

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE – LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA
AUTOMÁTICA DE ENCIMAS PARA BALANCEADO DE CAMARÓN
PARA LA EMPRESA EMPAGRAN S.A.**

ELABORADO POR:

OSCAR FABIÁN AGUINSACA DURAZNO

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

Año

2008

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Aguirre Oscar Fabián, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico.

Ing. Fausto Acuña
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Mario Jiménez
CODIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Washington Freire
COORDINADOR DE CARRERA

Dr. Eduardo Vázquez
SECRETARIO ABOGADO

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA, a los profesores de la carrera de Ingeniería Electromecánica ya que gracias a los conocimientos impartidos en las aulas durante mis estudios he podido desarrollarme como persona en el campo intelectual, profesional y espiritual, al director y codirector de tesis Ing. Fausto Acuña e Ing. Mario Jiménez ya que gracias a su apoyo incondicional éste proyecto se lo llevó a cabo con éxito, al Ing. Arturo Brito Gerente de Planta de EMPAGRAN S.A. por la ayuda brindada para la realización del proyecto y finalmente a mis compañeros y amigos que con solidaridad me apoyaron en los momentos difíciles de mi vida politécnica.

Oscar Agüinsaca D.

DEDICATORIA

El presente trabajo esta dedicado a DIOS por estar conmigo en todo momento, a mi MADRE DOLOROSA que me cobija y protege con sus bendiciones, a mis padres Silvio y Nelly que han sido mi principal e incondicional muestra de amor, respeto y apoyo durante toda mi vida, a mi hermana Mónica por ser el mi ángel protector, a mi hermana Diana que es mi fuente de superación constante y a Katy por ser una mujer con todas sus letras.

Oscar Aguiñaca D.

AUTORIZACIÓN

Yo, Aguinaca Durazno Oscar Fabián autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la Biblioteca Virtual de la Institución el Proyecto de Tesis titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA AUTOMÁTICA DE ENCIMA PARA BALANCEADO DE CAMARÓN PARA LA EMPRESA EMPAGRAN S.A.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y auditoria.

INDICE DE CONTENIDOS

| | PG |
|-----------------------------|-----|
| i.- INTRODUCCIÓN. | i |
| ii.- ANTECEDENTES. | ii |
| iii.- OBJETIVO GENERAL. | ii |
| iv.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS. | ii |
| v.- JUSTIFICACIÓN. | iii |
| vi.- ALCANCES Y METAS. | iii |

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

| | |
|---|----|
| 1.1. Descripción del proceso | 1 |
| 1.2. Dosificador | 4 |
| 1.2.1. Generalidades | 4 |
| 1.2.2. Tipos de dosificadores | 4 |
| 1.2.2.1. Dosificador por vibración | 4 |
| 1.2.2.2. Dosificador por tornillo | 5 |
| 1.3. Transportadores de tornillo sinfín | 5 |
| 1.3.1. Generalidades | 5 |
| 1.3.2. Características | 6 |
| 1.3.3. Partes | 7 |
| 1.3.4. Tipos de transportadores de tornillo sinfín | 7 |
| 1.3.4.1. Transportadores de tornillo sinfín standard | 7 |
| 1.3.4.2. Transportadores de tornillo sinfín standard con doble hélice | 8 |
| 1.3.4.3. Transportadores de tornillo sinfín standard con paletas | 8 |
| 1.3.4.4. Transportadores de tornillo sinfín standard con hélice cortada | 9 |
| 1.3.4.5. Transportadores de tornillo sinfín standard con hélice cortada y doblada | 9 |
| 1.3.4.6. Transportadores de tornillo sinfín standard con hélice cónica | 9 |
| 1.3.4.7. Transportadores de tornillo sinfín standard con doble hélice cónica | 10 |

| | |
|--|----|
| 1.3.4.8. Transportadores de tornillo sinfín standard tipo cinta | 10 |
| 1.3.4.9. Transportadores de tornillo sinfín de múltiple cintas | 11 |
| 1.3.4.10. Transportadores de tornillo sinfín de paletas | 11 |
| 1.3.4.11. Transportadores de tornillo sinfín con hélice cortada y paletas | 11 |
| 1.4. Tolvas | 12 |
| 1.4.1. Generalidades | 12 |
| 1.4.2. Ecuaciones de cálculo de los tanques y tolvas más utilizados | 12 |
| 1.5. Celdas de carga | 16 |
| 1.5.1. Generalidades | 16 |
| 1.5.2. Tipos de celdas de carga | 16 |
| 1.5.2.1. Cilíndricas | 16 |
| 1.5.2.2. Tipo viga con un punto de apoyo | 17 |
| 1.5.2.3. Tipo viga con dos puntos de apoyo | 18 |
| 1.5.2.4. Viga “S” | 18 |
| 1.5.3. Cableado | 19 |
| 1.5.4. Calibración | 19 |
| 1.5.5. Señal de salida | 19 |
| 1.6. Controlador de sistemas de pesaje | 20 |
| 1.7. Motorreductor | 20 |
| 1.7.1. Definición | 20 |
| 1.7.2. Beneficios de utilizar un motorreductor | 21 |
| 1.8. Acoplamientos y Cojinetes | 21 |
| 1.8.1. Acoplamientos | 21 |
| 1.8.1.1. Tipos de acoples | 22 |
| 1.8.2. Cojinetes | 25 |
| 1.8.2.1. Tipos de cojinetes | 25 |
| 1.9. Variadores de frecuencia | 28 |
| 1.9.1. Generalidades | 28 |
| 1.9.2. Beneficios de utilizar un variador de frecuencia | 29 |
| 1.9.3. Tipos de control de velocidad que permite un variador de frecuencia | 30 |

CAPITULO II

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE ENCIMAS

| | |
|--|----|
| 2.1. Tolva | 31 |
| 2.2. Transportador de tornillo sinfín | 33 |
| 2.3. Cono de descarga | 35 |
| 2.4. Motorreductores de la máquina dosificadora | 39 |
| 2.4.1. Determinación de la velocidad del tornillo sinfín | 40 |
| 2.4.2. Determinación de la potencia del tornillo sinfín | 41 |
| 2.4.3. Selección de los motorreductores | 43 |
| 2.5. Ejes y bocines | 44 |
| 2.5.1. Diseño de ejes | 44 |
| 2.6. Selección de acoplamientos y cojinetes | 46 |
| 2.7. Soportes de los motorreductores | 49 |

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE ENCIMAS

| | |
|--|----|
| 3.1. Generalidades | 53 |
| 3.2. Sistemas de pesaje | 53 |
| 3.2.1. Determinación de la carga | 53 |
| 3.2.2. Selección de las celdas de carga | 57 |
| 3.3. Selección del variador de frecuencia | 57 |
| 3.4. Controlador de sistemas de pesaje GSE 662 | 59 |
| 3.4.1. Conexión entre el controlador GSE 662 y PC | 59 |
| 3.4.2. Conexión de los módulos de salida analógica | 61 |
| 3.4.3. Calibración de controlador GSE 662 utilizando el software Launch Rabbet | 62 |
| 3.4.3.1. Generalidades | 62 |

| | |
|--|----|
| 3.4.3.2. Modelo del controlador GSE | 63 |
| 3.4.3.3. Selección y configuración del puerto de comunicación | 64 |
| 3.4.3.4. Selección y calibración de la señal de entrada | 65 |
| 3.4.3.5. Calibración de los módulos de salida analógica | 66 |
| 3.4.4. Diseño del programa de control en el software Launch Rabbet | 68 |
| 3.5. Diseño del control eléctrico | 73 |

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA Y PRUEBAS

| | |
|---|----|
| 4.1. Montaje de las partes, equipos y accesorios | 77 |
| 4.1.1. Instalación de las celdas de carga | 77 |
| 4.1.2. Instalación de la caja unión de celdas de carga | 80 |
| 4.1.3. Conexión de las celdas de carga | 82 |
| 4.1.4. Instalación y conexión de los equipos y elementos de control | 84 |
| 4.1.5. Montaje de la máquina dosificadora de encimas | 86 |
| 4.2. Optimización de la cantidad de encimas que debe ser dosificada en el proceso | 87 |
| 4.3. Pruebas de todo el proceso en condiciones normales de trabajo | 88 |
| 4.3.1. Pruebas de calibración del controlador de sistemas de pesaje | 88 |
| 4.3.2. Pruebas del proceso en modo manual | 89 |
| 4.3.3. Pruebas del proceso en modo automático | 90 |
| 4.4. Puesta en marcha de la máquina | 92 |
| 4.4.1. Procedimiento para el arranque seguro de la máquina | 92 |

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|----------------------|----|
| 5.1. Conclusiones | 94 |
| 5.2. Recomendaciones | 95 |
| Bibliografía | |
| Anexos | |

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

| | |
|---|----|
| Figura 1.1. Pelletizadora | 2 |
| Figura 1.2. Extrusora | 3 |
| Figura 1.3. Dosificador por vibración | 5 |
| Figura 1.4. Dosificador por tornillo | 5 |
| Figura 1.5. Transportador de tornillo sinfín | 6 |
| Figura 1.6. Partes de un transportador de tornillo sinfín | 7 |
| Figura 1.7. Transportador de tornillo sinfín standard | 8 |
| Figura 1.8. Transportador de tornillo sinfín standard con doble hélice | 8 |
| Figura 1.9. Transportador de tornillo sinfín standard con paletas | 8 |
| Figura 1.10. Transportador de tornillo sinfín standard con hélice cortada | 9 |
| Figura 1.11. Transportador de tornillo sinfín standard con hélice cortada y doblada | 9 |
| Figura 1.12. Transportador de tornillo sinfín standard con hélice cónica | 10 |
| Figura 1.13. Transportador de tornillo sinfín standard con doble hélice cónica | 10 |
| Figura 1.14. Transportador de tornillo sinfín tipo cinta | 10 |
| Figura 1.15. Transportador de tornillo sinfín de múltiple cintas | 11 |
| Figura 1.16. Transportador de tornillo sinfín de paletas | 11 |
| Figura 1.17. Transportador de tornillo sinfín con hélice cortada y paletas | 12 |
| Figura 1.18. Ecuación para determinar el volumen de un cilindro | 12 |
| Figura 1.19. Ecuación para determinar el volumen de un cono truncado | 13 |
| Figura 1.20. Ecuación para determinar el volumen de un cilindro parcial | 13 |
| Figura 1.21. Ecuación para determinar el volumen de un cilindro horizontal truncad | 14 |
| Figura 1.22. Ecuación para determinar el volumen de un prisma rectangular | 14 |
| Figura 1.23. Ecuación para determinar el volumen de un prisma trapezoidal | 15 |
| Figura 1.24. Ecuación para determinar el volumen de una pirámide truncada | 15 |
| Figura 1.25. Celda de carga | 16 |
| Figura 1.26. Celda de carga cilíndrica | 17 |
| Figura 1.27. Celda de carga tipo viga con un punto de apoyo | 17 |

| | |
|--|----|
| Figura 1.28. Celda de carga tipo viga con dos puntos de apoyo | 18 |
| Figura 1.29. Celda de carga tipo viga “S” | 18 |
| Figura 1.30. Controladores de sistemas de pesaje | 20 |
| Figura 1.31. Motorreductor | 21 |
| Figura 1.32. Tipos de desalineaciones | 22 |
| Figura 1.33. Etapas de funcionamiento de un variador de frecuencia | 28 |

CAPITULO II

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE ENCIMAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1. Tolva | 31 |
| Figura 2.2. Tornillo sinfín dosificador | 34 |
| Figura 2.3. Sentido del tornillo sinfín | 35 |
| Figura 2.4. Llenado de la tolva sin cono deflector | 36 |
| Figura 2.5. Llenado de la tolva con cono deflector | 36 |
| Figura 2.6. Diseño del cono de descarga | 37 |
| Figura 2.7. Construcción del cono de descarga | 38 |
| Figura 2.8. Aletas del cono de descarga | 39 |
| Figura 2.9. Acoplamiento tipo Oldham | 46 |
| Figura 2.10. Cojinete montado o chumacera | 47 |
| Figura 2.11. Soportes de las chumaceras | 47 |
| Figura 2.12. Ensamble del eje con las chumaceras | 48 |
| Figura 2.13. Soporte del motorreductor del tornillo sinfín | 49 |
| Figura 2.14. Estructura del soporte del motorreductor del cono de descarga | 50 |
| Figura 2.15. Diagrama de cuerpo libre | 50 |
| Figura 2.16. Soporte del motorreductor del cono de descarga | 52 |

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE ENCIMAS

| | |
|--|----|
| Figura 3.1. Tolva de descarda | 54 |
| Figura 3.2. Forma de la tolva | 54 |
| Figura 3.3. Lados de un prisma rectangular | 55 |
| Figura 3.4. Lados de una pirámide truncada | 55 |
| Figura 3.5. Celda de carga tipo viga con un punto de apoyo | 57 |
| Figura 3.6. Variador de frecuencia ALTIVAR 28 | 58 |
| Figura 3.7. Controlador de sistemas de pesaje GSE 662 | 59 |
| Figura 3.8. Bornera de comunicación del controlador | 60 |
| Figura 3.9. Conexión entre el controlador y puerto DB – 9 | 60 |
| Figura 3.10. Conexión del módulo de salida analógica | 61 |
| Figura 3.11. Módulo de salida analógica | 62 |
| Figura 3.12. Ventana principal de Launch Rabbet | 63 |
| Figura 3.13. Ventana de selección del controlador | 64 |
| Figura 3.14. Ventana de selección y configuración del puerto de comunicación | 65 |
| Figura 3.15. Ventana de calibración de la señal de entrada del proceso | 65 |
| Figura 3.16. Ventana de calibración de los módulos de salida analógica | 66 |
| Figura 3.17. Ventana de calibración de las variables | 67 |
| Figura 3.18. Ejemplo de hoja de calibración para módulos de expansión GSE | 68 |
| Figura 3.19. Programación del menú | 70 |
| Figura 3.20. Menú para ajustar la velocidad de la bomba de aceite de pesacado | 70 |
| Figura 3.21. Programación del menú de ajuste de velocidad de la bomba de aceite de pescado | 71 |
| Figura 3.22. Programación para el incremento de la velocidad de la bomba de aceite de pescado | 71 |
| Figura 3.23. Programación para la disminución de la velocidad de la bomba de aceite de pescado | 72 |
| Figura 3.24. Programación para detener el sistema | 72 |
| Figura 3.25. Tolva de recepción del alimento balanceado | 74 |
| Figura 3.26. Conmutación de referencias del variador de frecuencia | 75 |

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA Y PRUEBAS

| | |
|---|----|
| Figura 4.1. Suspensión de la tolva utilizando un tecele | 78 |
| Figura 4.2. Ubicación de las celdas de carga para un tanque de base rectangular | 79 |
| Figura 4.3. Colocación de las bases metálicas en tolva | 79 |
| Figura 4.4. Nivelación de las celdas de carga | 80 |
| Figura 4.5. Instalación de las celdas de carga | 80 |
| Figura 4.6. Caja de unión de celdas de carga | 81 |
| Figura 4.7. Ubicación de la caja de unión | 81 |
| Figura 4.8. Conexión hasta la caja de unión | 82 |
| Figura 4.9. Borneras de de la caja de unión | 82 |
| Figura 4.10. Conexión a cuatro hilos | 84 |
| Figura 4.11. Conexión a seis hilos | 84 |
| Figura 4.12. Instalación de los equipos y accesorios en el tablero de control | 85 |
| Figura 4.13. Instalación de los elementos de control en el tablero de fuerza | 85 |
| Figura 4.14. Instalación de los motorreductores en la máquina dosificadora | 86 |
| Figura 4.15. Montaje de la máquina dosificadora de encimas | 86 |
| Figura 4.16. Pruebas de los dispositivos de control | 90 |
| Figura 4.17. Teclado del controlador de sistemas de pesaje | 91 |

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE ENCIMAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1. Características técnicas del motorreductor | 44 |
|---|----|

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE ENCIMAS

| | |
|---|----|
| Tabla 3.1. Características técnicas del variador del frecuencia | 58 |
|---|----|

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA Y PRUEBAS

| | |
|---|----|
| Tabla 4.1. Identificación de los cables para la conexión de las celdas de carga | 83 |
| Tabla 4.2. Resultados de la prueba de la máquina dosificadora de encimas | 87 |
| Tabla 4.3. Velocidades del motorreductor de tornillo sinfín | 88 |
| Tabla 4.4. Valores medidos para determinar el peso conocido de prueba | 89 |
| Tabla 4.5. Valores a los cuales se setearon los variadores de frecuencia | 90 |
| Tabla 4.6. Valores a los cuales se seteó el controlador GSE 662 | 92 |

ANEXOS

ANEXOS A

ANEXO A1 : ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)
ANEXO A2 : ACOPLAMIENTOS

ANEXOS B

ANEXO B1 : PLANO MECÁNICO
ANEXO B2 : PLANOS ELÉCTRICOS
ANEXO B 2.1. : PLANO ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA
ANEXO B 2.2. : INTERCONEXIÓN DE LAS CELDAS DE CARGA, CAJA SUMADORA, CONTROLADOR Y VARIADORES DE FRECUENCIA

ANEXOS C

ANEXO C1 : MOTORREDUCTOR
ANEXO C2 : CELDA DE CARGA
ANEXO C3 : VARIADOR DE FRECUENCIA ALTIVAR - 28
ANEXO C4 : CONTROLADOR DE SISTEMAS DE PESAJE GSE 662
ANEXO C5 : MÓDULOS DE SALIDA ANALÓGICA
ANEXO C6 : SOFTWARE LAUCH RABBET
ANEXO C7 : MACROS
ANEXO C8 : CALIBRACIÓN DEL CERO DEL CONTROLADOR GSE 662
ANEXO C9 : MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA

i.- INTRODUCCIÓN

Hace muchos años que en algunas industrias, especialmente las del sector alimenticio, se utilizan sistemas de dosificación o de transportación de diferentes materiales a granel, molidos, triturados, peletizados, extruidos, etc. Es por esto la importancia de que estos sistemas de dosificación se vuelvan cada vez más autónomos en base a tecnologías actuales que hoy en día se encuentran en el mercado.

Existen muchas maneras de realizar la automatización de los sistemas de dosificación, en este caso se a elegido automatizar el sistema en base a una variable de peso, ya que este sistema de dosificación es para una industria alimenticia que se dedica a la producción de balanceado de camarón, tilapia y perro, y en la misma se lleva un control de todos los componentes que integran el producto final en base al peso exacto que cada uno de estos deben dosificarse para la mezcla y obtención de un producto final de calidad.

En los últimos años los sistemas de pesaje han mejorado enormemente, de tal manera que ya las básculas o balanzas dejaron de ser equipos solamente de monitoreo con una variable tonta entre comillas, para ahora ser una variable con la que se puede realizar control. Existen controladores diseñados específicamente para trabajar con sistemas de pesaje.

El controlador GSE 662, es un controlador diseñado específicamente para trabajar con sistemas de pesaje, ya que esta diseñado para trabajar con las señales que emiten las celdas de carga que son en milivoltios, este tiene puertos que trabajan con señales digitales que pueden ser configurables como entradas o salidas, con módulos de salidas analógicas, y puertos de comunicación que permiten conectarse con un ordenador utilizando protocolos de comunicación RS-232 y RS-485. Debido a su capacidad de establecer comunicación con ordenadores, se puede llevar un registro estadístico exacto de las diferentes variables que van a ser manejadas por el controlador.

ii.- ANTECEDENTES.

Hoy en día en la sección de balanceados de la empresa EMPAGRAN S.A., la dosificación de encimas para balanceado de camarón extruido, la realiza un operador en forma manual, lo que hace que el producto final no cumpla con ciertos procedimientos de calidad en la mayoría de veces, por lo que toda la mezcla que constituye el producto final que es el aceite de pescado con mold – zap, vegpro y las encimas tengan que ser nuevamente separadas y tratadas para una nueva fase de iniciación del proceso, lo que da lugar a grandes pérdidas económicas para la empresa.

Consecuencia de lo anterior es que se reconoce la necesidad de invertir todo nuestro talento en el diseño y construcción de una máquina dosificadora automática de encimas para balanceado de camarón para la sección de balanceados de la empresa EMPAGRAN S.A., utilizando todos los conceptos aprendidos durante nuestra formación profesional.

iii.- OBJETIVO GENERAL.

DISEÑAR Y CONSTRUIR UNA MÁQUINA DOSIFICADORA AUTOMÁTICA DE ENCIMAS PARA BALANCEADO DE CAMARÓN PARA LA EMPRESA EMPAGRAN S.A.

iv.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diseñar y construir una máquina dosificadora de encimas para balanceado de camarón, que se ajuste a las características físicas y químicas del producto a ser dosificado o transportado, la misma que sirva como modelo y/o referencia para implementarla en otras líneas de trabajo similares.
- Cambiar la forma en la que se realiza actualmente la dosificación de encimas para balanceado de camarón, la cual es manual, por una forma totalmente automática, utilizando un controlador de sistemas de pesaje exactamente el modelo GSE 662.
- Desarrollar la programación en el controlador GSE 662.
- Dosificar las encimas para balanceado de camarón en una forma precisa, de tal manera que el producto final cumpla con los más exigentes procedimientos de calidad nacionales e internacionales.

v.- JUSTIFICACIÓN.

La calidad del producto final o balanceado de camarón es determinada por el laboratorio químico propio de la empresa, es de esta manera que se conoce que la dosificación de encimas tiene que ser directamente proporcional a la cantidad de alimento que se bombea desde la extrusora durante el proceso, la cual cabe mencionar no es constante. Es decir que a mayor cantidad de alimento nutricional mezclado, se debe dosificar mayor cantidad de encimas.

Con los antecedentes anteriormente mencionados es clave para la empresa tener una máquina automática que realice una dosificación de encimas precisa, para la obtención de un producto final que cumpla con los más exigentes procedimientos de calidad nacionales e internacionales, y esto también dará lugar a la notable reducción de costos de producción y operación que realiza la empresa en la actualidad.

