 38.2 * 0.2 = 8 \text{ N.m}$$

$$A = 1.414h(b + d)$$

$$A = (1.414 * 0.00238(0.2 + 0.15))$$

$$A = 1.178 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$$

$$J_u = \frac{(0.15 + 0.2)^3}{6}$$

$$J_u = 7.146 * 10^{-5} m^3$$

Remplazando:

Para la altura de soldadura el manual AISC recomienda una $h=3/32$ pulg ²⁶

$$J = 0.707 * 7.146 * 10^{-5} * 0.0024$$

$$J = 1.20 * 10^{-5} m^4$$

El esfuerzo cortante primario es:

$$\tau'_x = \frac{V}{A} \quad (3. 55)$$

Remplazando valores en la ecuación 3.56 se obtiene el valor de esfuerzo cortante primario.

$$\tau'_x = \frac{39.2}{1.178 * 10^{-3}}$$

$$\tau'_x = \mathbf{0.033 MPa}$$

El esfuerzo cortante secundario por sus coordenadas en x y:

$$\tau''_x = \frac{Mr_x}{J} \quad (3. 56)$$

$$\tau''_x = \frac{8 * 0.075}{1.20 * 10^{-5}}$$

$$\tau''_x = 0.05 MPa$$

²⁶ Manual AISC pág 154 note J

$$\tau_y'' = \frac{Mr_y}{J}$$

$$\tau_y'' = \frac{8 \cdot 0.1}{1.20 \cdot 10^{-5}}$$

$$\tau_y'' = \mathbf{0.07 \text{ MPa}}$$

Estas componentes del esfuerzo deben combinarse para obtener los esfuerzos máximos que se producen en las esquinas:

$$\tau = \sqrt{\tau_x'' + \tau_y''} \quad (3.57)$$

$$\tau = \mathbf{0.08 \text{ MPa}}$$

Se tiene que el esfuerzo aplicado es menor al esfuerzo permisible, por lo tanto el diseño de la soldadura si es factible.

$$\tau_{perm} = \mathbf{176 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{perm} = 0.3S_Y = 0.3(586 \text{ MPa})$$

$$\tau_{perm} = \mathbf{176 \text{ MPa}}$$

En la figura 3.30 se ilustra la soldadura de filete entre el canal y la artesa.

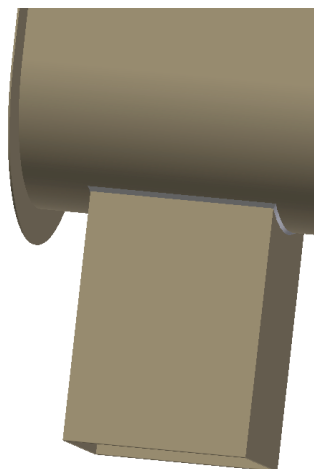


Figura 3. 30 Soldadura de filete entre el canal y la artesa.

En la figura 3.31 se presenta el sistema de transporte ensamblado con todas sus partes que se ha calculado en toda la sección del diseño del sistema de transporte.

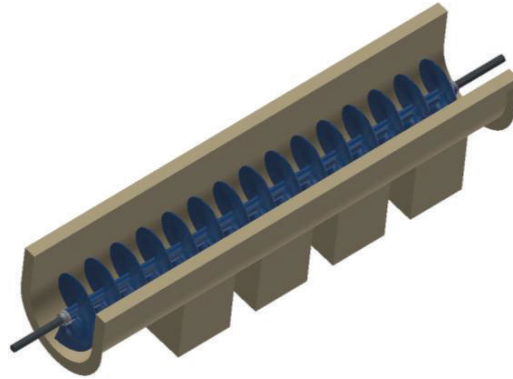


Figura 3. 31 Sistema de transporte

Se necesita varios elementos mecánico y accesorios para el ensamble y buen funcionamiento del sistema de transporte.

Dichos accesorios se encuentra en varios catálogos adjuntados en los anexos y en los planos. VER ANEXO D

En la figura 3.32 se muestran las principales partes que forman el transportador de tornillo Sinfín.

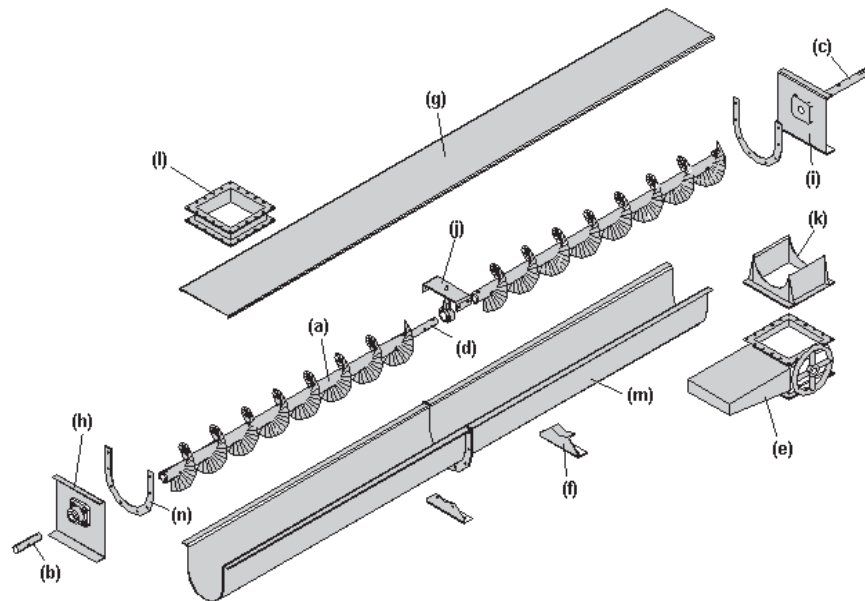


Figura 3. 32 Partes de un Transportador de Tornillo Sinfín:

A continuación se enlistan todas las partes de Sin fin ilustradas en la figura 3.30

- (a) Tornillo Sinfín
- (b) Eje terminal
- (c) Eje motriz
- (d) Eje conector
- (e) Compuerta de descarga
- (f) Soporte de artesa
- (g) Cubierta
- (h) Tapa de extremo opuesto al motor
- (i) Tapa de extremo lado motriz
- (j) Soporte colgante
- (k) Chute de salida
- (l) Chute de entrada
- (m) Artesa
- (n) Brida

3.4 SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz es el encargado de mover todo el conjunto que en este caso será únicamente el transportador sin fin:

Para calcular la potencia necesaria para mover el transportador a carga máxima se tiene:

$$P = T * \omega \quad (3. 58)$$

En la figura 3.33 se muestra el diagrama x-y de transportador sin fin a toda carga

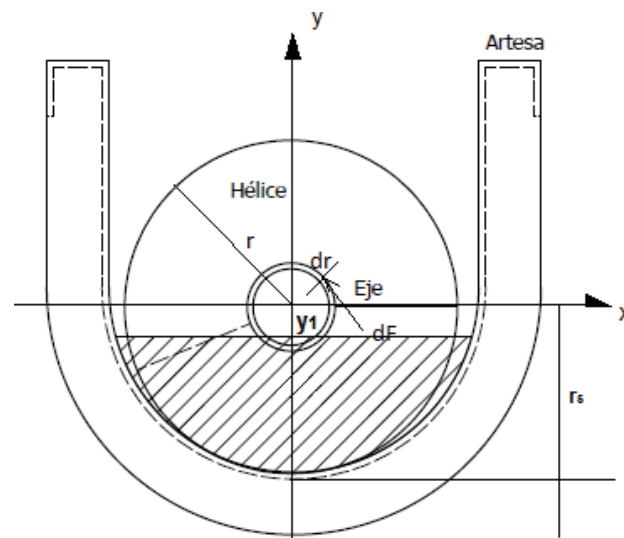


Figura 3. 33 Elemento diferencial de fuerza resistiva.

De la figura 3.33 se tiene:

$$dT = rxdF \quad (3. 59)$$

Donde:

r: es el radio del sin fin

dF: diferencial de la fuerza de fricción

La fuerza de rozamiento se determina por:

$$F = N \cdot \mu \quad (3. 60)$$

Donde:

N: Es fuerza normal

$$N = m \cdot g$$

μ_s : Coeficiente de rozamiento $\mu_s = 0.78$

g: gravedad

Remplazando los valores en la ecuación 3.60

$$dF = \mu_s * g * dm \quad (3.61)$$

Donde la diferencial de la masa está en función del volumen.

$$dm = \delta_{mezcla} * dV \quad (3.62)$$

$$dV = 2\pi * h * r * dr \quad (3.63)$$

Sustituyendo las ecuaciones anteriores en la ecuación 3.60

$$dT = 2 \delta_{mezcla} * g * \mu_s * \pi * h * r^2 * dr$$

$$T = \int_0^R 2 \delta_{mezcla} * g * \mu_s * \pi * h * r^2 * dr$$

$$T = 2 \delta_{mezcla} * g * \mu_s * \pi * h * R^3 \quad (3.64)$$

Sustituyendo los valores de las constantes en la ecuación

$$T = 2 * 400 * 9.81 * 0.78 * \pi * 0.14 * 0.23^3$$

$$T = 264.3 \text{ Nm}$$

Según la norma CEMA el transportador sin fin funciona con 55 rpm.

$$P = 264.3 \text{ N.m} * 55 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$P = 0.48 \text{ HP}$$

3.4.1 SELECCIÓN DE UN SISTEMA MOTRIZ

Para seleccionar un sistema motriz eficiente se debe considerar las rpm de salida y la conexión de voltaje en las diferentes establecimientos lecheros.

Al tener una instalación de 220 V fácilmente se usa un motorreductor trifásico, que para alcanzar la velocidad (rpm requeridas), es necesario adaptarle 2 contactores de arranque (Y - Δ). Para que desarrolle la velocidad en Y al alcanzar las rpm requeridas se convierta la conexión en Δ , para tener un arranque más suave y preservar la vida útil del motorreductor.

En la figura 3.34 se muestra la conexión de los dos contactores con la fuente.

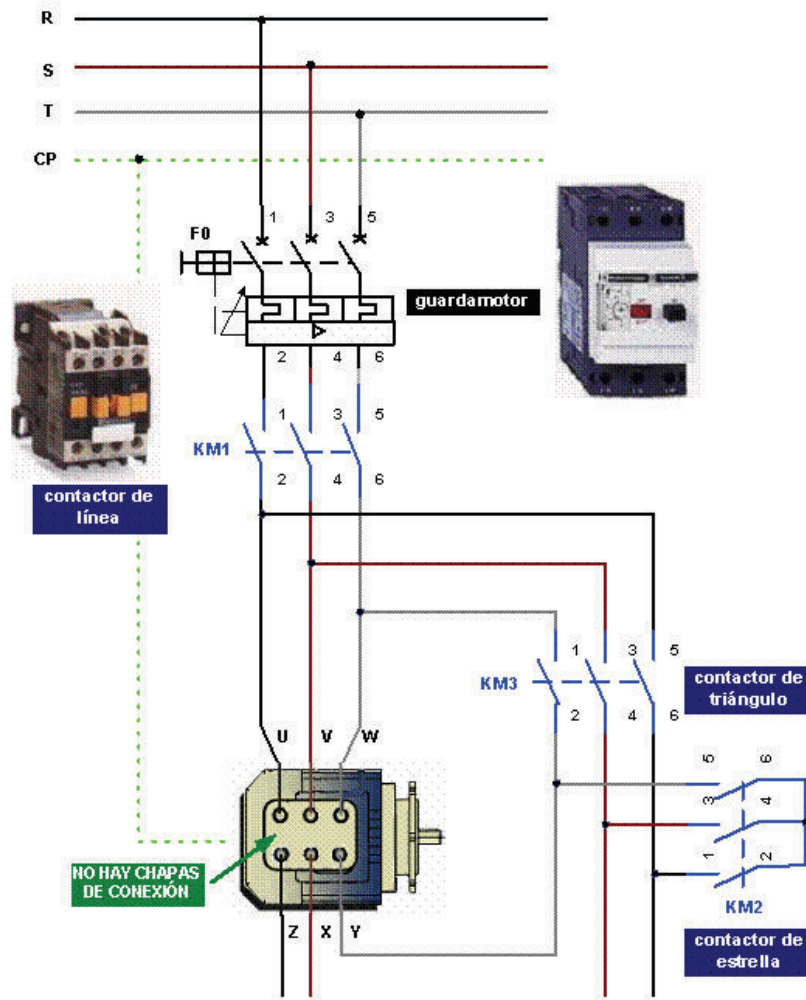


Figura 3. 34 Conexión de los contactores.

Fuente: http://www.cifp-mantenimiento.es/e-learning/index.php?id=15&id_sec=6 11/02/2015

3.4.1.1 Motorreductor

Potencia: 0.5 HP o 0.37 Kw

Fases: 3

En la tabla 3.17 se muestra el catálogo de motorreductor y se ha escogido el requerido.

Tabla 3. 17 Selección del motorreductor en catalogo Siemens

| Potencia P_{motor} kW | Velocidad de salida | | Par de salida T_2 Nm | Factor de servicio f_s | Índice de reducción i_{tot} | Referencia | Código (n.º polos) | Peso ¹⁾ kg |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | n_2 (50 Hz) min ⁻¹ | n_2 (60 Hz) min ⁻¹ | | | | | | |
| 0,25 (50 Hz) | Z.18-LA71S4 | | | | | | | |
| 0,37 (60 Hz) | 138 | 166 | 17 | 4,8 | 9,81 | 2KJ1100 - ■CD13 - ■■H1 | | 9 |
| | 156 | 187 | 15 | 5,2 | 8,66 | 2KJ1100 - ■CD13 - ■■G1 | | 9 |
| | 182 | 218 | 13 | 4,2 | 7,42 * | 2KJ1100 - ■CD13 - ■■F1 | | 9 |
| | 209 | 251 | 11 | 4,6 | 6,45 | 2KJ1100 - ■CD13 - ■■E1 | | 9 |
| | 241 | 289 | 9,9 | 5,1 | 5,61 * | 2KJ1100 - ■CD13 - ■■D1 | | 9 |
| | 267 | 320 | 8,9 | 5,5 | 5,06 | 2KJ1100 - ■CD13 - ■■C1 | | 9 |

Fuente: https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/drive_tech/Documents/Catalogo%20Motorreductores.pdf (27/01/2015)

3.5 DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

Este sistema es el encargado de soportar todas las cargas, esfuerzos y momentos que va a generar la máquina. Para este análisis se considera la base como una viga con una carga distribuida que se sostiene por medio de dos apoyos.

El peso que soporta la estructura se ha determinado mediante el programa Autodesk Inventor y se lo enlista en la tabla 3.18, mediante el valor total se realiza un análisis de tensión, de desplazamiento y de coeficiente de seguridad para determinar el comportamiento de la estructura a carga máxima que va a estar desempeñando todo el sistema.

Tabla 3. 18 Peso determinado en el programa INVENTOR

| PIEZA | Kg | Libras |
|-------------------------|---------|---------|
| Hélice | 13.240 | 29.13 |
| Carcasa | 26.274 | 57.80 |
| Seal waste | 2.95 | 6.492 |
| Tapa porta chumacera | 11.89 | 26.160 |
| End flanges | 1.68 | 3.705 |
| Standard end shaft | 2.59 | 5.706 |
| Chumacera y rodamiento | 4.42 | 9.725 |
| Tapa inicial (ensamble) | 9.868 | 21.71 |
| Drive shaft | 3.54 | 7.797 |
| Pasador | 7.1 | 15.56 |
| Estructura | 25.67 | 56.48 |
| Tolva | 15.405 | 33.88 |
| Regulador | 1.16 | 2.552 |
| Motorreductor | 8.1 | 18 |
| Carga de balanceado | 50 | 110 |
| Peso total | 183.953 | 404.697 |

Para determinar los esfuerzos y cargas máximas se toma en cuenta la máquina a toda carga es decir el peso de las parte más la carga de la mezcla balanceada. Ver figura 3.35

$$F = 183.953 \text{ Kg} * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 1802.7 \text{ N}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{1802.7}{2} = 901.35 \text{ N}$$

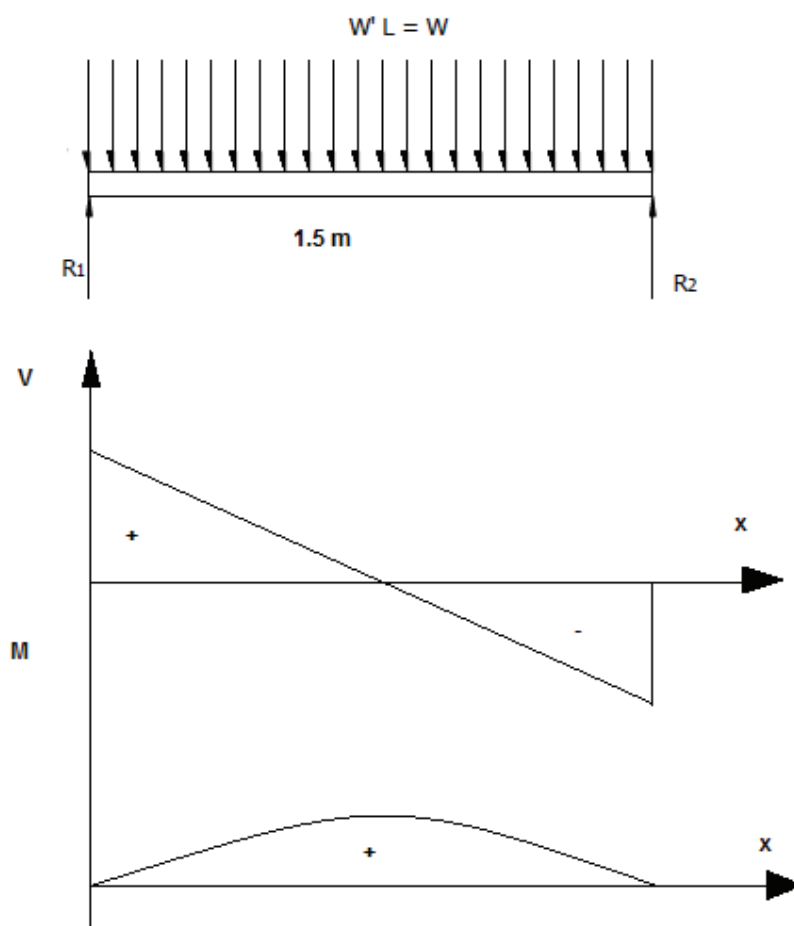


Figura 3. 35 DLC de la viga, fuerza cortante, momento flexionante

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{Wx}{2} (l - x)$$

$$W = \frac{1802.7}{1.5} = 1201.8 \frac{N}{m}$$

$$x = 0.5$$

$$M_{m\acute{a}x} = 1201.8 * \frac{0.75(1.5 - 0.75)}{2}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 338 \text{ N.m}$$

El acero que se usa para la estructura es el acero SAE A-36 con un límite de fluencia de:

$$\sigma_y = 36000 \text{ psi}$$

$$\sigma_y = 248 \text{ MPa}$$

Diseño por cortante:

$$\tau_{max} = \frac{3V}{2A}$$

$$V = 900 \text{ N}$$

$$A = 0.75 e$$

$e = \text{espesor de la viga}$

Entonces se tiene:

$$\tau_{max} = \frac{3 * 900}{2 * 0.75 e}$$

$$\tau_{max} = \frac{1800}{e}$$

Según el manual de la AISC se tiene que el esfuerzo cortante permisible es:

$$\tau_{perm} = 0.40S_y \geq \tau_{max}$$

Se usa una plancha de acero SAE A-36:

$$S_y = 248 \text{ MPa}$$

$$\tau_{perm} = 248 * 0.4 \text{ MPa} = 99.2 \text{ MPa}$$

$$e = 0.018$$

Diseño por deflexión

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_m \left(\frac{e}{2} \right)}{I}$$

I: es la inercia de la sección de la viga.

b: Ancho de la viga de la artesa

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_m \left(\frac{e}{2} \right)}{\frac{b(e)^3}{12}}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{338 * 0.5e}{1.5 * \frac{e^3}{12}}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{1352}{e^2}$$

Según el manual de la AISC se tiene que esfuerzo máximo de tracción es:

$$\sigma_{perm} = 0.6 S_Y \geq \sigma_{m\acute{a}x}$$

$$\sigma_{perm} = 148.8 \text{ MPa}$$

Se reemplaza en la ecuación:

$$e = 0.02 \text{ m}$$

Con un espesor de 2 cm la viga de acero SAE A-36 soporta la carga distribuida de todo el peso de la máquina.

Para sostener la viga se hace el diseño de columnas que soportan la carga de la máquina. ²⁷

Se toma las siguientes consideraciones:

²⁷TIMOSHENKO Resistencia de materiales pág 786-789

La columna está articulada en los dos extremos y puede pandearse en cualquier dirección. Ver figura 3.36

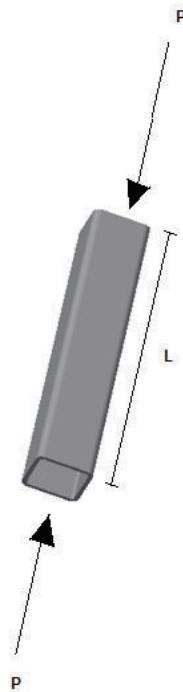


Figura 3. 36 Columna de Acero A-36 sección cuadrada

r : menor radio de giro.

K : coeficiente de longitud efectiva.

E : módulo de elasticidad del acero SAE A-36=29000 psi

σ_Y : tensión de fluencia.

$\frac{L}{r}$: relación de esbeltez

$\left(\frac{KL}{r}\right)_c$: relación de esbeltez crítica.

Según el manual de la AISC

$$K = 1$$

$$r = 2.57 \text{ pulg}$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_Y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 29000}{36000}} \quad (3.65)$$

Calculando el valor de la ecuación 3.67 con los datos obtenidos:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_c = 126.1 \quad (3.66)$$

Para determinar la carga axial permisible se debe cumplir:

$$\frac{L}{r} < \left(\frac{KL}{r}\right)_c$$

L: 60 in =5 pies

$$\frac{L}{r} = \frac{60 \text{ in}}{2.73 \text{ in}} = 23.3$$

$$23.3 < 126.1$$

Por lo tanto para determinar el factor de seguridad:

$$n_1 = \frac{5}{3} + \frac{\left(3\left(\frac{KL}{r}\right)\right)}{8\left(\frac{KL}{r}\right)_c} - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^3}{8\left(\frac{KL}{r}\right)_c^3} \quad (3.67)$$

Se reemplaza valores en la ecuación 3.68 para obtener el factor de seguridad.

$$n_1 = \frac{5}{3} + \frac{3 * 23.31}{8 * 126.1} - \frac{23.31^3}{8 * 126.1^3}$$

$$n_1 = 1.73$$

Esfuerzo admisible:

$$\frac{\sigma_{perm}}{\sigma_Y} = \frac{1}{n_1} \left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2\left(\frac{KL}{r}\right)_c^2}\right] \quad (3.68)$$

$$\frac{\sigma_{perm}}{\sigma_Y} = \frac{1}{1.73} \left(1 - \frac{23.31^2}{2 * 126.1^2} \right)$$

$$\frac{\sigma_{perm}}{\sigma_Y} = 0.57$$

$$\sigma_{perm} = 0.57\sigma_Y$$

$$\sigma_{perm} = 20.52 \text{ ksi} = 141.48 \text{ MPa}$$

Como el área de la sección transversal de la columna según la AISC²⁸.

$$A = 0.73 \text{ cm}^2 = 0.11 \text{ pulg}^2$$

Entonces se tiene:

$$P_{perm} = \sigma_{perm} * A \tag{3. 69}$$

$$P_{perm} = 20520 \text{ psi} * 0.11 \text{ pulg}^2$$

$$P_{perm} = 2257.2 \text{ lbf} = 10320 \text{ N}$$

Longitud admisible máxima:

La carga máxima es la carga total dividido para cuatro patas de la mesa

²⁸ Manual de la AISC pág. 3-17

En la figura 3.37 se muestra un esquema de la estructura resultante luego de haber realizado los cálculos.

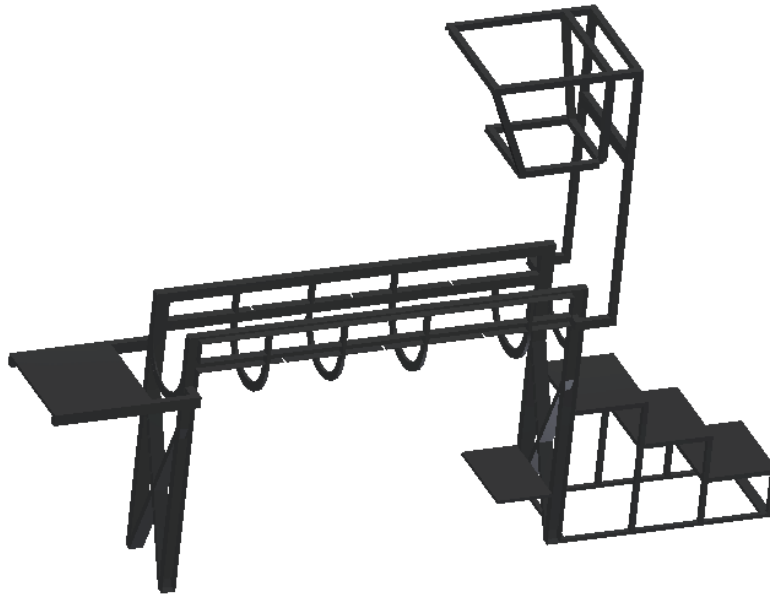


Figura 3. 37 Esquema del sistema estructural

Para la simulación se tomó en cuenta que la estructura soporta a carga total.

En la figura 3.36 se observa el análisis tensional, de von mises y de desplazamiento usando el programa Autodesk Inventor con condiciones anteriormente calculadas.

Según las simulaciones realizadas la zona que soporta la tolva llena existen deformaciones por lo que se procede a hacer la estructura más robusta en esa zona.

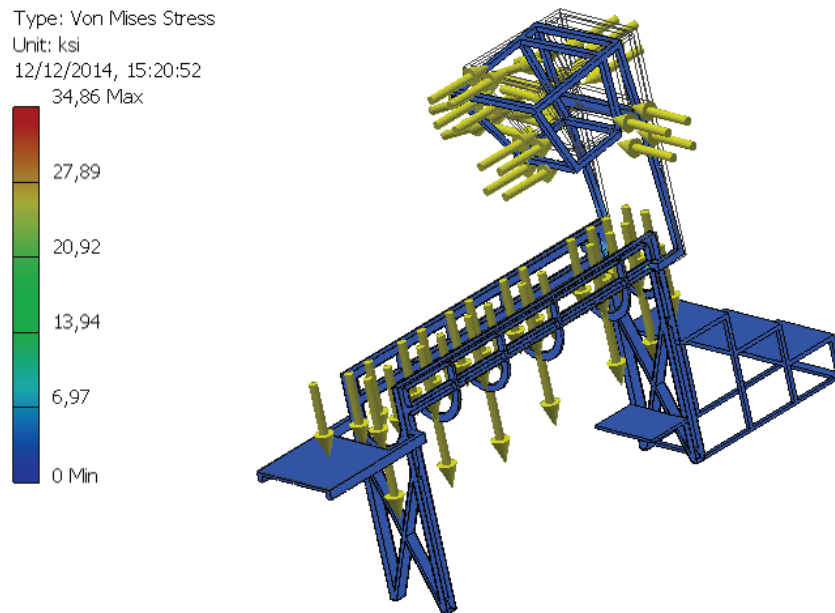


Figura 3. 38 Análisis de tensión de Von Mises

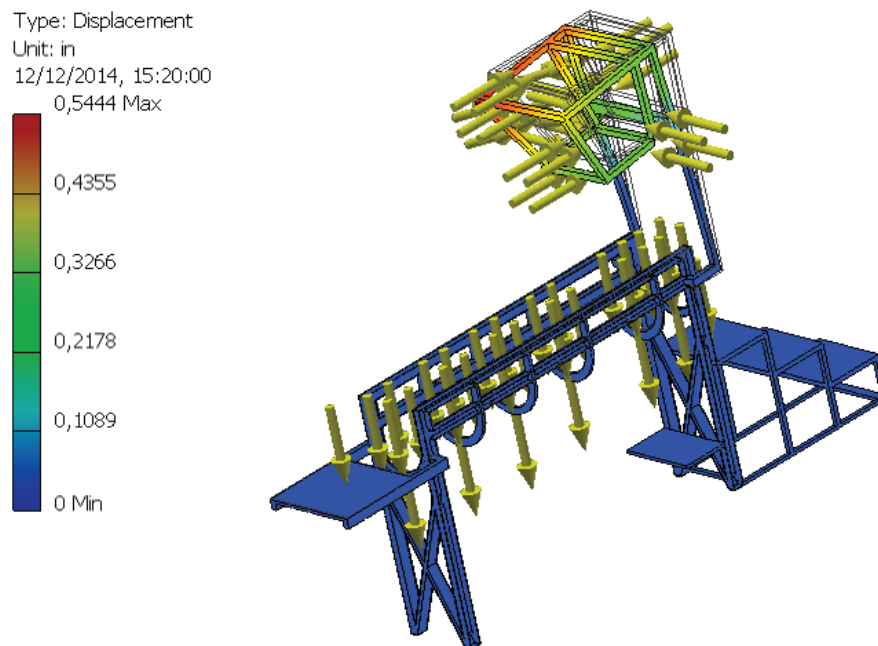


Figura 3. 39 Análisis de desplazamiento

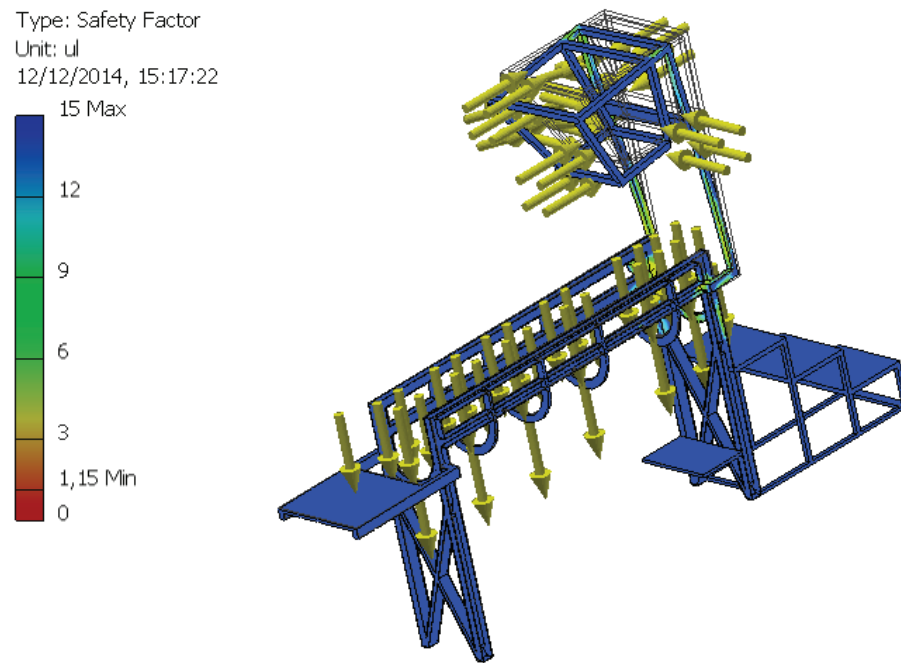


Figura 3. 40 Análisis de coeficiente de seguridad

CAPITULO 4

AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA

En esta capítulo se automatiza la maquina diseñada en el capítulo 3 en la figura 4.1 se ilustra la máquina con todos sus componentes y sistemas. Se define los parámetros funcionales como cantidad de balanceado, tiempo de funcionamiento, etc.

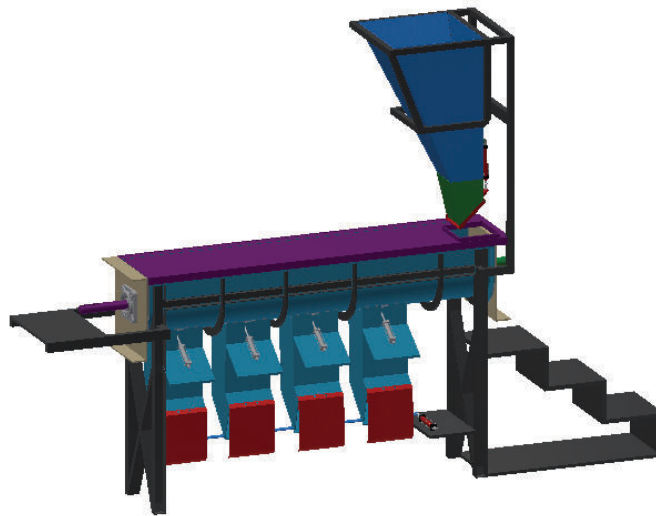


Figura 4. 2 Dosificadora de balaceado para vacas de ordeño

4.1 PLANTEAMIENTO FÍSICO PARA EL CONTROL

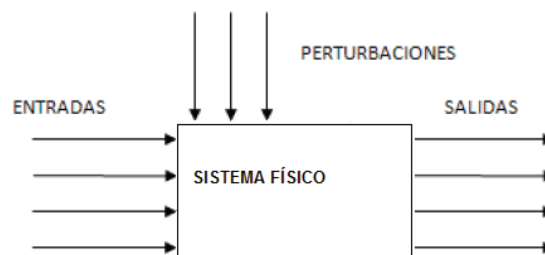


Figura 4. 3 Planteamiento del sistema físico para el control

Fuente: Folleto de control automático. AGUINAGA A, CRUZ D.

4.2 SISTEMA DE ALIMENTACION

Sistema físico: Regulador de flujo (tolva y regulador). Ver figura 4.4

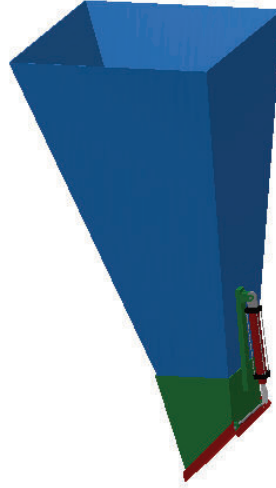


Figura 4. 4 Tolva reguladora

Entradas: Flujo estático en la tolva, la altura del flujo total y la altura de cada descarga (16 kg). Ver figura 4.5

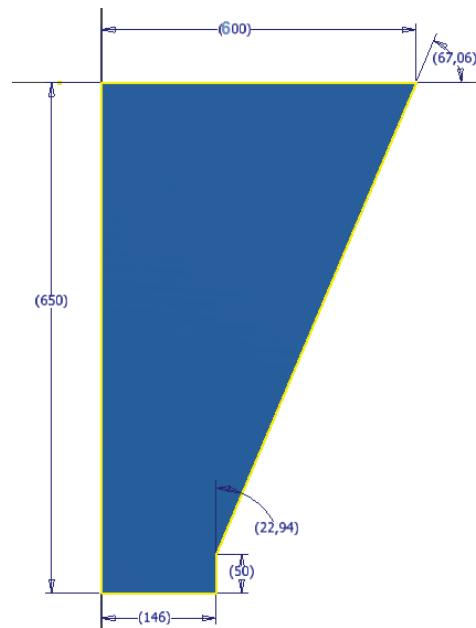


Figura 4. 5 Dimensiones de la tolva

$$V_{tolva} = 0.158 \text{ m}^3$$

$$m = 62 \text{ kg}$$

La tolva reguladora tiene una capacidad para 64 kg

Salidas: Se requiere tener un flujo uniforme y pausado de tal manera que se obtenga un flujo de 16 Kg cada 15 minutos. En la figura 4.6 se muestra como se regula.

Flujo:

$$\dot{m} = 0.6 * 55 = 33 \frac{kg}{min}$$

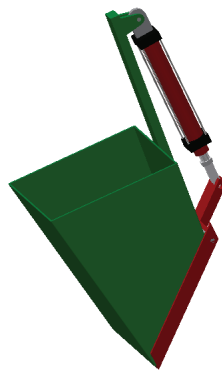


Figura 4. 6 Compuerta móvil automática

4.2.1 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

Para la selección de elementos se toma en cuenta que se va a usar un sistema neumático que frente al sistema hidráulico por ser más económico.

4.2.1.1 Cilindros

Se usa un cilindro neumático de simple acción junto a una electroválvula 3/2 normalmente cerrada.

Se calcula la fuerza que va a soportar la compuerta según los datos de la sección 3.1.1.3.1 en la ecuación 4.1

$$P = \frac{F}{A_{salida}} \quad 4.1$$

$$F = 64 \text{ Kg} * 9.8 \frac{m}{s^2} = 624.2 \text{ N}$$

Se determina el área de la tapa del canal para calcular la presión ejercida.

$$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi * \left(\frac{0.15}{2}\right)^2 = 0.625 * 10^{-3} m^2$$

Se reemplaza los valores de la ecuación 4.1

$$P = \frac{624.2}{0.625 * 10^{-3}}$$

$$P = 35500 Pa = 0.4 Bar$$

Diámetro del pistón: 20 mm

Carrera: 60 mm

Diámetro del vástago: 10mm

Tipo de conexión de G1/8"

Calcular el número de ciclos q se pueden realizar con 1 metro cúbico

$$V_{salida} = \frac{\pi}{4} D^2 * L_c \quad 4.2$$

$$V_{retorno} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) * L_c \quad 4.3$$

El volumen total es el volumen de salida más el volumen de retorno, y se reemplaza las ecuaciones 4.2 y 4.3

$$V_{total} = \frac{\pi}{4} (20^2) * 50 + \frac{\pi}{4} (20^2 - 10^2) * 50 = 2.74 * 10^{-5} m^3 \quad 4.4$$

Volumen de aire atmosférico contenido en un metro cúbico a presión de 1 bar.

$$V_{aire libre} = 2.74 * 10^{-5} * (1 + 1) = 5.5 * 10^{-5} m^3$$

Numero de ciclos:

$$N = \frac{1m^3}{5.5 * 10^{-5} m^3}$$

$$N = 18189 ciclos$$

Si el tiempo de ciclo es de 2 segundos el caudal mínimo requerido por el compresor en litros por minuto es de:

$$Q_{\text{minimo}} = \frac{V}{t} = \frac{5.5 * 10^{-5} m^3}{2 s} = 2.74 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{\text{minimo}} = 1.97 \frac{\text{litros}}{\text{min}} = 2 \frac{\text{litros}}{\text{min}}$$

Según el catálogo se escoge un pistón de 1 bar los que significa puede soportar una carga de hasta 180 Kg. En la figura 4.8 se muestran los cilindros neumáticos.

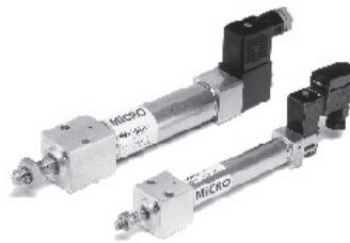


Figura 4. 7 Micro cilindros con electroválvula

Fuente: <http://www.microautomacion.com/catalogo/Actuadores.pdf> página 1.2.1.7

Según los datos obtenidos si hay los pistones neumáticos existentes en mercado.

Electroválvula:

El tipo de válvula que se usa es 3/2 normalmente cerrada con accionamiento momentáneo o impulso.

Tipo de conexión de G1/8"

Son reguladores de caudal de líneas de precisión de montaje unidireccionales.

Ventajas de G 1/8":

- Tiene gran precisión de regulación
- Fácil montaje
- Fácil sustitución del grupo de regulación
- Elevada relación caudal dimensiones.

4.2.1.2 Sistema de control para la tolva

Es sistema de control para la tolva es por un sensor capacitivo colocado a una altura determinada y un cilindro neumático colocado en la tapa que es el encargado de abrir y cerrar la compuerta.

4.2.1.3 Protocolo de pruebas para la tolva

En la tabla 4.2 se muestran cálculos determinados posteriormente para obtener las medidas necesarias de la apertura de la compuerta de la tolva reguladora.

| | | | | | | Tolva reguladora | |
|-----------------|--------|---------------|-------|------|------|------------------|-------|
| Q | A | v | h | T | t | l | w |
| $\frac{m^3}{s}$ | m^2 | $\frac{m}{s}$ | m | | s | m | m |
| 0,025 | 0,0002 | 166,7 | 0,232 | 0,00 | 0,1 | 0,15 | 0,001 |
| 0,025 | 0,0045 | 5,6 | 0,232 | 0,04 | 2,5 | 0,15 | 0,03 |
| 0,025 | 0,006 | 4,2 | 0,232 | 0,06 | 3,3 | 0,15 | 0,04 |
| 0,025 | 0,0081 | 3,1 | 0,232 | 0,08 | 4,5 | 0,15 | 0,054 |
| 0,025 | 0,009 | 2,8 | 0,232 | 0,08 | 5,0 | 0,15 | 0,06 |
| 0,025 | 0,0105 | 2,4 | 0,232 | 0,10 | 5,8 | 0,15 | 0,07 |
| 0,025 | 0,012 | 2,1 | 0,232 | 0,11 | 6,7 | 0,15 | 0,08 |
| 0,025 | 0,0135 | 1,9 | 0,232 | 0,13 | 7,5 | 0,15 | 0,09 |
| 0,025 | 0,015 | 1,7 | 0,232 | 0,14 | 8,4 | 0,15 | 0,1 |
| 0,025 | 0,0159 | 1,6 | 0,232 | 0,15 | 8,9 | 0,15 | 0,106 |
| 0,025 | 0,0206 | 1,2 | 0,232 | 0,19 | 11,4 | 0,15 | 0,137 |

Tabla 4. 1 Tabla de protocolo de pruebas para el flujo de la mezcla balanceada

Se requiere calcular el tiempo necesario para dosificar 16 kg

$$\frac{16 \text{ Kg}}{0.18 \text{ Kg}} = 88 \text{ vueltas} * \frac{1 \text{ min}}{55 \text{ rev}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

El tiempo necesario para transportar 16 Kg de manera continua es:

$$t = 96 \text{ s}$$

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

$$v = \frac{16}{400} = 0.04 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{v}{t} = 0.025 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

En la tabla 4.2 se determina los valores de diferentes parámetros para obtener el caudal requerido con las diferentes funciones:

$$A = w * l$$

$$v = \frac{h}{t}$$

Donde:

Q: caudal $Q = A * v$

A: área que debe abrir la tolva reguladora

v: velocidad a la que desciende la mezcla hasta el eje del transportador

w: ancho hasta donde se abre la tapa de la tolva reguladora

l: largo de la tolva reguladora

h: altura desde la salida de la tolva reguladora hasta el eje del transportador.

En la posición 2 se escoge los parámetros para la salida del flujo y para determinar la carrera que debe seguir el pistón para abrir y cerrar la compuerta, con la trayectoria ilustrada en la figura 4.9

Carrera de 60 mm para el pistón

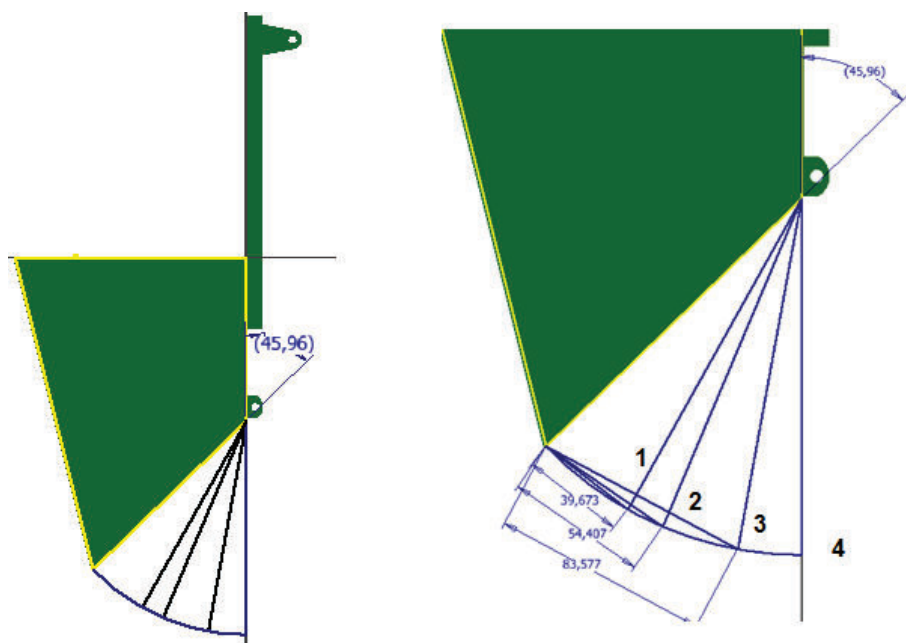


Figura 4. 8 Trayectoria de la compuerta de la tolva reguladora de flujo.

Sensor capacitivo:

En la figura 4.10 se ilustra el sensor capacitivo adaptado a una base.



Figura 4. 9 Sensor capacitivo

4.3 CANAL DOSIFICADOR

Sistema físico: Sistema de dosificación. Ver figura 4.11

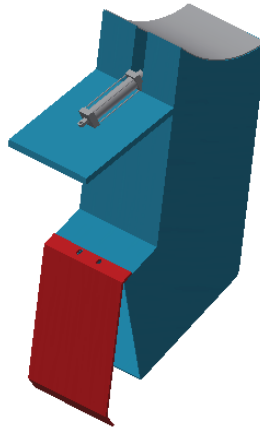


Figura 4. 10 Canal dosificador

Entradas:

Cantidad de mezcla balanceada calculada mediante el paso y las rpm del transportador sin fin.

El volumen contenido en cada paso del transportador sin fin en:

$$V_p = 0.0015 \text{ m}^3$$

Según la norma CEMA el porcentaje de llenado debido al tipo de material a transportar es del 30% por lo mencionado se tiene:

$$V_{30\%} = 0.0045 \text{ m}^3$$

$$m_p = 0.18 \text{ kg}$$

$$\omega = 55 \text{ rpm}$$

Salidas: Se necesita que la máquina dosifique 4 Kg de mezcla

$$\frac{4}{0.18} = 22 \text{ vueltas}$$

Con el número de vueltas se determina el tiempo requerido para que se dosifique 4 kg

$$t = \frac{n}{\omega}$$

4.5

$$t = 22 \text{ rev} * \frac{\text{min}}{55 \text{ rev}}$$

$$t = 24 \text{ s}$$

Conclusión:

Para una cantidad de 4 kg, la compuerta entre el canal y el transportador sin fin tiene que estar abierta durante 24 segundos.

4.3.1 ALTURA

En la figura 4.12 se ilustran las medidas necesarias para determinar la altura donde el canal esta con los 4 Kg.

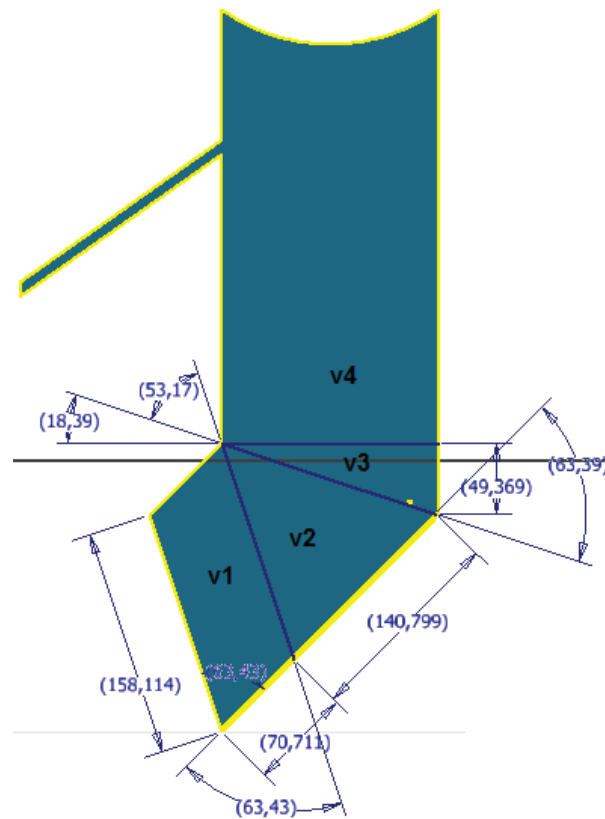


Figura 4. 11 Medidas para determinar el volumen de cada sección

Para determinar la altura necesaria para el abastecimiento se cumple lo siguiente:

$$4 \text{ kg} * \frac{m^3}{400 \text{ kg}} = 0.01 \text{ m}^3$$

Entonces: de la expresión anterior el volumen contenido para el volumen de 4 kg está dado por la ecuación 4.6

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 0.01 \text{ m}^3 \quad 4.6$$

Volumen de un prisma

$$V_1 = A * h \quad 4.7$$

$$V_1 = 9.91 * 10^{-3} \text{ m}^2 * 0.2 \text{ m}$$

$$V_1 = \mathbf{0.002 \text{ m}^3}$$

$$A = a * b * \text{Sen } \alpha \quad 4.8$$

$$A = 0.07 * 0.158 * \text{sen } 63.43 = 9.91 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

Volumen de un prisma con base triangular para V2 y V3

$$V_2 = \frac{b * h}{2} h \quad 4.9$$

$$V_2 = \mathbf{0.14} * \frac{\mathbf{0.14}}{2} * \mathbf{0.2} = \mathbf{0.002 \text{ m}^3}$$

$$V_3 = \frac{b * h}{2} h$$

$$V_3 = \mathbf{0.05} * \mathbf{0.15} * \frac{\mathbf{0.2}}{2} = \mathbf{0.0008 \text{ m}^3}$$

De la ecuación 4.6 se tiene el volumen total y se despeja h de la ecuación 4.10

Volumen de una cubo

$$V_4 = 0.15 * 0.2 * h \quad 4.10$$

$$V_{total} = \mathbf{0.00048 \text{ m}^3}$$

$$V_4 = 0.01 - 0.00048$$

$$h = \frac{9.52 * 10^{-3}}{0.03}$$

$$h_2 = 0.3 \text{ m}$$

$$H_3 = 0.2 \text{ m}$$

A una distancia de 200 milímetros de la compuerta se habrá llenado con 4 Kg, en la figura 4.13 corresponde a la H3. Ver figura 4.13

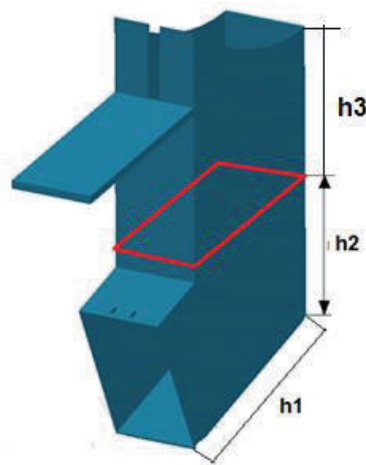


Figura 4. 12 Geometría del canal dosificador

Perturbaciones: en este sistema no hay perturbaciones que afectan significativamente al funcionamiento.

4.3.2 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

En los comederos se controla la cantidad de mezcla balanceada con un sensor capacitivo y al tener los 4 Kg necesario se abre la compuerta paulatinamente controlada por un cilindro neumático. El movimiento debe ser silencioso y lento para que el animal se mantenga calmado.

4.3.3 CILINDROS:

Para determinar la carrera del pistón se analiza el movimiento con el método grafico como en la figura 4.14

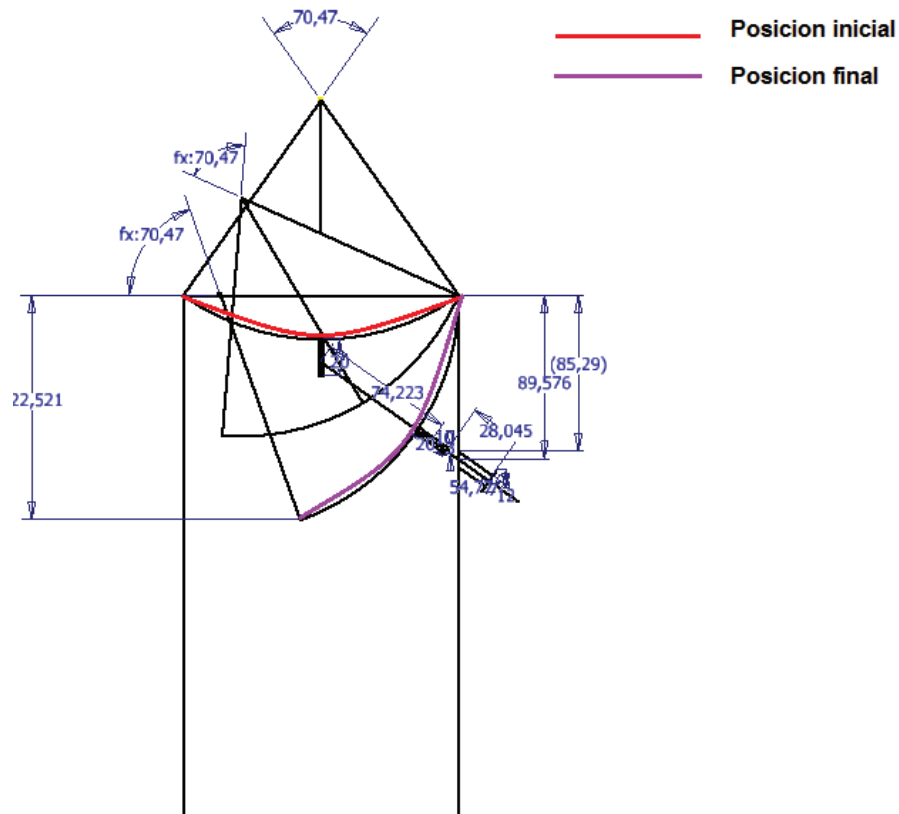


Figura 4. 13 Método grafico para determinar las posiciones de la compuerta.

Se calcula la fuerza que tiene que vencer el cilindro neumático:

$$F = 4 * 9.8 = 40 \text{ N}$$

Área de la compuerta:

$$A = l * w = 0.15 * 0.2 = 0.03 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{40}{0.03} = 1333.3 \text{ Pa}$$

$$P = 0.01 \text{ Bar}$$

Para el cálculo de ciclos y del caudal se tiene las siguientes dimensiones:

Diámetro del pistón: 10 mm

Diámetro del émbolo: 8mm

Carrera: 100 mm

Calcular el número de ciclos q se pueden realizar con 1 metro cúbico

$$V_{salida} = \frac{\pi}{4} D^2 * L_c$$

$$V_{retorno} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) * L_c$$

$$V_{total} = \frac{\pi}{4} (10^2) * 100 + \frac{\pi}{4} (10^2 - 8^2) * 100 = 1.068 * 10^{-5} m^3$$

Volumen de aire atmosférico

$$V_{aire libre} = 1.068 * 10^{-5} * (1 + 1) = 2.14 * 10^{-5} m^3$$

Numero de ciclos:

$$N = \frac{1m^3}{2.14 * 10^{-5}}$$

$$N = 46810 \text{ ciclos}$$

Si el tiempo de ciclo es de 24 segundos el caudal mínimo requerido por el compresor en litros por minuto es de:

$$Q_{minimo} = \frac{V}{t} = \frac{2.14 * 10^{-5} m^3}{24} = 9 * 10^{-7} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$Q_{minimo} = 0.1 \frac{\text{litros}}{\text{min}}$$

4.3.3.1 SENSOR CAPACITIVO

En la figura 4.16 se distinguen la posición de los canales por lo tanto se requieren 4 sensores capacitivos colocados una altura h para determinar la cantidad requerida de mezcla suplementaria.

4.3.3.2 SENSOR ULTRASÓNICO:

Este sensor detecta la presencia de la vaca y está ubicado en cada comedero (canal 1, 2, 3, 4) para que cuando la vaca sea detectada individualmente se abra el canal en el que está ubicada.

En la figura 4.15 se muestra como es un sensor ultrasónico.