Lo que también pretende la empresa con la realización del proyecto, es que a futuro se pueda implementar una máquina con las mismas características, para procesos similares que se encuentran dentro de la misma.

El presente proyecto ayudará a tener un conocimiento más amplio acerca de los sistemas que se utilizan para la dosificación o transportación de diferentes productos en la industria alimenticia, y al mismo tiempo aprenderemos a realizar un control en base a sistemas de pesaje que en los últimos años se han desarrollado enormemente.

vi.- ALCANCES Y METAS.

- Conocer y entender el funcionamiento del controlador para sistemas de pesaje GSE 662.
- Conocer y entender el lenguaje de programación que se utilizar para la correcta utilización del controlador GSE 662.
- Realizar la programación para el control del proceso.

- Automatizar la máquina tomando en cuenta todos los parámetros y/o variables que intervienen en el proceso.
- Realizar el montaje de la máquina y sus componentes de control, en la sección de trabajo para la cual fue diseñada, construida y automatizada.
- Optimizar la dosificación de encimas de una manera precisa.

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La empresa EMPAGRAN S.A. se dedica a la cría, cosecha, empaclado y exportación del camarón y tilapia, ésta también tiene una división llamada ABA (Alimentos Balanceados), la cual se dedica a la producción y venta de balanceado de camarón, tilapia y perro, de esta manera esta división abastece del producto final a EMPAGRAN S.A., y además comercializa el mismo a otras compañías.

El proceso comienza desde que los camiones depositan la materia prima en un bodega subterránea y esta es transportada a través de un tornillo sinfín hacia un elevador que deposita la materia prima en los silos de almacenamiento, la materia prima principal la constituyen el trigo y el maíz por lo que existen dos silos de almacenaje grandes un silo para el trigo y otro para el maíz respectivamente. Luego el trigo y el maíz son transportados hacia una tolva donde los dos productos se mezclan y muelen al mismo tiempo, después de esto la mezcla debidamente molida es transportada a través de un tornillo sinfín hacia el área de dosificación y mezcla de balanceado, donde esta se mezcla con otros componentes premolidos como harina de pescado, soya, cebada, girasol, afrecho de yuca, arrosillo, palmiste, harina de cerdo y harina de pollo, luego de la mezcla el alimento balanceado o fórmula nutricional mezclada es dosificada hacia el área de pelletizado y/o de extrusión.

En el área de pelletizado la fórmula nutricional dosificada entra en las pelletizadoras (figura 1.1.), donde el alimento se cocce y se comprime dando forma al producto, este luego es transportado a través de bandas hacia el post – acondicionador donde se realiza nuevamente una cocción del alimento pelletizado a altas temperaturas quitando de esta

manera los almidones y eliminando los diferentes gérmenes o bacterias que existen en el alimento balanceado pelletizado, después de esto este es nuevamente transportado y elevado hacia el enfriador aquí se le obliga al alimento a bajar su temperatura, una vez que el alimento balanceado ha sido enfriado este pasa por una zaranda hacia una tolva donde se le aplica aceite de pescado, mold – zap, vegpro y encimas, luego de esta mezcla el alimento balanceado pelletizado esta listo y se lo transporta hacia la tolva de almacenamiento de producto terminado para como último paso realizar el ensaque.

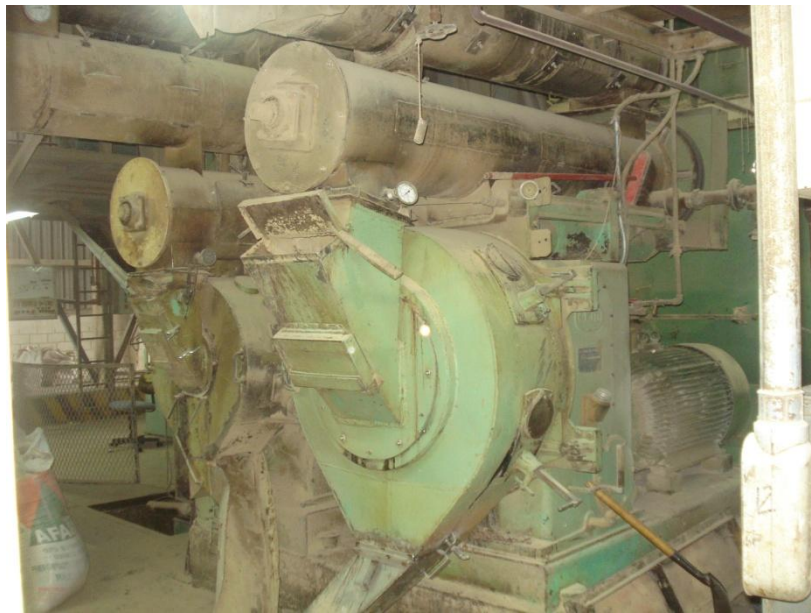


Figura 1.1. Pelletizadoras

En el área de extrusión es donde se pondrá más interés ya que aquí es donde se realizará el proyecto. La fórmula nutricional mezclada o alimento balanceado es dosificado hacia la extrusora (figura 1.2.), donde el alimento balanceado se cocce y se expande de esta manera dando forma al producto final, luego este es transportado hacia el secador aquí el alimento extruido entra nuevamente en una etapa de cocción y desinfección del alimento balanceado, luego de pasar por el secador el alimento balanceado es nuevamente transportado y elevado hacia una tolva que descarga el mismo en un mezclador, en este el alimento balanceado se mezcla con aceite de pescado, mold – zap, vegpro y las encimas que en la actualidad son dosificadas manualmente, después el alimento balanceado pasa por un enfriador en el cual baja su temperatura, una vez enfriado el alimento balanceado es transportado y elevado hacia un ciclón en el cual se separan todas las impurezas existentes en el medio ambiente, del ciclón pasa a una zaranda para luego por gravedad caer en la

tolva de almacenamiento de producto terminado para como último paso realizar el ensaque. En esta área se implementará la máquina dosificadora automática de encimas, específicamente en la sección del mezclador, ya que como se mencionó esta es realizada manualmente por lo que no es precisa y el producto final muchas de las veces no tiene la composición química correcta.

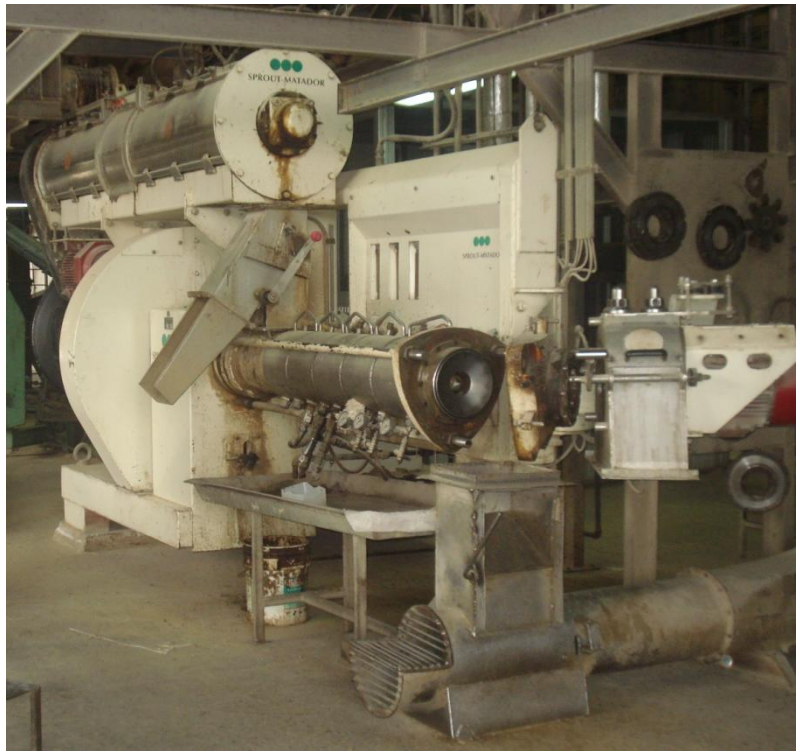


Figura 1.2. Extrusora

Después del ensaque el producto terminado es trasladado en los montacargas hacia la bodega, donde esta listo para su comercialización.

A parte de diseñar y construir la máquina dosificadora automática de encimas, se optimizará el proceso de la descarga del alimento balanceado extruido hacia el mezclador y la dosificación del aceite de pescado. Esto se realizará cambiando la técnica de control ya que en la actualidad es un control discreto o también llamado control en batch por un control lineal de las variables que en este caso son la velocidad del motor de descarga de la tolva y la velocidad de la bomba de aceite de pescado.

1.2. DOSIFICADOR

1.2.1. Generalidades

Después de realizar un estudio de los diferentes procesos que existen en la industria que se dedican a la producción de alimento balanceado, se ha notado que uno de los principales temas a tomar en cuenta es el de la dosificación o transportación de las diferentes materias primas, ya que en toda planta que se dedica a la producción de alimento balanceado existen dosificadores y/o transportadores en sus diferentes etapas como molienda, pelletizado, extrusión, granulado y mezcla, constituyendo un dosificador y/o transportador una parte muy importante e indispensable en la producción de alimento balanceado.

1.2.2. Tipos de dosificadores

Existen diferentes tipos de dosificadores, aquí se van a tratar los que se utilizan en la industria alimenticia especialmente para la dosificación de microingredientes como las enzimas, en la producción de alimento balanceado.

1.2.2.1. Dosificador por vibración

Este sistema es práctico para dosificar productos secos de estructura rígida con una precisión no muy alta. Está compuesto por un elemento que produce la vibración y un soporte elástico.

Un ejemplo de vibrador electromagnético es el mostrado en la (figura 1.3.), el núcleo 5 es rodeado por la bobina 6 que produce el campo magnético alterno. La laminación 1 es atraída por el campo magnético y no choca con el núcleo por estar suspendido con los flejes 2 a una distancia de 3-4 mm. El campo magnético es una onda que varía 60 veces por segundo, en su momento de mayor poder la pieza 1 está más cerca del núcleo, en el momento cero está en su posición de reposo.

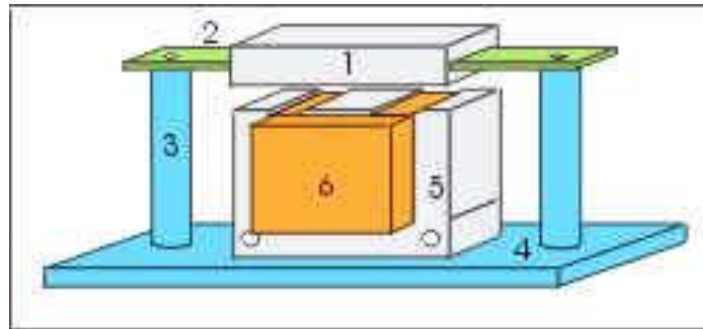


Figura 1.3. Dosificador por vibración

1.2.2.2. Dosificador por tornillo

El elemento de dosificación en este tipo es una rosca, que al girar desenroscando traslada el material desde la tolva a la salida. En 1 tenemos la tolva con material, 2 es el motor de velocidad variable y 3 el tornillo dentro de su camisa. Este sistema es de precisión.

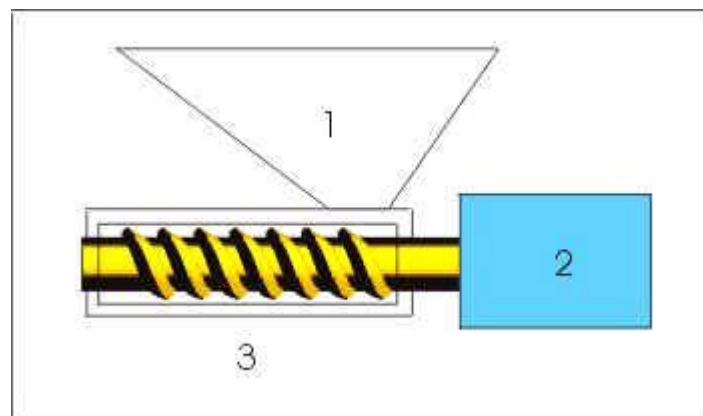


Figura 1.4. Dosificador por tornillo

1.3. TRANSPORTADORES DE TORNILLO SINFIN

1.3.1. Generalidades

Es uno de los métodos más sencillos y más antiguos para transportar materiales. El material colocado en el cuerpo del transportador a través de las aberturas de entrada se mueve a lo largo en un suave movimiento en espiral por la rotación del tornillo. Las

entradas, salidas, compuertas, transmisiones y otros accesorios controlan el ritmo de transporte del material y el lugar de descarga.

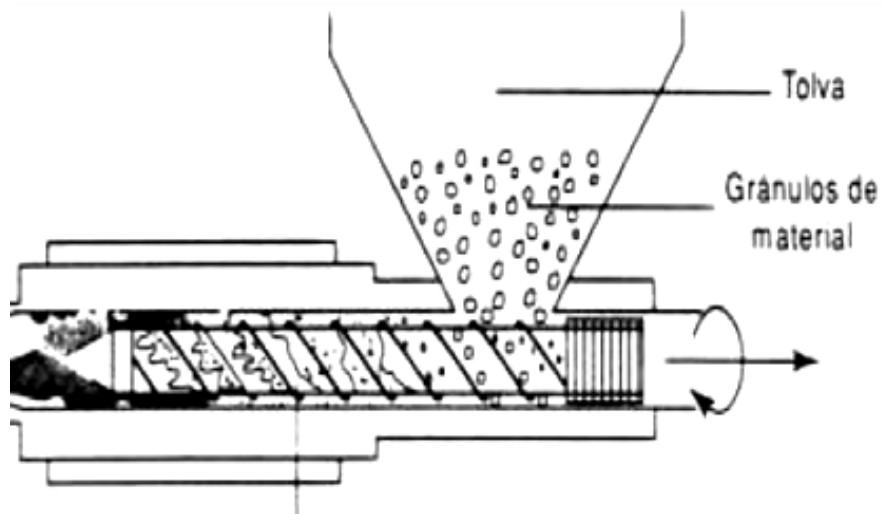


Figura 1.5. Transportador de tornillo sinfín

1.3.2. Características

- Transporte continuo de graneles.
- Granulometría no muy gruesa.
- Estructura externa no importa que sea modificada.
- Sencillez y economía de construcción.
- Operaciones de procesado simultáneas al transporte mezclado, separación sólido líquido, calefacción o enfriado, difusión, etc.
- Elevada potencia de accionamiento.
- Desgaste del equipo → mantenimiento frecuente.
- No adecuado para grandes longitudes.
- Fácil carga y descarga.
- Problemas seguridad → importante protección.

1.3.3. Partes

Las partes que constituyen un transportador de tornillo sin fin son:

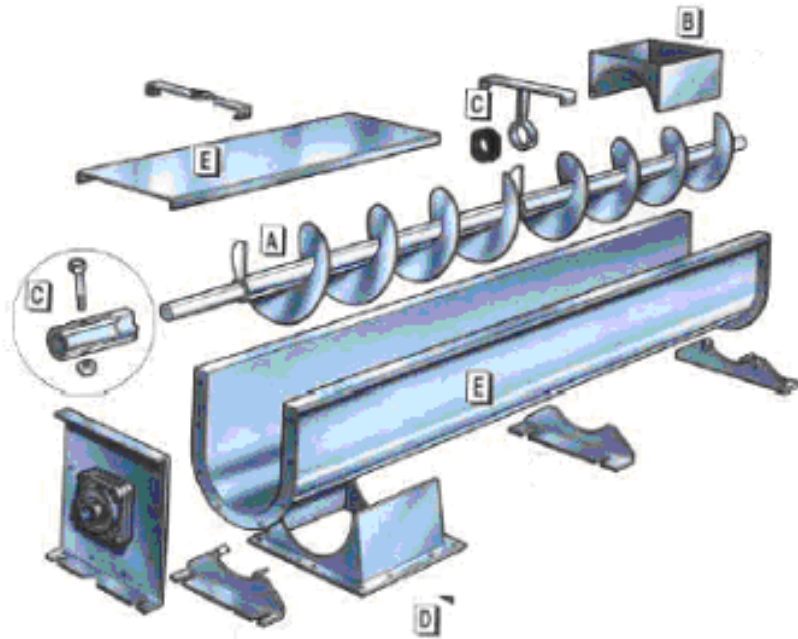


Figura 1.6. Partes de un transportador de tornillo sinfín.

- A – Hélice
- B – Boca de carga.
- C – Apoyos eje.
- D – Boca descarga
- E – Carcasa en canal y tapa.

1.3.4. Tipos de transportadores de tornillo sinfín

1.3.4.1. Transportador de tornillo sinfin standard

Los transportadores sinfin estándar (figura 1.7.) son usados para el traslado de la mayoría de los materiales. El diámetro del tornillo es igual paso del mismo. Es utilizado en donde el ángulo de inclinación del transportador no sea mayor de 30° con respecto al eje horizontal.

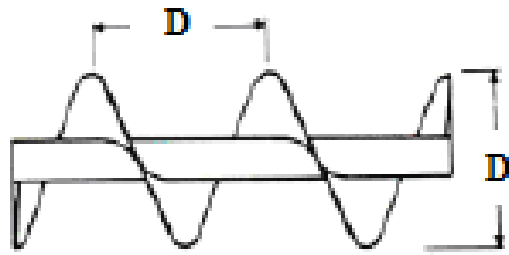


Figura 1.7. Transportador de tornillo sinfin standard

1.3.4.2. Transportador de tornillo sinfin standard con doble hélice

Son requeridos para una proyección suave y descarga de ciertos materiales.

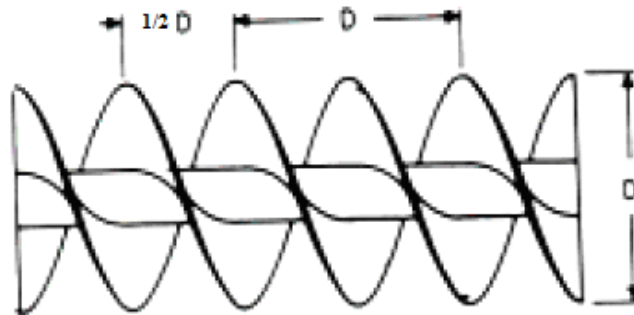


Figura 1.8. Transportador de tornillo sinfin standard con doble hélice

1.3.4.3. Transportador de tornillo sinfin standard con paletas

Están equipados con paletas ajustables, las cuales hacen oposición al flujo de materiales suficientemente para proveer una mezcla moderada en tránsito.

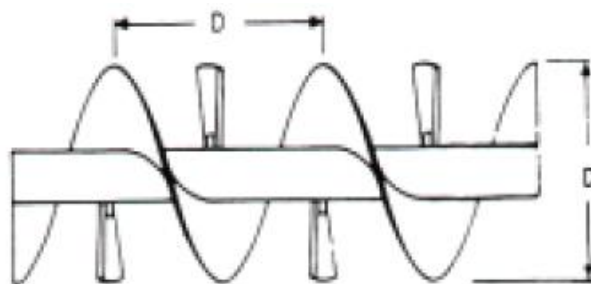


Figura 1.9. Transportador de tornillo sinfin standard con paletas

1.3.4.4. Transportador de tornillo sinfín standard con hélice cortada

Son producidas con hendiduras en el borde externo del helicoide, y provee agitación moderada de material en tránsito.

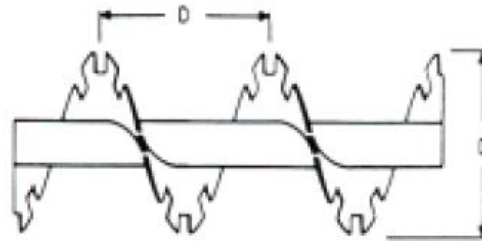


Figura 1.10. Transportador de tornillo sinfín standard con hélice cortada

1.3.4.5. Transportador de tornillo sinfín standard con hélice cortada y doblada

Están provistos con segmentos doblados en el borde externo, los cuales tienden a levantar y derramar los materiales en tránsito para aireación y mezcla.

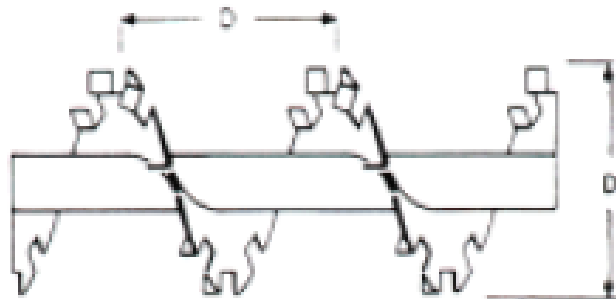


Figura 1.11. Transportador de tornillo sinfín standard con hélice cortada y doblada

1.3.4.6. Transportador de tornillo sinfín standard con hélice cónica

Son empleados para alimentar materiales granulados desde almacenaje. La retirada es uniforme sobre la distancia completa de la apertura de alimentación.

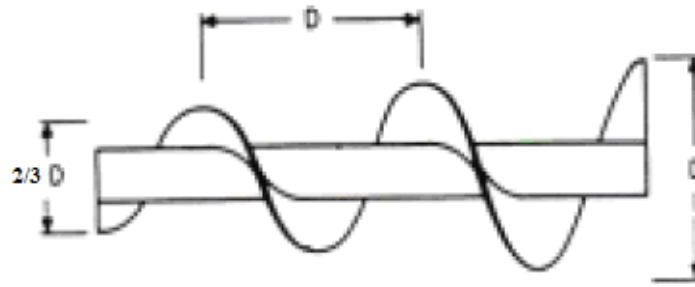


Figura 1.12. Transportador de tornillo sinfin standard con hélice cónica

1.3.4.7. Transportador de tornillo sinfin standard con doble hélice cónica

Son utilizados para alimentar materiales de libre flujo desde almacenaje con retirada uniforme para la distancia completa de la apertura de alimentación.