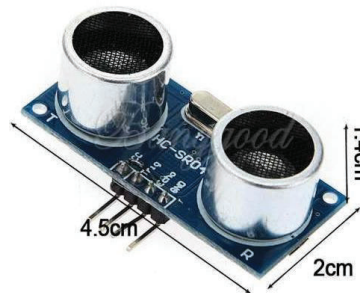


Figura 4. 14 Sensor ultrasónico

Fuente: <http://www.taringa.net/post/hazlo-tu-mismo/01/11/2014>

4.3.4 SISTEMA QUE ABRE Y CIERRA LAS COMPUERTAS HACIA LOS COMEDEROS

Este sistema consta de un cilindro neumático conectado a la compuerta que se abre al recibir la señal de un sensor capacitivo que se ubica en el canal respectivamente, el que indica que este ya está lleno hasta una altura h que se ha determinado en la sección 4.1.2 y abre el cilindro neumático. Cada cilindro se ubica en cada compuerta cuatro en total.

Se ha escogido esta alternativa para cubrir todas las posibilidades de si las vacas a ser ordeñadas están en los cuatro espacios disponibles o no.

4.3.4.1 Cilindros

El sistema se ilustra en la figura 4.13 y se muestra como está dispuesto

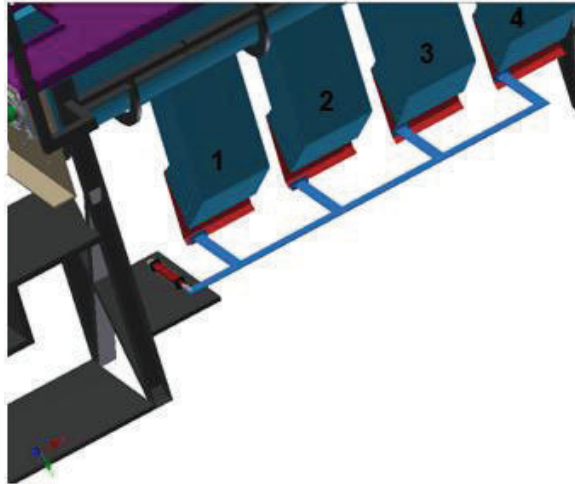


Figura 4. 15 Sistema que abre y cierra las compuertas.

La fuerza que debe vencer para abrir la compuerta, es la fuerza de empuje de los 4 kg contenidos en el canal.

$$A_{tapa} = 0.2 * 0.15 = 0.03 \text{ m}^2$$

En la sección 4.1.2 se determina la fuerza

$$F = 40 \text{ N}$$

Por cada puerta debe soportar 40 N

La presión que tiene que vencer es cilindro es para abrir es:

$$P = \frac{40}{0.0015} = 106666.7 \text{ Pa}$$

$$\mathbf{P = 1.06 \text{ Bar}}$$

El área se determina con datos de la figura 4.18

$$A = 0.03 * 0.05 = 0.0015 \text{ m}^2$$

$$P = 1.07 \text{ bar}$$

Para determinar la carrera se lo hace el método gráfico figura 4.17.

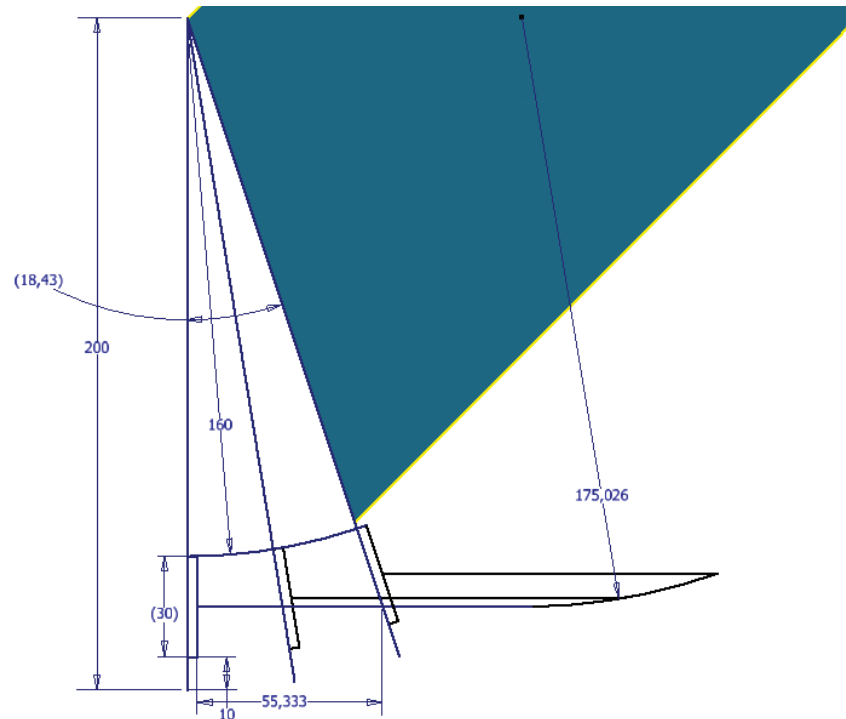


Figura 4. 16 Posición Inicial y final gráficamente

Para cerrar la compuerta el cilindro debe estar abierto y debe ser simple efecto.

$$L_c = 55 \text{ mm}$$

$$D = 8 \text{ mm}$$

$$L_v = 100$$

Se determina el área de la tapa del canal para calcular la presión ejercida.

Diámetro del pistón: 20 mm

Carrera: 55 mm

Diámetro del vástago: 10mm

Tipo de conexión de G1/8"

Calcular el número de ciclos q se pueden realizar con 1 metro cúbico

$$V_{salida} = \frac{\pi}{4} D^2 * L_c \quad 4.11$$

$$V_{retorno} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) * L_c \quad 4.12$$

El volumen total es el volumen de salida más el volumen de retorno, y se reemplaza las ecuaciones 4.11 y 4.12

$$V_{total} = \frac{\pi}{4} (20^2) * 55 + \frac{\pi}{4} (20^2 - 10^2) * 55 = 33300mm^3 \quad 4.13$$

$$V_{total} = 0.33 * 10^{-4} m^3$$

Volumen de aire atmosférico contenido en un metro cúbico a presión de 1 bar.

$$V_{aire libre} = 0.33 * 10^{-4} * (1 + 1) = 6.6 * 10^{-5} m^3$$

Número de ciclos:

$$N = \frac{1m^3}{5.5 * 10^{-5} m^3}$$

$$N = 15158 \text{ ciclos}$$

Si el tiempo de ciclo es de 2 segundos el caudal mínimo requerido por el compresor en litros por minuto es de:

$$Q_{minimo} = \frac{V}{t} = \frac{5.5 * 10^{-5} m^3}{2 s}$$

$$Q_{minimo} = 1.97 \frac{\text{litros}}{\text{min}} = 2 \frac{\text{litros}}{\text{min}}$$

En la tabla 4.3 se enlistan los pistones neumáticos necesarios para la automatización del sistema. Los cálculos realizados se ha hecho con pistones existentes en el mercado.

Tabla 4. 2 Lista de pistones neumáticos necesarios para el sistema.

| Pistón | Número | Diámetro pistón [mm] | Diámetro émbolo [mm] | Carrera [mm] | Presión [Bar] | Fuerza [N] | Caudal $\frac{\text{litros}}{\text{min}}$ |
|-----------|--------|----------------------|----------------------|--------------|---------------|------------|---|
| Tolva | 1 | 20 | 10 | 50 | 0.3 | 624.2 | 2 |
| Canal | 4 | 10 | 8 | 100 | 0.01 | 40 | 0.1 |
| Compuerta | 4 | 20 | 10 | 60 | 1.07 | 40 | 2 |

Para escoger un compresor se termina el caudal total de los pistones:

Potencia: 2 HP

Velocidad sin Carga: 60 Hz 3450 rpm

Volumen de aire: 50 Litros

Con las especificaciones indicadas anteriormente este compresor cubre la necesidad de aire para 10 ciclos es significa 40 vacas.

El tiempo que se demora en realizar la recarga es de horas

4.4 SELECCIÓN DE MÁNGUERAS PARA AIRE COMPRIMIDO.

Con la presión de trabajo determinada anteriormente y el caudal requerido, se selecciona las mangueras que transportan el aire comprimido desde el compresor hasta cada uno de los cilindros neumático.

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{3.33 * 10^{-5}}{0.004} = 0.008 \text{ m}$$

$$A = \frac{1.66 * 10^{-5}}{0.0002} = 0.008m$$

4.5 CIRCUITO NEUMÁTICO

Luego de haber escogido los elementos neumáticos para cada sistema se obtiene el circuito resultante.

De la tabla 4.3 se tiene el número total de cilindros simple efecto ilustrados en la figura 4.7

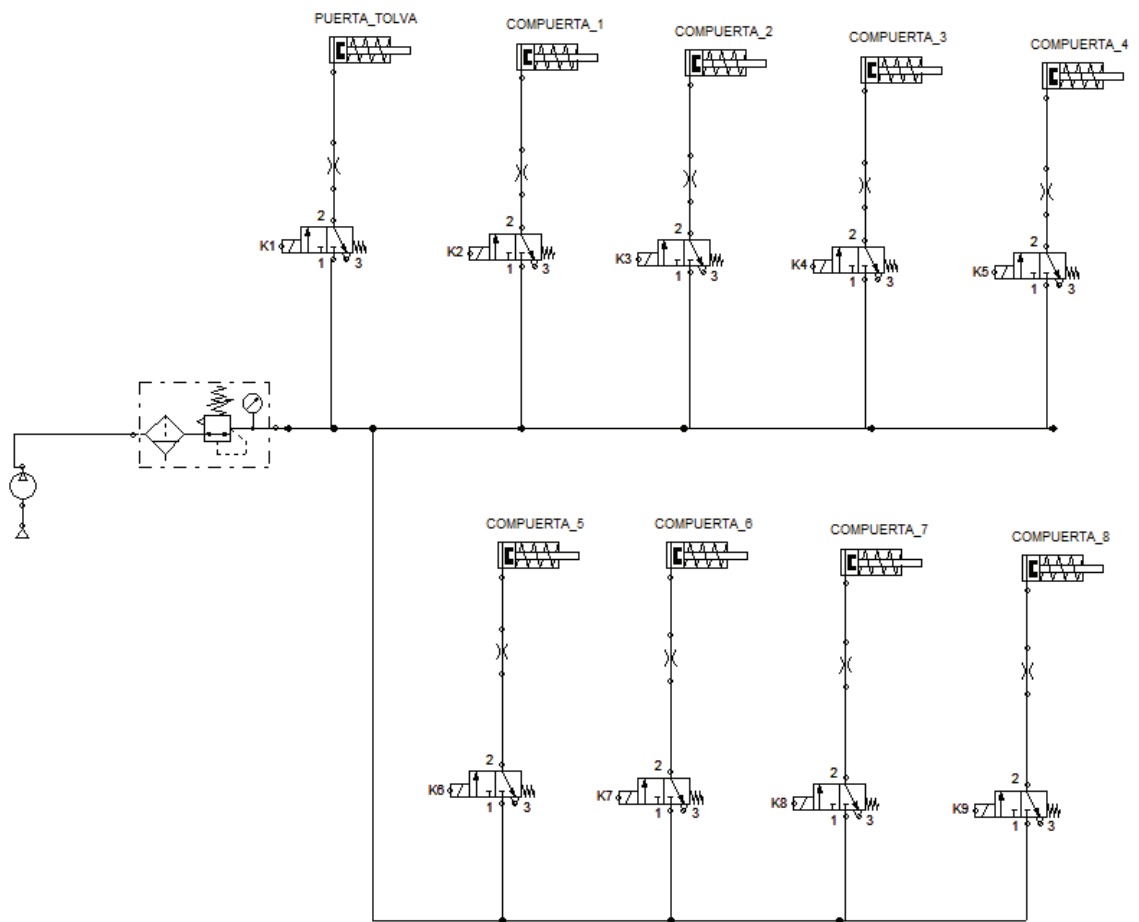


Figura 4. 17 Circuito neumático

4.1 SELECCIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL²⁹

Anteriormente se escogió los elementos para la automatización, y se escoge un módulo de control que maneje únicamente señales digitales. (Entradas y salidas)

En las tablas 4.4 y 4.5 se enlistan las entradas y las salidas respectivamente.

Tabla 4. 3 Señales de entrada para el módulo de control

| Emisor | Número de señales |
|---------------------|--------------------------|
| Pulsadores | 2 |
| Sensor de presencia | 4 |
| Sensores de nivel | 5 |
| Total | 11 |

Tabla 4. 4 Señales de salida para el módulo de control


| Receptor | Número de señales |
|---------------------------|-------------------|
| Motorreductor | 2 |
| Válvula solenoide modular | 9 |
| Focos Leds | 3 |
| TOTAL | 14 |

Un procesador lógico programable que cumpla con las condiciones establecidas es el LOGO 1214C de 14 entradas y 8 salidas más módulos de ampliación para cubrir las entradas y salidas restantes. Para las 6 salidas restantes se tiene un módulo de ampliación de 8 salidas las cuales cumplen con las requeridas.

²⁹ SIEMENS SISTEMATIC, 2013; MANUAL LOGO! PDF, 5/9.

En la tabla 4.6 se muestra los plc's existentes en el catálogo de LOGO siemens y se escoge LOGO 1214 C.

Tabla 4. 5 Características de las versiones del PLC LOGO de siemens

| Símbolo | Designación | Alimentación | Entradas | Salidas | Características |
|---|---------------|--------------|----------------|--------------|----------------------|
|  | LOGO! 1212 RC | 110/220 VAC | 8 DI a 24 VDC | 6 tipo relee | Módulo de ampliación |
| | LOGO! 1214C | 24 V.D.C | 14 a 24 VDC | 10 tipo relé | Módulo de ampliación |
| | LOGO! 1214C | 110/220 VAC | 14 DI a 24 VDC | 10 tipo relé | Módulo de ampliación |

Fuente: Manual Siemens Logo

En la Tabla 4.7 se describen las características de del PLC y su módulo de ampliación necesario.

Tabla 4. 6 Descripción del PLC LOGO 1214 C y su módulo de ampliación.

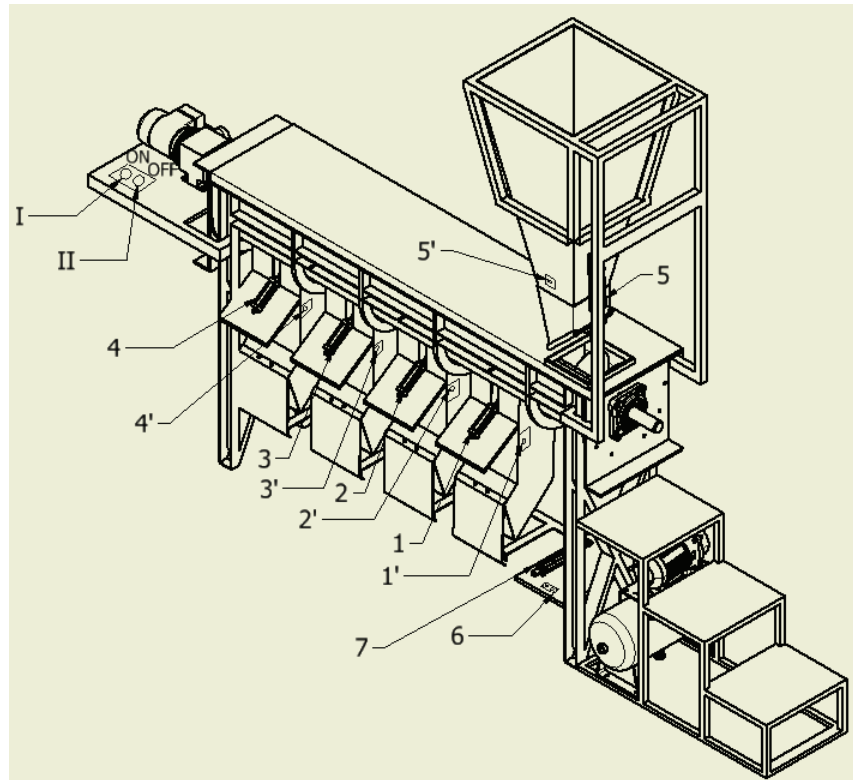
| | | |
|--------------|---|--------------------|
| PLC | CPU | 1214 C |
| | Versión | DC/DC/DC |
| | Alimentación | 24 VDC |
| | Memoria de trabajo | 50 KB |
| | Memoria de carga | 2 MB |
| | Memoria remanente | 2KB |
| | Entradas y salidas integradas | |
| | Entradas digitales (DI) | 14 a 24 VDC |
| | Salidas digitales (DO) | 10 tipo relé |
| | Entradas analógicas | 2 AI (voltaje) |
| | Capacidad de ampliación (Máx.) | |
| | Signal board | 1 |
| | Módulos de señal | 8 |
| | Módulos de comunicación | 3 |
| | Contadores rápidos integrados | |
| | Fase simple | 3@100KHz Y 3@30KHz |
| | Fase doble | 3@80KHz Y 1@30KHz |
| | Salida de pulsos | 2@100KHz |
| | Funcionalidad | |
| | Lazos PID | 16 |
| Data logging | Si ¹⁾ | |
| Módulo de | Salidas digitales SM1222 Módulo de señal de 8 DI a 24 VDC | |

Fuente: Fuente: Manual Siemens Logo

CAPITULO 5

SIMULACIÓN DE LA MÁQUINA

Para realizar la simulación del comportamiento mecánico se lo ha hecho por análisis de elementos finitos en el programa inventor 2014 y la simulación automática el programa FESTO fluidSIM



Sistemas de entrada y salidas del sistema: En la tabla 5.1 y 5.2 se enlista la función y la nomenclatura de las entradas y salidas necesarias para la conexión y la programación del PLC's

5.1 DESARROLLO CRONOLÓGICO DEL CICLO DE TRABAJO.³⁰

Para cumplir un ciclo, un circuito debe realizar una secuencia o sucesión de pasos en un determinado orden cronológico.

Las fases se efectúan en el circuito y se toma en cuenta las posiciones 0 o 1 que corresponden al cilindro contraído o extendido respectivamente.

1. Cilindro tolva en posición 1. El dosificador de la tolva se abre.
2. Cilindro tolva en posición 0. La tapa del dosificador regresa.
3. Cilindro 1 en posición 0. Abre la tapa del canal 1.
4. En esta fase ocurre procesos simultáneos.
 - Cilindro 1 en posición 1. Cierra la tapa del canal 1.
 - Cilindro 2 en posición 0. Abre la tapa canal 2
5. Procesos simultáneos
 - Cilindro 2 en posición 1. Cierra la tapa del canal 2.
 - Cilindro 3 en posición 0. Abre la tapa canal 3
6. Procesos simultáneos
 - Cilindro 3 en posición 1. Cierra la tapa del canal 3.
 - Cilindro 4 en posición 0. Abre la tapa canal 4
7. Procesos simultáneos
 - Cilindro 4 en posición 1. Cierra la tapa del canal 4
 - Cilindro 1',2',3',4' posición 1. Abre las compuertas de los canales 1,2,3,4.

³⁰ MANUAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, Tomo II; editorial cultural S.A; Madrid; España.

En la tabla 5.1 es importante notar que el cilindro 1,2,3 desencadenan dos acciones simultaneas que son independientes entre sí.

Tabla 5. 1 Desarrollo cronológico del circuito

| Fase | Cilindro T | Cilindro 1 | Cilindro 2 | Cilindro 3 | Cilindro 4 | Cilindro 1'2'3'4' |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| 1 | Avanza | - | - | - | - | - |
| 2 | Retrocede | - | - | - | - | - |
| 3 | - | Retrocede | - | - | - | - |
| 4 | - | Avanza | Retrocede | - | - | - |
| 5 | - | - | Avanza | Retrocede | - | - |
| 6 | - | - | - | Avanza | Retrocede | - |
| 7 | - | - | - | - | Avanza | Avanzan |

5.2 TIEMPO DE UN CICLO

- Tiempo de apertura de la tapa del dosificador de la tolva: 5 segundos
- Tiempo de caída del balanceado de la boca de la tolva a la boca del canal: 5 segundos
- Tiempo de recarga del canal 1: 24 segundos
- Tiempo de recarga del canal 2: 24 segundos
- Tiempo de recarga del canal 3: 24 segundos
- Tiempo de recarga del canal 1: 24 segundos

5.3 PROGRAMACION DEL PLC

Para que el PLC controle el proceso de dosificación es necesario cargarlo al controlador.

El programa de control usado para realizar la simulación es el STEP-7 micro win el que contiene herramientas necesarias para simular, cargar y programar el proceso de dosificación automática.

STEP- 7 en donde se ejecuta la programación del PLC y simula y controla conjuntamente con dos programas S7-200 que carga el PLC y el programa PC-simu que es la interfaz gráfica.

El STEP - 7 es la interfaz en donde con lenguaje ladder se realiza la programación.

PC-Simu es la interfaz gráfica en donde se determinan las entradas y las salidas físicamente, estos nombres sirven para la programación en el STEP -7

S7-200 es donde se carga el programa del STEP – 7 y es donde están los PLC's virtuales y tipos de CPU en donde para realizar la simulación se escoge 224 debido a que es el más básico.

En la figura 5.1 se observa la interfaz de STEP – 7

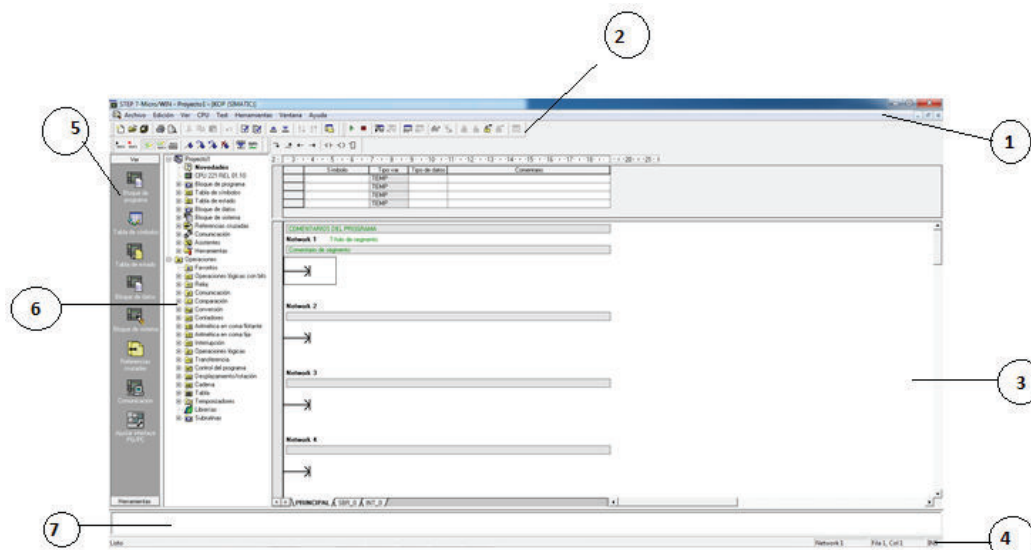


Figura 5. 1 Interfaz del STEP – 7

1. Barra de menú
2. Barra de herramienta 'Estandar'
3. Interfaz de programación
4. Barra de estado.
5. Barra de herramienta 'herramientas'
6. Constantes y conectores funciones básicas
7. Ventana de información

En la figura 5.2 se muestra que en la barra de menús se despliega en herramientas para escoger los 2 programas restantes el PC- simu y S7-200.

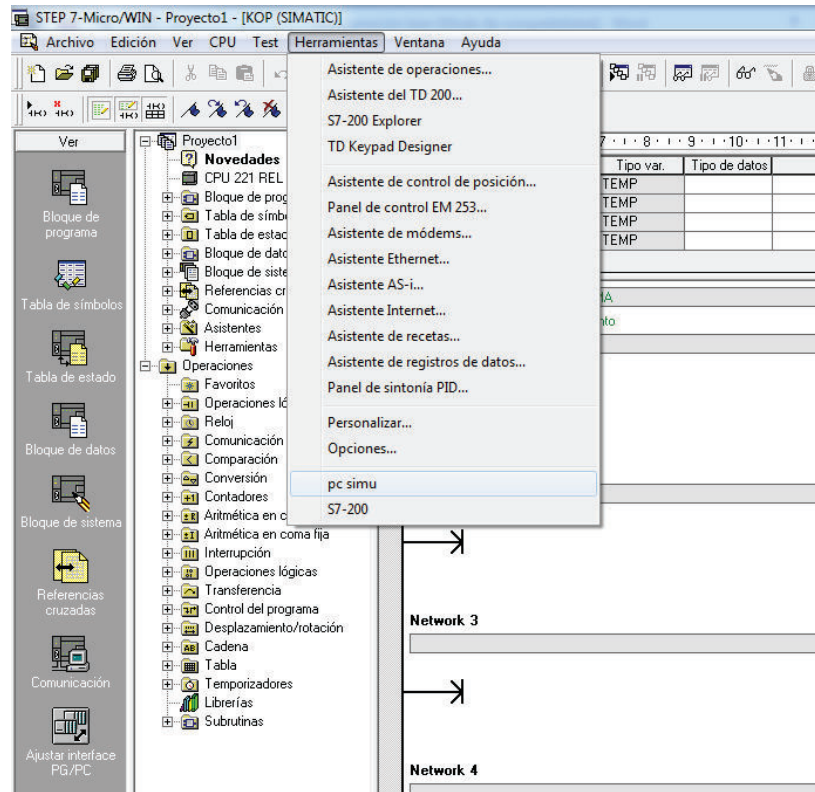


Figura 5. 2 Barra de Menús

En la figura 5.3 se muestra la interfaz de PC-simu con todas las entradas y salidas etiquetadas respectivamente.

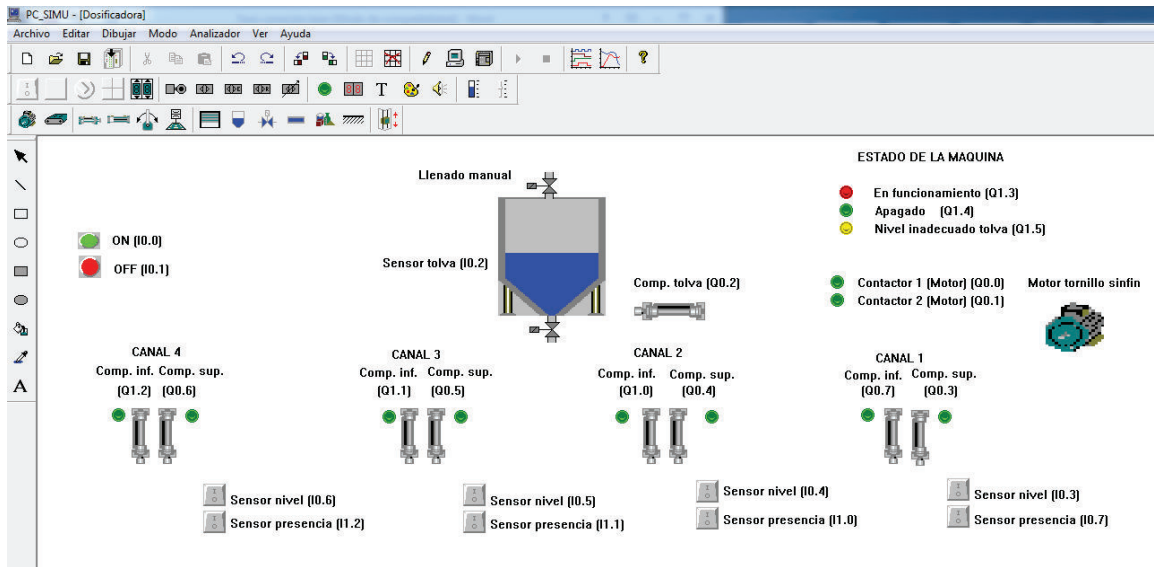


Figura 5. 3 Interfaz gráfica de la dosificadora automática.

En la figura 5.4 se muestra la interfaz de S7-200

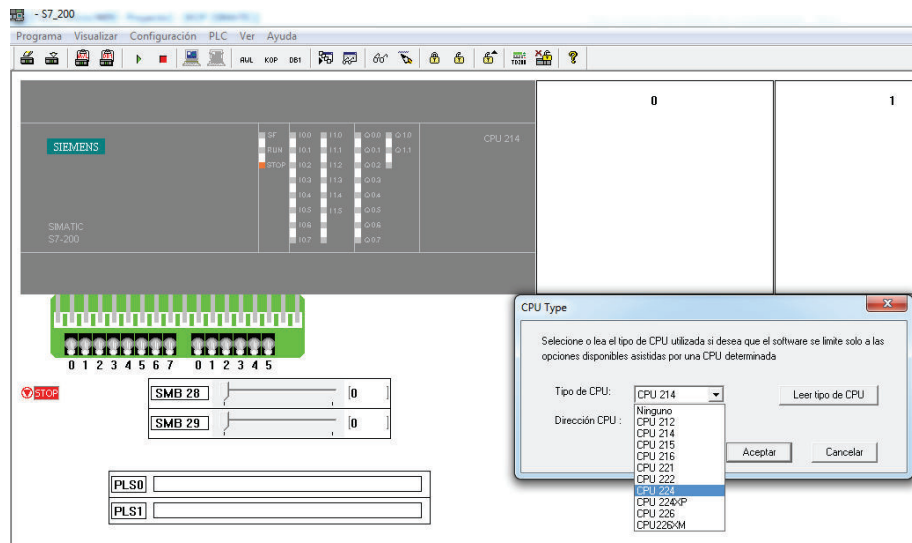








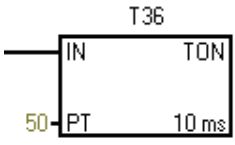
Figura 5. 4 S7-200 escogiendo el CPU 224.

5.3.1 PROGRAMACION DE PLC EN STEP -7

La programación del PLC se muestra en el anexo K

En la tabla 5.2 se muestra los símbolos usados en el STEP -7.

Tabla 5. 2 Interpretación de la simbología utilizada en el programa.

| Símbolo | Descripción |
|---|------------------------------------|
|  | Contacto normalmente abierto (NA) |
|  | Contacto normalmente cerrado (NC) |
|  | Asignación de salida (Bobina relé) |
|  | Detector de flanco positivo |
|  | Enclavamiento tipo reset |
|  | Enclavamiento tipo set |
|  | Temporizador en milisegundos |

5.3.2 CONEXIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO CON PLC'S

Ver anexo L (Planos de conexión)

En la tabla 5.3 y 5.4 se enlistan las entradas y las salidas. Las mismas que se muestran en la figura 5.3

Tabla 5. 3 Entradas digitales

| Entradas digitales | Numeración En la figura 5.1 | símbolo | 11 |
|-------------------------|-----------------------------------|---------|--------|
| Master on | ON | ON | I(0.0) |
| Master off | Off | OFF | I(0.1) |
| Sensor capacitivo tolva | 5' | SCT | I(0.2) |
| Sensor capacitivo 1' | 1' | SC1' | I(0.3) |
| Sensor capacitivo 2' | 2' | SC2' | I(0.4) |
| Sensor capacitivo 3' | 3' | SC3' | I(0.5) |
| Sensor capacitivo 4' | 4' | SC4' | I(0.6) |
| Sensor ultrasónico 1'' | 1'' | SU1' | I(0.7) |
| Sensor ultrasónico 2'' | 2'' | SU2' | I(1.0) |
| Sensor ultrasónico 3'' | 3'' | SU3' | I(1.1) |
| Sensor ultrasónico 4'' | 4'' | SU4' | I(1.2) |

Tabla 5. 4 Salidas digitales

| | | | |
|---|--------|-------------------|-----------|
| Salidas | Numera | | 14 |
| Motorreductor | 6 | Primer contactor | Q(0.0) |
| | 7 | Segundo contactor | Q(0.1) |
| Cilindro que controla la tapa de la tolva | | | |
| Pistón simple efecto | 5 | Ct | Q(0.2) |
| Cilindros que controlan las compuertas de los canales | | | |
| Pistón simple efecto 1 | 1 | C1 | Q(0.3) |
| Pistón simple efecto 2 | 2 | C2 | Q(0.4) |
| Pistón simple efecto 3 | 3 | C3 | Q(0.5) |
| Pistón simple efecto 4 | 4 | C4 | Q(0.6) |
| Cilindros que controlan las compuertas e salida de los canales | | | |
| Pistón simple efecto 1' | 1A | C1' | Q(0.7) |
| Pistón simple efecto 2' | 2A | C2' | Q(1.0) |
| Pistón simple efecto 3' | 3A | C3' | Q(1.1) |
| Pistón simple efecto 4' | 4A | C4' | Q(1.2) |
| Focos | | | |
| Focos rojo | FR | Funcionamiento | FR Q(1.3) |
| Focos verde | FV | Apagado | FV Q(1.4) |
| Focos amarillo | FA | Tolva casi vacía | FA Q(1.5) |

CAPITULO 6

ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo se determina los costos de fabricación de la máquina, en el que constan costos directos e indirectos involucrados en el desarrollo de este proyecto.

Para el este análisis de costos se toman en cuenta los siguiente rubros.

- Costos de materiales
- Costos de elementos normalizados
- Costos de fabricación
- Costos sistema de control
- Costos indirectos e imprevistos.

6.1 COSTOS DE MATERIALES

Para este análisis se considera los costos que cubren todos los materiales que se requieren para producir componentes a través de diversos procesos de fabricación. En la tabla 6.1 se detallan características y costos de los materiales.

Tabla 6. 1 Costos de materiales.

| Material | Proveedor | Cantidad | Costos unitario | Costo total |
|--|-----------|----------|-----------------|-------------|
| Plancha de acero inoxidable304 2400*1800*1.5mm | DIPAC | 1 | 160 | 160.00 |
| Perfil de sección cuadrada acero A-36 40x70x5mm | DIPAC | 8 | 57.60 | 460.80 |
| Plancha de acero A-36 1200x1200x3mm | DIPAC | 1 | 85.77 | 87.77 |
| Costo total | | | | 708.57 |

Tabla 6. 2 Elementos mecánicos

| Material | Proveedor | Cantidad | Costos unitario | Costo total |
|--|------------|----------|-----------------|-------------|
| Pasador D5xL15 | RULIMANESA | 1 | 0.25 | 0.25 |
| Pernos de la tolva a la estructura M10xL30 | RULIMANESA | 16 | 0.5 | 8.00 |
| Tuercas paso normal | RULIMANESA | 16 | 0.25 | 4.00 |
| Arandelas acero 1" de presión | RULIMANESA | 16 | 0.25 | 4.00 |
| Pasadores para la tapa D5XL15mm | RULIMANESA | 2 | 0.25 | 0.50 |
| Bisagras 3x3mm | RULIMANESA | 8 | 0.25 | 2.00 |
| Pernos motorreductor M10XL50 | RULIMANESA | 4 | 0.60 | 2.40 |
| Arandelas acero | RULIMANESA | 4 | 0.40 | 1.60 |
| Tuercas paso normal M10XL50 | RULIMANESA | 4 | 0.50 | 2 |
| Pernos bridas M8XL70 | RULIMANESA | 8 | 0.90 | 7.20 |

| | | | | |
|---|------------|---|------|-------|
| Pernos sujetadores de compresor M10XL20 | RULIMANESA | 4 | 0.40 | 1.60 |
| Tuercas paso normal M10XL20 | RULIMANESA | 4 | 0.40 | 1.60 |
| Mangueras para el aire comprimido | MEGAKIWI | | | |
| COSTO TOTAL | | | | 35.15 |

Los costos de producción del sistema de transporte o transportador sin fin esta cotizado con la empresa PROMETALL. Ver en el anexo.

Tabla 6. 3 Sistema de transporte

| | | | | |
|---|-----------|---|-----------------------|------|
| Transportador sin fin INCLUIR LA TOLVA Y BRIDA | Prometall | 1 | 2250 (+12% iva) | 2520 |
|---|-----------|---|-----------------------|------|

Tabla 6. 4 Automático

| Material | Proveedor | Cantidad | Costos unitario | Costo total |
|--------------------------------------|-----------|----------|-----------------|-------------|
| PLC's SIEMENS 8 entradas y 6 salidas | | 1 | 360 | 360 |
| 1 módulo de expansión de 8 salidas | | 1 | 150 | 150 |
| 1 módulo de expansión de entradas 2 | | 1 | 100 | 100 |
| Actuadores | | 2 | 18 | 36 |

| | | | | |
|--------------------|--|---|--------------------|--------------|
| Sensor capacitivo | | 5 | 40 | 200 |
| Sensor ultrasónico | | 4 | 7 | 28 |
| Pulsadores | | 2 | 2.5 | 5 |
| Focos | | 3 | 0.5 | 1.50 |
| Botones | | 2 | 0.5 | 1 |
| | | | COSTO TOTAL | 881.5 |

Tabla 6. 5 Sistema Neumático

| Material | Proveedor | Cantidad | Costos unitario | Costo total |
|--|-----------|----------|--------------------|---------------|
| Compresor 50 L | FLUIDICA | 1 | 260 | 260 |
| Pistones neumáticos 1 Bar 20 carrera 100 mm | FLUIDICA | 4 | 40 | 160 |
| Pistón neumático simple acción 20mm carrera 55mm | FLUIDICA | 1 | 30 | 30 |
| Pistón neumático simple acción 10 carrera 50mm | FLUIDICA | 4 | 30 | 120 |
| Manguera ϕ 8 | FLUIDICA | 15 | 1.50 | 22.5 |
| Electroválvulas 3/2 | FLUIDICA | 9 | 44.45 | 400.05 |
| | | | COSTO TOTAL | 970.05 |

Tabla 6. 6 Costos de fabricación

| Pieza | Trabajo a Realizar | Cantidad [Horas] | Costos unitario | Costo total |
|------------------|---|------------------|-----------------|-------------|
| Tolva reguladora | Doblado Dimensión prisma de 150x150mmx100mm | 1 | 10.00 | 10.00 |
| Tolva reguladora | Cortar la plancha en Angulo 45 grados para la caída | 1 | 20.00 | 20.00 |
| Tolva reguladora | Remachado | 1 | 10.00 | 10.00 |

| | | | | |
|------------------------|--------------------------------|---|--------------------|------------|
| Tapa tolva reguladora | Doblado | 1 | 10.00 | 10.00 |
| Transportación sin fin | Instalación | 1 | 50.00 | 50.00 |
| Canales | Soldar | 1 | 35.00 | 35.00 |
| Tapa canales | Perforar | 1 | 10.00 | 10.00 |
| Estructura | Soldar estructura los perfiles | 2 | 35.00 | 70.00 |
| Cilindros neumáticos. | Atornillar | 1 | 10.00 | 10.00 |
| Motorreductor | Atornillar | 1 | 10.00 | 10.00 |
| Compresor | Atornillar | 1 | 10.00 | 10.00 |
| | | | COSTO TOTAL | 245 |

Para determinar el costo total de la máquina también se analiza los costos indirectos:

Tabla 6. 7 Costos indirectos

| Referencia | Costo por hora [usd] | Número de horas | Costo total |
|---------------------|----------------------|-----------------|---------------|
| Costo del diseño | 10 | 160 | 1600.00 |
| Costo de suministro | - | - | 180.50 |
| Costo total | | | 1780.5 |

Tabla 6. 8 Costos total del proyecto.

| Rubros | Costo total |
|-----------------------|----------------|
| Materiales | 780.57 |
| Elementos mecánicos | 35.15 |
| Sistema de transporte | 2520.00 |
| Sistema de control | 881.5 |
| Sistema neumático | 970.05 |
| Costo de fabricación | 245.00 |
| Costo de diseño | 1780.5 |
| | 7212.72 |

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó una dosificadora que cumple con los requerimientos y parámetros funcionales de acuerdo a las necesidades y establecimientos destinados para el ordeño. Ya que la dosificadora esta fija conjuntamente con el ordeño mecánico uno de los factores más importantes es que sea silenciosa.
- La dosificadora es diseñada para una mezcla balanceada establecida y muy usada en la mayoría de recintos productores de leche que consta de porciones de papas, zanahoria y algún balanceado en polvo o en grano esférico o cilíndrico. Esta mezcla no debe ser cambiada significativamente debido a que todos los cálculos abarca a las densidad del producto caso contrario habría que definir ciertos parámetros como la altura del nivel en los canales para dosificar la cantidad adecuada de mezcla balanceada.
- Para definir la solución al problema planteado es necesario precisar especificaciones del producto y emplear metodologías que reúnen requerimientos del cliente en el diseño ingenieril y que además sea de fácil entendimiento en el producto final, para obtener la solución se usó el diseño concurrente y la selección de alternativas.
- Al simular la máquina en el programa STEP-7 y en el programa Inventor 2014, se comprueba los cálculos realizados y cumple con los parámetros requeridos como tiempo de trabajo de los diferentes sistemas de la dosificadora.
- Los cálculos deben ser encaminados a los conceptos debido a que es donde se definen parámetros de diseño como los costos, calidad, efectividad, etc. Ya que de ciertas partes del diseño, como las partes no

críticas se encargan los programas computacionales evitando cálculos tediosos y con resultados muy válidos.

- La máquina dosificadora cubre todas las posibilidades de dosificación para los cuatro espacios disponible, cumpliendo un lazo cerrado haciendo más efectiva la dosificación y el ahorro de energía.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda poner una escalera adjunta a la estructura metálica para la facilitar al operador llegar hasta la tolva que contiene la mezcla balanceada.
- Usar la mezcla balanceada con los componentes mencionados como papas, zanahoria y balanceado en polvo o en forma esférica o cilíndrica.
- Mantener la cantidad de balanceado contenida en la tolva máximo hasta 48 horas para garantizar la salud del animal.
- Realizar un limpieza continua del trasportador sin fin, verificando que no haya restos de mezcla balanceada que evite el buen funcionamiento.
- Llenar la tolva que contiene la mezcla balanceada cuando el sensor lo indique o prevenir que no se vacíe.
- Poner el compresor fuera del cuarto de ordeño y verificar si hay cantidad de aire existente para evitar paros de la máquina en plena dosificación.

BIBLIOGRAFIA

1. RAVENE J, "Silos investigación, construcción" 14-15 biblioteca pag 95
2. GERE. J;" *Resistencia de materiales*" Thomson; 5 Edición; España 2002
3. SHIGLEY. J "*Manual De Diseño Mecánico*"; McGraw-Hill; 4 edición, México 1989.
4. FAG; "Rodamientos de bolas, Rodamientos de rodillos" catálogos 41250 SA
5. BEER,J; "Mecánica De Materiales" McGraw-Hill ;2 edición; Colombia 1993.
6. AISC. Steel Construcción; American Institute of Steel Construcción New York; 8 Edición; USA; 1980.
7. AGA; Catálogo de electrodos comunes, especiales y gases para corte y soldadura.
8. MERIAM J; "*Estática*" Editorial REVERTÉ; 2 Edición; España 1976
9. RIBA C" Diseño Concurrente" Documento; PDF
- 10.CEMA" Conveyor Equipment Manufacturers Association"
- 11.ORTHOMAN "Screw Conveyor Catalog & Engineering Manual"
- 12.LARBURU N, "Máquinas Prontuario técnicas maquinas herramientas", Parafino ,13 edición;España 2008
- 13.SIEMENS SISTEMATIC, 2013; MANUAL LOGO! PDF, 5/9.
- 14.MANUAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, Tomo II; editorial cultural S.A; Madrid; España.

Páginas web

- <http://www.agroecuador.com/>
- Fuente: <http://www.agroecuador.com/>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Razas_de_vacas_lecheras
- http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_06.es.pdf
- <http://www.infolactea.com/descargas/biblioteca/98.pdf>
- http://www.jica.go.jp/project/bolivia/3065022E0/04/pdf/4-3-1_12.pdf
- <http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Alimentacion/Desarrollo%2520de%2520un%2520sistema%2520Moderno%2520de%2520nutrici%25F3n%25.pdf>
- <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/nutricion/articulos/alimentos-vacas-lecheras>
- <http://vaca.agro.uncor.edu/>
- <http://agropecuarios.net/composicion-de-la-leche.html#3021>
- <http://www.infolactea.com/descargas/biblioteca/98.pdf>
- <http://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/ROBERT/1.pdf>
- http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/53454/Sensoren_Broschuere_es_bV08_M.pdf

ANEXOS

ANEXO A: NORMAS DE CALIDAD DE LA LECHE.

NTE INEN 4:1984 Leche y productos lácteos. Muestreo. Primera revisión.

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0004.1984.pdf>

NTE INEN 11:1984 Leche. Determinación de la densidad relativa.

Primera revisión.

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0011.1984.pdf>

NTE INEN 11:1984 Leche. Determinación de la densidad relativa NTE INEN

11:1984 Leche. Determinación de la densidad relativa

NTE INEN 12:1973 Leche. Determinación del contenido de grasa.

NTE INEN 13:1984 Leche. Determinación de la acidez titulable. Primera
revisión

NTE INEN 14:1984 Leche. Determinación de sólidos totales y cenizas.

Primera revisión.

NTE INEN 15:1973 Leche. Determinación del punto de congelación.

NTE INEN 16:1984 Leche. Determinación de proteínas. Primera revisión

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0016.1984.pdf>

NTE INEN 18:1973 Leche. Ensayos de reductasas.

http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/normatividad-lacteos/Normas_Andinas/PNA_Leche_Cruda_16003.pdf

NTE INEN 1 500:2001. Leche. Métodos de ensayo cualitativos para la
determinación de la calidad.

http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/normatividad-lacteos/Normas_Andinas/PNA_Leche_Cruda_16003.pdf

AOAC 988.08 Antimicrobial Drugs in Milk. Microbial Receptor Assay. First Action
1988.

ANEXO B: ESTUDIO DE CAMPO.

En esta sección se detalla el trabajo de investigación necesario para determinar el problema y encontrar una solución.

Provincia: El Carchi
 Superficie: 3783 Km²
 Temperatura promedio: 12.6 °C ³¹
 Humedad relativa: 40%

Nombre del sitio de investigación:

Tipo de balanceado: Mezcla

En la tabla B.1 se enlista la densidad calculada y determinado mediante procesos experimentales.

Tabla B. 1 Densidad de las diferentes mezclas de balanceado

| MEZCLA DE SUPLEMENTO | DENSIDAD |
|---------------------------------------|----------|
| NUTRICIONAL | |
| Balanceado en grano | 665.4 |
| Balanceado en grano+ zanahoria + papa | 432.5 |
| Balanceado + zanahoria + sal de grano | 512.6 |
| Balanceado +melaza + caña | - |

³¹ Instituto nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI 2012

Ganado Lechero en la provincia del Carchi

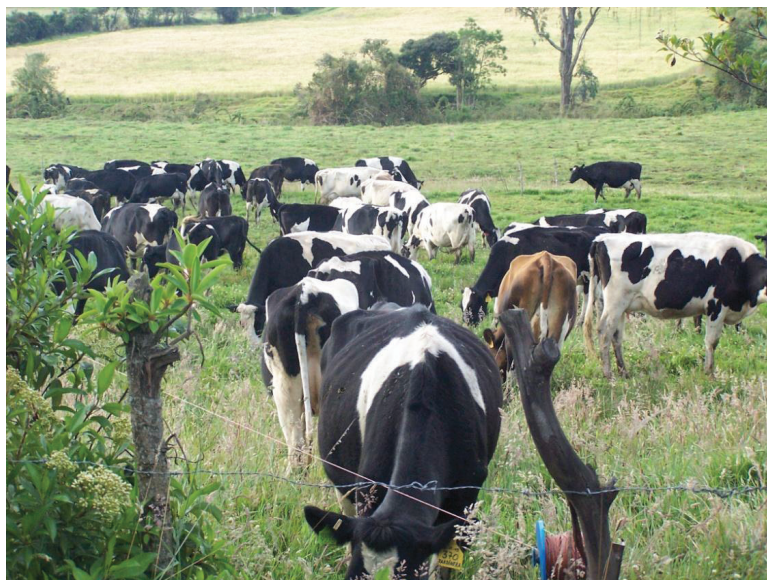


Figura B. 1: Ganado previo al ordeño



Figura B. 2: Ganado previo al ordeño

En las figuras B.3 y B.4 las vacas se encuentran en el comedero, para asegurar a las reses a dichos comederos se les asegura con una compuerta o con un mecanismo mecánico como manivelas para que la cabeza quede en el lado del comedero y pueda ser ordeñada sin problemas y sin que la vaca se mueva.



Figura B. 3: Alimentación del suplemento nutricional durante el ordeño



Figura B. 4: Alimentación del suplemento nutricional durante el ordeño

En la figura B.5 B.6 se muestra la mezcla de suplemento balanceado más usado en la provincia del Carchi y las condiciones en cómo se las almacena.



Figura B. 5: Suplemento nutricional casero



Figura B. 6: Suplemento nutricional casero

En la figura B.7 se muestra al encargado del ordeño abasteciendo de forma manual el suplemento mientras la vaca es ordeñada.



Figura B. 7: Abastecimiento del suplemento.

ANEXO C: MATERIALES A TRANSPORTAR

En la tabla C.1 se especifica las características detalladas en la tabla C.2

Tabla C. 1 Código de clasificación del material.

| Major Class | Material Characteristics Included | Code Designation |
|---|--|---|
| Density | Bulk Density, Loose | Actual Lbs/cu. ft. |
| Size | Very Fine No. 200 Sieve (.0029") And Under No. 100 Sieve (.0059") And Under No. 40 Sieve (.016") And Under | A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀ |
| | Fine No. 6 Sieve (.132") And Under 1/2" And Under | B ₆ C _{1/2} |
| Granular | 3" And Under 7" And Under | D ₃ D ₇ |
| | 16" And Under | D ₁₆ |
| *Lumpy | Over 16" To Be Specified X = Actual Maximum Size | D _X |
| Irregular | Stringy, Fibrous, Cylindrical, Slabs, Etc. | E |
| Flowability | Very Free Flowing – Flow Function > 10 | 1 |
| | Free Flowing – Flow Function > 4 But < 10 | 2 |
| | Average Flowability – Flow Function > 2 But < 4 | 3 |
| | Sluggish – Flow Function < 2 | 4 |
| Abrasiveness | Mildly Abrasive – Index 1-17 | 5 |
| | Moderately Abrasive – Index 18-67 | 6 |
| | Extremely Abrasive – Index 68-416 | 7 |
| Miscellaneous Properties Or Hazards | Builds Up and Hardens | F |
| | Generates Static Electricity | G |
| | Decomposes --- Deteriorates in Storage | H |
| | Flammability | J |
| | Becomes Plastic or Tends to Soften | K |
| | Very Dusty | L |
| | Aerates and Becomes Fluid | M |
| | Explosiveness | N |
| | Stickiness-Adhesion | O |
| | Contaminable, Affecting Use | P |
| | Degradable, Affecting Use | Q |
| | Gives Off Harmful or Toxic Gas or Fumes | R |
| | Highly Corrosive | S |
| | Mildly Corrosive | T |
| | Hygroscopic | U |
| | Interlocks, Mats or Agglomerates | V |
| Oils Present | W | |
| Packs Under Pressure | X | |
| Very Light and Fluffy – May Be Windswept | Y | |
| Elevated Temperature | Z | |

HOW TO READ THE MATERIAL CODE FROM MATERIAL CHARACTERISTICS TABLE.
MATERIAL: CHIPS, PULPWOOD

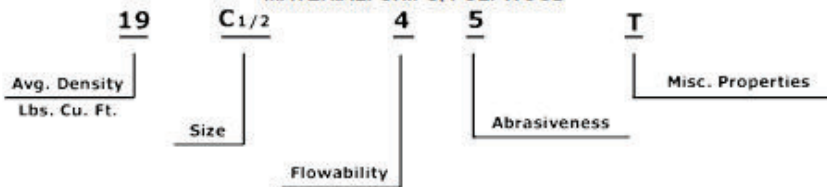


Tabla C. 2 Características de los materiales.