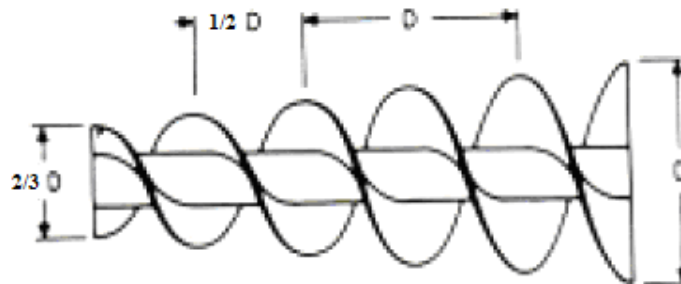


Figura 1.13. Transportador de tornillo sinfin standard con doble hélice cónica

1.3.4.8. Transportador de tornillo sinfin standard tipo cinta

Se requieren para materiales viscosos tipo goma o materiales pegajosos los cuales tienden a adherirse al ala o al conducto.

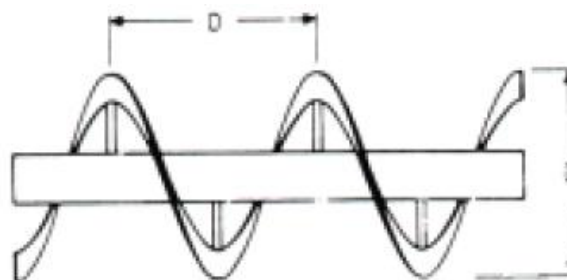


Figura 1.14. Transportador de tornillo sinfin standard tipo cinta

1.3.4.9. Transportador de tornillo sinfin de múltiple cintas

Este tipo de sinfines consiste en dos o más alas de cinta de diferentes diámetros opuestos, montados uno dentro del otro en el mismo ducto o cámara por barras rígidas de apoyo. El material se mueve hacia delante por un ala y hacia atrás por otro, de esta manera induce una mezcla completa y positiva.

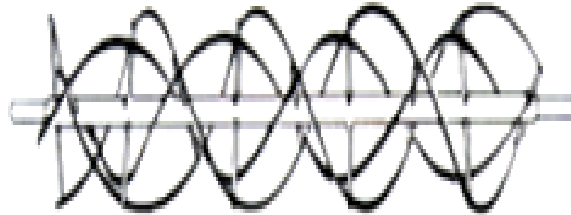


Figura 1.15. Transportador de tornillo sinfin de múltiple cintas

1.3.4.10. Transportador de tornillo sinfin de paletas

Permite el control de traslado y acción de mezcla por el ajuste angular de paletas de acero formado.

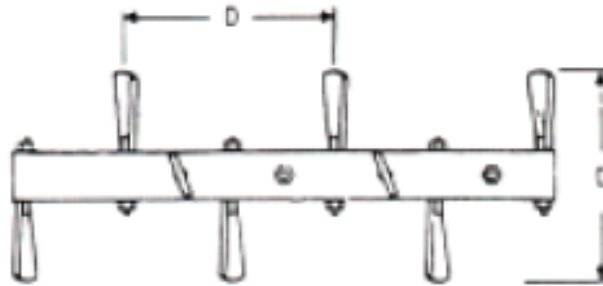


Figura 1.16. Transportador de tornillo sinfin de paletas

1.3.4.11. Transportador de tornillo sinfin con hélice cortada y paletas

Provee un medio para un alto grado de mezcla y aireación de material en tránsito.

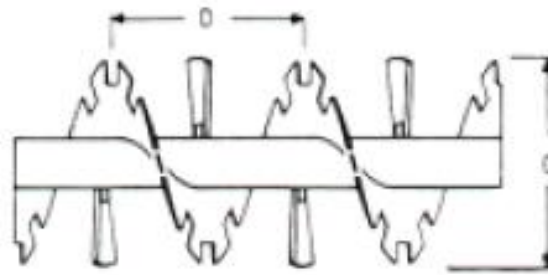


Figura 1.17. Transportador de tornillo sin fin con hélice cortada y paletas

1.4. TOLVAS

1.4.1. Generalidades

Generalmente son de forma cónica y de paredes inclinadas, de tal forma que la carga se efectúa por la parte superior y la descarga se realiza por una compuerta inferior. Son muy utilizadas en [agricultura](#), en construcción de [vías férreas](#) y en instalaciones [industriales](#).

1.4.2. Ecuaciones de cálculo de la capacidad de los tanques y tolvas más utilizadas

a) Cilindro

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H \text{ ecuación 1.1.}$$

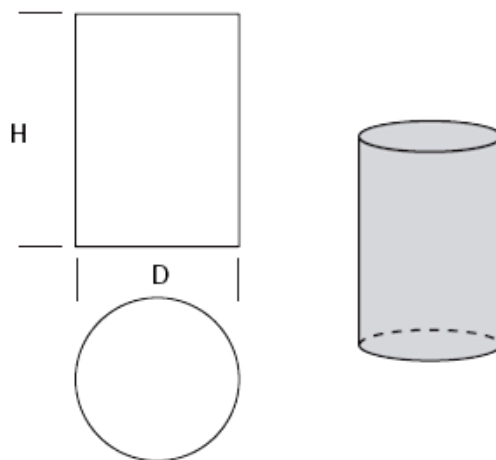


Figura 1.18. Ecuación para determinar el volumen de un cilindro

b) Cono truncado

$$V = \frac{\pi}{12} h (D^2 + dD + d^2) \text{ ecuación 1.2.}$$

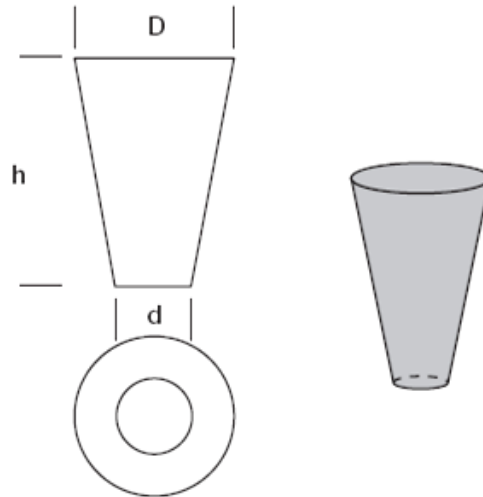


Figura 1.19. Ecuación para determinar el volumen de un cono truncado

c) Cilindro parcial

$$V = \frac{\pi}{8} h D^2 \text{ ecuación 1.3.}$$

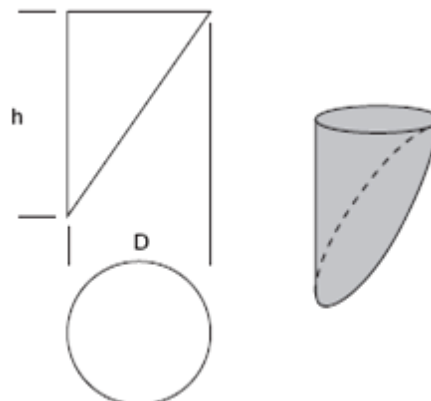


Figura 1.20. Ecuación para determinar el volumen de un cilindro parcial

d) Cilindro horizontal truncado

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 L - \frac{\pi}{720} D^2 L \cos^{-1} \left(\frac{2h - D}{D} \right) + \left(h - \frac{D}{2} \right) L \sqrt{hD - h^2} \quad \text{ecuación 1.4.}$$

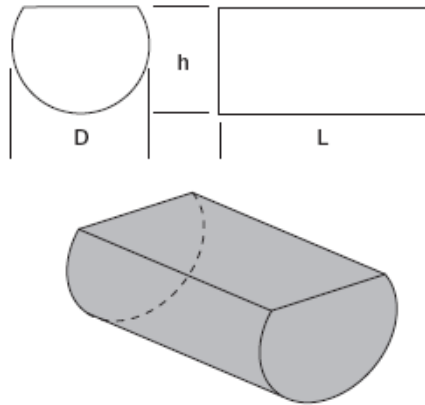


Figura 1.21. Ecuación para determinar el volumen de un cilindro horizontal truncado

e) Prisma rectangular

$$V = ABH \quad \text{ecuación 1.5.}$$

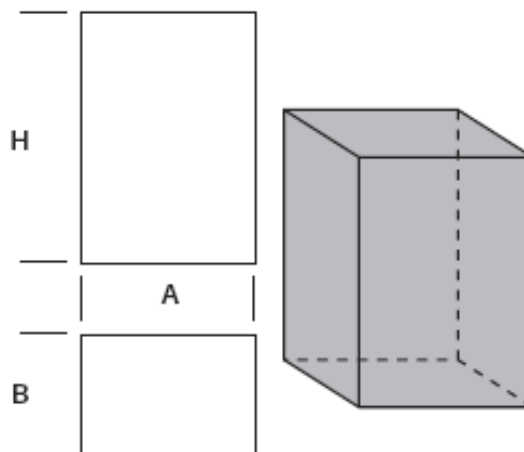


Figura 1.22. Ecuación para determinar el volumen de un prisma rectangular

f) Prisma trapezoidal

$$V = \left(\frac{a + A}{2} \right) Bh \text{ ecuación 1.6.}$$

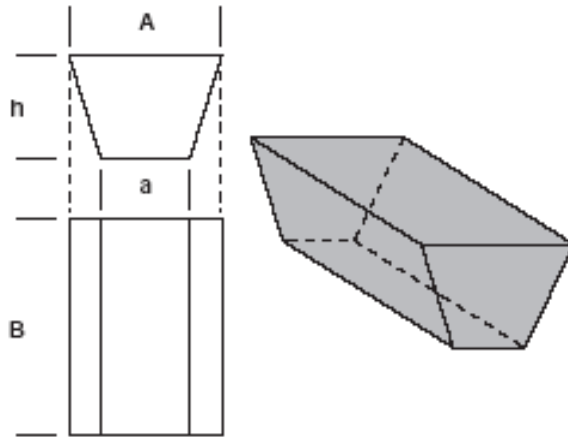


Figura 1.23. Ecuación para determinar el volumen de un prisma trapezoidal

g) Pirámide truncada

$$V = \frac{h}{6} (2AB + Ab + aB + 2ab) \text{ ecuación 1.7.}$$

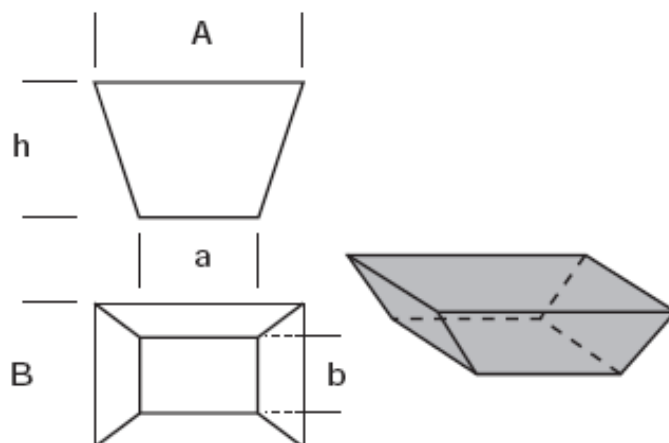


Figura 1.24. Ecuación para determinar el volumen de una pirámide truncada

1.5. CELDAS DE CARGA

1.5.1. Generalidades

La celda de carga (figura 1.25.) es un transductor de fuerza, que después de haber tenido en cuenta los efectos de aceleración de la gravedad y del empuje del aire en el lugar de utilización mide una masa, convirtiendo la magnitud medida (masa) en una señal eléctrica (señal de salida) proporcional al valor de la magnitud medida. 1/

Una celda de carga es un dispositivo que da como salida una señal eléctrica que es directamente proporcional a la fuerza que le ha sido aplicada. Las celdas de carga son usadas ampliamente en aplicaciones de pesaje electrónico.



Figura 1.25. Celda de carga

1.5.2. Tipos de celdas de carga

1.5.2.1. Cilíndricas

Las celdas de carga de tipo cilíndricas (figura 1.26.) son las primeras que se fabricaron. Si estas están herméticamente selladas brindan un excelente grado de protección contra agentes agresivos externos. Las celdas de tipo cilíndricas están disponibles para aplicaciones de compresión, tensión o de uso universal (compresión y tensión). Las celdas de este tipo están equipadas con un “botón” o elemento receptor de la carga, las celdas para aplicaciones en tensión tienen orificios roscados para fijar los elementos de montaje o fijación.

1/ www.asfile.com/productos/celdasdecarga

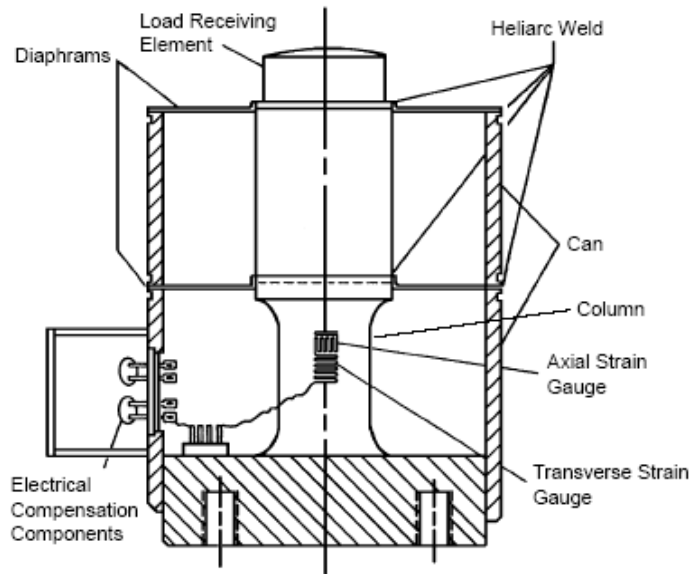


Figura 1.26. Celda de carga cilíndrica

1.5.2.2. Tipo viga con un punto de apoyo

Las celdas de carga tipo viga con un punto de apoyo (figura 1.27.), son diseñadas para trabajar con cargas de 100 libras hasta 20000 libras, aunque algunos fabricantes las ofrecen hasta 40000 libras. Esta tiene dos orificios para los pernos de montaje y uno donde es el punto de sense de la celda de carga. Estas celdas de carga pueden ser sobrecargadas hasta un 150% de su valor nominal y no presentan daños, pero si puede afectar su señal de salida. El material con el que se construyen este tipo de celdas de carga es acero inoxidable.

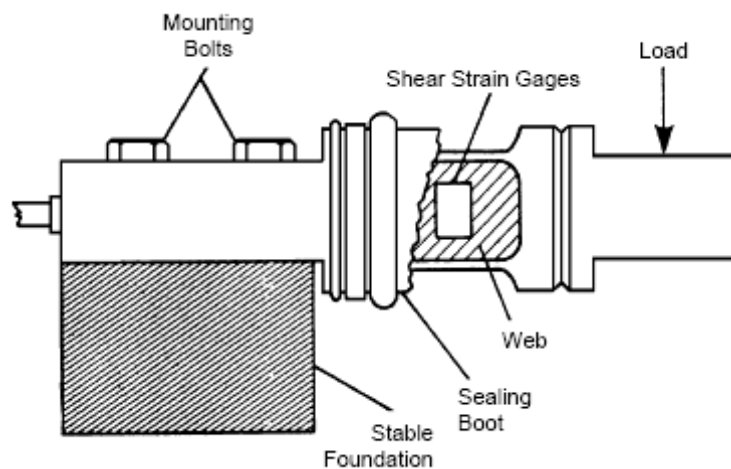


Figura 1.27. Celda de carga tipo viga con un punto de apoyo

1.5.2.3. Tipo viga con dos puntos de apoyo

Son similares a las del tipo viga con un punto de apoyo. Estas son más utilizadas para el pesaje de camiones de carga pesada. La carga debe ser aplicada en el centro de la celda de carga, tiene dos orificios en los extremos para los pernos de montaje (figura 1.28.).

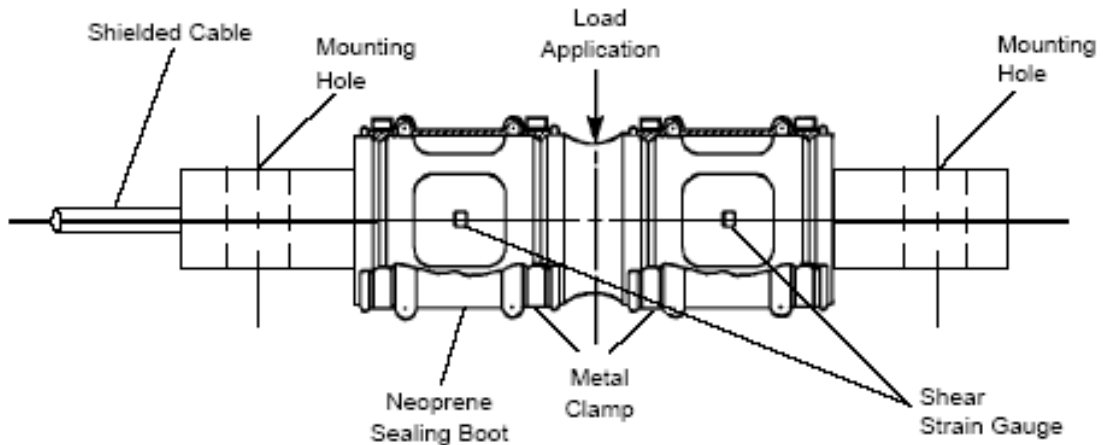


Figura 1.28. Celda de carga tipo viga con dos punto de apoyo

1.5.2.4. Viga “S”

El nombre de este tipo de celda de carga proviene de su forma que es similar a la de una letra “S”, se utilizan en aplicaciones de tensión (Figura 1.29.). Su rango de trabajo es desde 25 libras hasta 20000 libras.

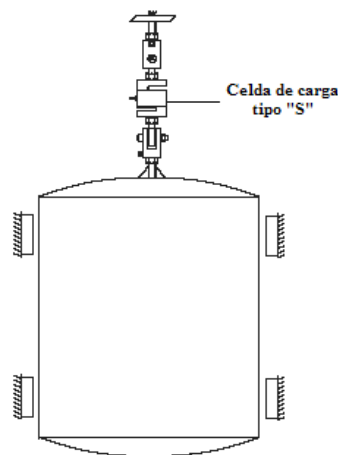


Figura 1.29. Celda de carga tipo viga “S”

1.5.3. Cableado

Una celda de carga tiene generalmente un cable con 4 o 6 hilos. El cable de 6 hilos tiene señal positiva y negativa, excitación positiva y negativa y líneas de sense positiva y negativa. Estas líneas de sense se conectan a las líneas sense del indicador de peso. Estas líneas comunican al indicador el voltaje actual en las celdas de carga. Cuando se producen caídas de voltaje entre el indicador y la celda de carga, las líneas de sense informan de esta condición al indicador. El indicador reajusta su voltaje de excitación compensando esta caída o amplifica la señal recibida compensando igualmente la pérdida. Los cables de la celda de carga están codificados para facilitar las conexiones. Cada celda viene con una hoja de especificaciones incluida que contiene también información sobre el código de colores.

1.5.4. Calibración

Cada celda de carga incluye una hoja de datos o un Certificado de Calibración. En esta forma dispone usted de información detallada sobre su celda de carga. Verifique siempre que el número de serie y especificaciones de la celda coincidan con los de la hoja de datos. También encontrará información sobre el rango de señal en mV/V, voltaje de excitación, no linealidad, histéresis, balance en cero, resistencia de aislamiento y largo del cable. 2/

1.5.5. Señal de salida

La señal de salida de una celda de carga no está determinada únicamente por la carga aplicada sino también por el voltaje de excitación y su sensibilidad expresada en el rango de mv/V.

El rango de salida típico es generalmente de 2 o 3mv/V. Esto significa que por cada voltio de excitación la señal de salida de la celda será de 2 o 3 mV. Si aplicamos 100kg a una celda de carga de 100kg con un voltaje de 10voltios de excitación aplicada a la celda y el rango es de 3mv/V, la señal de salida será de 30mV. ($10V \times 3mv/V = 30mV$). Si aplicamos solo 50kg de carga la señal obtenida será del 50% o sea 15mV.

2/ www.asfile.com/productos/celdasdecarga/calibracion

1.6. CONTROLADOR DE SISTEMAS DE PESAJE

En los últimos años los controladores de sistemas de pesaje (figura 1.30.) han evolucionado enormemente, ya que estos en la actualidad nos permiten realizar un control eficiente de procesos que tienen como variable al peso. Y estos cada vez toman mayor aceptación y fuerza en el mercado de la automatización industrial, es verdad que son fabricados para poder realizar un control en base a una señal de entrada que en este caso será la señal de salida que emite una celda de carga, pero estos también están en la capacidad de realizar un control de procesos utilizando diferentes señales digitales y analógicas que pueden intervenir en un determinado sistema de control.



Figura 1.30. Controladores de sistemas de pesaje.

1.7. MOTORREDUCTOR

1.7.1. Definición

Se llama motorreductor (figura 1.31.) al conjunto formado por un motor y un reductor, teniendo por finalidad reducir la velocidad generada por el motor, antes de su aplicación industrial a la máquina o elemento a accionar. ^{3/}

^{3/} Motores Eléctricos accionamientos de máquinas 30 tipos de motores, Roldán , página 55.



Figura 1.31. Motorreductor

1.7.2. Beneficios de utilizar motorreductores

Al emplear motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

1.8. ACOPLAMIENTOS Y COJINETES

1.8.1. Acoplamientos

Los acoplamientos son sistemas de transmisión de movimiento entre dos ejes o árboles, cuyas misiones son asegurar la transmisión del movimiento y absorber las vibraciones en la unión entre los dos elementos. Las vibraciones son debidas a que los ejes no son exactamente coaxiales. Hay desalineaciones angulares o radiales (figura 1.32.), aunque lo normal es que se presente una combinación de ambas. Idealmente la relación de transmisión es 1, pero a veces un eje puede tener más velocidad en un intervalo del ciclo que en otro.

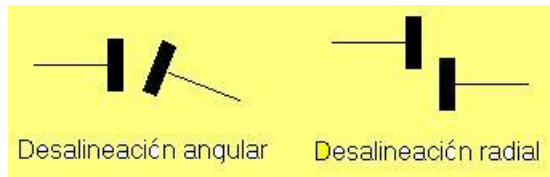


Figura 1.32. Tipos de desalineaciones

Algunos tipos de acoplamientos pueden funcionar como "fusible mecánico", permitiendo su rotura cuando se sobrepase cierto valor de par, salvaguardando así partes delicadas de la instalación que son más caras. Esto se consigue fabricando el acoplamiento o parte de él con materiales menos resistentes o con secciones calculadas para romper con un determinado esfuerzo.