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|---|------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Acetylenogen (See Calcium Carbide) | | | | | |
| Adipic Acid | 45 | 45A ₁₀₀ 35 | 30A | 0.8 | 2B |
| Alfalfa Meal | 14-22 | 18B ₆ 45WY | 30A | 0.6 | 2D |
| Alfalfa Pellets | 41-33 | 42C $\frac{1}{2}$ 25 | 45 | 0.5 | 2D |
| Alfalfa Seeds | 10-15 | 13B ₅ 15N | 30B | 0.4 | 1A-8-C |
| Almonds, Broken | 27-30 | 29C $\frac{1}{2}$ 35Q | 30B | 0.9 | 2D |
| Almonds, Whole Shelled | 28-30 | 29C $\frac{1}{2}$ 35Q | 30B | 0.9 | 2D |
| Alum, Fine | 45-50 | 48B ₆ 35U | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Alum, Lumpy | 50-60 | 55B ₆ 25 | 30A | 1.4 | 2A-B |
| Alumina | 55-65 | 58B ₆ 27MY | 15 | 1.8 | 3D |
| Alumina, Fines | 35 | 35A ₁₀₀ 27MY | 15 | 1.6 | 3D |
| Alumina, Seed or Briquette | 65 | 65D ₃ 37 | 15 | 2.0 | 3D |
| Aluminate Gel (Aluminate Hydroxide) | 45 | 45B ₆ 35 | 30B | 1.7 | 2D |
| Aluminum Chips, Dry | 7-15 | 11E45V | 30A | 1.2 | 2D |
| Aluminum Chips, Oily | 7-15 | 11E45V | 30A | 0.8 | 2D |
| Aluminum Hydrate | 13-20 | 17C $\frac{1}{2}$ 35 | 30A | 1.4 | 1A-B-C |
| Aluminum Ore (See Bauxite) | | | | | |
| Aluminum Oxide | 60-120 | 90A ₁₀₀ 17M | 15 | 1.8 | 3D |
| Aluminum Silicate | 49 | 49C $\frac{1}{2}$ 35S | 45 | 0.8 | 3A-B |
| Aluminum Sulfate | 45-58 | 52C $\frac{1}{2}$ 25 | 30A | 1.0 | 1A-B-C |
| Amianthus (See Asbestos-Shredded) | | | | | |
| Ammonium Chloride, Crystalline | 45-52 | 49A ₁₀₀ 45FRS | 30A | 0.7 | 3A-B |
| Ammonium Nitrate | 45-62 | 54A ₄₀ 35NTU | 30A | 1.3 | 3D |
| Ammonium Sulfate | 45-58 | 52C $\frac{1}{2}$ 35FOTU | 30A | 1.0 | 1A-B-C |
| Andalvsite (Aluminum Silicate) | 49 | 49C $\frac{1}{2}$ 35 | 45 | 0.8 | 3A-B |
| Antimony Powder | | A ₁₀₀ 35 | 30B | 1.6 | 2D |
| Apple Pomace, Dry | 15 | 15C $\frac{1}{2}$ 45Y | 30B | 1.0 | 2D |
| Arsenate of Lead (See Lead Arsenate) | | | | | |
| Arsenic Oxide (Arsenolite) | 100-120 | 110A ₁₀₀ 35R | | | |
| Arsenic Pulverized | 30 | 30A ₁₀₀ 25R | 45 | 0.8 | 2D |
| Asbestos-Rock (Ore) | 81 | 81D ₃ 37R | 15 | 1.2 | 3D |
| Asbestos-Shredded | 20-40 | 30E46XY | 30B | 1.0 | 2D |
| Ash, Black, Ground | 105 | 105B ₆ 35 | 30A | 2.0 | 1A-B-C |
| Ashes, Coal - Dry - $\frac{1}{2}$ | 35-45 | 40C $\frac{1}{2}$ 46TY | 30B | 3.0 | 3D |
| Ashes, Coal - Dry - 3 | 35-40 | 38D ₃ 46T | 15 | 2.5 | 3D |
| Ashes, Coal - Wet - $\frac{1}{2}$ | 45-50 | 48C $\frac{1}{2}$ 46T | 30B | 3.0 | 3D |
| Ashes, Coal - Wet - 3 | 45-50 | 48D ₃ 46T | 15 | 4.0 | 3D |
| Asphalt, Crushed - $\frac{1}{2}$ | 45 | 45C $\frac{1}{2}$ 45 | 30A | 2.0 | 1A-B-C |
| Bagasse, Dry | 7-10 | 9E45R/XY | 30A | 1.5 | 2A-B-C |
| Bakelite, Fine | 30-45 | 38B ₆ 25 | 30A | 1.4 | 1A-B-C |
| Baking Powder | 40-55 | 48A ₁₀₀ 35 | 30A | 0.6 | 1B |
| Baking Soda (Sodium Bicarbonate) | 40-55 | 48A ₁₀₀ 25 | 30A | 1.0 | 1B |
| Barite (Barium Sulfate) + $\frac{1}{2}$ - 3 | 120-180 | 150D ₃ 36 | 15 | 2.6 | 3D |
| Barite, Powder | 120-180 | 150A ₁₀₀ 35X | 30B | 2.0 | 2D |
| Barium Carbonate | 72 | 72A ₁₀₀ 45R | 30B | 2.0 | 3D |
| Bark, Wood, Refuse | 10-20 | 15E45TYY | 30B | 2.0 | 3D |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Barley, Fine Ground | 24-38 | 31B ₆ 35 | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Barley, Malted | 31 | 31C $\frac{1}{2}$ 35 | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Barley, Meal | 28 | 28C $\frac{1}{2}$ 35 | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Barley, Whole | 36-48 | 42B ₆ 25N | 45 | 0.5 | 1A-B-C |
| Baryte (See Barite) | | | | | |
| Basalt | 80-105 | 93B ₆ 27 | 15 | 1.8 | 3D |
| Bauxite, Dry, Ground | 68 | 68B ₆ 25 | 45 | 1.8 | 1A-B-C |
| Bauxite, Crushed – 3" | 75-80 | 80D ₃ 36 | 15 | 2.5 | 3D |
| Beans, Castor | 36 | 36C $\frac{1}{2}$ 15W | 30A | 0.8 | 1A-B-C |
| Beans, Castor, Meal | 35-40 | 38B ₆ 35W | 30A | 0.8 | 1A-B-C |
| Beans, Navy – Dry | 48 | 48C $\frac{1}{2}$ 15 | 45 | 0.5 | 1A-B-C |
| Beans, Navy – Steeped | 60 | 60C $\frac{1}{2}$ 25 | 45 | 0.8 | 1A-B-C |
| Beans, Soy (See Soybeans) | | | | | |
| Beet Pulp – Dry | 11-16 | | | | |
| Beet Pulp – Wet | 25-45 | | | | |
| Bentonite, Crude | 34-40 | 37D ₃ 45X | 30B | 1.2 | 2D |
| Bentonite, -100 Mesh | 50-60 | 55A ₁₀₀ 25MXY | 30B | 0.7 | 2D |
| Benzene Hexachloride | 56 | 56A ₁₀₀ 45R | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Bicarbonate of Soda | 40-45 | 45A ₂₀₀ 25Y | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Blood, Dried | 35-45 | 40D ₃ 45U | 30A | 2.0 | 2D |
| Blood, Ground, Dried | 30 | 30A ₁₀₀ 35U | 30A | 1.0 | 1A-B |
| Bluestone (See Copper Sulfate) | | | | | |
| Bone Ash (Tricalcium Phosphate) | 40-50 | 45A ₁₀₀ 45 | 30A | 1.6 | 1A-B |
| Bone Black | 20-25 | 23A ₁₀₀ 25Y | 30B | 1.5 | 1A-B |
| Bone Char | 27-40 | 34B ₆ 35 | 30B | 1.6 | 1A-B |
| Bones, Crushed | 35-50 | 43D ₃ 35 | 30B | 2.0 | 2D |
| Bones, Ground | 50 | 50B ₆ 45 | 30B | 1.7 | 2D |
| Bones, Whole | 35-50 | 43E45V | 30A | 3.0 | D2 |
| Bonemeal | 50-60 | 55B ₆ 35 | 30B | 1.7 | 2D |
| Borate of Lime | 60 | 60A ₁₀₀ 35 | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Borax, Fine | 45-55 | 50B ₆ 25T | 30B | 0.7 | 3D |
| Borax, Screening- $\frac{1}{2}$ | 55-60 | 58C $\frac{1}{2}$ 35 | 30B | 1.5 | 2D |
| Borax, 1 $\frac{1}{2}$ - 2 Lump | 55-60 | 58D ₃ 35 | 30B | 1.8 | 2D |
| Borax, 2-3 Lump | 60-70 | 65D ₃ 35 | 30B | 2.0 | 2D |
| Boric Acid, Fine | 55 | 55B ₆ 25T | 30A | 0.8 | 3D |
| Boron | 75 | 75A ₁₀₀ 37 | 15 | 1.0 | 2D |
| Bran, Rice-Rye-Wheat | 16-20 | 18B ₆ 35NY | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Braunite (Manganese Oxide) | 120 | 120A ₁₀₀ 36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Bread Crumbs | 20-25 | 23B35PQ | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Brewer's Grain, Spent – Dry | 14-30 | 22C $\frac{1}{2}$ 45 | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Brewer's Grain, Spent – Wet | 55-60 | 58C $\frac{1}{2}$ 45T | 30A | 0.8-4.0 | 2A-B |
| Brick, Ground- $\frac{1}{8}$ | 100-120 | 110B ₆ 37 | 15 | 2.2 | 3D |
| Bronze Chips | 30-50 | 40B ₆ 25N | 15 | 2.0 | 2D |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Buckwheat | 37-42 | 40B ₆ 25N | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Calcine, Flour | 75-85 | 80A ₁₀₀ 35 | 30A | 0.7 | 1A-B-C |
| Calcium Carbide | 70-90 | 80D ₃ 25N | 30B | 2.0 | 2D |
| Calcium Carbonate (See Limestone) | | | | | |
| Calcium Fluoride (See Fluospar) | | | | | |
| Calcium Hydrate (See Lime Hydrated) | | | | | |
| Calcium Hydroxide (See Lime Hydrated) | | | | | |
| Calcium Lactate | 26-29 | 28D ₃ 45QTR | 30A | 0.6 | 2A-B |
| Calcium Magnesium Carbonate | 90-100 | | 30B | 2.0 | 2D |
| Calcium Oxide (See Lime, Unflaked) | | | | | |
| Calcium Phosphate | 40-50 | 45A ₁₀₀ 45 | 30A | 1.6 | 1A-B-C |
| Calcium Sulfate (See Gypsum) | | | | | |
| Carbon, Activated - Dry | 8-20 | 14A ₂₀₀ | 30B | 1.2 | 2D |
| Carbon Black - Fine | 4-6 | 5A ₂₀₀ | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Carbon Black - Pelleted | 20-40 | | | | |
| Carborundum | 100 | 100D ₃ 27 | 15 | 3.0 | 2D |
| Casein | 36 | 36B ₆ 35 | 30B | 1.6 | 3D |
| Cashew Nuts | 32-37 | 35C _{1/2} 45 | 30A | 0.7 | 2D |
| Cast Iron, Chips | 130-200 | 165C _{1/2} 45 | 30B | 4.0 | 2D |
| Caustic Soda | 88 | 88B ₆ 35RSU | 30B | 1.8 | 2D |
| Caustic Soda, Flakes | 47 | 47C _{1/2} 45RSUX | 30A | 1.5 | 3D |
| Celite (Diatomaceous Earth) | 11-17 | 14A ₄₀ 36Y | 15 | 1.6 | 2D |
| Cement, Clinker | 75-95 | 85D ₃ 36 | 15 | 1.8 | 3D |
| Cement, Mortar | 133 | 133B ₆ 35Q | 30A | 3.0 | 3D |
| Cement, Portland | 94 | 94A ₁₀₀ 26M | 30B | 1.4 | 2D |
| Cement, Aerated (Portland) | 60-75 | 68A ₁₀₀ 16M | 30B | 1.4 | 2D |
| Cerrusite (See Lead Carbonate) | | | | | |
| Chalk, Crushed | 75-95 | 85D ₃ 25 | 30B | 1.9 | 2D |
| Chalk, Pulverized | 67-75 | 71A ₁₀₀ 25MXY | 30B | 1.4 | 2D |
| Charcoal, Ground | 18-28 | 23A ₁₀₀ 45 | 30B | 1.2 | 2D |
| Charcoal, Lumps | 18-28 | 23D ₃ 45Q | 30B | 1.4 | 2D |
| Chips, Pulpwood | 12-25 | 19C _{1/2} 45T | 30A | 1.0 | 2B |
| Chocolate, Cake Pressed | 40-45 | 45D ₃ 25 | 30A | 1.5 | 2B |
| Chrome Ore | 125-140 | 133D ₃ 36 | 15 | 2.5 | 3D |
| Cinders, Blast Furnace | 57 | 57D ₃ 36T | 15 | 1.9 | 3D |
| Cinders, Coal | 40 | 40D ₃ 36T | 15 | 1.8 | 3D |
| Clay, Ceramic - Dry | 60-80 | 70A ₁₀₀ 35P | 30A | 1.5 | 1A-B-C |
| Clay, Calcined | 80-100 | 90B ₆ 36 | 30B | 2.4 | 3D |
| Clay, Brick - Dry, Fine | 100-120 | 110C _{1/2} 36 | 30B | 2.0 | 3D |
| Clay - Dry, Lumpy | 60-75 | 68D ₃ 35 | 30A | 1.8 | 2D |
| Clinker, Cement (See Cement, Clinker) | | | | | |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Coal, Anthracite (River & Culm) | 55-61 | 60B ₆ 35TY | 30A | 1.0 | 2A-B |
| Coal, Anthracite, - ½ | 49-61 | 55C½25 | 30A | 1.0 | 2A-B |
| Coal, Bituminous Mined | 40-60 | 50D ₃ 35LNXY | 30A | 0.9 | 1A-B |
| Coal, Bituminous, Mined, Sized | 45-50 | 48D ₃ 35QV | 30A | 1.0 | 1A-B |
| Coal, Bituminous, Mined, Slack | 43-50 | 47C½45T | 30A | 0.9 | 2A-B |
| Coal, Lignite | 37-45 | 41D ₃ 35T | 30A | 1.0 | 2D |
| Cocoa, Beans | 30-45 | 38C½25Q | 30A | 0.5 | 1A-B |
| Cocoa Nibs | 35 | 35C½25 | 30A | 0.5 | 1A-B |
| Cocoa, Powdered | 30-35 | 33A ₁₀₀ 45XY | 30A | 0.9 | 1A-B |
| Coconut, Shredded | 20-22 | 21E45 | 30A | 1.5 | 2B |
| Coffee, Chaff | 20 | 20B ₂ 25MY | 30A | 1.0 | 1A-B |
| Coffee, Green Bean | 25-32 | 29C½25PQ | 30A | 0.5 | 1A-B |
| Coffee, Ground Dry | 25 | 25A ₄₀ 35P | 30A | 0.6 | 1A-B |
| Coffee, Ground Net | 35-45 | 40A ₄₀ 45X | 30A | 0.6 | 1A-B |
| Coffee, Roasted Bean | 20-30 | 25C½PQ | 45 | 0.4 | 1B |
| Coffee, Soluble | 19 | 19A ₄₀ 35PUY | 15 | 0.8 | 1B |
| Coke, Breeze | 25-35 | 30C½37 | 15 | 1.2 | 3D |
| Coke, Loose | 23-35 | 30D ₇ 37 | 15 | 1.2 | 3D |
| Coke, Calcined | 35-45 | 40D ₇ 37 | 15 | 1.3 | 3D |
| Compost | 30-50 | 40D ₇ 45TV | 30A | 1.0 | 3A-B |
| Concrete, Pre Mix Dry | 85-120 | 103C½36V | 30B | 3.0 | 3D |
| Copper Ore | 120-150 | 135C _x 36 | 15 | 4.0 | 3D |
| Copper Ore, Crushed | 100-150 | 125D ₃ 36 | 15 | 4.0 | 3D |
| Copper Sulphate (Bluestone) | 60-70 | 65C½35 | 30A | 1.0 | 2A-B-C |
| Copperas (See Ferrous Sulfate) | | | | | |
| Copra Cake Ground | 40-45 | 43B ₆ 45HW | 30A | 0.7 | 1A-B-C |
| Copra, Cake Lumpy | 25-30 | 28D ₃ 35HW | 30A | 0.8 | 2A-B-C |
| Copra, Lumpy | 22 | 22E35HW | 30A | 1.0 | 2A-B-C |
| Copra, Meal | 40-45 | 42B ₆ 35HW | 30A | 0.7 | 2D |
| Cork, Ground Fine | 5-15 | 10B ₆ 35JNY | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Cork, Granulated | 12-15 | 14C½35JY | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Corn, Cracked | 40-50 | 45B ₆ 25P | 30A | 0.7 | 1A-B-C |
| Corn Cobs, Ground | 17 | 17C½25Y | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Corn Cobs, Whole | 12-15 | 14E35 | 30A | | 2A-B |
| Corn Ear | 56 | 56E35 | 30A | | 2A-B |
| Corn Germ | 21 | 21B ₆ 35PY | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Corn/Grits | 40-45 | 43B ₆ 35P | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Cornmeal | 32-40 | 43B ₆ 35P | 30A | 0.5 | 1A-B |
| Corn Oil, Cake | 25 | 25D ₇ 45HW | 30A | 0.6 | 1A-B |
| Corn Seed | 45 | 45C½25PQ | 45 | 0.4 | 1A-B-C |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|--|------------------------------|------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Corn, Shelled | 45 | 45C½25 | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Corn Sugar | 30-35 | 33B₆35PU | 30A | 1.0 | 1B |
| Cottonseed, Cake, Crushed | 40-45 | 43C½45HW | 30A | 1.0 | 1A-B |
| Cottonseed, Cake, Lumpy | 40-45 | 43D₇45HW | 30A | 1.0 | 2A-B |
| Cottonseed – Dry, Delinted | 22-40 | 31C½25X | 30A | 0.6 | 1A-B |
| Cottonseed – Dry, Undelinted | 18-25 | 22C½35XY | 30A | 0.8 | 1A-B |
| Cottonseed, Flakes | 20-25 | 23C½35HWY | 30A | 0.8 | 1A-B |
| Cottonseed, Hulls | 12 | 12B₆45HW | 30A | 0.5 | 3A-B |
| Cottonseed, Meal, Expeller | 25-30 | 28B₆45HW | 30A | 0.5 | 3A-B |
| Cottonseed, Meal, Extracted | 35-40 | 37B₆35HW | 30A | 0.5 | 1A-B |
| Cottonseed, Meats – Dry | 40 | 40B₆35HW | 30A | 0.6 | 1A-B |
| Cottonseed, Meats – Rolled | 35-40 | 45D₃45HW | 30A | 1.3 | 2A-B-C |
| Cracklings, Crushed | 40-50 | 45D₃45HW | 30A | 1.3 | 2A-B-C |
| Cryolite, Dust | 75-90 | 83A₁₀₀36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Cryolite, Lumpy | 90-110 | 100D₁₆36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Cullet, Fine | 80-120 | 100C½37 | 15 | 2.0 | 3D |
| Cullet, Lump | 80-120 | 100D₁₆37 | 15 | 2.5 | 3D |
| Cupric Sulphate (See Copper Sulfate) | | | | | |
| Diatomaceous Earth | 11-17 | 14A₄₀36Y | 30B | 1.6 | 3D |
| Dicalcium Phosphate | 40-50 | 45A₄₀35 | 30A | 1.6 | 1A-B-C |
| Disodium Phosphate | 25-31 | 28A₄₀35 | 30B | 0.5 | 3D |
| Dolomite (Calcium Magnesium Carbonate), Crushed | 80-100 | 90C½26T | 30B | 2.0 | 2D |
| Dolomite (Cal. Mag. Carbonite) | 90-100 | 95Dx36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Earth, Loam, Dry Loose | 76 | 76C½36 | 30B | 1.2 | 2D |
| Ebonite, Crushed | 63-70 | 67CY₂35 | 30A | 0.8 | 1A-B-C |
| Egg Powder | 16 | 16A₄₀35MPY | 30A | 1.0 | 1B |
| Epsom Salt (Mag. Sulfate) | 40-50 | 45A₄₀35U | 30A | 0.8 | 1A-B-C |
| Ethanedioic Acid (See Oxalic Acid) | | | | | |
| Feldspar, Ground | 65-80 | 73A₁₀₀37 | 30B | 2.0 | 2D |
| Feldspar, Powder | 100 | 100A₂₀₀36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Feldspar, Lumps | 90-100 | 95D₇37 | 30B | 2.0 | 2D |
| Feldspar, Screenings | 75-80 | 78C½37 | 30B | 2.0 | 2D |
| Ferrous Sulfide – ½ | 120-135 | 128C½26 | 30B | 2.0 | 1A-B-C |
| Ferrous Sulfide – 100M | 105-120 | 113A₁₀₀36 | 30B | 2.0 | 1A-B-C |
| Ferrous Sulfate | 50-75 | 63C½35U | 30B | 1.0 | 2D |
| Fish Meal | 35-40 | 38C½45HP | 30A | 1.0 | 1A-B-C |
| Fish Scrap | 40-50 | 45D₇45H | 30A | 1.5 | 2A-B-C |
| Flaxseed | 43-45 | 44B₆35X | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Flaxseed Cake (Linseed Cake) | 48-50 | 49D₇45W | 30A | 0.7 | 2A-B |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Flaxseed Meal (Linseed Meal) | 25-45 | 35B ₆ 45W | 30A | 0.4 | 1A-B |
| Flour, Wheat | 33-40 | 37A ₄₀ 45LP | 30A | 0.6 | 1B |
| Flue Dust, Basic Oxygen Furnace | 45-60 | 53A ₄₀ 36LM | 15 | 3.5 | 3D |
| Flue Dust, Blast Furnace | 110-125 | 118A ₄₀ 36 | 15 | 3.5 | 3D |
| Flue Dust, Boiler H. Dry | 30-45 | 38A ₄₀ 36LM | 15 | 2.0 | 3D |
| Fluorspar, Fine | 80-100 | 90B ₆ 36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Fluorspar, Lumps | 90-110 | 100D ₇ 36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Flyash – Dry | 30-45 | 38A ₄₀ 36M | 15 | 3.5 | 3D |
| Foundry Sand – Dry (See Sand) | | | | | |
| Fuller's Earth – Dry Raw | 30-40 | 35A ₄₀ 25 | 30B | 2.0 | 2D |
| Fuller's Earth, Oily, Spent | 60-65 | 63C ₁ 45OW | 15 | 2.0 | 3D |
| Fuller's Earth Calcined | 40 | 40A ₁₀₀ 25 | 15 | 2.0 | 3D |
| Galena (See Lead Sulfide) | | | | | |
| Gelatin, Granulated | 32 | 32B ₆ 35PU | 30A | 0.8 | 1B |
| Gilsonite | 37 | 37C ₁ 35 | 30B | 1.5 | 3D |
| Glass, Batch | 80-100 | 90C ₁ 35 | 30B | 1.5 | 3D |
| Glue, Ground | 40 | 40B ₆ 45U | 30B | 1.7 | 2D |
| Glue, Pearl | 40 | 40C ₁ 35U | 45 | 0.5 | 1A-B-C |
| Glue, Veg. Powdered | 40 | 40A ₄₀ 45U | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Gluten, Meal | 40 | 40B ₆ 35P | 30A | 0.6 | 1B |
| Grains, Distillery, Spent Dry | 30 | 30D ₃ 35 | 30A | 0.5 | 2D |
| Grains, Distillery, Spent Wet | 40-60 | 50C ₁ 45V | 30A | 0.8 | 3A-B |
| Graphite Flake | 40 | 40B ₆ 25LP | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Graphite Flour | 28 | 28A ₁₀₀ 35LMP | 45 | 0.5 | 1A-B-C |
| Graphite Ore | 65-75 | 70D ₃ 35L | 30A | 1.0 | 2D |
| Granite, Fine | 80-90 | 85C ₁ 27 | 15 | 2.5 | 3D |
| Grape Pomace | 15-20 | 18D ₃ 45U | 30B | 1.4 | 2D |
| Grass Seed | 10-32 | 11B ₆ 25PY | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Guano – Dry | 70 | 70C ₁ 35 | 30 | 2.0 | 3A-B |
| Gypsum, Calcined | 55-60 | 58B ₆ 35U | 30B | 1.6 | 2D |
| Gypsum, Calcined, Powdered | 60-80 | 70A ₁₀₀ 35U | 30B | 2.0 | 2D |
| Gypsum, Raw – 1 | 70-80 | 75D ₃ 25 | 30B | 2.0 | 2D |
| Hay, Chopped | 8-12 | 10C ₁ 35JY | 30A | 1.6 | 2A-B |
| Hexanedioic Acid | 45 | 45A ₁₀₀ 35 | 30A | 0.8 | 2B |
| Hominy | 35-50 | 43C ₁ 25D | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Hops, Spent – Dry | 35 | 35D ₃ 35 | 30A | 1.0 | 2A-B-C |
| Hops, Spent – Wet | 50-55 | 53D ₃ 45V | 30A | 1.5 | 2A-B |
| Ice, Crushed | 35-45 | 40D ₃ 35Q | 30A | 0.4 | 2A-B |
| Ice, Flaked | 40-45 | 43C ₁ 35Q | 30A | 0.6 | 1B |
| Ice Cubes | 33-35 | 34D ₃ 35Q | 30A | 0.4 | 1B |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Ice, Shell | 33-35 | 34D ₃ 45Q | 30A | 0.4 | 1B |
| Ilmenite Ore | 140-160 | 150D ₃ 37 | 15 | 2.0 | 3D |
| Iron Ore Concentrate | 120-180 | 150A ₄₀ 37 | 15 | 2.2 | 3D |
| Iron Oxide, Pigment | 25 | 25A ₁₀₀ 36LMP | 30B | 1.0 | 1A-B-C |
| Iron Oxide, Millscale | 75 | 75C $\frac{1}{2}$ 36 | 30B | 1.6 | 2D |
| Iron Pyrites (See Ferrous Sulfide) | | | | | |
| Iron Sulphate (See Ferrous Sulphate) | | | | | |
| Iron Sulfide (See Ferrous Sulfide) | | | | | |
| Iron Vitriol (See Ferrous Sulphate) | | | | | |
| Kafir (Corn) | 40-45 | 43C $\frac{1}{2}$ 25 | 30A | 0.5 | 3D |
| Kaolin Clay | 63 | 63D ₃ 25 | 30A | 2.0 | 2D |
| Kaolin Clay - Tale | 42-56 | 49A ₄₀ 35LMP | 30B | 2.0 | 2D |
| Kryalith (See Cryolith) | | | | | |
| Lactose | 32 | 32A ₄₀ 35PU | 30A | 0.6 | 1B |
| Lamp Black (See Carbon Black) | | | | | |
| Lead Arsenate | 72 | 72A ₄₀ 35R | 30A | 1.4 | 1A-B-C |
| Lead Arsenite | 72 | 72A ₄₀ 35R | 30A | 1.4 | 1A-B-C |
| Lead Carbonate | 240-260 | 250A ₄₀ 35R | 30B | 1.0 | 2D |
| Lead Ore - $\frac{1}{8}$ | 200-270 | 235B ₆ 36 | 15 | 1.4 | 3D |
| Lead Ore - $\frac{1}{2}$ | 180-230 | 205C $\frac{1}{2}$ 36 | 15 | 1.4 | 3D |
| Lead Oxide (Red Lead) | 30-150 | 90A ₁₀₀ 35P | 30B | 1.2 | 2D |
| Lead Oxide (Red Lead) | 30-180 | 105A ₂₀₀ 35LP | 30B | 1.2 | 2D |
| Lead Sulfide | 240-260 | 250A ₁₀₀ 35R | 30B | 1.0 | 2D |
| Lignite (See Coal Lignite) | | | | | |
| Limanite, Ore, Brown | 120 | 120C $\frac{1}{2}$ 47 | 15 | 1.7 | 3D |
| Lime, Ground, Unflaked | 60-65 | 63B ₆ 35U | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Lime Hydrated | 40 | 40B ₆ 35LM | 30A | 0.8 | 2D |
| Lime, Hydrated, Pulverized | 32-40 | 36A ₄₀ 35LM | 30A | 0.6 | 1A-B |
| Lime, Pebble | 53-56 | 55C $\frac{1}{2}$ 25HU | 30A | 2.0 | 2A-B |
| Limestone, Agricultural | 68 | 68B ₆ 35 | 30B | 2.0 | 2D |
| Limestone, Crushed | 85-90 | 88D \times 36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Limestone Dust | 55-95 | 75A ₄₀ 46MY | 30B | 2.0 | 2D |
| Lindane (See Benzene Hexachloride) | | | | | |
| Linseed (See Flaxseed) | | | | | |
| Litharge (See Lead Oxide) | | | | | |
| Lithopone | 45-50 | 48A ₃₂₅ 35MR | 30A | 1.0 | 1A-B |
| Maize (See Milo) | | | | | |
| Malt, Dry, Ground | 20-30 | 25C ₆ 35NP | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Malt, Dry, Whole | 20-30 | 25C $\frac{1}{2}$ 35N | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Malt, Meal | 36-40 | 38B ₆ 25P | 30A | 0.4 | 1A-B-C |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Malt, Sprouts | 13-15 | 14C½35P | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Magnesium Chloride (Magnesite) | 33 | 33C½45 | 30A | 1.0 | 1A-B |
| Manganese Dioxide | 70-85 | 78A ₁₀₀ 35NRT | 30A | 1.5 | 2A-B |
| Manganese Ore | 125-140 | 133Dx37 | 15 | 2.0 | 3D |
| Manganese Oxide | 120 | 120A ₁₀₀ 36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Manganese Sulfate | 70 | 70C½37 | 15 | 2.4 | 3D |
| Marble, Crushed | 80-95 | 88B ₆ 37 | 15 | 2.0 | 3D |
| Marl, (Clay) | 80 | 880Dx36 | 30B | 1.6 | 2D |
| Meat, Ground | 50-55 | 53E45HQTX | 30B | 1.5 | 2A-B |
| Meat, Scrap (w/bone) | 40 | 40E46H | 30B | 1.5 | 2D |
| Mica, Flakes | 17-22 | 20B ₆ 16MY | 30B | 1.0 | 2D |
| Mica, Ground | 13-15 | 14B ₆ 36 | 30B | 0.9 | 2D |
| Mica, Pulverized | 13-15 | 14A ₁₀₀ 36M | 30B | 1.0 | 2D |
| Milk, Dried, Flake | 5-6 | 6B ₆ 35PUY | 30A | 0.4 | 1B |
| Milk, Malted | 27-30 | 29A ₄₀ 45PX | 30A | 0.9 | 1B |
| Milk, Powdered | 20-45 | 33B ₆ 25PM | 30A | 0.5 | 1B |
| Milk Sugar | 32 | 32A ₁₀₀ 35PX | 30A | 0.6 | 1B |
| Mill Scale (Steel) | 120-125 | 123E46T | | 3.0 | 3D |
| Milo, Ground | 32-36 | 34B ₆ 25 | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Milo, Maize (Kafir) | 40-45 | 43B ₆ 15N | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Molybdenite Powder | 107 | 107B ₆ 26 | 30B | 1.5 | 2D |
| Monosodium Phosphate | 50 | 50B ₆ 36 | 30B | 0.6/2.0 | 2D |
| Mortar, Wet | 150 | 150E46T | 30B | 3.0 | 3D |
| Mustard Seed | 45 | 45B ₆ 15N | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Naphthalene Flakes | 45 | 45B ₆ 35 | 30B | 0.7 | 1A-B-C |
| Niacin (Nicotinic Acid) | 35 | 35A ₄₀ 35P | 30B | 0.8 | 2D |
| Oat Hulls | 8-12 | 10B ₆ 35NY | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Oats | 26 | 26C½25MN | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Oats, Crimped | 19-26 | 23C½35 | 45 | 0.5 | 1A-B-C |
| Oats, Crushed | 22 | 22B ₆ 45NY | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Oats, Flour | 35 | 35A ₁₀₀ 35 | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Oats, Rolled | 19-24 | 22C½35NY | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Oleo Margarine | 59 | 59E45HKPWZ | 30A | 0.4 | 2A-B |
| Orange, Peel, Dry | 15 | 15E45 | 15 | 1.5 | 2A-B |
| Oxalic Acid | 60 | 60B ₆ 35QS | 30A | 1.0 | 1A-B |
| Oyster Shells, Ground | 50-60 | 55C½36T | 30B | 2.0 | 3D |
| Oyster Shells, Whole | 80 | 80D ₃ 36TV | 30B | 2.5 | 3D |
| Paper Pulp (4% or less) | 62 | 62E45 | 30A | 2.0 | 2A-B |
| Paper Pulp (6% to 15%) | 60-62 | 61E45 | 30A | 2.0 | 2A-B |
| Paraffin Cake – ½ | 45 | 45C½45K | 30A | 0.6 | 1A-B |
| Peanuts, Clean, In Shell | 15-20 | 18D ₃ 35Q | 30A | 0.6 | 2A-B |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|---|------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Peanut Meal | 30 | 30B ₆ 35P | 30A | 0.6 | 1B |
| Peanuts, Raw, Unshelled | 15-20 | 18D ₃ 36Q | 30A | 0.7 | 3D |
| Peanuts, Shelled | 35-45 | 40C $\frac{1}{2}$ 35Q | 30A | 0.4 | 1B |
| Peas, Dried | 45-50 | 48C $\frac{1}{2}$ 15NQ | 45 | 0.5 | 1A-B-C |
| Perlite, Expanded | 8-12 | 10C $\frac{1}{2}$ 36 | 30B | 0.6 | 2D |
| Phosphate Acid Fertilizer | 60 | 60B ₆ 25T | 30A | 1.4/2.5 | 2A-B |
| Phosphate Disodium (See Sod. Phosphate) | | | | | |
| Phosphate Rock, Broken | 75-85 | 80D36 | 30B | 2.5 | 2D |
| Phosphate Rock, Pulverized | 60 | 60B ₆ 36 | 30 | 1.7 | 2D |
| Phosphate Sand | 90-100 | 95B ₆ 37 | 15 | 2.5 | 3D |
| Plaster of Paris (See Gypsum) | | | | | |
| Plumbago (See Graphite) | | | | | |
| Polystyrene Beads | 40 | 40B ₆ 35PQ | 30A | 0.4 | 1B |
| Polyvinyl, Chloride Powder | 20-30 | 25A ₁₀₀ 45KT | 30A | 1.0 | 2B |
| Polyvinyl, Chloride Pellets | 20-30 | 25E45KT | 30A | 1.0 | 2B |
| Polyethylene, Resin Pellets | 30-35 | 33C $\frac{1}{4}$ 45Q | 30A | 0.4 | 1A-B |
| Potash (Muriate of Potash) | 70 | 70B ₆ 37 | 15 | 2.0 | 3D |
| Potash (Muriate Mine Run) | 75 | 75D \times 37 | 15 | 2.0 | 3D |
| Potassium Carbonate | 51 | 51B ₆ 36 | 30B | 1.0 | 2D |
| Potassium Chloride, Pellets | 120-130 | 125C $\frac{1}{2}$ 25TU | 30B | 1.6 | 3D |
| Potassium Nitrate - $\frac{1}{2}$ | 76 | 76C $\frac{1}{2}$ 16NT | 30B | 1.2 | 3D |
| Potassium Nitrate - $\frac{1}{8}$ | 80 | 80B ₆ 26NT | 30A | 1.2 | 3D |
| Potassium Sulfate | 42-48 | 45B ₆ 46X | 30B | 1.0 | 2D |
| Potato Flour | 48 | 48A ₂₀₀ 35MNP | 30A | 0.5 | 1A-B |
| Pumice - $\frac{1}{8}$ | 42-48 | 45B ₆ 46 | 15 | 1.5 | 3D |
| Pyrite, Pellets | 120-130 | 125C $\frac{1}{2}$ 26 | 30B | 2.0 | 3D |
| Quartz - 100 Mesh | 70-80 | 75A ₁₀₀ 27 | 15 | 1.7 | 3D |
| Quartz - $\frac{1}{2}$ | 80-90 | 85C $\frac{1}{2}$ 27 | 15 | 2.0 | |
| Rice, Bran | 20 | 20B ₆ 35NY | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Rice, Grits | 42-45 | 44B ₆ 35P | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Rice, Polished | 30 | 30C $\frac{1}{2}$ 15P | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Rice, Hulled | 45-49 | 47C $\frac{1}{2}$ 25P | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Rice, Hulls | 20-21 | 21B ₆ 35NY | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Rice, Rough | 32-36 | 34C $\frac{1}{2}$ 35N | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Rosin - $\frac{1}{2}$ | 65-68 | 67C $\frac{1}{4}$ 45Q | 30A | 1.5 | 1A-B-C |
| Rubber, Reclaimed, Ground | 23-50 | 37C $\frac{1}{4}$ 45Q | 30A | 0.8 | 1A-B-C |
| Rubber, Pelleted | 50-55 | 53D ₃ 45 | 30A | 1.5 | 2A-B-C |
| Rye | 42-48 | 45B ₆ 15N | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Rye Bran | 15-20 | 18B ₆ 35Y | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Rye Feed | 33 | 33B ₆ 35 | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Rye Meal | 45-50 | 38B ₆ 35 | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Rye, Middlings | 42 | 42B ₆ 35 | 30A | 0.5 | 1A-B-C |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|--|------------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Rye, Shorts | 32-33 | 33C $\frac{1}{2}$ 35 | 30A | 0.5 | 2A-B |
| Safflower, Cake | 50 | 50D $\frac{3}{4}$ 26 | 30A | 0.6 | 2D |
| Safflower, Meal | 50 | 50B $\frac{5}{8}$ 35 | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Safflower, Seed | 45 | 45B $\frac{5}{8}$ 15N | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Saffron (See Safflower) | | | | | |
| Salt Ammoniac (See Ammonium Chloride) | | | | | |
| Salt Cake, Dry, Coarse | 85 | 85B $\frac{5}{8}$ 36TU | 30B | 2.1 | 3D |
| Salt Cake, Dry, Pulverized | 65-85 | 75B $\frac{5}{8}$ 36TU | 30B | 1.7 | 3D |
| Salicylic Acid | 29 | 29B $\frac{5}{8}$ 37U | 30A | 0.6 | 3D |
| Salt, Dry, Coarse | 45-60 | 53C $\frac{1}{2}$ 36TU | 30B | 1.0 | 3D |
| Salt, Dry, Fine | 70-80 | 75B $\frac{5}{8}$ 36TU | 30B | 1.7 | 3D |
| Salt peter (See Potassium Nitrate) | | | | | |
| Sand, Dry Bank (Damp) | 110-130 | 120B $\frac{5}{8}$ 47 | 15 | 2.8 | 3D |
| Sand, Dry Bank (Dry) | 90-110 | 100B $\frac{5}{8}$ 37 | 15 | 1.7 | 3D |
| Sand, Dry Silica | 90-100 | 95D $\frac{3}{4}$ 37Z | 15 | 2.6 | 3D |
| Sand, Foundry (Shake Out) | 90-100 | 95D $\frac{3}{4}$ 37Z | 15 | 2.6 | 3D |
| Sand (Resin Coated) Silica | 104 | 104B $\frac{5}{8}$ 27 | 15 | 2.0 | 3D |
| Sand (Resin Coated) Ziron | 115 | 115A $\frac{100}{100}$ 27 | 15 | 2.3 | 3D |
| Sawdust, Dry | 10-13 | 12B $\frac{5}{8}$ 45UX | 30A | 0.7 | 1A-B-C |
| Sea-Coal | 65 | 65B $\frac{5}{8}$ 36 | 30B | 1.0 | 2D |
| Sesame Seed | 27-41 | 34B $\frac{5}{8}$ 26 | 30B | 0.6 | 2D |
| Shale, Crushed | 85-90 | 88C $\frac{1}{2}$ 36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Shellac, Powdered or Granulated | 31 | 31B $\frac{5}{8}$ 35P | 30A | 0.6 | 1B |
| Silicon Dioxide (See Quartz) | | | | | |
| Silica, Flour | 80 | 80A $\frac{40}{40}$ 46 | 30B | 1.5 | 2D |
| Silica, Gel | 45 | 45D $\frac{3}{4}$ 37HKQU | 15 | 2.0 | 3D |
| Slag, Blast Furnace | 130-180 | 155D $\frac{3}{4}$ 37Y | 15 | 2.4 | 3D |
| Slag, Furnace, Granular-Dry | 60-65 | 63C $\frac{1}{2}$ 37 | 15 | 2.2 | 3D |
| Slate, Crushed - $\frac{1}{2}$ | 80-90 | 85C $\frac{1}{2}$ 36 | 30B | 2.0 | 2D |
| Slate, Ground - $\frac{1}{8}$ | 82-85 | 84B $\frac{5}{8}$ 36 | 30B | 1.6 | 2D |
| Sludge, Sewage, Dried | 40-50 | 45E47TW | 30B | 0.8 | 3D |
| Soap, Beads or Granules | 15-35 | 25B $\frac{5}{8}$ 35Q | 30A | 0.6 | 2D |
| Soap, Chips | 15-25 | 20C $\frac{1}{2}$ 35Q | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Soap, Detergent | 15-50 | 33B $\frac{5}{8}$ 35FQ | 30A | 0.8 | 1A-B-C |
| Soap, Flakes | 5-15 | 10B $\frac{5}{8}$ 35QXY | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Soap, Powder | 20-25 | 23B $\frac{5}{8}$ 25X | 30A | 0.9 | 1A-B-C |
| Soapstone, Talc, fine | 40-50 | 45A $\frac{200}{200}$ 45XY | 30B | 2.0 | 1A-B-C |
| Soda Ash, Heavy | 55-65 | 60B $\frac{5}{8}$ 36 | 30B | 1.0 | 2D |
| Soda Ash, Light | 20-35 | 28A $\frac{40}{40}$ 36Y | 30B | 0.8 | 2D |
| Sodium Aluminate, Ground | 72 | 72B $\frac{5}{8}$ 36 | 30B | 1.0 | 2D |
| Sodium Aluminate Fluoride (See Cryolite) | | | | | |
| Sodium Aluminum Sulphate | 75 | 75A $\frac{100}{100}$ 36 | 30B | 1.0 | 2D |
| Sodium Bentonite (See Bentonite) | | | | | |
| Sodium Bicarbonate (See Baking Soda) | | | | | |