1.8.1.1. Tipos de acoples

Los acoplamientos se clasifican en función de la posición del eje geométrico de los árboles que se han de conectar. Los principales tipos de acoplamiento son: los rígidos, los flexibles, los hidráulicos y los magnéticos.

El modelo **rígido** no permite desalineaciones. Distinguimos 3 tipos:

- **De manguito:** Los ejes se unen mediante una pieza cilíndrica hueca. No admiten desalineaciones. Se suelen usar para ejes muy largos que no se pueden hacer de una pieza. Presentan el inconveniente de tener que separar los ejes para sustituirlos, lo cual puede resultar complicado en algunos casos.
- **De manguito partido:** Parecidos a los anteriores, pero el acoplamiento está hecho en 2 piezas, que aseguran la transmisión con la presión de los tornillos. Permiten la sustitución sin tener que desmontar los ejes.
- **De brida o de plato:** Consta de dos platos forjados con el eje o encajados en ambos árboles y asegurados por pernos embutidos. Los de este último tipo tienen una pieza cónica para que la presión de los tornillos apriete las bridas contra los ejes, asegurando así que no haya rozamiento. Se utiliza por ejemplo para unir una turbina y su alternador, conexión que exige una perfecta alineación.

El modelo **flexible** admite desalineaciones. Se puede clasificar en dos grandes grupos:

1. Rígidos a torsión: No amortiguan vibraciones a torsión. Dentro de este grupo encontramos otros subgrupos:

- **Junta Cardan:** Permiten elevados desalineamientos, tanto angulares como radiales. De hecho, se suelen usar para transmitir movimiento entre ejes paralelos. El problema que presentan es que hay oscilación en la velocidad de salida. Para evitarlo se recurre al sistema con doble junta Cardan, que consta de un eje intermedio.
- **Juntas homocinéticas:** Poseen una pieza intermedia con bolas, lo cual permite elevadas desalineaciones. Son típicas en automoción (caja de cambios-rueda).
- **Junta Oldham:** Como en el caso anterior, presenta una pieza intermedia. En este caso se trata de una pieza cilíndrica con dos salientes prismáticos perpendiculares. Admite desalineaciones radiales.
- **Flexible dentado:** Unos dientes son los que se encargan de transmitir el movimiento. No llevan la evolvente normal, sino que están redondeados en la cabeza para permitir desalineaciones angulares (elevadas) y radiales (pocas). También permite desalineaciones axiales, dependiendo de la longitud de los dientes.
- **De cadena:** Consta de dos bridas unidas a los ejes mediante prisioneros y de una cadena doble, que engrana sobre unos dientes. Fácilmente desalineable.
- **De barriletes:** Parecido al dentado, sólo que los dientes son abombados. Permite desalineaciones. Usado en sistemas de elevación (polipastos).

2. Acoplamientos elásticos: Absorben vibraciones a torsión. La transmisión del par no es instantánea. Clasificación:

- **De diafragma elástico:** Se caracteriza por presentar los platos provistos de pernos de arrastre, cuyo movimiento se produce a través de una conexión elástica. Admite desalineaciones.
- **De resorte serpentiforme:** Formado por dos bridas con almenas por las que pasa un fleje en zig-zag.
- **De manguito elástico:** Es cilíndrico pero con muchos cortes radiales, dando la apariencia de un muelle. Permite mucha desalineación y es de reducido tamaño, si bien no permite la transmisión de elevados pares. Muy utilizado en electrodomésticos.
- **Semielástico de tetones:** Formado por dos bridas unidas por pernos, pero separadas por un material elástico.
- **De banda elástica:** Formado por dos bridas unidas por una banda de caucho.
- **De elastómero:** Formados por dos bridas almenadas separadas por una pieza intermedia elástica. Muy usados para baja y media potencia (cerámica).
- **De eje flexible:** El eje es de una aleación de bronce y permite desalineamientos.

El **acoplamiento hidráulico** se distingue por la presencia de un cárter que se llena con aceite especial, dentro del cual hay un rotor solidario del árbol que es móvil y rige la rotación del mecanismo. La fuerza centrífuga generada por la rotación impulsa al aceite al exterior accionando un segundo rotor que, a su vez, pone en marcha el árbol de transmisión.

En el **acoplamiento magnético**, la unión se consigue de modo suave y de fácil regulación a través de la acción magnética, para lo cual se dispone una mezcla de aceite y limaduras de hierro (en proporción 1:10) entre las superficies paralelas de dos platos; al pasar a través de esa mezcla una corriente de intensidad débil, las limaduras se magnetizan

y accionan los platos. El desacoplamiento se consigue mediante la desmagnetización de las limaduras.

1.8.2. Cojinetes

Es el conjunto de esferas que se encuentran unidas por un anillo interior y uno exterior, el rodamiento produce movimiento al objeto que se coloque sobre este y se mueve sobre el cual se apoya.

1.8.2.1. Tipos de cojinetes

- **Cojinetes rígidos de bolas**

Robustos, versátiles y silenciosos. Pueden funcionar a altas velocidades y son fáciles de montar. Los rodamientos de una hilera también están disponibles en versiones obturadas; están lubricados de por vida y no necesitan mantenimiento. Los rodamientos de una hilera con escote de llenado y los de dos hileras son adecuados para cargas pesadas.

- **Cojinetes de bolas a rótula**

Insensibles a la desalineación angular. También disponibles en versiones obturadas y lubricadas de por vida, para un funcionamiento sin mantenimiento. Los cojinetes montados en manguitos de fijación y alojados en soportes de pie proporcionan unas disposiciones económicas.

- **Cojinetes de sección estrecha**

Son compactos, rígidos y ahorran espacio. Pueden soportar cargas combinadas. Una variedad de diseños ISO y de sección fija ofrece gran flexibilidad para diseñar disposiciones de bajo peso y bajo rozamiento. También disponibles en versiones obturadas para un mantenimiento sencillo.

- **Cojinetes de rodillos cilíndricos**

Pueden soportar cargas pesadas radiales a altas velocidades. Los cojinetes de una hilera, tienen una geometría interna optimizada que aumenta su capacidad de carga radial y axial, reduce su sensibilidad a la desalineación y facilita su lubricación. Los cojinetes completamente llenos de rodillos incorporan el máximo número de rodillos y no tienen jaula. Están diseñados para cargas muy pesadas y velocidades moderadas.

- **Cojinetes de rodillos a rótula**

Robustos cojinetes autoalineables que son insensibles a la desalineación angular. Ofrecen una gran fiabilidad y larga duración incluso en condiciones de funcionamiento difíciles. Montados en manguitos de fijación o de desmontaje y alojados en soportes de pie, proporcionan unas disposiciones de rodamientos económicas. También disponibles con obturaciones para un funcionamiento libre de mantenimiento.

- **Cojinetes de agujas**

Su baja sección transversal los hace adecuados para espacios radiales limitados. Pueden soportar cargas radiales pesadas. La amplia variedad de diseños, incluyendo cojinetes combinados para cargas radiales y axiales, permite unas disposiciones de cojinetes sencillas, compactas y económicas.

- **Cojinetes de bolas con contacto angular**

Diseñados para cargas combinadas, proporcionan unas disposiciones de rodamientos rígidas. Los cojinetes de dos hileras, también disponibles con obturaciones, simplifican las disposiciones ya que pueden soportar y fijar un eje en ambas direcciones. Los cojinetes de bolas con cuatro puntos de contacto ahorran espacio cuando las cargas axiales actúan en ambas direcciones.

- **Cojinetes axiales de rodillos cilíndricos**

Pueden soportar cargas axiales pesadas de simple efecto. Rígidos y también insensibles a las cargas de impacto. Se pueden obtener disposiciones muy compactas si los componentes adyacentes pueden servir como caminos de rodadura.

- **Cojinetes axiales de bolas**

Diseñados para cargas puramente axiales. Están disponibles diseños de simple y de doble efecto, así como con contraplacas esféricas para compensar los errores de alineación. Estos cojinetes son desarmables, para facilitar el montaje.

- **Cojinetes axiales de rodillos a rótula**

Robustos cojinetes autoalineables, insensibles a la desalineación angular. Pueden soportar fuertes cargas axiales. También pueden soportar cargas radiales de hasta un 55% de la carga axial actuando simultáneamente. Ofrecen una alta fiabilidad y gran duración, incluso en condiciones de funcionamiento difíciles. El diseño desarmable facilita el montaje.

- **Cojinetes axiales de agujas**

Pueden soportar cargas axiales pesadas en una dirección. Rígidos e insensibles a las cargas de impacto. La baja sección transversal proporciona unas disposiciones de rodamientos muy compactas. Si se pueden mecanizar caminos de rodadura en las piezas adyacentes, la corona de agujas axial puede servir de cojinete y requiere poco espacio.

- **Cojinetes montados**

En muchos tipos de maquinaria pesada y máquinas especiales que se fabrican en cantidades pequeñas, se seleccionan cojinetes montados en lugar de los que no

están montados. Los cojinetes montados incorporan métodos para unir la unidad de cojinetes directamente al armazón de la máquina mediante tornillos, en lugar de insertarlos en una ranura que se maquina en la carcasa como sucede con los cojinetes no montados.

1.9. VARIADOR DE FRECUENCIA

1.9.1. Generalidades

Un regulador electrónico de velocidad o variador de frecuencia está formado por circuitos que incorporan transistores de potencia como el IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) o tiristores, siendo el principio básico de funcionamiento transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable.

Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua, con toda la potencia en el llamado circuito intermedio y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con una frecuencia y una tensión regulables, que dependerán de los valores de consigna. A esta segunda etapa también se le suele llamar ondulator. Todo el conjunto del convertidor de frecuencia recibe el nombre de inversor, como se muestra en la (figura 1.33.)

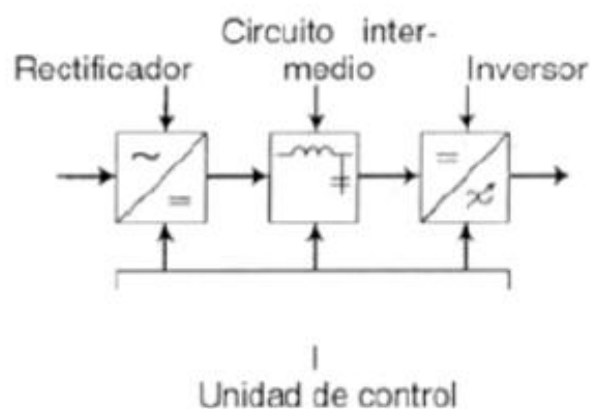


Figura 1.33. Etapas de funcionamiento de un variador de frecuencia

El modo de trabajo puede ser manual o automático, según las necesidades del proceso, dada la enorme flexibilidad que ofrecen los reguladores de velocidad, permitiendo hallar soluciones para obtener puntos de trabajo óptimos en todo tipo de procesos, pudiendo ser manejados por ordenador, PLC, señales digitales o de forma manual.

La mayoría de las marcas incluyen dentro del propio convertidor protecciones para el motor, tales como protecciones contra sobreintensidad, sobretensión, fallo contra desequilibrios, defectos a tierra, etc, además de ofrecer procesos de arranque y frenados suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundará en un aumento de la vida del motor y las instalaciones.

1.9.2. Beneficios de utilizar un variador de frecuencia

Como debe saberse, el uso de convertidores de frecuencia añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones. Además aportan los siguientes beneficios:

- Mejora el proceso de control y por lo tanto la calidad del producto.
- Se puede programar un arranque suave, parada y freno (funciones de arrancador progresivo).
- Amplio rango de velocidad, par y potencia. (velocidades continuas y discretas).
- Bucles de velocidad.
- Puede controlar varios motores.
- Factor de potencia unitario.
- Respuesta dinámica comparable con los drivers de DC.
- Capacidad de by-pass ante fallos del variador.
- Protección integrada del motor.
- Marcha paso a paso (comando JOG).

1.9.3. Tipos de control de velocidad que permite un variador de frecuencia

Con respecto a la velocidad los convertidores suelen permitir dos tipos de control:

a) Control manual de velocidad.- La velocidad puede ser establecida o modificada manualmente (display de operador). Posibilidad de variación en el sentido de giro.

b) Control automático de velocidad.- Utilizando realimentación se puede ajustar la velocidad automáticamente. Esta solución es la ideal para su instalación en aplicaciones en las que la velocidad demandada varía de forma continua.

CAPITULO II

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE ENCIMAS

2.1. TOLVA

La función de la tolva es básicamente la de almacenar las encimas que deben ser dosificadas durante el proceso de la aplicación de aditivos para el alimento balanceado. La forma geométrica que se seleccionó para la tolva fue cilíndrica (figura 2.1.), ya que por motivos de logística y de tiempo esta era la forma más sencilla de construirla. Debido a que la tolva es cilíndrica, su estructura exterior se la tomó de un tubo, esto se lo hizo con el fin de optimizar recursos.

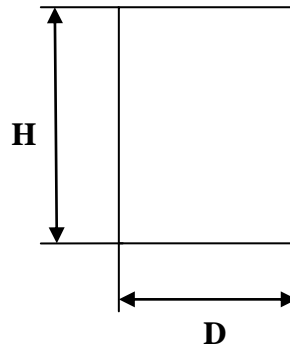


Figura 2.1. Tolva

La máquina extrusora trabaja bajo el pedido que realice el departamento de producción que es aproximadamente 90 paradas por semana lo que equivale a 90 horas, la dosificación

tiene que ser de 800 gr/h. Es decir que por semana se debe dosificar 72 kg. de encimas en base a este dato se procedió a realizar el diseño de la tolva.

Las dimensiones de la tolva se presentan a continuación.



Donde:

D= Diámetro = 47 cm.

H= Altura= 45 cm.

A continuación determinaremos la capacidad volumétrica de la tolva utilizando la (ecuación 1.1.).

$$V = \frac{\pi}{4}(0.47\text{m})^2 (0.45\text{m})$$

$$V = 0.1661 \text{ m}^3$$

Con el dato de la capacidad volumétrica de la tolva y la densidad de las encimas, podemos determinar la capacidad máxima de la tolva en kg., este valor es muy importante para calcular la potencia que necesita el tornillo transportador sinfín y el cono descarga para funcionar correctamente.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{ecuación 2.1.}$$

Donde:

ρ = Densidad

m = Masa

V = Volumen

$$m = \rho * v = 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (0.1661\text{m}^3) = 74.7503\text{kg}$$

En conclusión la máquina puede dosificar encimas por un lapso de una semana sin ningún problema, para una nueva semana de trabajo la misma tiene que ser cargada nuevamente de esta proteína.

La construcción de la tolva se la realizó de acuerdo a los planos mecánicos detallados en el (ANEXO B1), se realizó primero el trazado de las dimensiones de la tolva en el tubo, el cual luego se procedió a cortar utilizando el proceso de corte OAC (oxicorte). La base de la tolva es circular por obvia razones, para la construcción de esta se utilizó una plancha de 4 mm en la cual se trazaron las dimensiones de la misma y se realizó el corte utilizando el mismo proceso de corte que se utilizó para la tolva. La unión o acople del tubo con la base de la realizó utilizando el proceso de soldadura SMAW según WPS #1 (ANEXO A1). Cabe mencionar que el material del tubo y de la base es acero ASTM A 36, este es el más utilizado en el mercado nacional para este tipo de trabajos.

2.2. TRANSPORTADOR DE TORNILLO SINFÍN

Como se mencionó anteriormente los mecanismos de dosificación más utilizados en la industria alimenticia para este tipo de microingredientes como las encimas son por vibración y por un transportador de tornillo sinfín, es así que se optó por el segundo ya que este nos ofrece mayor precisión en el control de la cantidad de encimas que se desea dosificar al alimento balanceado.

Para el diseño de transportadores de tornillo sinfín existe la norma CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) # 350, en esta explica los diferentes factores que se deben tomar en cuenta para el correcto diseño del transportador. En si lo que se explica en la norma es el procedimiento que se debe seguir para el diseño y selección de elementos que se necesitan para la construcción de una máquina de transportación de materiales se

menciona esto, ya que en el proyecto solamente se realiza la utilización del tornillo sin fin para la correcta dosificación de las encimas mas no todo lo que se explica en la norma.

El diseño del tornillo sin fin que se requiere para la dosificación de microingredientes lamentablemente no esta dentro de los parámetros a los que se rige la norma CEMA #350, debido a que la cantidad que se debe dosificar es muy poca (800 gr/h) como máximo, por lo que obviamente las dimensiones del tornillo sin fin deben ser mínimas y esta norma solamente cubre el diseño de transportadores de tornillo sin fin a partir de un diámetro de las aletas de 4 pulgadas, por lo que se descartó el diseño del mismo.

La solución inmediata que se dio al problema del diseño del tornillo sin fin, fue la investigación y recolección de información, acerca de procesos de dosificación semejantes que se utilizan en la industria, es así que se logró determinar que este método de dosificación se utiliza en las máquinas cafeteras y copiadoras para la dosificación de café molido y tinta respectivamente.

Se utilizó un tornillo sin fin de aluminio (figura 2.2), este se lo desmontó de una máquina cafetera que ya no estaba funcionando, las dimensiones de este se ajustan a lo que requiere el proceso, es decir una microdosificación. A partir de las dimensiones del tornillo sin fin se determinó el resto de parámetros que intervienen en el proceso como son la velocidad máxima a la cual debe funcionar el mismo para una correcta dosificación de las encimas, la potencia de los motorreductores, etc. Es importante resaltar que en el momento de la dosificación no existió ningún inconveniente ya que las características físicas y la densidad entre el café molido y las encimas son muy similares.



Figura 2.2. Tornillo sin fin dosificador

Otros aspectos que se tomaron en cuenta antes de la selección del tornillo sinfín son los siguientes:

- Tipo de material a transportar.
- Máximo tamaño de partículas duras.
- Capacidad en gr/hora.
- Distancia de material a transportar.
- Cualquier factor adicional que pueda afectar el transportador o las operaciones.

Un aspecto muy importante que se debe tomar en cuenta antes del montaje del tornillo sinfín es el sentido del mismo (figura 2.3.), ya que de este depende hacia que extremo del eje se realizará la dosificación de las encimas.

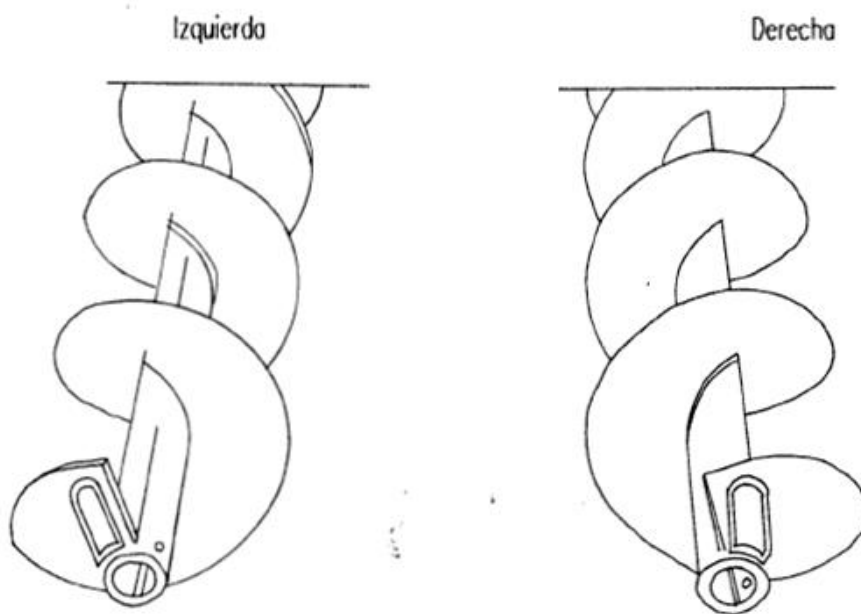


Figura 2.3. Sentido del tornillo sinfin

2.3. CONO DE DESCARGA

En todas las tolvas de almacenamiento cuando el producto es en polvo o granular, el llenado de estas no es horizontal, es decir que se van llenando en forma de pirámide (figura

2.4.), lo que puede causar problemas cuando una tolva esta diseñada para cierta cantidad de producto, existiría problemas cuando se quiera tomar como referencia el nivel alto de la tolva en cuestión.

Por lo dicho anteriormente es recomendable utilizar un cono deflector, que vaya instalado en la tolva, con esto el producto que llegue a la tolva será distribuido de una manera uniforme (figura 2.5.).

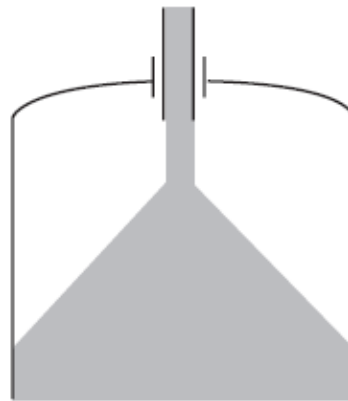


Figura 2.4. Llenado de la tolva sin cono deflector

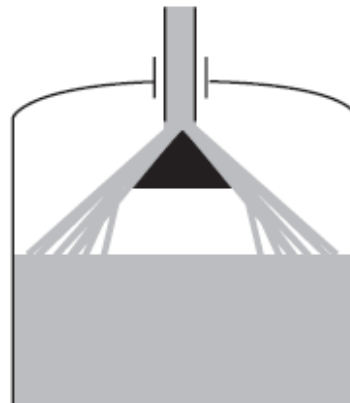


Figura 2.5. Llenado de la tolva con cono deflector

Después de justificar el porque se debe utilizar un cono deflector o de descarga en una tolva cuando se trabaja con productos en polvo o granulados, se detalla el procedimiento para el diseño de cono de descarga.

Lo que se debe conocer son las variables que tiene un cono (figura 2.6.).

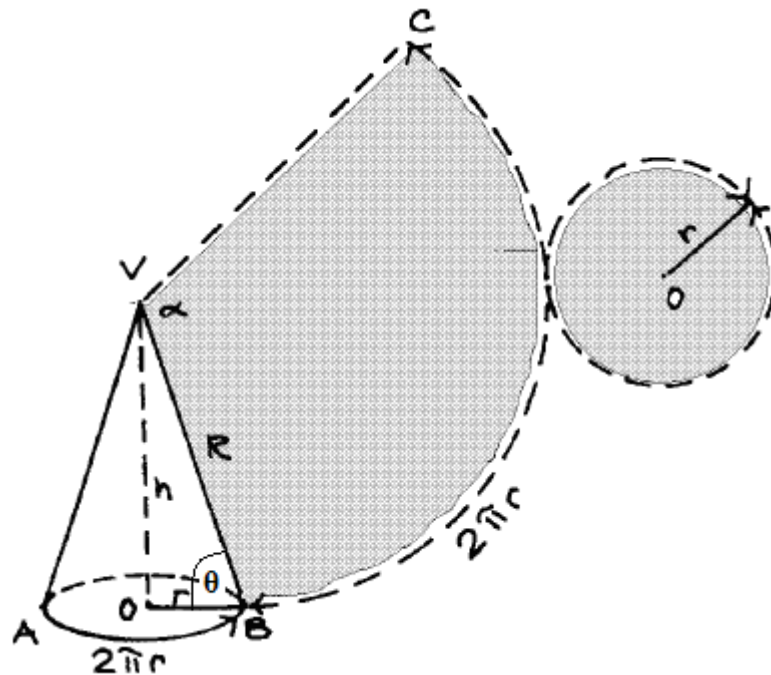


Figura 2.6. Diseño del cono de descarga

Donde:

r = Radio de la base del cono.

h = Altura del cono.

$R = VC$ = Generatriz del cono.

θ = Angulo de elevación.

α = Angulo total de depresión del cono.

A continuación se presentan los cálculos que se realizó para el diseño de un cono con los siguientes datos: $r = 12.5$ cm., $h = 30$ cm.

$$R = \sqrt{h^2 + r^2} \quad \text{ecuación 2.2.}$$

$$R = \sqrt{(30^2 + 12.5^2)} \text{cm}^2$$

$$R = \sqrt{900 + 156.25}$$

$$R = \sqrt{1056.25\text{cm}^2}$$

$$R = 32.5\text{cm}$$

$$\text{tg}\theta = \frac{h}{r} \quad \text{ecuación 2.3.}$$

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{h}{r}\right)$$

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{30\text{cm}}{12.5\text{cm}}\right)$$

$$\theta = 67.38^\circ$$

$$\frac{\alpha}{4} = 90^\circ - \theta \quad \text{ecuación 2.4.}$$

$$\alpha = 4(90^\circ - \theta)$$

$$\alpha = 4(90^\circ - 67.38^\circ)$$

$$\alpha = 90.48^\circ$$

Para la construcción del cono (figura 2.7.) se procedió a rayar una plancha de acero inoxidable AISI 304 de 2 mm. de espesor con las dimensiones anteriormente calculadas, se corto la misma utilizando una tijera según el modelo de la (figura 2.6.), luego se realizó un trabajo de rolado en la plancha ya cortada hasta darle la forma de cono. La construcción de la base del cono, consistió únicamente en trazar un círculo con el radio que se da de dato sobre la misma plancha de acero inoxidable y se corto con una tijera. Una vez hecho el cono y la base se los soldó utilizando el proceso de soldadura SMAW según WPS #2 (ANEXO A1).



Figura 2.7. Construcción del cono de descarga

Alrededor de la base del cono de descarga se soldó unas aletas (figura 2.8.), con la finalidad de que estas arrastren y remuevan las encimas de la base de la tolva, con esto aprovechamos toda la materia prima que se encuentra en la tolva y además alimentamos constantemente de encimas al transportador de tornillo sinfín para que este realice la dosificación de la mismas al alimento balanceado.

Las aletas se las construyó de acuerdo a las dimensiones especificadas en el plano mecánico de la máquina (ANEXO B1), se las fabricó de una varilla de acero ASTM A 36 de ½ pulgada.



Figura 2.8. Aletas del cono de descarga

2.4. MOTORREDUCTORES DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA AUTOMÁTICA

Una de las metas que se planteó antes de la construcción de esta máquina, es el de optimizar la dosificación de encimas para el alimento balanceado de esta manera se realizó una recopilación de información para saber cual era la cantidad exacta de encimas que se debe dosificar durante el proceso.

Gracias a la información proporcionada por el laboratorio químico de la empresa, acerca de la proporción de encimas que necesita el alimento balanceado para cumplir con los procedimientos de calidad, se supo que estas deben ser dosificadas en mínimas porciones. Para ser más precisos la cantidad exacta que se debe dosificar es de 800 gr/h cuando la tolva este casi llena, por lo que tuvimos que buscar algunas alternativas para saber cual es el mejor mecanismo de dosificación de la encimas para el alimento balanceado.

Ya que el mecanismo de dosificación que se seleccionó fue el de transportador de tornillo sinfín, se tuvo que realizar la selección del accionamiento que le dará el movimiento giratorio que necesita el tornillo para que pueda realizar la dosificación de las encimas. Pero antes se realizó cálculos para conocer algunos datos que son necesarios para la elección correcta del elemento motriz.

2.4.1. Determinación de la velocidad del transportador de tornillo sinfín

La expresión matemática que se utiliza para el cálculo de la capacidad de transportación del tornillo sin fin es la siguiente: 4/

$$C = \frac{\pi(DT^2 - DE^2)P * K * N * 60 * \rho * R}{4} \quad \text{ecuación 2.5.}$$

Donde:

$C = \text{Capacidad de transportación del Tornillo sin fin} \left[\frac{\text{ton}}{\text{h}} \right]$

$\pi = 3.1416$

DT = Diámetro del Tornillo [m]

DE = Diámetro del Eje [m]

P = Paso [m]

K = Factor de Llenado [0–1]

N = R.P.M

$\rho = \text{Densidad} \left[\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right]$

R = Reducción de la Capacidad [0–1]

[4/http://sabanet.unisabana.edu.co/ingenieria/especializacion/ambiental/material/cicloI/Operaciones/mecanica/operacionesmecanicas.ppt](http://sabanet.unisabana.edu.co/ingenieria/especializacion/ambiental/material/cicloI/Operaciones/mecanica/operacionesmecanicas.ppt)

De esta expresión se despeja N (Revoluciones por minuto), utilizando los siguientes datos:

$$C = \frac{800\text{gr}}{\text{h}} * \frac{1\text{kg}}{1000\text{gr}} * \frac{1\text{ton}}{1000\text{kg}} = 800 \times 10^{-6} \frac{\text{ton}}{\text{h}}$$

$$DT = 13\text{mm} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} = 13 \times 10^{-3} \text{m}$$

$$DE = 5.8\text{mm} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} = 5.8 \times 10^{-3} \text{m}$$

$$P = 17.5\text{mm} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} = 17.5 \times 10^{-3} \text{m}$$

$$K = 1$$

$$\rho = 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1\text{ton}}{1000\text{kg}} = 0.45 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$R = 1 \text{ } 5/$$

$$800 \times 10^{-6} \frac{\text{ton}}{\text{h}} * 4 = \pi \left[(13 \times 10^{-3})^2 - (5.8 \times 10^{-3})^2 \right] 17.5 \times 10^{-3} \text{m} * 1 * N * 60 * 0.45 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} * 1$$

$$800 \times 10^{-6} \frac{\text{ton}}{\text{h}} * 4 = \pi \left[135 \times 10^{-6} \text{m}^2 \right] 17.5 \times 10^{-3} \text{m} * N * 60 * 0.45 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$800 \times 10^{-6} \frac{\text{ton}}{\text{h}} * 4 = 2 \times 10^{-4} \text{ton} * N$$

$$\therefore N = \frac{32 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-4}} = 16 \text{ R.P.M}$$

2.4.2. Determinación de la potencia del transportador de tornillo sinfín

Cabe citar que para el cálculo de la potencia necesaria para los transportadores de tornillo sinfín, existe la norma CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) # 350, que es la que rige el diseño de los transportadores de tornillo sinfín a partir de un diámetro mínimo de 4 pulgadas, pero en vista de que nuestro tornillo sinfín no entra dentro de esta norma por sus dimensiones, realizamos un procedimiento ordinario para el cálculo de la potencia que necesita el mismo.

5/ R, depende del ángulo de inclinación del tornillo sinfín, como en este caso el tornillo sinfín esta en posición horizontal R=1

$$F = M_{\text{TOTAL}} * g \quad \text{ecuación 2.6}$$

Donde:

$$F = \text{Fuerza} [\text{N}]$$

$$M_{\text{TOTAL}} = \text{Masa total} [\text{kg}]$$

$$g = \text{Gravedad} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$M_{\text{TOTAL}} = M_{\text{tolva}} + M_{\text{tornillo}}$$

$$M_{\text{TOTAL}} = 74.75 \text{ kg} + 0.13 \text{ kg}$$

$$M_{\text{TOTAL}} = 74.88 \text{ kg}$$

$$F = 74.88 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 733.824 \text{ N}$$

$$T = F * r \quad \text{ecuación 2.7.}$$

Donde:

$$T = \text{Torque} [\text{Nm}]$$

$$F = \text{Fuerza o Carga} [\text{N}]$$

$$r = \text{Radio del tornillo sinfin} [\text{m}]$$

$$T = 733.824 \text{ N} \left(\frac{17.5 \times 10^{-3}}{2} \right)$$

$$T = 6.4209 \text{ Nm}$$

$$P = T * W \text{ ecuación 2.8.}$$

Donde:

$$T = \text{Torque [Nm]}$$

$$P = \text{Potencia [w]}$$

$$W = \text{Velocidad Angular} \left[\frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right]$$

$$W = \frac{16 \text{ rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 1.6755 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P = 6.4209 \text{ Nm} \left(1.6755 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right)$$

$$P = 10.75 \text{ w}$$

2.4.3. Selección de los motorreductores

Después de realizar los cálculos y en función a las características del proceso a optimizar, se planteó algunas alternativas como: la utilización de motores a pasos, servomotores y motorreductores debido a la gran precisión, bajo torque y velocidad que necesita el tornillo para transportar las encimas. Al final se decidió utilizar motorreductores, ya que por motivos de logística se descartó la utilización de los motores paso a paso y servomotores, ya que estos no existen en el mercado nacional y había que importarlos.

El motorreductor se seleccionó en base a los cálculos anteriormente presentados de velocidad, torque y potencia que necesita el tornillo para realizar una dosificación de encimas precisa, las características técnicas del motorreductor se muestran a continuación.

| MOTORREDUCTOR | | | |
|---------------------------|-----------|----------|----------------|
| Tipo: MRIV 32 U03A | | 207 | B3 |
| | | | i: 104 |
| PN (1400) ⁽⁻¹⁾ | 0.096 kw. | | |
| MOTOR | | | |
| Tipo: MG 34 | | | |
| Nr: 030700305 | 3Φ | | |
| IP: 55 | 230 VAC | 1620 RPM | Cos (θ) = 0.68 |
| 0.18 kw. | 460 VAC | 1680 RPM | Cos (θ) = 0.58 |

Tabla 2.1. Características técnicas del motorreductor

Se utilizó un motorreductor de las mismas características para que accione al mecanismo de paletas que permite realizar una descarga continua de las encimas hacia el transportador de tornillo sinfín de la máquina dosificadora que se construyó. De esta manera garantizamos que no exista un estancamiento de las encimas entre la tolva y el tornillo transportador ver (ANEXO C1.).

2.5. EJES Y BOCINES

La única función de los ejes y bocines de la máquina dosificadora es la de transmitir la potencia y la velocidad que producen los motorreductores del tornillo dosificador sinfín y el del cono de descarga. Los dos motorreductores son iguales, con agujero de servicio y/o agujero hueco con un diámetro de 3/4 de pulgada y con chavetero de 3/16 de pulgada.

2.5.1. Diseño de ejes

A continuación se detalla el procedimiento que se realizó para determinar el diámetro mínimo que deben tener los ejes tanto del motorreductor del tornillo sinfín, como el de el cono de descarga para transmitir la potencia y velocidad de los motorreductores.

$$\tau = \frac{16T}{\pi D^3} \text{ ecuación 2.9.}$$

$$\tau = \frac{Ssy}{n} \text{ ecuación 2.10.}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante debido a la torsión o esfuerzo a la cizalladura.

T = Torque.

D = Diámetro del eje.

Sy = Límite de resistencia a la fluencia.

Ssy = Resistencia a la fluencia al corte.

n = Factor de seguridad.

P = Potencia del motorreductor [HP].

N = Revoluciones por minuto [r.p.m.].

El diseño se realizó en base a la resistencia a la fluencia que tienen el acero de transmisión SAE 1018 que es de 69 kpsi, es así que:

$$Ssy = 0.5Sy \text{ ecuación 2.11.}$$

$$Ssy = (0.5)(69 \text{ kpsi})$$

$$Ssy = 34.5 \text{ kpsi}$$

$$T = \frac{63000P}{N} \text{ ecuación 2.12.}$$

$$T = \frac{(63000)(0.125)}{16}$$

$$T = 492.188 \text{ lb.lpg}$$

(ecuación 2.9.) = (ecuación 2.10.)

$$\frac{16T}{\pi D^3} = \frac{Ssy}{n}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16Tn}{\pi Ssy}}$$

Con los datos anteriormente calculados de S_{sy} y T , se calculó el diámetro del eje.

$$D = \sqrt[3]{\frac{16(492.188)(2)}{\pi(34.5 \cdot 10^3)}}$$

$$D = 0.5 \text{ plg.}$$

Es decir que no se debe ocupar un eje con un diámetro menor a 1/2 pulgada, siempre y cuando se trabaje con un acero SAE 1018.

Para transmitir la potencia y la velocidad que produce el motorreductor del tornillo dosificador sinfín se maquinaron ejes y bocines con las dimensiones y especificaciones dadas en el plano mecánico (ANEXO B1), se escogió un eje con un diámetro de 3/4 pulgada un diámetro mayor al calculado y el diámetro de los bocines es de 1/2 pulgada, con lo que garantizamos un buen funcionamiento del tornillo dosificador sinfín. Para el eje que dará el movimiento giratorio al cono de descarga se escogió un eje con un diámetro de 1 pulgada.

2.6. SELECCIÓN DE ACOPLEROS Y COJINETES

El diámetro del eje que se acopla directamente al agujero de servicio del motorreductor había que reducirlo dado que el diámetro del eje del tornillo sinfín es de 6mm, por lo que se seleccionó un acoplamiento flexible tipo Oldham (figura 2.9.) para reducir el diámetro de 3/4 in. (lado del motorreductor) a 1/2 in. (lado del cojinete). Más información acerca del acoplamiento se expone en el (ANEXO A2).



Figura 2.9. Acoplamiento tipo Oldham

Se construyó dos extensiones de diferente largo en un eje de transmisión SAE 1018, pero el diámetro del agujero de estos es el mismo debido a que cada uno se acopló a cada extremo del eje del tornillo sinfín, como se dijo anteriormente el diámetro exterior de los bocines es de 1/2 pulgada y se ensamblan con un cojinete montado ó chumacera de 1/2 in. (figura 2.10.).

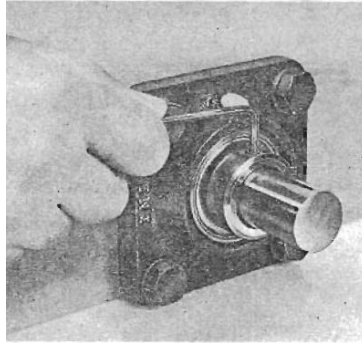


Figura 2.10. Cojinete montado ó chumacera

Los soportes de las chumaceras que transmiten el movimiento giratorio al tornillo sinfín fueron contruidos en una plancha de acero ASTM A 36 de 4 mm. de espesor, luego los soportes de las chumaceras se soldaron en los extremos laterales de la tolva tal como se indica en la (figura 2.11), se utilizó el mismo procedimiento de soldadura que se detalla en el WPS #1 (ANEXO A1.).



Figura 2.11. Soportes de las chumaceras

Debido a que en la base del cono de descarga se soldó a un eje de 1 pulgada, se utilizó un acoplamiento flexible tipo Oldham (ANEXO A2), el que va colocado entre un eje de 3/4 de pulgada que esta ensamblado al motorreductor que da el movimiento giratorio al cono de descarga y el eje que esta soldado a la base del cono.

Al igual que para el tornillo sinfín, para transmitir el movimiento entre el acoplamiento flexible y el cono de descarga, se utilizó dos cojinetes montados ó chumaceras de 1 pulgada, las cuales se montaron sobre una estructura rectangular hecha de ángulos de $1\frac{1}{2} * 3/16$ como se indica en el plano mecánico (ANEXO B1). Cada uno de los extremos del eje de 1 pulgada que esta soldado a la base del cono de descarga se ensamblaron a los cojinetes montados (figura 2.12.), con esto obtuvimos un correcto funcionamiento del cono de descarga. Es importante mencionar que la base del cono de descarga nunca tiene contacto con la base de la tolva cilíndrica, debe existir un espacio máximo de 5 mm. entre las dos para que no se produzca ningún roce que pueda afectar el buen funcionamiento de la máquina.



Figura 2.12. Ensamble del eje con las chumaceras

2.7. SOPORTES DE LOS MOTORREDUCTORES

Como se dijo anteriormente, en la máquina dosificadora de encima se utilizaron dos motorreductores, uno para el movimiento del tornillo sinfín y otro para el movimiento del cono de descarga, cada uno de estos motorreductores tienen su propio soporte. El soporte del motorreductor de tornillo sinfín (figura 2.13.), se lo construyó de acuerdo a las medidas especificadas en el plano mecánico de la máquina (ANEXO B1), las mismas que fueron trazadas y/o rayadas sobre una plancha de acero ASTM A 36 de 4 mm. de espesor, a la cual en sus extremos se realizó agujeros de 1/4 de pulgada con la finalidad de empinar el soporte con el motorreductor.



Figura 2.13. Soporte del motorreductor del tornillo sinfín

Para el diseño del soporte del motorreductor del cono de descarga se tomó como referencia la siguiente estructura (figura 2.14.).

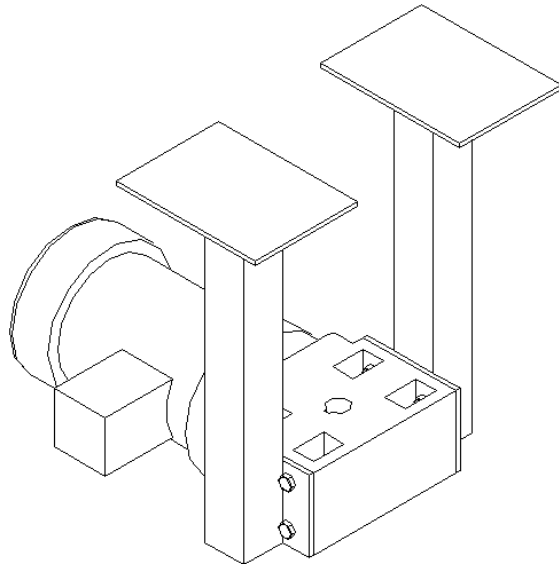


Figura 2.14. Estructura del soporte del motorreductor del cono de descarga

Se realizó el análisis de fuerzas en el eje Y.

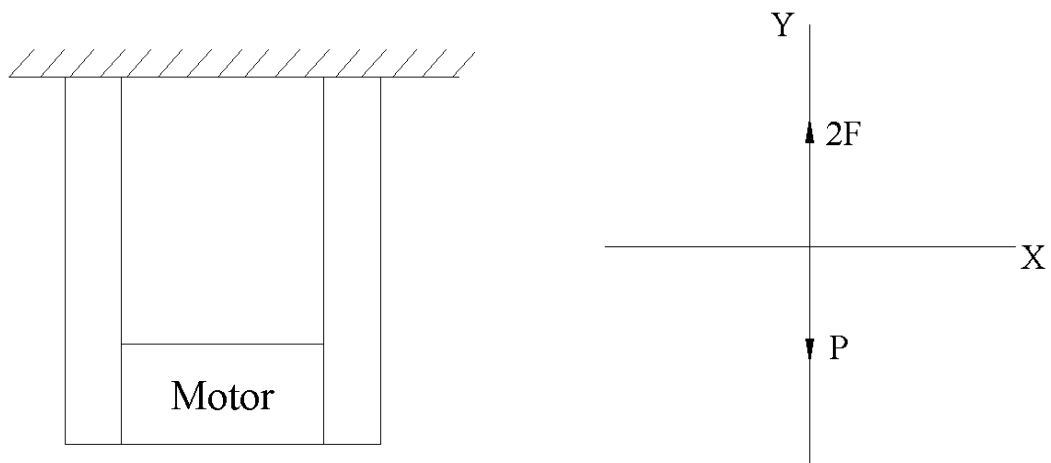


Figura 2.15. Diagrama de cuerpo libre

$$\sum F_y = 0$$

$$2F = m_{\text{motorreductor}} * g$$

$$2F = 8\text{kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 39.2\text{N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ ecuación 2.13.}$$

Donde:

σ = Esfuerzo Normal

F = Fuerza

A = Área de la sección transversal

Como siguiente paso se cálculo el área de la sección transversal de un tubo estructural cuadrado de 1 ½ in. (38.1 mm.) que tiene como espesor 2 mm.

$$A = (38.1\text{mm} * 38.1\text{mm}) - (34.1\text{mm} + 34.1\text{mm})$$

$$A = 288.8\text{mm}^2$$

A continuación se determina el esfuerzo normal que se produce en cada una de las secciones del tubo estructural cuadrado.