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Sodium Chloride (See Salt) | | | | | |
| Sodium Carbonate (See Soda Ash) | | | | | |
| Sodium Hydrate (See Caustic Soda) | | | | | |
| Sodium Hydroxide (See Caustic Soda) | | | | | |
| Sodium Borate (See Borax) | | | | | |
| Sodium Nitrate | 70-80 | 75D ₃ 25NS | 30A | 1.2 | 2A-B |
| Sodium Phosphate | 50-60 | 55A35 | 30B | 0.9/2.0 | 1A-B |
| Sodium Sulfate (See Salt Cake) | | | | | |
| Sodium Sulfite | 96 | 96B ₆ 46X | 30B | 1.5 | 2D |
| Sorghum, Seed (See Kafir or Milo) | | | | | |
| Soybean Cake | 40-43 | 42D ₃ 35W | 30A | 1.0 | 2A-1B-1C |
| Soybean, Cracked | 30-40 | 35C _{1/2} 36NW | 30B | 0.5 | 2D |
| Soybean, Flake, Raw | 18-25 | 22C _{1/2} 35Y | 30A | 0.8 | 1A-B-C |
| Soybean, Flour | 27-30 | 29A ₄₀ 35MN | 30A | 0.8 | 1A-B-C |
| Soybean, Meal – Cold | 40 | 40B ₆ 35 | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Soybean, Meal – Hot | 40 | 40B ₆ 35T | 30A | 0.5 | 1A-B-C |
| Soybean, Whole | 45-50 | 48C _{1/2} 26NW | 15 | 1.0 | 3D |
| Starch | 25-50 | 38A ₄₀ 15M | 45 | 1.0 | 1A-B-C |
| Steel Turnings, Crushed | 100-150 | 125D ₃ 46WY | 15 | 3.0 | 3D |
| Sugar Beet, Pulp – Dry | 12-15 | 14C _{1/2} 26 | 30B | 0.9 | 2D |
| Sugar Beet, Pulp – Wet | 25-45 | 35C _{1/2} 35X | 30B | 1.2 | 1A-B-C |
| Sugar, Refined, Granulated – Dry | 50-55 | 53B ₆ 35PU | 30A | 1.2 | 1B |
| Sugar, Refined, Granulated – Wet | 55-65 | 60C _{1/2} 35X | 30A | 2.0 | 1B |
| Sugar, Powdered | 50-60 | 55A ₁₀₀ 35PX | 30A | 0.8 | 1B |
| Sugar, Raw | 55-65 | 60B ₆ 35PX | 30A | 2.0 | 1B |
| Sulphur, Crushed – ½" | 50-60 | 55C _{1/2} 35N | 30A | 0.8 | 1A-B |
| Sulphur, Lumpy – 3" | 80-85 | 83D ₃ 35N | 30A | 0.8 | 2A-B |
| Sulphur, Powdered | 50-60 | 55A ₄₀ 35MN | 30A | 0.8 | 1A-B |
| Sunflower Seed | 19-38 | 29C _{1/2} 15 | 30 | 0.5 | 1A-B-C |
| Talcum – ½" | 80-90 | 85C _{1/2} 36 | 30B | 0.9 | 2D |
| Talcum Powder | 50-60 | 55A ₂₀₀ 36M | 30B | 0.9 | 2D |
| Tanbark, Ground | 55 | 55B ₆ 45 | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Timothy Seed | 36 | 36B ₆ 35NY | 30A | 0.6 | 1A-B-C |
| Titanium Dioxide (See Ilmenite Ore) | | | | | |
| Tobacco, Scraps | 15-25 | 20D ₃ 45Y | 30A | 0.8 | 2A-B |
| Tobacco Snuff | 30 | 30B ₆ 45MQ | 30B | 0.9 | 1A-B-C |
| Tricalcium Phosphate | 40-50 | 45A ₄₀ 45 | 30A | 1.6 | 1A-B |
| Triple Super Phosphate | 50-55 | 53B ₆ 36RS | 30B | 2.0 | 3D |
| Trisodium Phosphate, Granular | 60 | 60B ₆ 36 | 30B | 1.7 | 2D |
| Trisodium Phosphate, Pulverized | 50 | 50A ₄₀ 36 | 30B | 1.6 | 2D |

Material Characteristics

| Material | Weight Lbs per Cu. Ft. | Material Code | % Trough Loading | Mat'l Factor FM | Comp. Series |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Tung Nut Meats, Crushed | 28 | 28D ₃ 25W | 30A | 0.8 | 2A-B |
| Tung Nuts | 25-30 | 28D ₃ 15 | 30A | 0.7 | 2A-B |
| Urea Prills, Coated | 43-46 | 45B ₆ 25 | 45 | 1.2 | 1A-B-C |
| Vermiculite, Expanded | 16 | 16C _{1/2} 35Y | 30B | 0.5 | 1A-B |
| Vermiculite, Ore | 80 | 80D ₃ 36 | 30B | 1.0 | 2D |
| Vetch | 48 | 48B ₆ 16N | 30B | 0.4 | 1A-B-C |
| Walnut Shells, Crushed | 35-45 | 40B ₆ 36 | 15 | 1.0 | 2D |
| Wheat | 45-48 | 47C _{1/2} 25N | 45 | 0.4 | 1A-B-C |
| Wheat, Cracked | 40-45 | 43B ₆ 25N | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| Wheat, Germ | 18-28 | 23B ₆ 25N | 30A | 0.4 | 1A-B-C |
| White Lead, Dry | 75-100 | 88A ₄₀ 36MR | 30B | 1.0 | 2D |
| Wood Chips, Screened | 10-30 | 20D ₃ 45VY | 30A | 0.6 | 2A-B |
| Wood Flour | 16-36 | 25B ₆ 35N | 30A | 0.4 | 1A-B |
| Wood Shavings | 8-16 | 12E45VY | 30B | 1.5 | 2A-B |
| Zinc Concentrate Residue | 75-80 | 78B ₆ 37 | 15 | 1.0 | 3D |
| Zinc Oxide, Heavy | 30-35 | 33A ₁₀₀ 45X | 30A | 1.0 | 1A-B |
| Zinc Oxide, Light | 10-15 | 13A ₁₀₀ 45XY | 30A | 1.0 | 1A-B |

ANEXO D: DIMENSIONES DE TRASPORTADOR SIN FIN.

Transportador de paso normal:

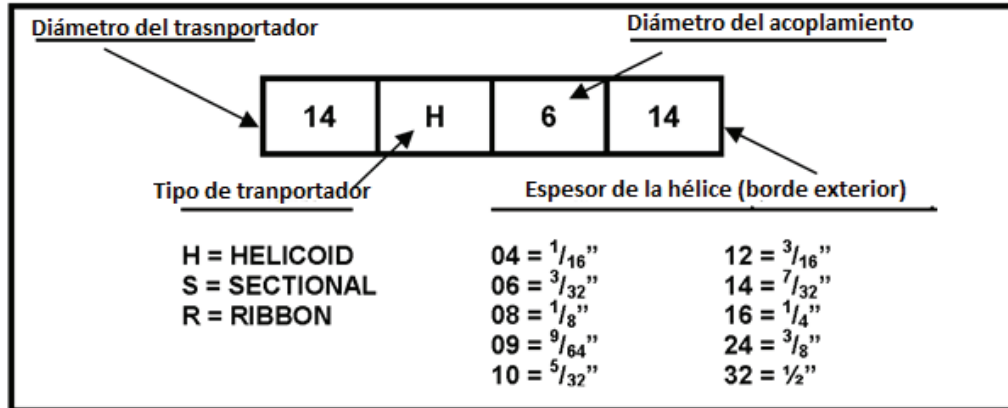
El transportador que se ha escogido tiene algunas características:

Tabla D. 1 dimensiones de la hélice y el acople del eje.

| Diámetro de transportad or | Tamaño del acoplamiento | Tamaño tubería | | Paso estándar | |
|----------------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| | | Nominal | Diámetro o exterior | Denominación Del tamaño | Espesor de la trayectoria |
| 9 | 1 ½ | 2 | 2 3/8 | 9S312 | 3/16 |
| | | | | 9S316 | ¼ |
| | 2 | 2 ½ | 2 7/8 | 9S412 | 3/16 |
| | | | | 9S416 | ¼ |

A continuación se muestra el significado de la nomenclatura del transportador sin fin.

Figura D. 1 Nomenclatura de la hélice



SELECCIÓN DE COJINETES DE SUJECIÓN

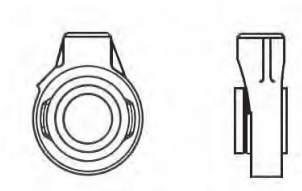
Cojinetes de sujeción:

Selección de cojinetes de sujeción

Figura G. 2 Catálogo de cojinetes

| Diagrama | Calibre | Parte | Materiales | Estilo de sujeción |
|----------|---------|-------|--------------------|--------------------|
| | | N | | |
| | 1 1/2 | SHB3 | W= madera | |
| | 2 | SHB4 | HI= hierro duro | |
| | 2 7/16 | SHB5 | B= babbitt | 220 |
| | 3 | SHB6 | BZ= bronce | 226 |
| | 3 7/16 | SHB7 | BZG=bronce/grafito | 326 |
| | | | N= | |
| | 1 1/2 | SHBX | | |
| | 3 | | W= madera | 226 |
| | 2 | SHBX | HI= hierro duro | 326 |
| | 4 | | B=babbitt | 216 |
| | 2 7/16 | SHBX | UHMW=UHMW* | 316 |

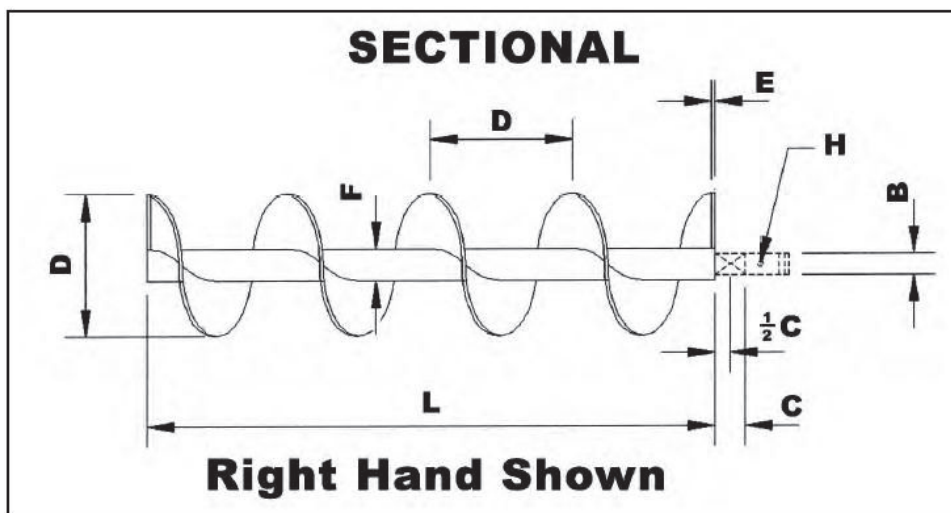
| | | | | |
|--|--|------------------|-------------------------|-----|
| | | 5 | | |
| | | 3 | SHBX | |
| | | | 6 | |
| | | $3 \frac{7}{16}$ | SHBX | |
| | | | 7 | |
| | | $1 \frac{1}{2}$ | SHBB- | |
| | | 3 | | |
| | | 2 | SHBB- Cojinete de bolas | 270 |
| | | | 4 | |
| | | $2 \frac{7}{16}$ | SHBB- | |
| | | | 5 | |
| | | 3 | SHBB- | |
| | | | 6 | |
| | | $3 \frac{7}{16}$ | SHBB- | |
| | | | 7 | |



*UHMW polietileno termoplástico

El tipo de transportador es estándar en la tabla N se encuentran todas las medidas del transportador sin fin.

Figura D. 3



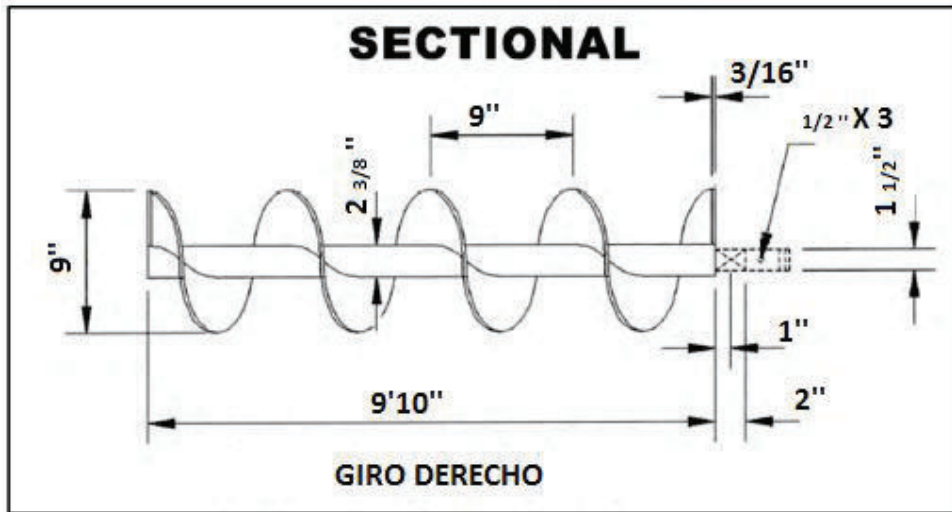
DIMENSIONES

Tabla D.4 Dimensiones

| SCREW DIA. & PITCH | COUPLING DIA. | CONV. SIZE DESIGNATION | MTD. CONVEYOR- STD SECTIONS | | FLIGHT THICKNESS | PIPE SIZE | | BEARING LENGTH | COUPLING BOLTS |
|-----------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------|-----------|---------|-------------------|-------------------|
| | | | STD LENGTH | AVE. WEIGHT EACH | | INSIDE | OUTSIDE | | |
| | | | L | | | E | F | | |
| 6 | 1 ½ | 6S309 | 9' 10" | 63 | 10 GA | 2 | 2 ¾ | 2 | ½ X 3 |
| | | 6S312 | | 70 | 3/16 | | | | |
| | | 6S316 | | 80 | ¼ | | | | |
| 9 | 1 ½ | 9S312 | 9' 10" | 89 | 3/16 | 2 | 2 ¾ | 2 | ½ X 3 |
| | | 9S316 | | 106 | ¼ | | | | |
| | 2 | 9S412 | 9' 10" | 109 | 3/16 | 2 ½ | 2 7/8 | 2 | 5/8 X 3 5/8 |
| | | 9S416 | | 124 | ¼ | | | | |
| | | 9S424 | | 155 | 3/8 | | | | |
| 12 | 2 7/16 | 12S524 | 11' 9" | 249 | 3/8 | 3 | 3 ½ | 3 | 5/8 X 4 5/8 |
| | 3 | 12S612 | 11' 9" | 189 | 3/16 | 3 ½ | 4 | 3 | ¾ X 5 |
| | | 12S616 | | 212 | ¼ | | | | |
| | | 12S624 | | 260 | 3/8 | | | | |

*STANDARD-MOUNTED 40 SCHEDULE 40 PIPE

**RIGHT HAND FLIGHTING IS STANDARD



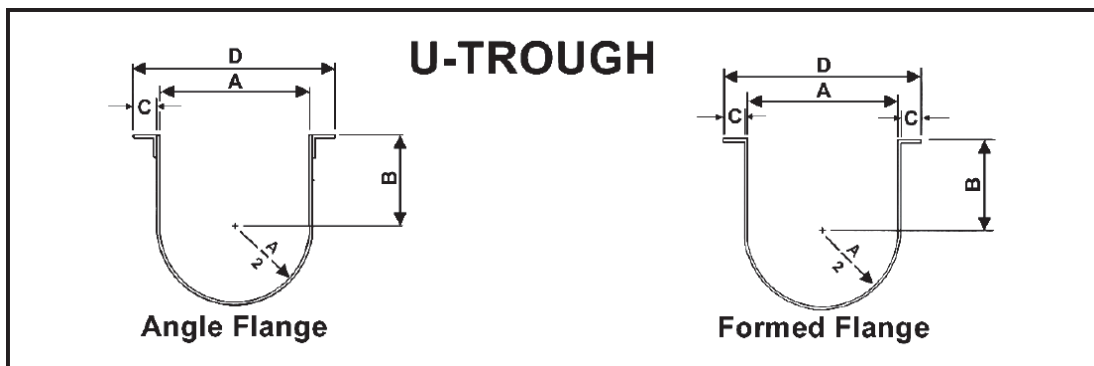
Componentes

Canal en forma de U:

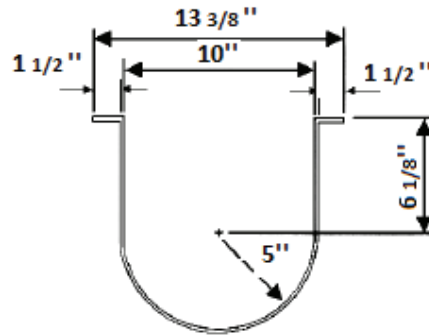
Ese canal está doblado y formado de la misma hoja como una única pieza, este diseño aumenta considerablemente resistencia y rigidez.

Los bordes doblados funcionan como sellos contra el polvo.

Figura D.1

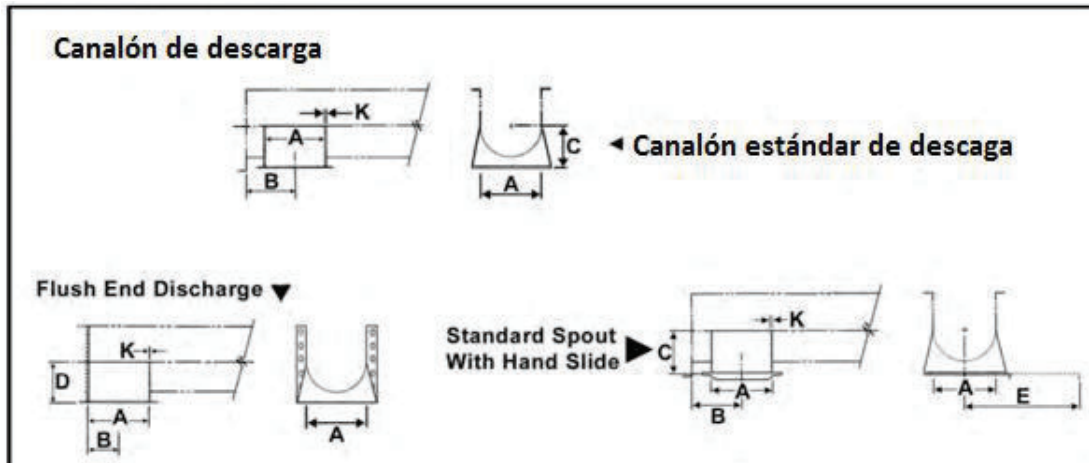


Canal y sus medidas.



| SCREW DIA. | TROUGH THICK. | ANGLE FLANGE | | FORMED FLANGE | | A | B | C | D |
|------------|---------------|--------------|-----|---------------|-----|----|--------|-------|---------|
| | | PART # | *WT | PART # | *WT | | | | |
| 6 | 16 | 6TU16A | 87 | 6TU16F | 55 | 7 | 4 1/2 | 1 1/4 | 9 5/16 |
| | 14 | 6TU14A | 78 | 6TU14F | 67 | | | | 9 11/16 |
| | 12 | 6TU12A | 123 | 6TU12F | 91 | | | | 9 3/4 |
| | 10 | 6TU10A | 127 | 6TU10F | 110 | | | | 9 3/4 |
| | 3/16 | 6TU7A | 158 | 6TU7F | 145 | | | | 9 3/8 |
| 9 | 12 | 9TU12A | 156 | 9TU12F | 132 | 10 | 6 1/8 | 1 1/2 | 13 3/16 |
| | 10 | 9TU10A | 176 | 9TU10F | 164 | | | | 13 3/4 |
| | 3/16 | 9TU7A | 230 | 9TU7F | 214 | | | | 13 3/8 |
| | 1/4 | 9TU3A | 281 | 9TU3F | 270 | | | | 13 1/2 |
| 12 | 12 | 12TU12A | 256 | 12TU12F | 215 | 13 | 7 3/4 | 2 | 17 3/16 |
| | 10 | 12TU10A | 305 | 12TU10F | 266 | | | | 17 1/4 |
| | 3/16 | 12TU7A | 371 | 12TU7F | 342 | | | | 17 3/8 |
| | 1/4 | 12TU3A | 462 | 12TU3F | 443 | | | | 17 1/2 |
| 14 | 12 | 14TU12A | 276 | 14TU12F | 234 | 15 | 9 1/4 | 2 | 19 3/16 |
| | 10 | 14TU10A | 330 | 14TU10F | 292 | | | | 19 1/4 |
| | 3/16 | 14TU7A | 407 | 14TU7F | 378 | | | | 19 3/8 |
| | 1/4 | 14TU3A | 515 | 14TU3F | 496 | | | | 19 1/2 |
| 16 | 12 | 16TU12A | 320 | 16TU12F | 277 | 17 | 10 5/8 | 2 | 21 3/16 |
| | 10 | 16TU10A | 373 | 16TU10F | 334 | | | | 21 1/4 |
| | 3/16 | 16TU7A | 458 | 16TU7F | 428 | | | | 21 3/8 |
| | 1/4 | 16TU3A | 580 | 16TU3F | 559 | | | | 21 1/2 |
| 18 | 12 | 18TU12A | 373 | 18TU12F | 334 | 19 | 12 1/8 | 2 1/2 | 24 3/16 |
| | 10 | 18TU10A | 443 | 18TU10F | 408 | | | | 24 1/4 |
| | 3/16 | 18TU7A | 558 | 18TU7F | 534 | | | | 24 3/8 |
| | 1/4 | 18TU3A | 684 | 18TU3F | 672 | | | | 24 1/2 |
| 20 | 10 | 20TU10A | 503 | 20TU10F | 463 | 21 | 13 1/2 | 2 1/2 | 26 1/4 |
| | 3/16 | 20TU7A | 622 | 20TU7F | 587 | | | | 26 3/8 |
| | 1/4 | 20TU3A | 783 | 20TU3F | 751 | | | | 26 1/2 |
| 24 | 10 | 24TU10A | 528 | 24TU10F | 461 | 25 | 16 1/2 | 2 1/2 | 30 1/4 |
| | 3/16 | 24TU7A | 702 | 24TU7F | 702 | | | | 30 3/8 |
| | 1/4 | 24TU3A | 899 | 24TU3F | 899 | | | | 30 1/2 |

Tapa de descarga

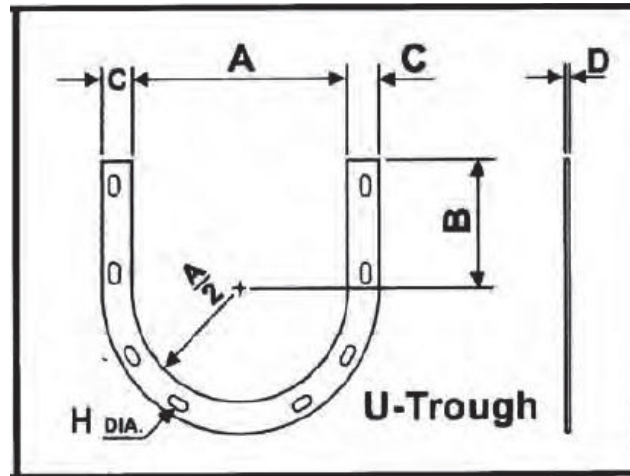


Se escoge el canalón de descarga estándar.

A continuación es escoge las medidas establecidas:

| Screw Diameter | B Dimension | | C | D | E | K (Ga) | |
|----------------|-------------|------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | A | *Flush End Spout | | | | | Standard Spout |
| 6 | 7 | 3 ½ | 6 | 5 | 5 ⁵ / ₈ | 14 ³ / ₈ | 14 12 |
| 9 | 10 | 5 | 8 | 7 ¹ / ₈ | 7 ¹ / ₈ | 19 ¹ / ₁₆ | 14 10 |
| 12 | 13 | 6 ½ | 10 ½ | 8 ⁷ / ₈ | 9 | 24 ⁷ / ₈ | 12 3 ⁷ / ₁₆ |
| 14 | 15 | 7 ½ | 11 ½ | 10 ¹ / ₈ | 10 | 27 ³ / ₄ | 12 3 ⁷ / ₁₆ |
| 16 | 17 | 8 ½ | 13 ½ | 11 ¹ / ₈ | 12 | 30 ¹¹ / ₁₆ | 12 3 ⁷ / ₁₆ |
| 18 | 19 | 9 ½ | 14 ½ | 12 ³ / ₈ | 13 ³ / ₈ | 33 ⁵ / ₈ | 12 3 ⁷ / ₁₆ |
| 20 | 21 | 10 ½ | 15 ½ | 13 ³ / ₈ | 15 | 36 ⁵ / ₈ | 12 3 ⁷ / ₁₆ |
| 24 | 25 | 12 ½ | 17 ½ | 15 ³ / ₈ | 18 ¹ / ₂ | 42 ⁵ / ₈ | 12 3 ⁷ / ₁₆ |

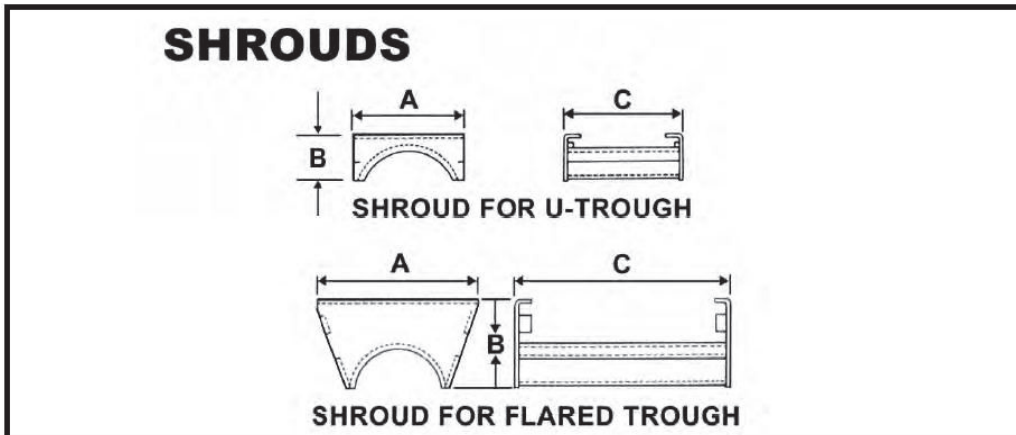
Tapas



Características

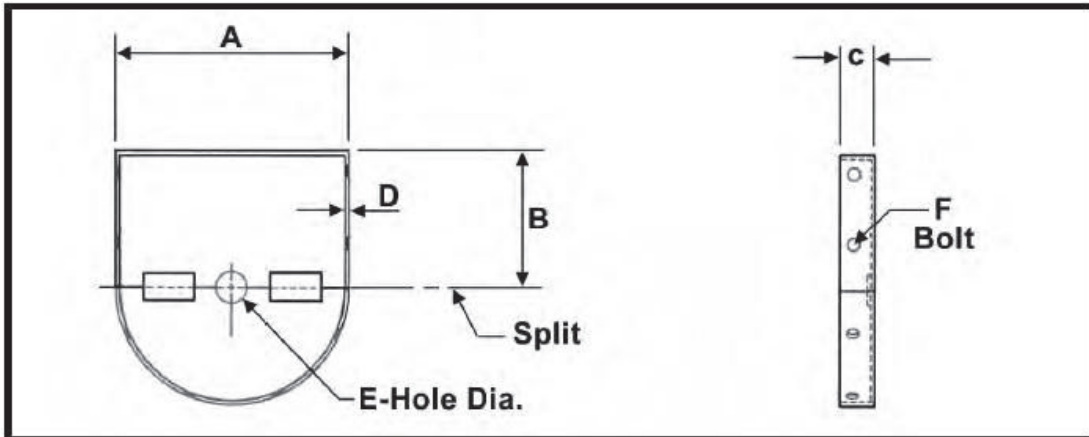
| Screw Diameter | Part # | A Trough Thickness | | B | C | D | H BOLTS | WT. |
|----------------|--------|-----------------------|----------------|--------|---------|-----|------------|------|
| | | THRU 10 GA | $3/16$ - $1/4$ | | | | | |
| 6 | 6EF-U | 7 1/4 | 7 3/8 | 4 1/2 | 1 3/8 | 1/4 | 3/8 | 1.5 |
| 9 | 9EF-U | 10 1/4 | 10 1/2 | 6 1/8 | 1 11/16 | 1/4 | 3/8 | 2.4 |
| 12 | 12EF-U | 13 1/4 | 13 1/2 | 7 3/4 | 2 | 1/4 | 1/2 | 5.5 |
| 14 | 14EF-U | 15 1/4 | 15 1/2 | 9 1/4 | 2 | 1/4 | 1/2 | 6.5 |
| 16 | 16EF-U | 17 1/4 | 17 1/2 | 10 5/8 | 2 | 1/4 | 5/8 | 7.4 |
| 18 | 18EF-U | 19 1/4 | 19 1/2 | 12 1/8 | 2 1/2 | 1/4 | 5/8 | 10.4 |
| 20 | 20EF-U | 21 1/4 | 21 1/2 | 13 1/2 | 2 1/2 | 1/4 | 5/8 | 11.5 |
| 24 | 24EF-U | 25 1/4 | 25 1/2 | 16 1/2 | 2 1/2 | 1/4 | 5/8 | 13.5 |

Shrouds: porta covertor



Dimensiones

| Screw Dia (") | Shroud Thick. (GA) | Part Number | | Wt. (lbs) | | A | | B | | C |
|---------------|--------------------|-------------|----------|-----------|--------|----------|--------|----------|----------|----|
| | | U-Trough | Flared | U-Trough | Flared | U-Trough | Flared | U-Trough | Flared | |
| 6 | 12 | 6SHD12U | 6SHD12V | 11 | 16 | 7 | 13 3/4 | 2 11/16 | 6 3/4 | 14 |
| | 7 | 6SHD7U | 6SHD7V | 7 | 13 | 7 | 13 3/4 | 2 11/16 | 6 3/4 | 14 |
| 9 | 12 | 9SHD12U | 9SHD12V | 17 | 28 | 10 | 17 3/4 | 3 13/16 | 8 9/16 | 18 |
| | 7 | 9SHD7U | 9SHD7V | 13 | 23 | 10 | 17 3/4 | 3 13/16 | 8 9/16 | 18 |
| 10 | 12 | 10SHD12U | 10SHD12V | 19 | — | 11 | — | 3 13/16 | — | 20 |
| | 7 | 10SHD7U | 10SHD7V | 14 | — | 11 | — | 3 13/16 | — | 20 |
| 12 | 12 | 12SHD12U | 12SHD12V | 28 | 41 | 13 | 21 3/4 | 4 3/4 | 9 1/2 | 24 |
| | 7 | 12SHD7U | 12SHD7V | 20 | 32 | 13 | 21 3/4 | 4 3/4 | 9 1/2 | 24 |
| 14 | 12 | 14SHD12U | 14SHD12V | 37 | 54 | 15 | 23 3/4 | 5 13/16 | 10 5/16 | 28 |
| | 7 | 14SHD7U | 14SHD7V | 30 | 42 | 15 | 23 3/4 | 5 13/16 | 10 5/16 | 28 |
| 16 | 12 | 16SHD12U | 16SHD12V | 47 | 68 | 17 | 27 3/4 | 6 13/16 | 11 1/8 | 32 |
| | 7 | 16SHD7U | 16SHD7V | 35 | 52 | 17 | 27 3/4 | 6 13/16 | 11 1/8 | 32 |
| 18 | 12 | 18SHD12U | 18SHD12V | 60 | 82 | 19 | 30 3/4 | 7 7/8 | 11 1/8 | 36 |
| | 7 | 18SHD7U | 18SHD7V | 45 | 63 | 19 | 30 3/4 | 7 7/8 | 11 1/8 | 36 |
| 20 | 7 | 20SHD7U | 20SHD7V | 71 | 100 | 21 | 33 3/4 | 8 11/16 | 13 1/8 | 40 |
| 24 | 7 | 24SHD7U | 24SHD7V | 100 | 142 | 25 | 39 3/4 | 10 7/8 | 15 15/16 | 48 |



| SCREW DIA (") | PART # | A | B | C | D (GA) | E | F BOLT |
|---------------|--------|----------------------------------|--------------------------------|-----|------------------------------|---|-----------------------------|
| 6 | 6SBH | 6 ¹⁵ / ₁₆ | 4 ½ | 2 | 10 | * | ³ / ₈ |
| 9 | 9SBH | 9 ¹⁵ / ₁₆ | 6 ¹ / ₈ | 2 | ³ / ₁₆ | * | ³ / ₈ |
| 12 | 12SBH | 12 ¹⁵ / ₁₆ | 7 ³ / ₄ | 2 | ³ / ₁₆ | * | ½ |
| 14 | 14SBH | 14 ¹⁵ / ₁₆ | 9 ¼ | 2 | ³ / ₁₆ | * | ½ |
| 16 | 16SBH | 16 ¹⁵ / ₁₆ | 10 ⁵ / ₈ | 2 | ³ / ₁₆ | * | ⁵ / ₈ |
| 18 | 18SBH | 18 ¹⁵ / ₁₆ | 12 ¹ / ₈ | 2 | ³ / ₁₆ | * | ⁵ / ₈ |
| 20 | 20SBH | 20 ¹⁵ / ₁₆ | 13 ¹ / ₈ | 2 ½ | ¼ | * | ⁵ / ₈ |
| 24 | 24SBH | 24 ¹⁵ / ₁₆ | 16 ¹ / ₈ | 2 ½ | ¼ | * | ⁵ / ₈ |

*Varía con el tamaño de la tubería.

ANEXO E: TABLA DE TUBERÍA PARA EL TRASPORTADOR SIN FIN.

Tabla D. 1 Tubería para el transportador sin fin

| NOM. PIPE SIZE | NOM. O.D. | SCHEDULE 40 | | | SCHEDULE 80 | | |
|----------------------|--------------|--------------|---------|-------------------|-------------|---------|-------------------|
| | | NOM. I.D. | WT #/FT | I IN ⁴ | NOM. I.D. | WT #/FT | I IN ⁴ |
| 1 ¼ | 1.660 | 1.380 | 2.27 | .1947 | 1.278 | 3.0 | .2418 |
| 2 | 2.375 | 2.067 | 3.65 | .666 | 1.939 | 5.02 | .8769 |
| 2 ½ | 2.875 | 2.469 | 5.79 | 1.53 | 2.323 | 7.66 | 1.924 |
| 3 | 3.5 | 3.068 | 7.58 | 3.017 | 2.9 | 10.25 | 3.894 |
| 3 ½ | 4.0 | 3.548 | 9.11 | 4.788 | 3.364 | 12.51 | 6.28 |
| 4 | 4.5 | 4.026 | 10.79 | 7.233 | 3.826 | 14.98 | 9.61 |
| 5 | 5.563 | 5.047 | 14.62 | 15.16 | 4.813 | 20.78 | 20.67 |
| 6 | 6.625 | 6.065 | 18.97 | 28.14 | 5.761 | 28.57 | 40.49 |
| 8 | 8.625 | 8.071 | 28.70 | 72.49 | 7.625 | 43.39 | 105.7 |
| 10 | 10.75 | 10.02 | 161.00 | | | | 212.0 |

Fuente: Norma CEMA pág. 24

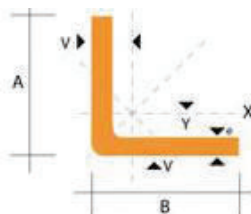
ANEXOS F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE COJINETE

Tabla E. 1 Especificaciones técnica de cojinete

| Valores f_c para rodamientos de bolas | | | | | | | | | |
|---|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|--------|
| n | f_c | n | f_c | n | f_c | n | f_c | n | f_c |
| min^{-1} | | min^{-1} | | min^{-1} | | min^{-1} | | min^{-1} | |
| 10 | 1,49 | 55 | 0,846 | 340 | 0,461 | 1800 | 0,265 | 9500 | 0,152 |
| 11 | 1,45 | 60 | 0,822 | 360 | 0,452 | 1900 | 0,26 | 10000 | 0,149 |
| 12 | 1,41 | 65 | 0,8 | 380 | 0,444 | 2000 | 0,255 | 11000 | 0,145 |
| 13 | 1,37 | 70 | 0,781 | 400 | 0,437 | 2200 | 0,247 | 12000 | 0,141 |
| 14 | 1,34 | 75 | 0,763 | 420 | 0,43 | 2400 | 0,24 | 13000 | 0,137 |
| 15 | 1,3 | 80 | 0,747 | 440 | 0,423 | 2600 | 0,234 | 14000 | 0,134 |
| 16 | 1,28 | 85 | 0,732 | 460 | 0,417 | 2800 | 0,228 | 15000 | 0,131 |
| 17 | 1,25 | 90 | 0,718 | 480 | 0,411 | 3000 | 0,223 | 16000 | 0,128 |
| 18 | 1,23 | 95 | 0,705 | 500 | 0,405 | 3200 | 0,218 | 17000 | 0,125 |
| 19 | 1,21 | 100 | 0,693 | 550 | 0,393 | 3400 | 0,214 | 18000 | 0,123 |
| 20 | 1,19 | 110 | 0,672 | 600 | 0,382 | 3600 | 0,21 | 19000 | 0,121 |
| 22 | 1,15 | 120 | 0,652 | 650 | 0,372 | 3800 | 0,206 | 20000 | 0,119 |
| 24 | 1,12 | 130 | 0,635 | 700 | 0,362 | 4000 | 0,203 | 22000 | 0,115 |
| 26 | 1,09 | 140 | 0,62 | 750 | 0,354 | 4200 | 0,199 | 24000 | 0,112 |
| 28 | 1,06 | 150 | 0,606 | 800 | 0,347 | 4400 | 0,196 | 26000 | 0,109 |
| 30 | 1,04 | 160 | 0,593 | 850 | 0,34 | 4600 | 0,194 | 28000 | 0,106 |
| 32 | 1,01 | 170 | 0,581 | 900 | 0,333 | 4800 | 0,191 | 30000 | 0,104 |
| 34 | 0,993 | 180 | 0,57 | 950 | 0,327 | 5000 | 0,188 | 32000 | 0,101 |
| 36 | 0,975 | 190 | 0,56 | 1000 | 0,322 | 5500 | 0,182 | 34000 | 0,0993 |
| 38 | 0,957 | 200 | 0,55 | 1100 | 0,312 | 6000 | 0,177 | 36000 | 0,0975 |
| 40 | 0,941 | 220 | 0,533 | 1200 | 0,303 | 6500 | 0,172 | 38000 | 0,0957 |
| 42 | 0,926 | 240 | 0,518 | 1300 | 0,295 | 7000 | 0,168 | 40000 | 0,0941 |
| 44 | 0,912 | 260 | 0,504 | 1400 | 0,288 | 7500 | 0,164 | 42000 | 0,0926 |
| 46 | 0,898 | 280 | 0,492 | 1500 | 0,281 | 8000 | 0,161 | 44000 | 0,0912 |
| 48 | 0,886 | 300 | 0,481 | 1600 | 0,275 | 8500 | 0,158 | 46000 | 0,0898 |
| 50 | 0,874 | 320 | 0,471 | 1700 | 0,27 | 9000 | 0,155 | 50000 | 0,0874 |

Fuente: <http://www.baleromex.com/catalogos/C-FAG.pdf> pág. 34

ANEXO G: CATÁLOGO DE PERFILES ESTRUCTURALES DE SECCIÓN CUADRADA.



Seleccione el producto para agregarlo a la proforma.
Bajar documentación

Características 1 | Características 2 | Proforma

Continuación del cuadro anterior

| DIMENSIONES | | | PESOS | | SECCION | EJE X-X | | EJE Y-Y | | EJE U-U | | EJE V-V | |
|-------------|-----|----|----------|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|------|---------|------|---------|--|
| A | B | e | 6 metros | 1 metro | | I | W | i | X=Y | i | i | | |
| mm | mm | mm | Kg | Kg | | cm ² | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm | cm | cm | |
| 100 | 100 | 5 | 45.18 | 7.53 | 9.59 | 95.50 | 13.10 | 3.16 | 2.73 | 4.01 | 1.95 | | |
| 100 | 100 | 6 | 54.72 | 9.12 | 11.40 | 112.50 | 15.58 | 3.14 | 2.78 | 4.00 | 1.92 | | |
| 100 | 100 | 8 | 71.76 | 11.96 | 14.95 | 144.63 | 20.29 | 3.11 | 2.87 | 3.97 | 1.89 | | |
| 100 | 100 | 10 | 88.14 | 14.69 | 18.36 | 173.85 | 24.73 | 3.08 | 2.97 | 3.94 | 1.83 | | |
| 100 | 100 | 12 | 105.12 | 17.52 | 21.63 | 201.12 | 28.98 | 3.05 | 3.06 | 3.92 | 1.82 | | |
| 100 | 100 | 14 | 120.42 | 20.07 | 24.78 | 225.60 | 32.98 | 3.02 | 3.16 | 3.89 | 1.75 | | |
| 125 | 125 | 5 | 56.94 | 9.49 | 12.10 | 190.00 | 20.80 | 3.96 | 3.35 | 5.03 | 2.46 | | |
| 125 | 125 | 6 | 69.12 | 11.52 | 14.40 | 224.55 | 24.67 | 3.95 | 3.40 | 5.02 | 2.44 | | |
| 125 | 125 | 8 | 90.96 | 15.16 | 18.95 | 290.90 | 32.29 | 3.92 | 3.49 | 4.99 | 2.47 | | |
| 125 | 125 | 10 | 112.14 | 18.69 | 23.36 | 353.10 | 39.63 | 3.89 | 3.59 | 4.96 | 2.35 | | |
| 125 | 125 | 12 | 134.28 | 22.38 | 27.63 | 411.29 | 46.63 | 3.86 | 3.68 | 4.94 | 2.32 | | |
| 125 | 125 | 14 | 154.44 | 25.74 | 31.78 | 465.43 | 53.38 | 3.83 | 3.78 | 4.91 | 2.27 | | |
| 150 | 150 | 6 | 83.52 | 13.92 | 17.40 | 393.59 | 35.88 | 4.75 | 4.03 | 6.04 | 2.94 | | |
| 150 | 150 | 8 | 110.16 | 18.36 | 22.95 | 512.45 | 47.10 | 4.72 | 4.12 | 6.01 | 2.92 | | |
| 150 | 150 | 10 | 136.14 | 22.69 | 28.36 | 625.31 | 57.95 | 4.69 | 4.21 | 5.98 | 2.87 | | |
| 150 | 150 | 12 | 163.14 | 27.24 | 33.60 | 732.00 | 68.50 | 4.67 | 4.31 | 5.96 | 2.84 | | |
| 150 | 150 | 14 | 183.60 | 30.60 | 37.78 | 833.33 | 78.62 | 4.64 | 4.40 | 5.93 | 2.79 | | |
| 175 | 175 | 6 | 99.18 | 16.53 | 20.41 | 631.44 | 49.14 | 5.56 | 4.65 | 7.06 | 3.45 | | |
| 175 | 175 | 8 | 131.22 | 21.87 | 26.90 | 825.00 | 64.70 | 5.53 | 4.74 | 7.03 | 3.43 | | |
| 175 | 175 | 10 | 160.20 | 26.70 | 33.40 | 1010.00 | 79.80 | 5.50 | 4.84 | 7.01 | 3.39 | | |
| 175 | 175 | 12 | 192.54 | 32.09 | 39.60 | 1190.00 | 94.50 | 5.47 | 4.93 | 6.98 | 3.35 | | |
| 175 | 175 | 14 | 222.24 | 37.04 | 45.80 | 1360.00 | 109.00 | 5.44 | 5.03 | 6.95 | 3.35 | | |
| 200 | 200 | 6 | 112.32 | 18.72 | 23.40 | 949.53 | 64.50 | 6.37 | 5.28 | 8.08 | 3.95 | | |
| 200 | 200 | 8 | 148.56 | 24.76 | 30.95 | 1243.96 | 85.02 | 6.34 | 5.37 | 8.05 | 3.32 | | |
| 200 | 200 | 10 | 184.14 | 30.69 | 38.36 | 1527.52 | 105.05 | 6.31 | 5.46 | 8.02 | 3.39 | | |
| 200 | 200 | 12 | 221.14 | 36.94 | 45.60 | 1800.00 | 125.00 | 6.28 | 5.55 | 8.00 | 3.36 | | |
| 200 | 200 | 14 | 256.26 | 42.71 | 52.80 | 2060.00 | 144.00 | 6.25 | 5.65 | 7.97 | 3.42 | | |
| 250 | 250 | 6 | 141.12 | 23.52 | 29.40 | 1874.06 | 101.46 | 7.98 | 6.53 | 10.12 | 4.97 | | |
| 250 | 250 | 8 | 186.96 | 31.16 | 38.95 | 2464.09 | 134.06 | 7.95 | 6.62 | 10.09 | 4.34 | | |
| 250 | 250 | 10 | 232.14 | 38.69 | 48.36 | 3037.01 | 166.04 | 7.92 | 6.71 | 10.06 | 4.37 | | |
| 250 | 250 | 12 | 280.08 | 46.68 | 57.63 | 3593.42 | 197.44 | 7.90 | 6.80 | 10.04 | 4.38 | | |
| 250 | 250 | 14 | 324.54 | 54.09 | 66.78 | 4132.57 | 228.32 | 7.87 | 6.90 | 10.01 | 4.32 | | |


También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.

Fuente: http://www.dipacmanta.com/alineas.php?ca_codigo=1601

ANEXO H: CATÁLOGO DE CILINDROS NEUMÁTICOS

Herramienta de software

FESTO







Simulaciones perfectas en lugar de costosas pruebas.
Con esta herramienta es fácil seleccionar y configurar la cadena completa de control neumático. Si se modifica un parámetro, el programa ajusta el resto automáticamente.