De la ecuación 2.13., tenemos:

$$\sigma = \frac{39.2\text{N}}{288.8\text{mm}^2} * \frac{(10\text{mm})^2}{(1\text{cm})^2} = 13.57 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma = 13.57 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} * \frac{1\text{kg}}{9.8\text{N}} * \frac{2.205\text{lb}}{1\text{kg}} * \frac{(2.54\text{cm})^2}{(1\text{plg})^2}$$

$$\sigma = 19.69 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \text{ ecuación 2.14.}$$

Donde:

n = Factor de seguridad

Sy = Resistencia a la fluencia

De la ecuación 2.14., tenemos:

$$S_y = n * \sigma$$

$$S_y = 2 * 19.69$$

$$S_y = 39.38 \frac{lb}{plg^2}$$

Este es el valor de la resistencia a la fluencia que se produce en cada uno de los tubos estructurales cuadrados del soporte del motorreductor que da el movimiento al cono de descarga.

La construcción del soporte del motorreductor que da el movimiento al cono de descarga, se realizó con tubo estructural cuadrado tipo ASTM A 36 de 1 ½ in. cuya resistencia a la fluencia S_y es de 34 kpsi, valor el cual es sobredimensionado y correcto para esta aplicación. Estos tubos se trazaron y cortaron con las dimensiones especificadas en el plano mecánico (ANEXO B1), los extremos superiores de estos se soldaron en la base de la estructura rectangular donde se montaron las chumaceras y los extremos inferiores se soldaron a unas bases rectangulares construidas en plancha de acero ASTM A 36 de 4 mm. de espesor de acuerdo a las dimensiones especificadas en el plano con agujeros de 1/4 in. en sus extremos para empernar al motorreductor (figura 2.16.); para el procedimiento de soldadura ver WPS #1 (ANEXO A1.).



Figura 2.16. Soporte del motorreductor del cono de descarga

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE ENCIMAS

3.1. GENERALIDADES

El diseño del sistema de control se lo ha realizado en función del proceso que se quiere automatizar, y es así que se ha adoptado por la utilización de celdas de carga, ya que en la industria que se dedica a la producción de alimentos balanceados son los sensores más utilizados debido a que todas las fórmulas que existen para la producción del alimento balanceado son diferentes, es decir que todas estas no llevan la misma cantidad en peso de los diferentes ingredientes y aditivos que son parte del mismo y la mejor manera de controlar la dosificación de cada uno de los ingredientes y aditivos que necesita el alimento balanceado es en función de la variable peso. En base a lo anteriormente dicho se realizó el diseño para una correcta selección de los diferentes componentes y accesorios que intervienen en el sistema de control, los mismos se detallan en el desarrollo de este capítulo.

3.2 SISTEMA DE PESAJE

3.2.1. Determinación de la carga

La selección de las celdas de carga se la realizó en función de la magnitud del peso que se requiere sensar para realizar el control del proceso, es así que antes de realizar la selección de las celdas de carga se procedió a determinar la capacidad volumétrica que tiene la tolva a la cual llega el alimento balanceado (figura 3.1.), antes de la dosificación del aceite de pescado y encimas en la etapa de extrucción.



Figura 3.1. Tolva de descarga

La tolva esta compuesta de un prisma rectangular y de una pirámide truncada (figura 3.2.), las fórmulas de cálculo de la capacidad volumétrica para diferentes tanques fueron especificadas en el ítem 1.4.1.

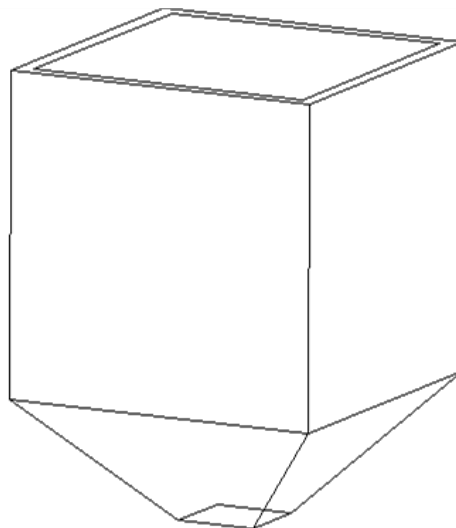


Figura 3.2. Forma de la tolva

Desarrollando la ecuación 1.5., determinamos la capacidad volumétrica de un prisma rectangular.

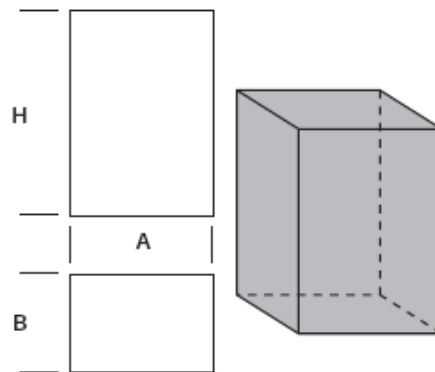


Figura 3.3. Lados de un prisma rectangular

Donde:

$$A = 1.50 \text{ m}, B = 1.50 \text{ m}, H = 1 \text{ m}.$$

$$V = 1.5\text{m} \cdot 1.5\text{m} \cdot 1\text{m}$$

$$V = 2.25\text{m}^3$$

Desarrollando la ecuación 1.7., determinamos la capacidad volumétrica de una pirámide truncada.

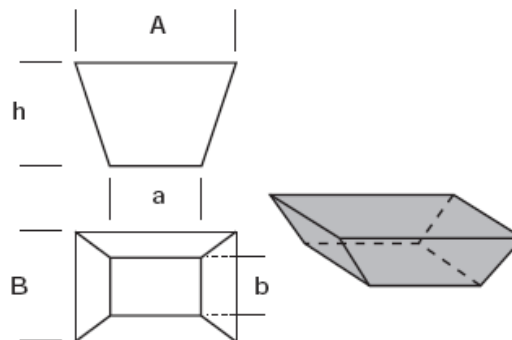


Figura 3.4. Lados de una pirámide truncada

Donde:

$A = 1.50 \text{ m}$, $B = 1.50 \text{ m}$, $a = 0.30 \text{ m}$, $b = 0.30 \text{ m}$, $h = 1.20 \text{ m}$.

$$V = \frac{1.20\text{m}}{6} (2*1.50\text{m}*1.50\text{m}+1.50\text{m}*0.30\text{m}+0.30\text{m}*1.50\text{m}+2*0.30\text{m}*0.30\text{m})$$

$$V = 1.116\text{m}^3$$

Debido a que la tolva es la unión de dos tanques de formas geométricas diferentes, se calculó la capacidad volumétrica de cada uno de ellos de manera independientemente y luego sumamos el resultado de cada uno para conocer la capacidad volumétrica total de la tolva.

$$V_T = 2.25\text{m}^3 + 1.116\text{m}^3$$

$$V_T = 3.366\text{m}^3$$

Después de realizar los cálculos vemos que la capacidad volumétrica total de la tolva es de $3,366 \text{ m}^3$, ahora para saber cual es el la máxima cantidad de alimento balanceado que puede ingresar en la tolva debemos conocer la densidad del alimento que va a depositarse en la misma y esta es de 448 kg/m^3 . 6/

Desarrollando la ecuación 2.1. se determina la capacidad de la tolva.

$$M = 448 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 3.366\text{m}^3$$

$$M = 1507.97\text{kg}$$

Esta es la máxima capacidad de la tolva. Ahora al valor calculado de la capacidad de la tolva le sumamos el peso de la tolva que aproximadamente es de 300 kg ., lo que nos da un total de 1807.97 kg ó $3.986,57 \text{ lb}$.

6/ Densidad frecuente del alimento balanceado, dato proporcionado por el laboratorio químico de la empresa

3.2.2. Selección de las celdas de carga

Uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta, es en donde van a ser instaladas las celdas de carga, ya que estas tienen que ser montadas en básculas o soportes para que trabajen de manera correcta, y debido a que las celdas de carga se instalarán en una estructura de superficie cuadrada se recomienda utilizar cuatro celdas de carga de la misma capacidad una en cada esquina de la estructura, la tolva se la coloca obviamente encima de las cuatro celdas de carga.

Después de realizar los cálculos y de hacer caso a la recomendación, se decidió colocar cuatro celdas de carga tipo viga con un apoyo (figura 3.5.), con una capacidad de 2500 lb. cada una (ANEXO C2), es decir que las mismas en conjunto tendrán una capacidad de 10.000 lb., y es suficiente para poder sensar correctamente el peso del alimento balanceado.



Figura 3.5. Celda de carga tipo viga con un apoyo

3.3. SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Debido a que la carga en la tolva del alimento balanceado no es constante, la dosificación del aceite de pescado, las encimas y la velocidad de la válvula rotativa de la tolva de descarga van a depender de la señal emitida por las celdas de carga que va a ser proporcional al peso de la tolva, lo que quiere decir que la cantidad de aceite de pescado y de encimas que se deben dosificar van a depender de la velocidad de la bomba y del tornillo sinfín respectivamente, dado que la velocidad de los mismos van a variar continuamente y que se ocupó motores y motorreductores asíncronos trifásicos, se utilizó variadores de frecuencia para controlar el sistema en forma lineal.

Como se dijo anteriormente el control de la dosificación del aceite de pescado y de la válvula rotativa de descarga de la tolva es en forma discreta o en batch, el proyecto esta enfocado a controlar todo este proceso en una forma continua aprovechando que vamos a optimizar la dosificación de encimas en el sistema. Con estos antecedentes es clave mencionar que para el control de velocidad de la bomba de aceite de pescado y de la válvula rotativa se utilizaban variadores de frecuencia los mismos que volveremos a utilizar para este proyecto.

Para el control de la dosificación de las encimas se seleccionó un variador de frecuencia Telemecanique de la familia ALTIVAR 28 (ANEXO C3), ya que este se ajusta a las características técnicas del motorreductor que utilizamos para el movimiento del transportador de tornillo sinfín.



Figura 3.6. Variador de frecuencia ALTIVAR 28

A continuación se presentan las características técnicas del variador de frecuencia que se seleccionó ATV28HU18M2U.

| Número de catálogo | Corriente de línea entrante ^[1] | | Potencia del motor | | Corriente de salida nominal ^[3] | Corriente de salida transitoria ^[2] | Potencia disipada total a la carga nominal | Corriente nominal de cortocircuito |
|--------------------|--|-------|--------------------|-----|--|--|--|------------------------------------|
| | 208 V | 240 V | kW | hp | | | | |
| | A | A | | | A | A | W | kA |
| ATV28HU09M2U | 6,9 | 6,4 | 0,37 | 0,5 | 3,3 | 3,6 | 32 | 1 |
| → ATV28HU18M2U | 9,3 | 8,6 | 0,75 | 1 | 4,8 | 6 | 45 | 1 |
| ATV28HU29M2U | 15,5 | 14,3 | 1,5 | 2 | 7,8 | 10,9 | 75 | 1 |
| ATV28HU41M2U | 21,3 | 19,8 | 2,2 | 3 | 11 | 15 | 107 | 1 |

Tabla 3.1. Características técnicas del variador de frecuencia

3.4. CONTROLADOR DE SISTEMAS DE PESAJE GSE 662

El controlador GSE 662 (figura 3.7.), es un controlador diseñado para trabajar con sistemas de pesaje, los mismos que se pueden encontrar en diferentes industrias como son: procesos agrícolas, alimenticios, químicos, farmacéuticos, etc. Además este equipo puede realizar un control de todo un proceso y a la vez llevar un registro exacto de las diferentes variables que pueden intervenir en un proceso, éstas a su vez se pueden almacenar en una base de datos del controlador y/o de un ordenador con el cual se comunica mediante un protocolo de comunicación RS-232 y si es para mayores distancias con un protocolo de comunicación RS-485. Más información acerca de este controlador se encuentra en le (ANEXO C4).



Figura 3.7. Controlador de sistemas de pesaje GSE 662

3.4.1. Conexión entre el controlador GSE 662 y PC.

El controlador GSE 662 nos permite establecer comunicación con diferentes periféricos y ordenadores a través de un protocolo de comunicación RS-232, el mismo que utilizamos para realizar la conexión entre el controlador y el PC, para de esta manera poder cargar las calibraciones y programación que se realizó en el software Lauch Rabbet (ANEXO C6).

Lo primero que se realiza es el cableado entre el COM1 ó COM2 de la bornera de comunicación del controlador (figura 3.8.) y un puerto DB – 9 hembra (figura 3.9.), el mismo que se conecta al PC. Se puede utilizar cualquiera de los dos puertos ya que estos son los específicos para este tipo de comunicación.

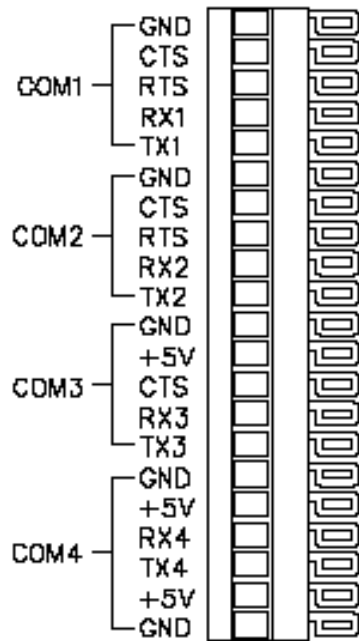


Figura 3.8. Bormera de comunicación del controlador.

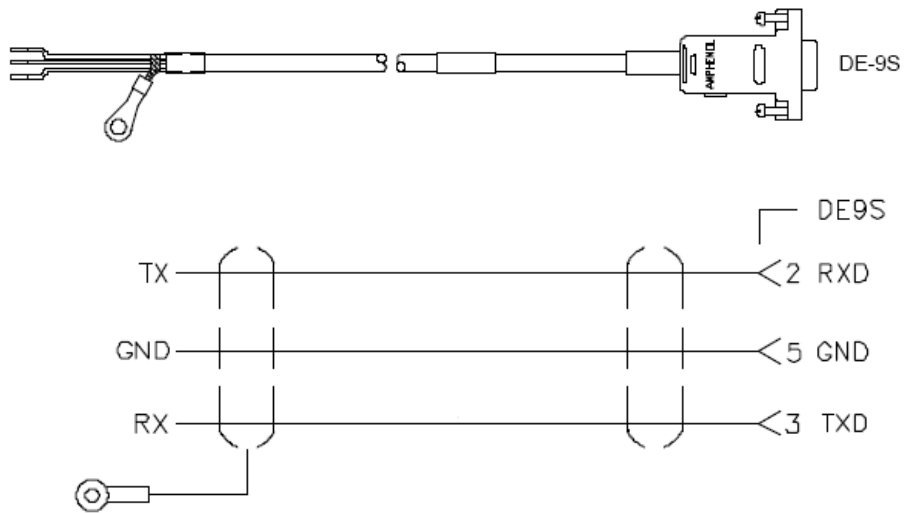


Figura 3.9. Conexión entre el controlador y puerto DB - 9

3.4.2. Conexión de los módulos de salida analógica

Para el control del proceso se utilizó dos módulos de salida analógica (ANEXO C5), los cuales fueron conectados al controlador utilizando un cable plano (figura 3.10.), cabe mencionar que el controlador GSE 662 tiene la capacidad de trabajar hasta con ocho módulos de salida analógica la misma que puede ser calibrada de (0-10 VDC), (0-20 mA.) y de (4-20 mA.).

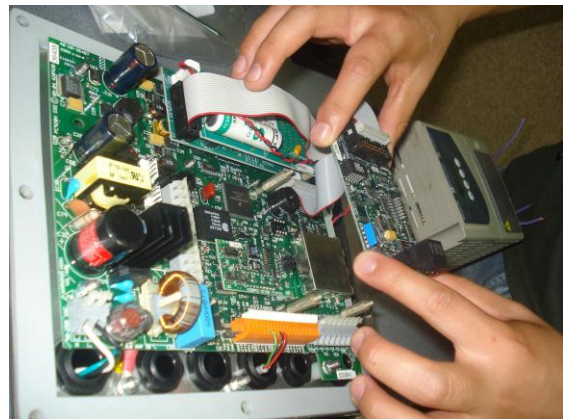
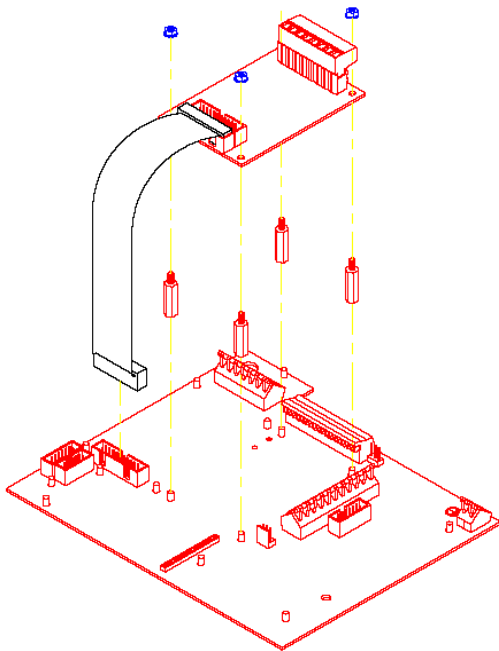


Figura 3.10. Conexión del módulo de salida analógica

En el manual del controlador se indica que pueden ser montados hasta dos módulos de salida analógica (figura 3.11.) dentro de la carcasa del mismo, es importante resaltar esta característica, ya que si cualquiera de los módulos de expansión no caben dentro del controlador estos deben estar en el exterior del mismo con sus respectivas protecciones ya que estos no son otra cosa que tarjetas electrónicas que están sujetas a cualquier daño e interferencia que pueden alterar el buen funcionamiento de estas.

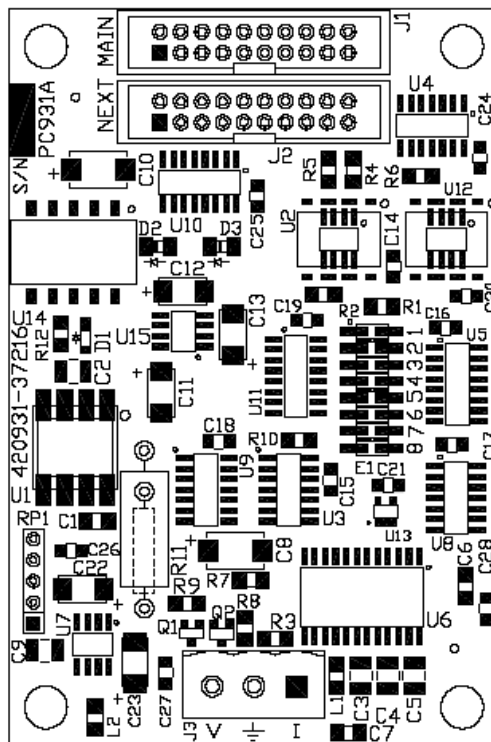


Figura 3.11. Módulo de salida analógica

3.4.3. Calibración del controlador GSE 662 utilizando el software Launch Rabbet

3.4.3.1. Generalidades

Una vez teniendo claro lo que se se deseaba ejecutar, lo primero que se realizó es el estudio de las características técnicas y funcionamiento del controlador GSE 662. Después de recopilar información y analizarla se encontró que este se podía programar en lenguaje ‘C’ utilizando una plataforma de programación o software llamado Launch Rabbet, por lo que se realizó un estudio de este para utilizarlo como herramienta de

calibración y programación del controlador. Este software sirve para calibrar y programar controladores de la marca GSE desde la serie 460 en adelante, una guía de referencia del mismo es presentada en el (ANEXO C6).

La calibración del controlador también se la puede realizar utilizando el teclado del mismo con un lenguaje propio del controlador que se lo denomina Macros, pero dado que se tubo a disposición el software Launch Rabbet propio para esta familia de controladores, se utilizó éste, ya que de esta manera es mucho más fácil y rápida su calibración.

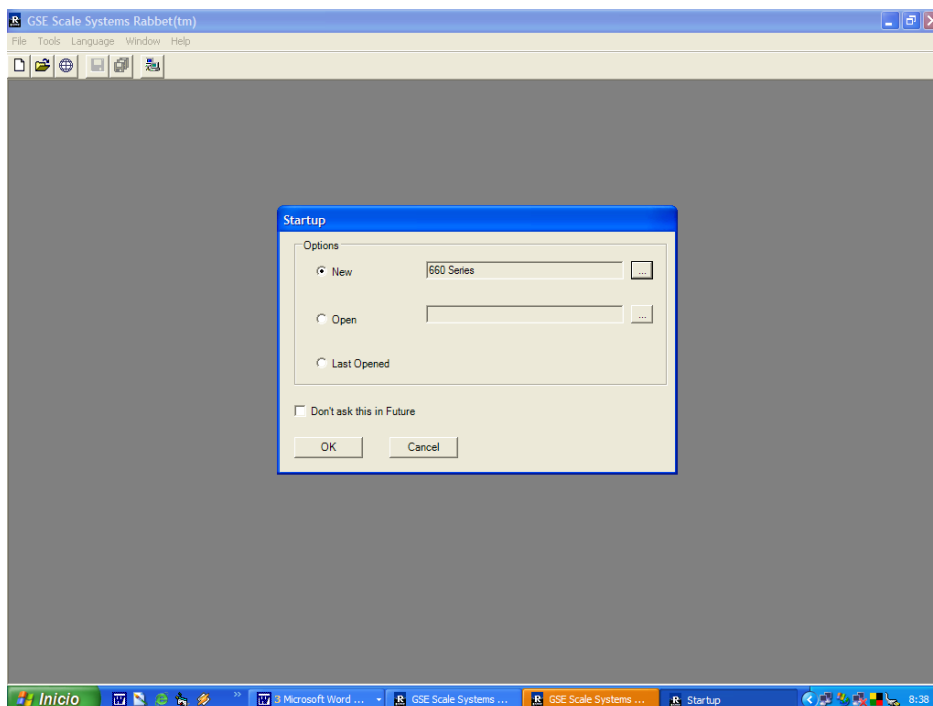


Figura 3.12. Ventana principal de Launch Rabbet

3.4.3.2. Modelo del controlador GSE

Cuando se elije realizar una nueva aplicación en la ventana principal del software, aparece una lista de todos los modelos de controladores GSE que pueden ser configurados utilizando Launch Rabbet, para nuestro caso elegimos el controlador GSE 662 (figura 3.13.), ya que este es con el que vamos a trabajar. Una vez seleccionado el controlador en la misma ventana se muestran las características técnicas del mismo.