Esta herramienta está disponible

- en el catálogo electrónico (haciendo clic en los iconos de color azul debajo del campo de búsqueda)
- o en la web, en el apartado de software de la sección de asistencia técnica
- o, también, en el DVD en la sección de selección y dimensionamiento.

Cilindros normalizados

| Tipo |  Cilindro compacto ADN |  Cilindro compacto AEN |  Cilindro compacto ADNP |  Cilindro compacto ADN-EL |
|------------------------------------|---|--|--|--|
| Funcionamiento | Doble efecto | Simple efecto, empuje o tracción | Doble efecto | Doble efecto |
| Diámetro del émbolo | 12 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm, 32 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm, 80 mm, 100 mm, 125 mm | 12 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm, 32 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm, 80 mm, 100 mm | 20 mm, 25 mm, 32 mm, 40 mm, 50 mm | 20 mm, 25 mm, 32 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm, 80 mm, 100 mm |
| Fuerza teórica con 6 bar en avance | 51 ... 7363 N | 56 ... 4511 N | 188 ... 1178 N | 188 ... 4712 N |
| Carrera | 1 ... 500 mm | 1 ... 25 mm | 5 ... 80 mm | 10 ... 500 mm |
| Amortiguación | P: anillos y discos elásticos en ambos lados, PPS: amortiguación neumática autorregulable de fin de recorrido | P: anillos y discos elásticos en ambos lados; | P: anillos y discos elásticos en ambos lados; | P: anillos y discos elásticos en ambos lados; |
| Descripción | <ul style="list-style-type: none"> • Diámetro del émbolo 12... 100 mm corresponde a ISO 21287 • Montaje en la mitad del espacio en comparación con cilindros normalizados según ISO 15552 • Para la detección de las posiciones • Vástago con rosca interior o exterior • Gran cantidad de variantes | <ul style="list-style-type: none"> • ISO 21287 • Montaje en la mitad del espacio en comparación con cilindros normalizados según ISO 15552 • Para la detección de las posiciones • Vástago con rosca interior o exterior • Gran cantidad de variantes | <ul style="list-style-type: none"> • ISO 21287 • Montaje en la mitad del espacio en comparación con cilindros normalizados según ISO 15552 • Con culata de polímero y vástago de aluminio • Cilindro de coste optimizado, para aplicaciones estándar • Para la detección de las posiciones • Vástago con rosca interior o exterior | <ul style="list-style-type: none"> • Patrón normalizado de taladros • Con bloqueo de posiciones finales en ambos lados, delante o detrás • Para la detección de las posiciones • Vástago con rosca interior o exterior |
| online: → | adn | aen | adnp | adn-el |

Fuente: http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/16953/ProductOverview_2013_ES_low.pdf pág. 13

ANEXO I: CATÁLOGO DE ELECTROVÁLVULAS

Tipo..... Microcilindros neumáticos de simple efecto resorte delantero, con imán incorporado en el pistón, con una electroválvula 3/2 de comando ubicada en la tapa trasera

Montaje..... Fijación delantera (ver diseño)

Diámetros de pistón..... 12 16 20 25 mm

Conexiones..... M5x0,8 M5x0,8 G1/8" G1/8"

Carreras..... 10, 25 y 50 mm (otras carreras consultar)

Temperatura -5...50 °C (23...122 °F)

Fluido..... Aire filtrado con o sin lubricación

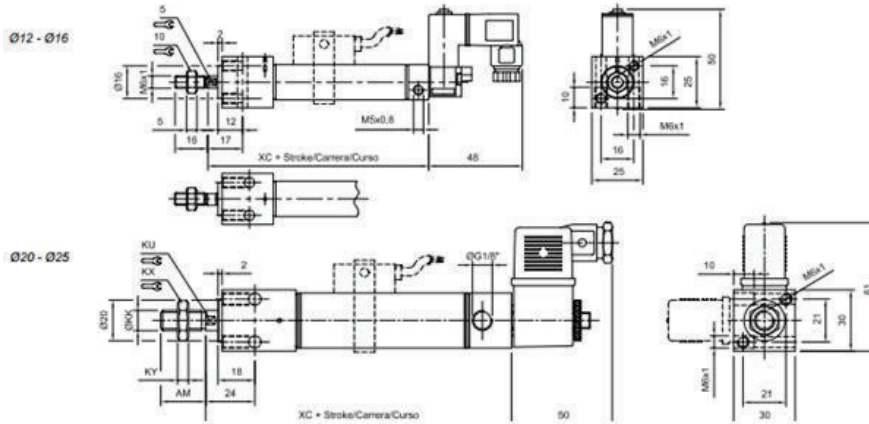
Presión de trabajo 1..8 bar (Ø12 y 16); 0,5...10 bar (Ø20 y 25)

Interruptor magnético Ver página 1.2.2.2

Materiales..... Tapas de aluminio, tubo y vástago de acero inoxidable, sellos de PUR, imán de plástico magnético (características del solenoide ver en capítulo 5 de este manual)



| Ø | Carreras | | | AM | ØKK | KU | KX | KY | XC | Carrera mín. con 1 sensor | Carrera mín. con 2 sensores |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|----|----------|----|----|----|-------|---------------------------|-----------------------------|
| | 10 | 25 | 50 | | | | | | | | |
| 12 | 0.023.650.010/- | 0.023.650.025/- | 0.023.650.050/- | - | - | - | - | - | 72 | 15 | 25 |
| 16 | 0.024.650.010/- | 0.024.650.025/- | 0.024.650.050/- | - | - | - | - | - | 78 | 5 | 20 |
| 20 | 0.025.650.010/- | 0.025.650.025/- | 0.025.650.050/- | 20 | M8x1,25 | 7 | 13 | 5 | 97 | 5 | 20 |
| 25 | 0.026.650.010/- | 0.026.650.025/- | 0.026.650.050/- | 22 | M10x1,25 | 9 | 17 | 6 | 101,5 | 5 | 20 |



ANEXO J: CATALOGO DE COMPRESOR:

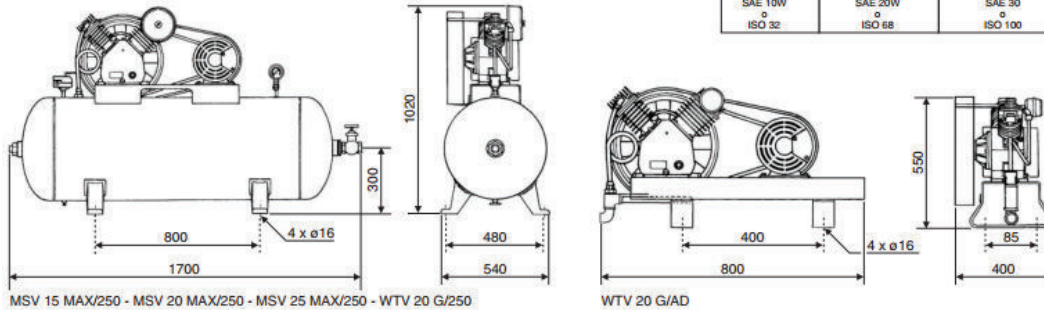
SCHULZ: INICIO DE FABRICACIÓN - JUNIO/1996
 TÉRMINO DE FABRICACIÓN - MSV 15 MAX/220V - MSV 15 MAX/250 - NOVIEMBRE/1997
 WAYNE: INICIO DE FABRICACIÓN - OCTUBRE/1994

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| MODELO | CAUDAL TEÓRICO | | PRESIÓN MÁX | | RESERVATORIO (TANQUE) DE AIRE | | Polea (mm) | | | Correa | MOTOR ELÉCTRICO | | | ACEITE LUBRICANTE | PESO C/ MOTOR (kg) | PINTURA | |
|----------------|------------------------|-------|----------------------|------|-------------------------------|--------------------|------------|-------|-------|--------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| | pies ³ /min | l/min | lb/pulg ² | bar | Volumen geom.(l) | Tiempo en llenarse | rpm | 50 Hz | 60 Hz | | cv | kW | Polos | | | | Tensión (V) |
| MSV 15 MAX/250 | 15 | 425 | 175 | 12 | 257 | 9" | 785 | 108 | 90 | A 60 | 3 | 2,25 | 110/220 MONOF. 220/380 TRIF. | NEMA-G56H NEMA-3C90L | 1000 | 197 | RAL 5004 (Schulz) |
| MSV 20 MAX/250 | 20 | 566 | | | | 6"18" | 1050 | 156 | 128 | A 64 | 5 | 3,75 | 2 | 220/380 TRIF. | | ABNT-100L 5 cv 112M 5,5 cv | |
| WTV 20 G/AD | | | 6"18" | 4" | 1310 | 162 | 135 | A 64 | 5,5* | 4,1* | 153 | | | | | | |
| WTV 20 G/250 | 7"50" | 785 | 108 | 90 | A 60 | 3 | 2,25 | | | | 110/220 MONOF. 220/380 TRIF. | NEMA-G56H NEMA-3C90L | 208 | | | | |
| MSV 25 MAX/250 | 25 | 708 | 120 | 8,3 | 220 | 5"26" | 1050 | 156 | 128 | A 64 | 5,5* | 4,1* | ABNT-100L 5 cv 112M 5,5 cv | 209 | RAL 3001 (Wayne) | | |
| MSV 15MAX/220V | 15 | 425 | 175 | 12 | | 3"27" | 1310 | 162 | 135 | | | | | 110/220 MONOF. 220/380 TRIF. | | NEMA-G56H NEMA-3C90L | 197 |
| MSV 20MAX/220V | 20 | 566 | | | 175 | 12 | 220 | 5"26" | 1050 | 156 | 128 | A 64 | 5,5* | 4,1* | ABNT-100L 5 cv 112M 5,5 cv | 208 | |
| WTV 20 G/220V | 20 | 566 | 3"27" | 1310 | | | | | | | | | | | | 162 | 135 |
| MSV 25MAX/220V | 25 | 708 | 120 | 8,3 | 220 | 5"26" | 1050 | 156 | 128 | A 64 | 5,5* | 4,1* | ABNT-100L 5 cv 112M 5,5 cv | 209 | RAL 3001 (Wayne) | | |

* Versión 50 Hz motor eléctrico es 5,5 cv o 4,1 kW

| ACEITES LUBRICANTES RECOMENDADOS PARA COMPRESORES | | |
|---|-------------------|--------------------|
| Abaajo 32 °F | 32 °F hasta 68 °F | 68 °F hasta 113 °F |
| Abaajo 0 °C | 0 °C hasta 20 °C | 20 °C hasta 45 °C |
| SAE 10W | SAE 20W | SAE 30 |
| o ISO 32 | o ISO 68 | o ISO 100 |



ANEXO K: CATÁLOGO DE PLC'

Tabla J.1 Tabla de PLC's y especificaciones



| <i>Integrated I/O</i> | CPU 1211C | CPU 1212C | CPU 1214C |
|-----------------------------|--|------------------------|--------------------------|
| Integrated Digital I/O | 6 / 4 salidas | 8 entradas / 6 salidas | 14 entradas / 10 salidas |
| Integrated Analog I/O | 2 entradas | 2 entradas | 2 entradas |
| Max. Local I/O – Digital | 14 | 82 | 284 |
| Max. Local I/O – Analog | 3 | 19 | 67 |
| Tamaño de imagen de proceso | 1024 Bytes for entradas / 1024 Bytes for salidas | | |

https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/documentacion/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf

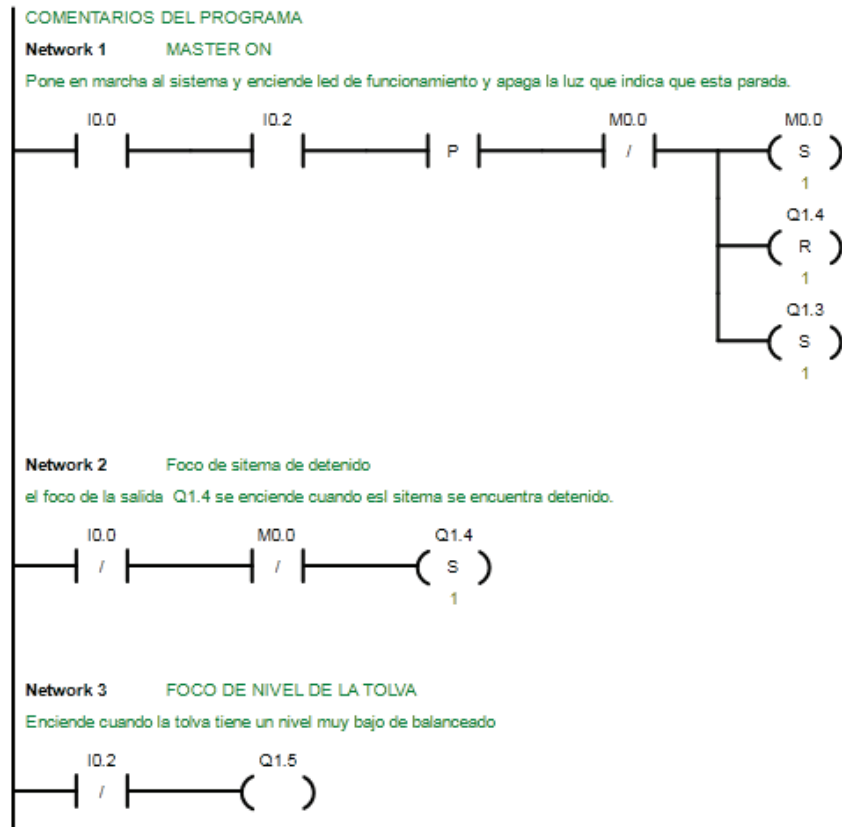
**ANEXO L: PROGRAMACION DE STEP – 7 EN LENGUAJE
LADDER.**

ANEXO M: CONEXIÓN DE PLC'S CON SISTEMA DE CONTROL

Proyecto1 / PRINCIPAL (OB1)

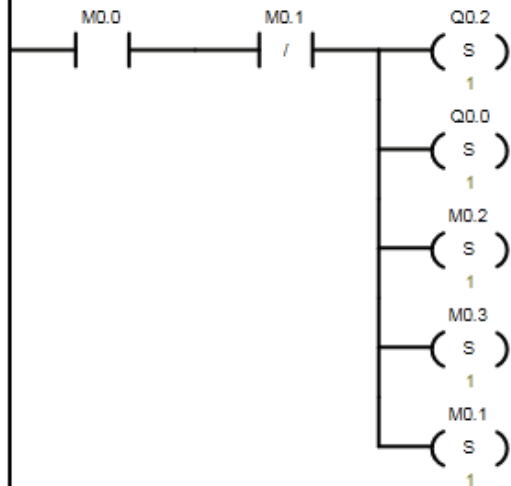
Bloque: PRINCIPAL
 Autor:
 Fecha de creación: 12.02.2015 15:41:53
 Fecha de modificación: 13.02.2015 15:14:44

| Símbolo | Tipo var. | Tipo de datos | Comentario |
|---------|-----------|---------------|------------|
| | TEMP | | |
| | TEMP | | |
| | TEMP | | |
| | TEMP | | |

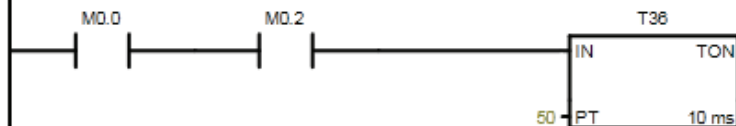


Network 4 ACCIONA PISTÓN DE LA TOLVA

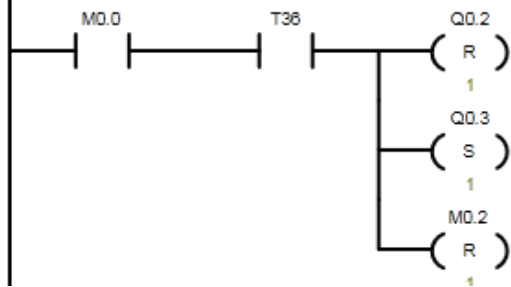
Ya con el nivel lleno de la tolva entonces se acciona el Piston de la compueta para el paso del balanceado y se prende el motor

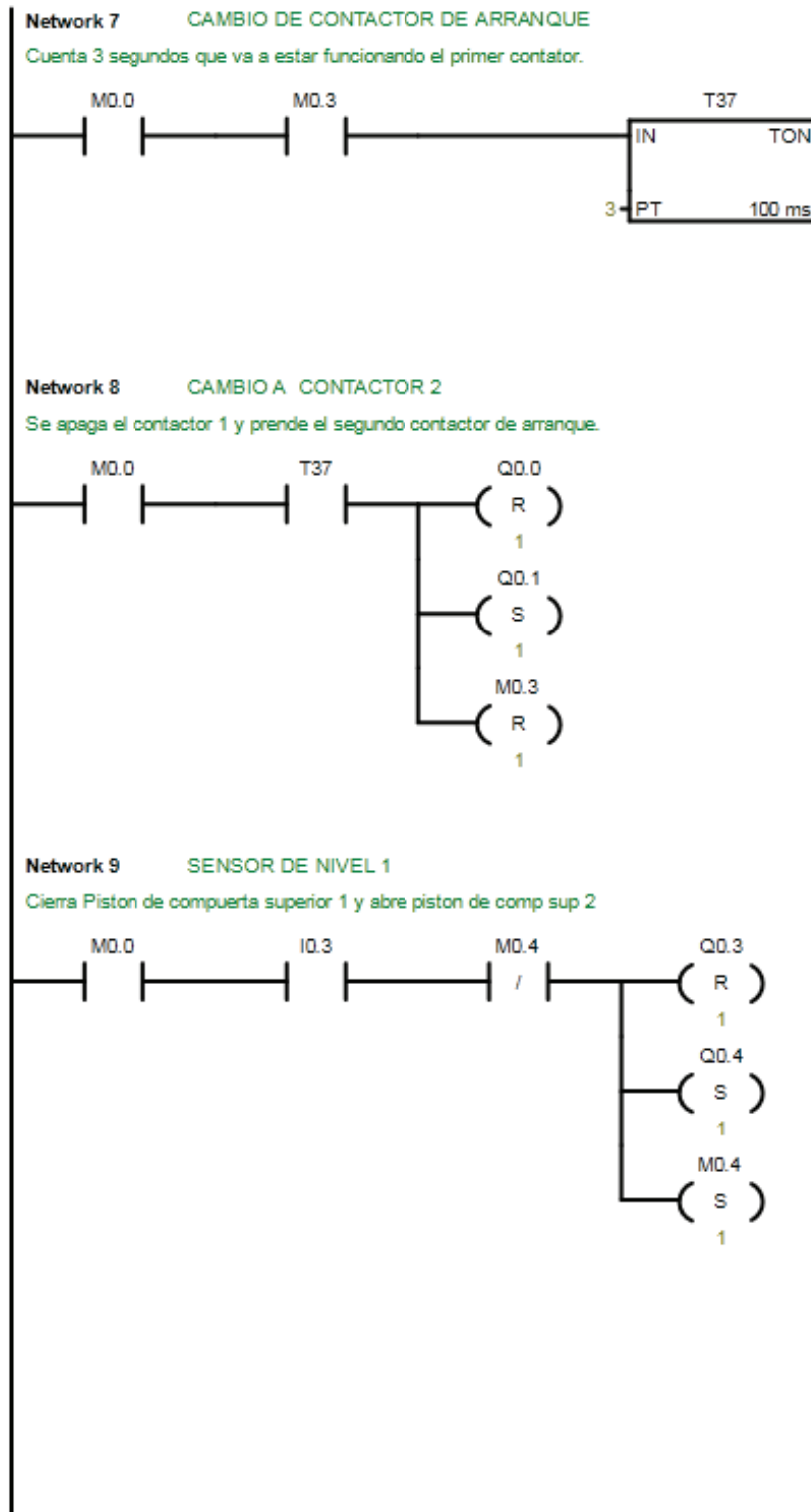
**Network 5** TEMPOSORIZADOR DEL PISTON TOLVA

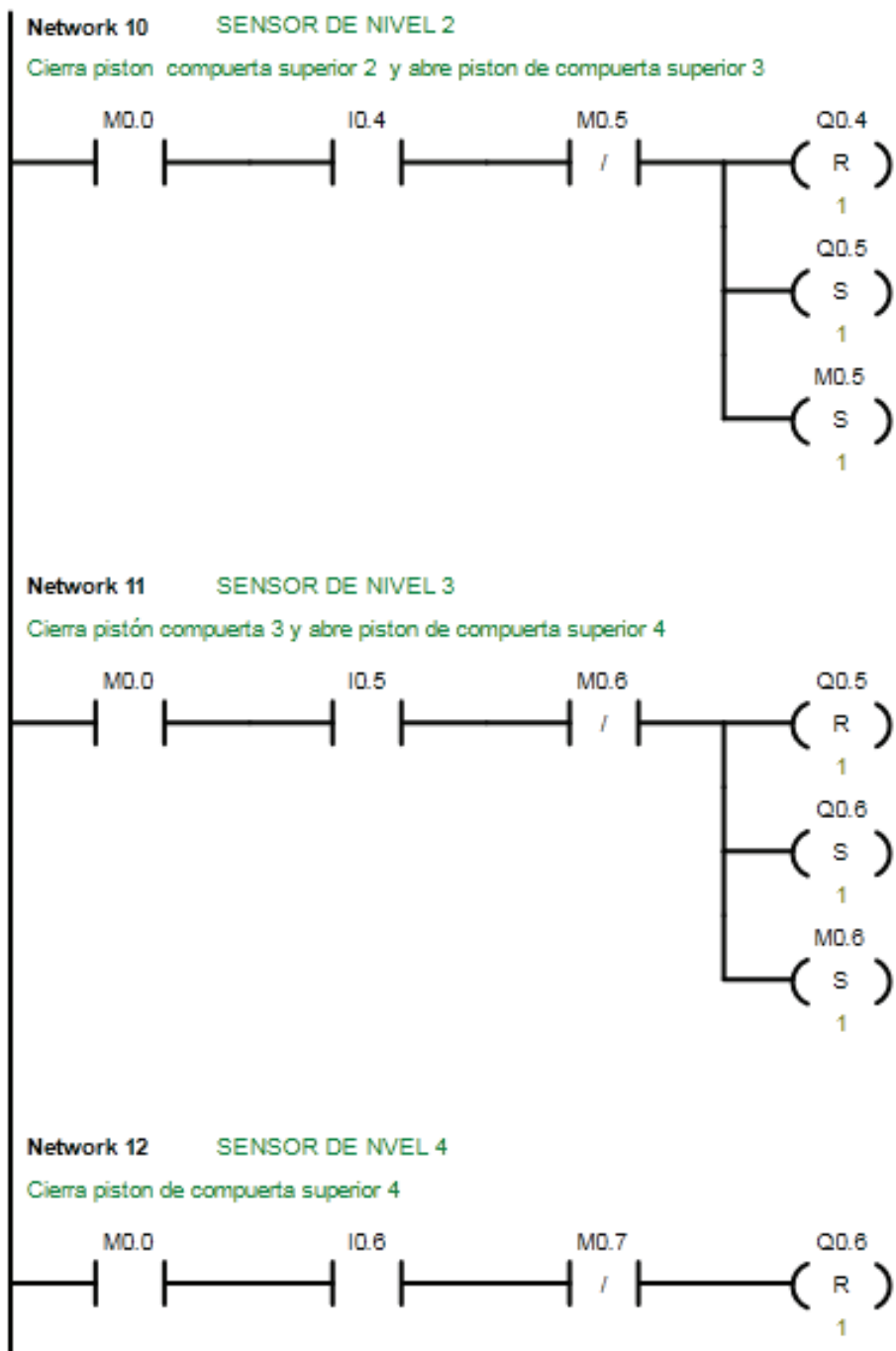
Con el temporizador en el cilindro se demora 500 ms

**Network 6** ABRE CANAL 1

Al transcurrir el tiempo de T36 se cierra el psiton e la tolva mientras se abre el piston del Canal 1 de la compueta superior.

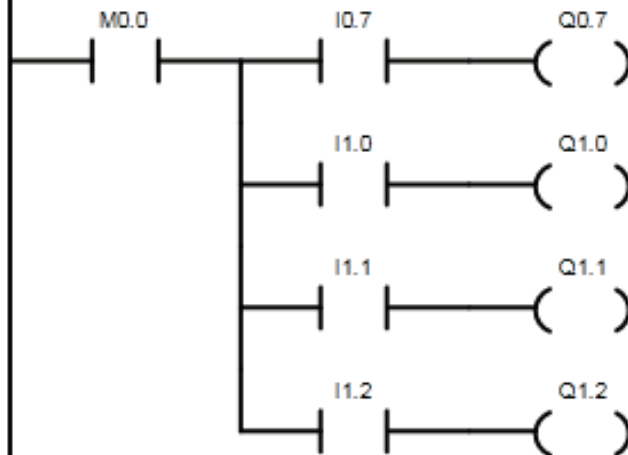




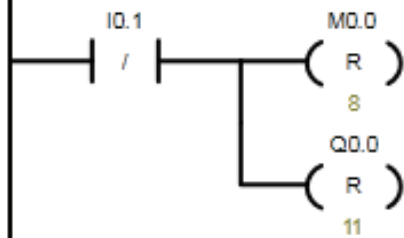


Network 13 **SENSOR DE PRESENCIA**

Los sensores de presencia al detectar señal accionan o abren los pistones de las compuertas inferior.

**Network 14** **MASTER OFF**

Se apagan todas las memorias usadas y las salidas ya no tienen señal.



ANEXO N: PROFORMAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

Quito 14 de Diciembre del 2014

Cotización PR-140513 Tornillo Inox

Atención: Srta.: Angélica Carrillo

Asunto: Tornillo inoxidable para transporte de balanceado para ganado.

De mi consideración:

Mediante la presente, hago llegar a Ud. nuestra cotización referente a la fabricación y suministro de 1 tornillo inoxidable para transporte de balanceado de ganado.

Para la determinación de las capacidades, y potencia nos hemos basado en la información proporcionada por el cliente:

- Productividad de transporte 1.5m³ cada 2 horas

1.- Transportador inclinado de tornillo

- Capacidad de transporte 600 kg/h
- Posición horizontal
- Cuerpo del transportador fabricado en lámina e acero inoxidable AISI304 o equivalente, , espesor 3 mm
- Bastidor de soporte construido en tubo cuadrado de acero inoxidable de 1,5mm de espesor calidad AISI304 o equivalente
- Tornillo de transporte fabricado en acero inoxidable AISI304, apoyado sobre chumaceras de hierro con separador plástico y retenedor
- Tapa superior en acero inoxidable , con una pequeña tolva de recepción de producto capacidad 40dm³
- Diámetro de tornillo 9" Paso 1"
- Boca de descarga libre al extremo superior
- Longitud de tornillo 1500mm aproximado
- Altura de tolva de llenado : 2000mm sobre el piso

- Altura de boca de descarga : 1000 mm sobre el piso
- Motoreductor trifásico de 0.5HP 55 RPM, 220V 60 Hz
- Velocidad variable entre 40% y 100% de velocidad nominal
- No incluye instalación sobre camión

Precio : US\$ 2500.00 más IVA

A todos los precios se deberá añadir el IVA correspondiente

Validez de oferta: 2 semanas. por inestabilidad en los precios del acero.

Forma de pago: 60% anticipo, saldo de manera previa al despacho, contra inspección del funcionamiento en nuestra planta.

Plazo de entrega: aprox 15 a 20 días hábiles a partir de la recepción del anticipo, y orden de trabajo o contrato.

Lugar de entrega: Nuestra planta ubicada en Quito, cargado sobre camión

Estos precios son vigentes a la presente fecha, y deberán ser revisados en caso de darse medidas gubernamentales que afecten los costos de la misma.

Se excluye de esta oferta todo tipo de prestación o servicio, no establecido explícitamente en el alcance de la misma.

Atentamente

PROMETALL

Ing. Renato Alarcón G.

ANEXO O: PLANOS DE CONJUNTO Y DE TALLER.