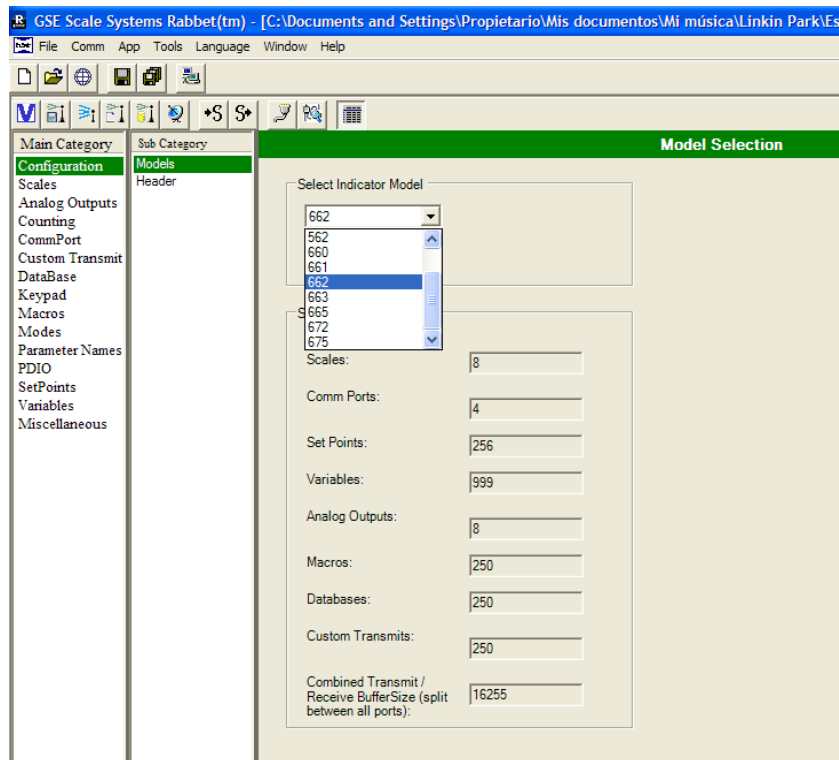


Figura 3.13. Ventana de selección del controlador

3.4.3.3. Selección y configuración del puerto de comunicación

Como se dijo anteriormente este controlador tiene la capacidad de comunicarse con una PC utilizando un protocolo de comunicación RS – 232, y gracias a esto podemos cargar las calibraciones y programas con los que se quiere que trabaje el controlador. Es por esto que antes de cargar las calibraciones y/o programas al controlador debemos escoger un puerto de comunicación como se muestra a continuación (figura 3.14.).

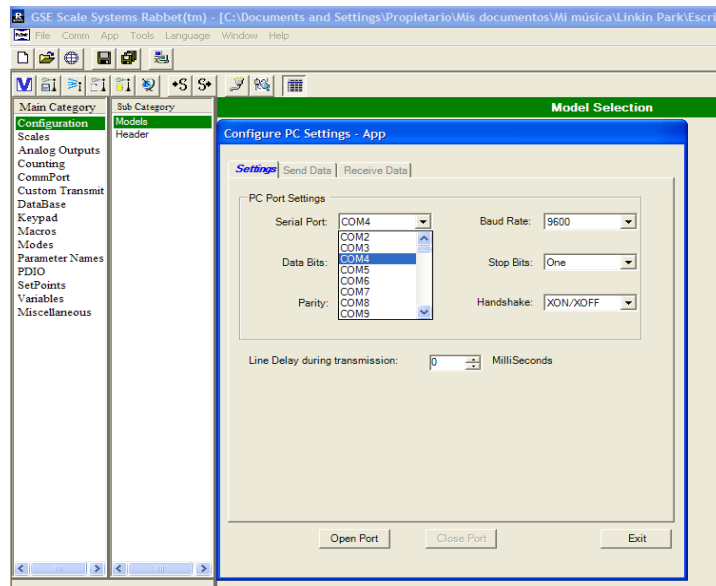


Figura 3.14. Ventana de selección y configuración del puerto de comunicación

3.4.3.4. Selección y calibración de la señal de entrada

El controlador GSE 662 tiene la capacidad de trabajar hasta con 8 señales de entrada de peso, pero para esto debe utilizarse un módulo llamado multi-escala para tener más entradas en el mismo controlador. Se utilizó solamente una entrada de las ocho disponibles la misma que primero se la habilito y luego se realizó las calibraciones respectivas según las necesidades del proceso a optimizar (figura 3.15.).

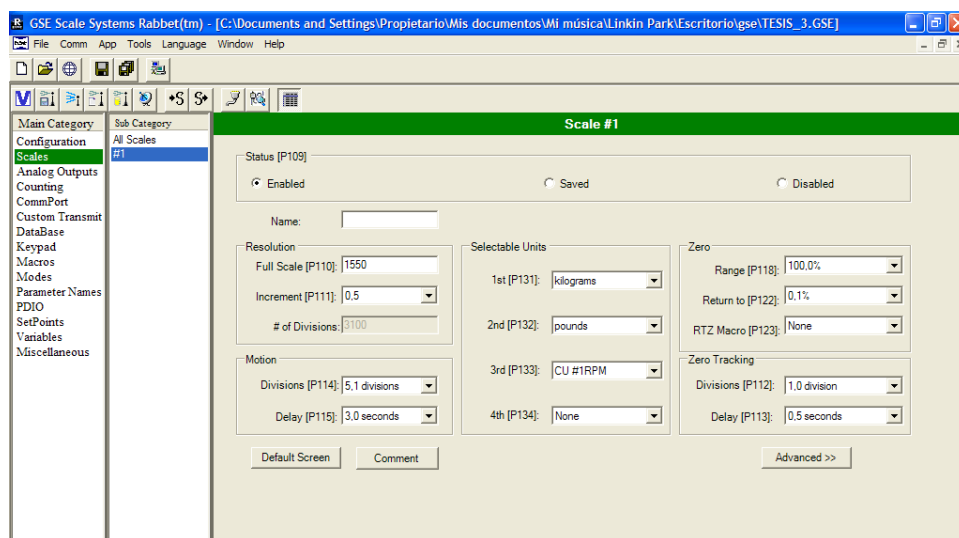


Figura 3.15. Ventana de calibración de la señal de entrada del proceso

3.4.3.5. Calibración de los módulos de salida analógica

La calibración de la señal que nos da los módulos de salida analógica la podemos realizar por software como ya lo mencionamos antes, aquí se elije como queremos que trabaje nuestra señal de salida cambiando las opciones que nos permite Launch Rabbet (figura 3.16.).

Aquí se calibran los parámetros que utilizamos para el control del proceso que son:

- El tipo de señal de salida (0-10 VDC.), (0-20 mA.) y (4-20 mA.).
- La máxima señal eléctrica de salida del módulo (10 VDC).
- La mínima señal eléctrica de salida del módulo (0 VDC).

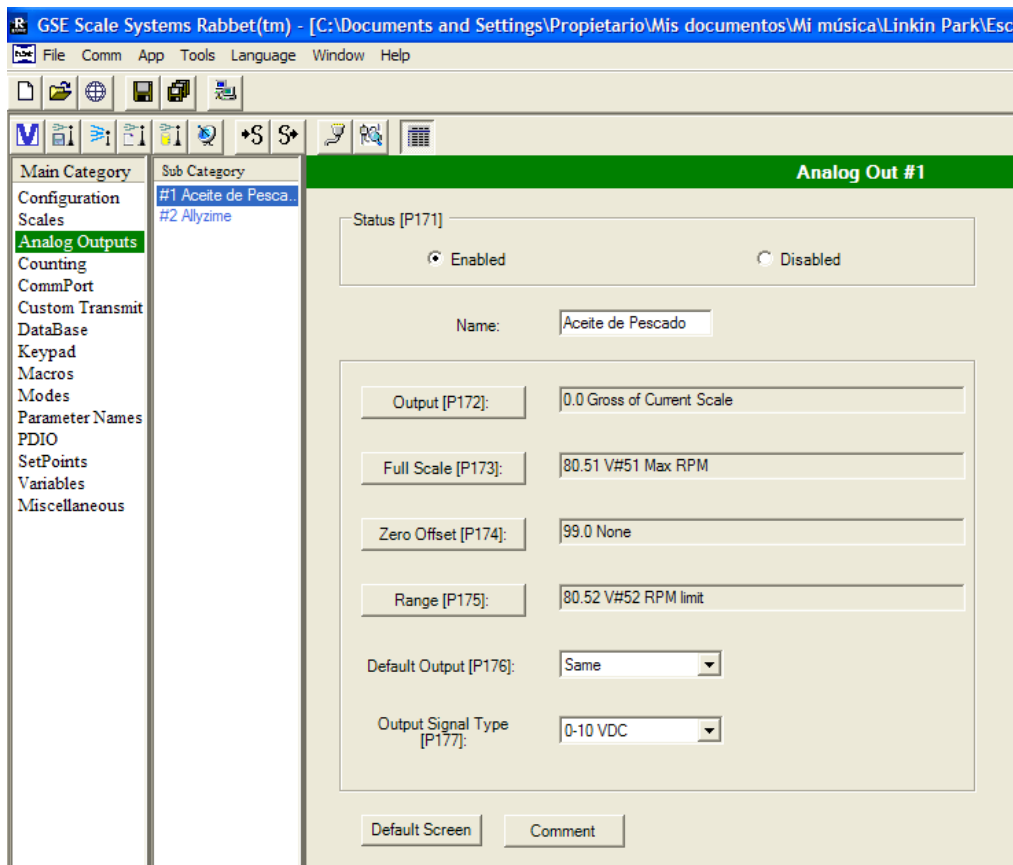


Figura 3.16. Ventana de calibración del módulo de salida analógica

Después de elegir los parámetros que van a ser calibrados, se crean variables de los mismos, a estas se las modifica según la aplicación que se desea realizar. En la figura (figura 3.17.) podemos observar que nosotros damos un nombre a estas variables, las seteamos según el tipo de variable y a algunas de estas se les da un valor numérico de trabajo.

Cabe mencionar que el controlador GSE 662 nos permite crear hasta 999 variables las cuales pueden ser calibradas, de acuerdo a las necesidades de la aplicación que se quiera realizar.

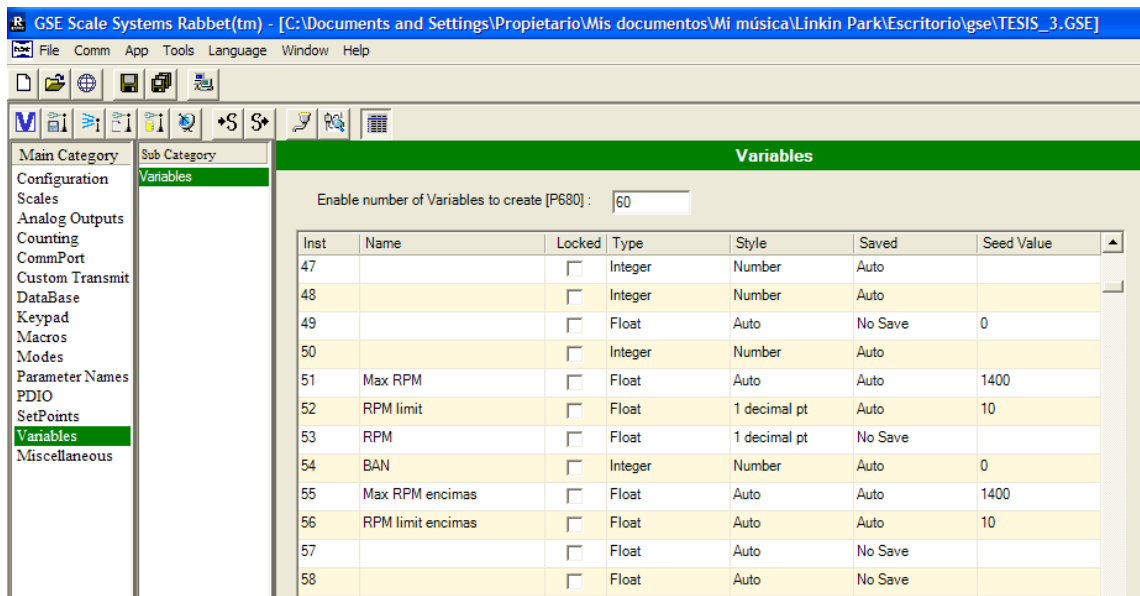


Figura 3.17. Ventana de calibración de las variables

En el (ANEXO C5), encontramos un código de programación propio del controlador llamado Macros, este debe ser ingresado a través del teclado del controlador para que el módulo salida analógica funcione correctamente, cada módulo de expansión para los controladores GSE tiene su propio código así que es muy importante que la hoja de datos que nos proporciona éste código y que viene adjunta al módulo en el kit de compra sea archivada por cualquier problema o cambio de aplicación del controlador que se pueda presentar a futuro.

A continuación se indica como debe ser ingresado este código de calibración. En la (figura 3.18.) se presenta un ejemplo de una hoja código que viene adjunta al módulo de salida analógica. Los dos primeros párrafos son solamente características propias del módulo es por esto que no los tomares en cuenta. El tercer párrafo es el que interesa ya que aquí se encuentra los valores que se deben ingresar por teclado.

Primero digitamos en el key- panel del controlador el número del parámetro que en este caso es 61200 + select + enter, luego de esto nos aparecerá cada uno de los parámetros de que deben ser ingresados por teclado, los valores que se señalan en la hoja de datos en negrita son los que se deben digitar y aceptar en el controlador.

```
60100%ste P60100. 1995-2002
60101%ste P60101. 0660y01030
60102%ste P60102. Sep262000

60200%ste P60200. B SN:05619
60201%ste P60201. AuditTrail OIML 00017
60202%ste P60202. I SN:00000
60203%ste P60203. AuditTrail Cal. 00003
60204%ste P60204. AuditTrail Setup 00034
60205%ste P60205. MUST!CHECK

61200%sl%e P61200. AnOut 1
61201%2432%e P61201. V Z 2432
61202%51300%e P61202. V G 51300
61203%0%c P61203. OmAZ None!
61204%54633%e P61204. OmAG 54633
61205%10920%e P61205. 4mAZ 10920
61206%54633%e P61206. 4mAG 54633
61207%ste P61207. SN :01022
```

Figura 3.18. Ejemplo de hoja de calibración para módulos de expansión GSE

3.4.4. Diseño del programa de control en el software Launch Rabbet

El lenguaje de programación es propio de la casa fabricante del controlador y esta lo denomina Macros, es por esto que antes de empezar con la programación debemos familiarizarnos con los comandos que se utilizan para poder programar en Launch Rabbet, en el (ANEXO C7) se presentan los comandos con su respectiva descripción.

Las velocidades a controlar son de la bomba de aceite de pescado, el motor de la válvula de descarga de la tolva y la del transportador de tornillo sinfín la de éste en forma lineal, con de la señales eléctricas de los módulos de salida analógica del controlador GSE 662.

El programa se lo diseñó tomando en cuenta los parámetros que intervienen en el proceso, y después de haber hecho un análisis de cómo estaba funcionando el sistema y además de esto saber que es lo que la empresa esperaba después de la finalización del proyecto, se planteó algunas alternativas, quedando de acuerdo en que se realizaría un control lineal de la velocidad del transportador sinfín de encimas en función del peso y la dosificación de aceite de pescado seguiría funcionando en forma discreta o batch con la velocidad seteada desde el controlador.

De acuerdo con las características del proceso, la dosificación de aceite de pescado no es en las mismas cantidades siempre , lo que no quiere decir que sea lineal al peso que se sensa en la tolva de descarga, esto se da ya que no todos los alimentos balanceados se producen en base a la misma fórmula por lo que las cantidades de los ingredientes que la componen varían en base a las características del alimento balanceado que se desee producir, esto no ocurre con las encimas, la dosificación de estas siempre es en la misma cantidad no importa la fórmula que se ocupe en el proceso de producción. Tomando en cuenta estos antecedentes se procedió al diseño del programa de control, que se ajuste a los requerimientos del proceso en cuestión.

El controlador GSE 662 tiene la capacidad de realizar su programación hasta en 250 macros, que son ventanas direccionadas donde se puede programar cualquier aplicación que se encuentre dentro de las características que permita el controlador.

Lo primero que se programó fue el menú de opciones (figura 3.19.), en vista de que el controlador tiene un LCD backligh alfanumérico de 8 filas * 40 columnas, para que el operario de turno sepa como setear los parámetros de la dosificación de aceite de pescado, es decir la cantidad de éste, en función de la fórmula del alimento balanceado que necesite producir la planta.



Figura 3.19. Programación del menú.

En el indicador LCD del controlador se muestra un mensaje “PULSE START PARA AJUSTAR VELOCIDAD” (figura 3.20.), lo que significa que se debe pulsar la tecla START del key-panel del controlador para poder ajustar la máxima velocidad a la que puede llegar la bomba de aceite de pescado, en este menú (figura 3.21.) se muestra un mensaje que indica que teclas del key-panel deben ser presionadas para incrementar o disminuir la velocidad de la bomba de aceite de pescado.



Figura 3.20. Menú para ajustar la velocidad de la bomba de aceite de pescado

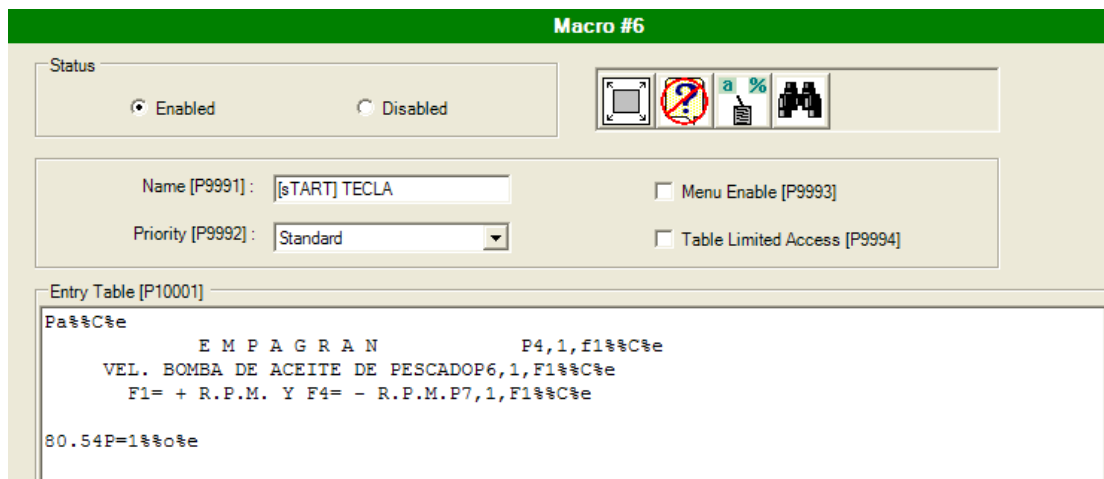


Figura 3.21. Programación del menú de ajuste de velocidad de bomba de aceite de pescado

A continuación en las (figuras 3.22. y 3.23.), se muestra el código de programación que se utilizó para incrementar y disminuir la velocidad de la bomba de aceite de pescado pulsando las teclas F1 y F4 del key-panel respectivamente.

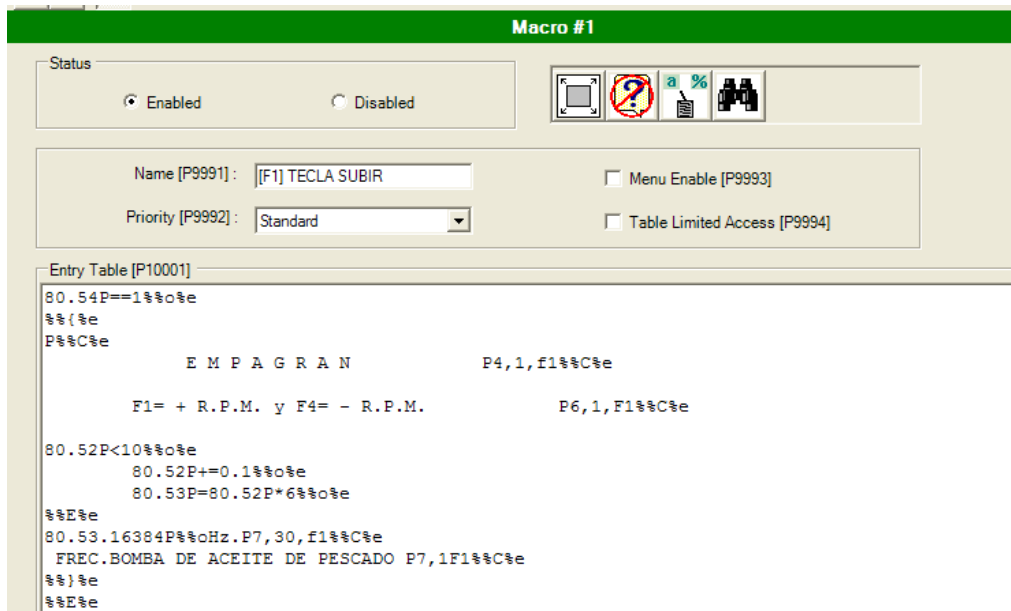


Figura 3.22. Programación para el incremento de la velocidad de la bomba de aceite de pescado

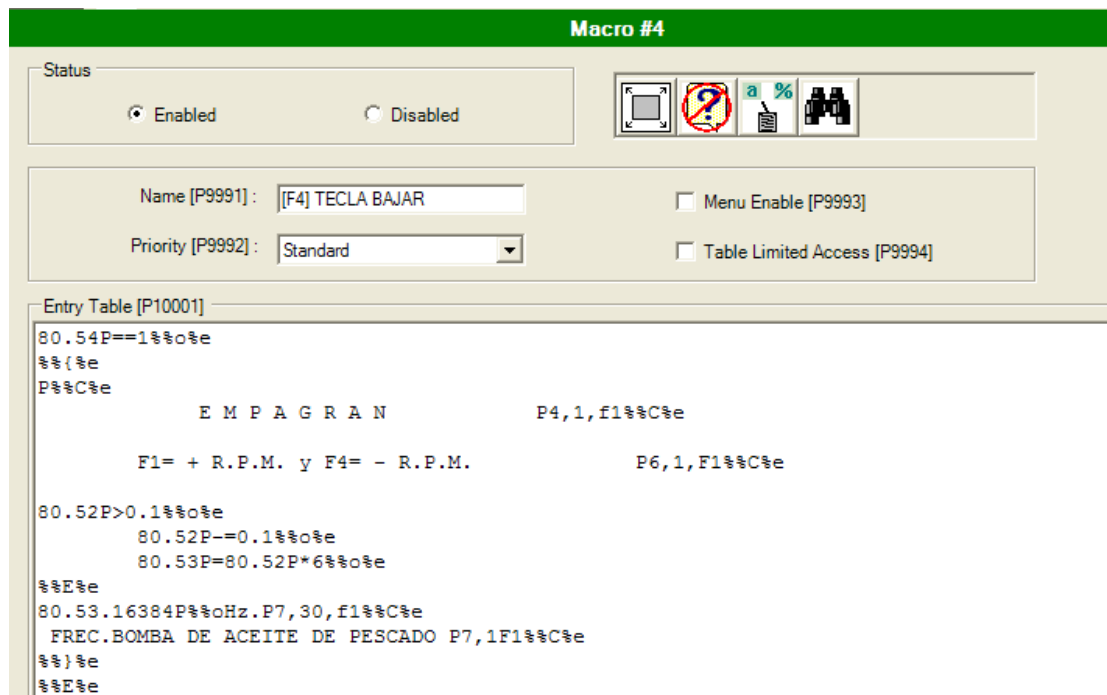


Figura 3.23. Programación para la disminución de la velocidad de la bomba de aceite de pescado

Para salir del menú de ajuste de velocidad se programó un macro para el botón STOP del key-panel (figura 3.24.), presionando este botón + ENTER, la programación del macro de la tecla STOP llama al macro de INICIO (figura 3.18.).

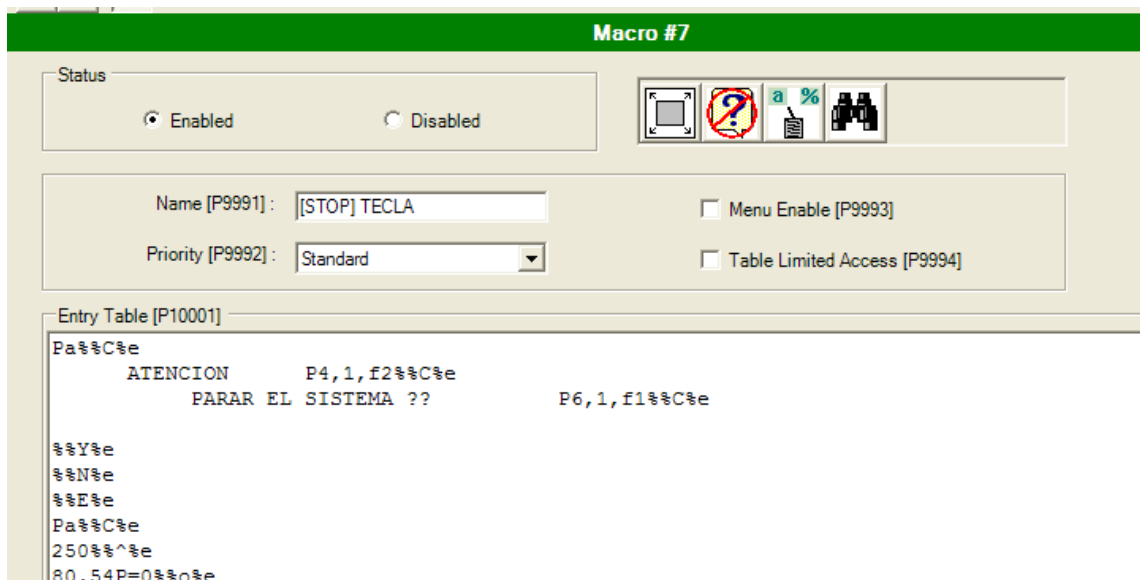


Figura 3.24. Programación para detener el ajuste de la velocidad de la bomba de aceite de pescado

La programación en el controlador solamente se hizo para poder ajustar la máxima velocidad a la cual debe llegar la bomba de aceite de pescado, para el control de la velocidad del motor de la válvula de descarga de la tolva y del motorreductor del transportador de tornillo sinfín se setearon los variadores de frecuencia de cada uno de estos según las velocidades máximas a las cuales deben de llegar. Se menciona esto ya que la utilización del controlador GSE 662 puede parecer innecesaria para esta aplicación ya que muy bien hubiésemos podido realizar la misma con otro tipo de controladores más económicos como PLC's o microcontroladores, pero la implementación de este controlador se justifica ya que a futuro se pretende realizar un registro estadístico de las cantidades exactas de todos los aditivos que son parte del producto final y/o alimento balanceado y como se muestran en las características del controlador este puede realizar este tipo de funciones.

3.5. DISEÑO DEL CONTROL ELÉCTRICO

El diseño del control eléctrico se lo realizó tomando en cuenta todos los factores que afectan al proceso. Antes de mencionar como se diseño el control eléctrico hablaremos de cómo es que estaba controlado el proceso anteriormente en su parte eléctrica. El proceso se controla en forma manual y automática. Los variadores de frecuencia de la bomba de aceite de pescado y la válvula de descarga de la tolva son accionados por relés en los dos modos de control tanto en manual como en automático.

Cuando el interruptor de tres posiciones se encuentra en modo manual, los variadores de frecuencia se accionan directamente y las velocidades de los mismos pueden ser seteadas por potenciómetros de referencia. En cambio cuando se trabaja en modo automático los variadores no se activan antes de que se cumpla un batch, es decir que primero se activan los sensores de nivel bajo y después de que se llena la tolva el de nivel alto (figura 3.25.) para después de esto activar los variadores que trabajan a una velocidad antes seteada con los mismos potenciómetros que se utilizan en el modo manual.

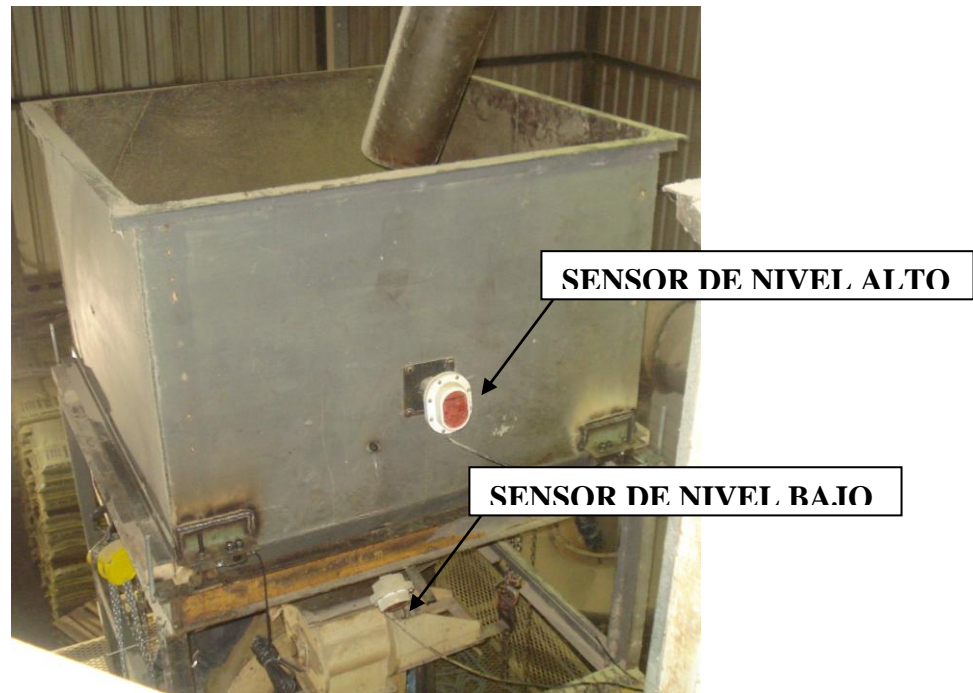


Figura 3.25. Tolva de recepción del alimento blanqueado

A este proceso se le añadió la máquina dosificadora de enzimas automática y para esto se realizó algunos cambios en el sistema de control cuando trabaja en forma automática ya que si esta en modo manual el proceso es igual que antes y la dosificación de enzimas también se la puede controlar desde un potenciómetro de referencia.

El proceso tiene que trabajar tanto en modo manual como automático, por lo tanto los variadores de frecuencia que se utilizaron deben estar en la capacidad de trabajar con dos entradas analógicas, en este caso la del potenciómetro (manual) y la de los módulos de salida analógica del controlador de sistemas de pesaje (automática). Los variadores de la familia ALTIVAR 28 de Telemecanique tiene una función específica para este tipo de control llamada “conmutación de referencia”, la cual puede ser programada en el variador direccionando las entradas lógicas del mismo según las condiciones del proceso más información acerca de esta función se presenta a continuación.

Esta función permite la conmutación entre dos referencias de entrada analógica (AI1 y, ya sea, AI2 o AIC) mediante un comando de entrada lógica. AI2 o AIC se asigna automáticamente como la referencia de velocidad 2. 7/

7/AI1=Entrada analógica 1 (0-10 VDC), AI2=Entrada analógica 2 (0-10 VDC), AIC=Entrada analógica (0-20 mA ó 4-20mA)

La siguiente (figura 3.26.) se muestra una representación gráfica de conmutación de referencias y un diagrama de conexión.

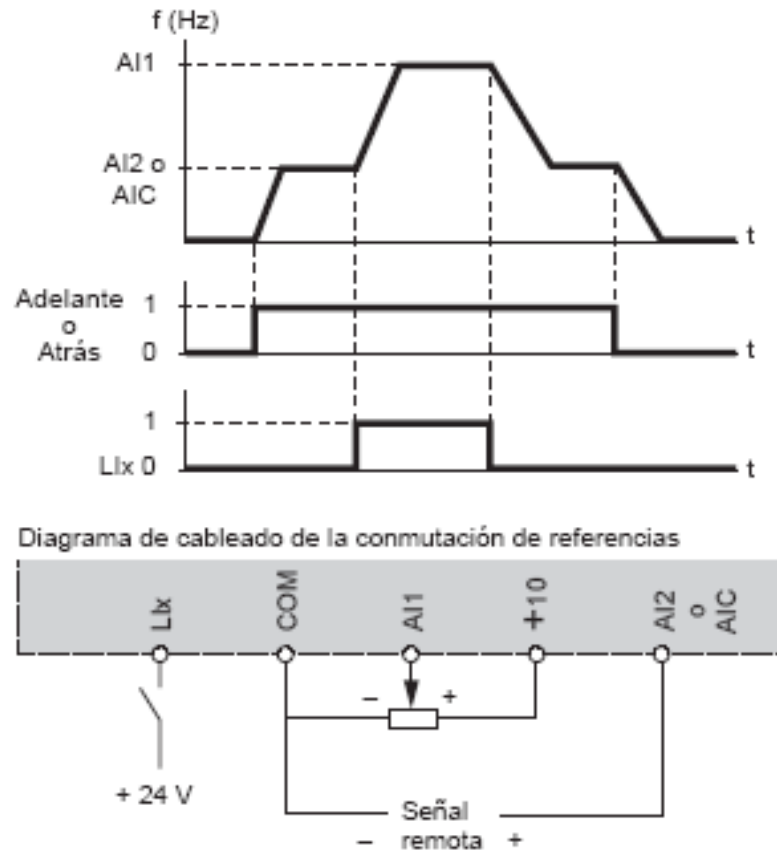


Figura 3.26. Conmutación de referencias del Variador de frecuencia

Si AIC = no, cuando LIX = 0, la referencia de velocidad se toma de AIC/AI2. Cuando LIX = 1, la referencia de velocidad se toma de AI1.

El diseño del nuevo control se lo realizó para que el proceso trabaje de la manera que se detalla a continuación. En modo manual como se dijo anteriormente la velocidad de todos los variadores de frecuencia incluyendo el del transportador sinfín de la máquina dosificadora se pueden setear desde un potenciómetro de referencia, aquí no existió mayor modificación a excepción de que se incluyó al proceso la máquina dosificadora. En modo automático al igual que en el manual participa del proceso la máquina dosificadora, el control de la bomba de aceite de pescado junto con la válvula rotativa es en batch, en cambio el control del transportador sinfín de la máquina dosificadora es

lineal con respecto al peso del alimento balanceado que llega a la tolva, es decir que la dosificación de las encimas comienza apenas llegue alimento balanceado a la tolva, con esto se asegura que el alimento balanceado se mezcle continuamente con las encimas. El plano eléctrico del nuevo control es presentado en el (ANEXO B 2.1.).

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA Y PRUEBAS

4.1. MONTAJE DE LAS PARTES EQUIPOS Y ACCESORIOS

El montaje de todo el sistema que controla el proceso se lo realizó por etapas las mismas que se detallan a continuación.

4.1.1. Instalación de las celdas de carga

Antes de realizar el montaje de la máquina dosificadora, se realizó la instalación de los diferentes equipos y accesorios con los que se efectuó el control de la misma, como ya es conocido la máquina realizará la dosificación de las encimas en forma lineal al peso que sensen las celdas de carga colocadas en la tolva donde llega el alimento balanceado.

Como se mencionó anteriormente las celdas de carga tienen que sensar el peso del alimento balanceado que llega a la tolva, es por esto que la instalación de estas constituye un paso fundamental para el buen funcionamiento de la máquina dosificadora.

Las celdas de carga tipo viga con un punto de apoyo están entre las más comunes pues ofrecen muchas ventajas en su instalación para todo tipo de balanzas y sistemas de pesaje. Para su instalación en tanques, se requiere generalmente de accesorios o módulos de montaje de bajo perfil y con cierto grado de movimiento axial para absorber las fuerzas no deseadas. Otra de las ventajas es la facilidad

para el servicio y/o futuro cambio de celdas que puede realizarse inclusive sin descargar el tanque.

Antes de realizar la instalación de las celdas de carga debemos tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La superficie de montaje deberá ser plana y perfectamente nivelada
- La base de montaje para la celda deberá tener las dimensiones necesarias para la completa fijación de los pernos de montaje.
- La base de montaje deberá tener la dureza necesaria que impida su deformación.
- Los pernos de fijación serán como mínimo de grado cinco para prevenir su deformación o ruptura.
- La carga será aplicada en forma perfectamente vertical en el agujero de recepción de carga.
- Los accesorios de recepción de la fuerza tendrán la flexibilidad necesaria para absorber las fuerzas extrañas no deseadas.
- Los pernos de ajuste serán ajustados con el torque adecuado.

Antes de realizar la instalación de las celdas de carga se procedió a levantar la tolva utilizando un teclé (figura 4.1.), ya que esta en un principio estaba apoyada sobre una estructura rectangular.



Figura 4.1. Suspensión de la tolva utilizando un tecla

Debido a que la tolva estaba colocada sobre una estructura rectangular, la forma correcta de disposición de las celdas de carga para este tipo de tanques es una en cada esquina de la estructura (figura 4.2.), de manera que la tolva se apoye en los puntos de sense de las celdas de carga en lugar de la estructura en la que se apoyaba anteriormente, para lo que se construyó bases metálicas con las dimensiones de las celdas especificadas en el (ANEXO C 2).



Figura 4.2. Ubicación de las celdas de carga para un tanque de base rectangular

Las bases metálicas fueron soldadas en la tolva y como se utilizó cuatro celdas, también se soldaron cuatro bases una para cada celda, una en cada esquina de la tolva (figura 4.3.).



Figura 4.3. Colocación de las bases metálicas en la tolva

Después de realizar la colocación de las bases metálicas en la tolva y de suspender la misma utilizando un tecele, inmediatamente se realizó la instalación de las celdas de carga (figura 4.5.), tomando en cuenta que las cuatro deben ser colocadas al mismo nivel, ya que si esto no sucede la carga no se distribuiría de forma equitativa sobre las cuatro celdas de carga produciendo así una sobrecarga en cualquiera de las celdas provocando su inmediato fallo.



Figura 4.4. Nivelación de las celdas de carga



Figura 4.5. Instalación de las celdas de carga

4.1.2. Instalación de la caja de unión de celdas de carga

Se instalaron cuatro celdas de carga para sensar el peso del alimento balanceado que llega a la tolva, cada uno de estos sensores emiten una señal eléctrica en milivoltios cuando perciben una deformación física en este caso de compresión, y ya que lo que se quiere es una sola señal lineal en función a la carga que se aplique en la tolva, lo que se debe hacer es unir y/o sumar cada una de las señales de las cuatro celdas de carga para lo que utilizamos una caja de unión de celdas de carga.

Las cajas de unión (figura 4.6.) son usadas para ajustar la salida de las celdas en aplicaciones multi-celda, proveen de una sola entrada para voltaje de excitación y una salida de señal del sistema. La caja de unión ajusta las salidas individuales de cada celda de carga.



Figura 4.6. Caja de unión de celdas de carga

Debido a que en el proyecto se ocuparon cuatro celdas de carga la caja de unión debe ser de características que se ajusten a lo que se requiere, es decir con capacidad para cuatro celdas y una salida con la que se realizará el control. Los cables de la celdas de carga fueron pasados por tubos EMT de $\frac{1}{2}$ pulgada para protegerlos de agentes externos que pueden alterar la señal de las celdas de carga. La caja de unión se emperno en un perfil de la estructura que sostienen las celdas de carga junto con la tolva (figura 4.7.).



Figura 4.7. Ubicación de la caja de unión

| Load Cell Function | GSE Platform Color Code |
|--------------------|-------------------------|
| + Excitation | Red |
| - Excitation | Black |
| + Signal | White |
| - Signal | Green |
| + Sense | Red (optional) |
| - Sense | Black (optional) |

Tabla 4.1. Identificación de cables para la conexión de las celdas de carga

Una vez realizada la conexión entre las celdas de carga y la caja de unión, se procedió a realizar la conexión entre la caja de unión y la bornera del controlador de sistemas de pesaje GSE 662, para esto se utilizó un cable de seis hilos blindado el cual se paso por un tubo EMT de ½ pulgada para protegerlo de agentes externos que pueden provocar daños al mismo y distorsiones en la señal que llega al controlador.

En la hoja de datos de las celdas de carga se especifican los colores de cinco cables incluyendo el de tierra, por lo que la conexión entre los sensores y la caja de unión se la conoce como conexión a cuatro hilos, en cambio la conexión entre la caja de unión y el controlador que se realizó es a seis hilos, es decir que se aumentan dos cables más que corresponden a (+ sense y – sense) la función de estos es la de establecer una retroalimentación desde el controlador hacia la señal de salida de la caja de unión, y así tener una señal de control que con mayor precisión.

Cabe mencionar que la conexión entre la caja de unión y el controlador pudo haber sido a cuatro hilos (figura 4.10.), pero debido a que la distancia entre la caja de unión y el controlador es de 30 m. y además existe vibración en la tolva durante la trabajo, se opto por realizar una conexión a seis hilos (figura 4.11.), ya que esta nos garantiza una mayor precisión. Un aspecto que hay que tomar en consideración es la posición de los jumpers (E1 y E2) que se encuentran ubicados al lado derecho de la bornera de las celdas de carga en el controlador.

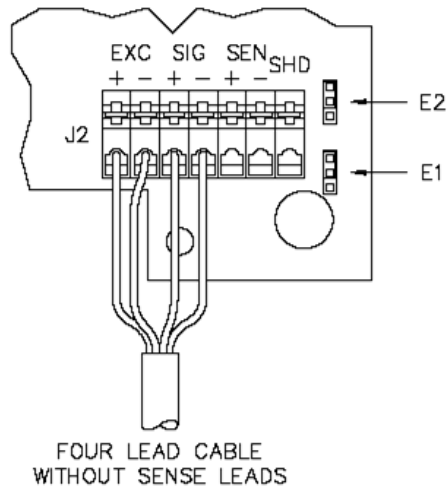


Figura 4.10. Conexión a cuatro hilos

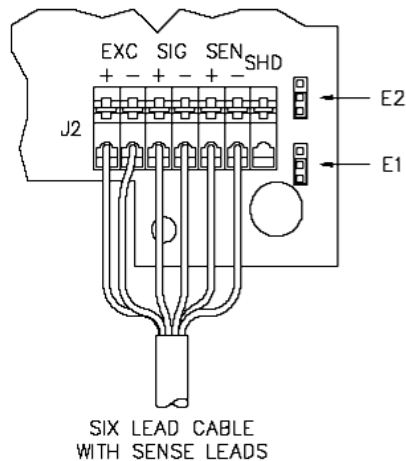


Figura 4.11. Conexión a seis hilos

4.1.4. Instalación y conexión de los equipos y elementos de control

La instalación y conexión de los diferentes equipos y elementos de control se la realizó tomando en cuenta los planos detallados en el (ANEXO B 2.1. y B 2.2.), de tal manera que el controlador de sistemas de pesaje y el variador de frecuencia que controla al transportador sinfín de la máquina dosificadora de encimas, fueron instalados en el tablero de control (figura 4.12.), donde están instalados todos los equipos y dispositivos que controlan el proceso. Los elementos que accionan a los variadores de frecuencia de la bomba de aceite de pescado, la válvula de descarga, el transportador de tornillo sinfín y el motorreductor del cono de descarga de la máquina dosificadora de encimas se instalaron en el tablero de fuerza (figura 4.13.), donde se encuentran el resto de elementos que

intervienen en el proceso. Cabe mencionar que los cables que van desde el tablero de fuerza hasta el tablero de control pasan por canaletas y los cables que van desde el tablero de control hasta los motorreductores de la máquina dosificadora pasan por tubos EMT de ½ pulgada para protegerlos de agentes externos que pueden provocar daños en los mismos.



Figura 4.12. Instalación de los equipos y accesorios en el tablero de control

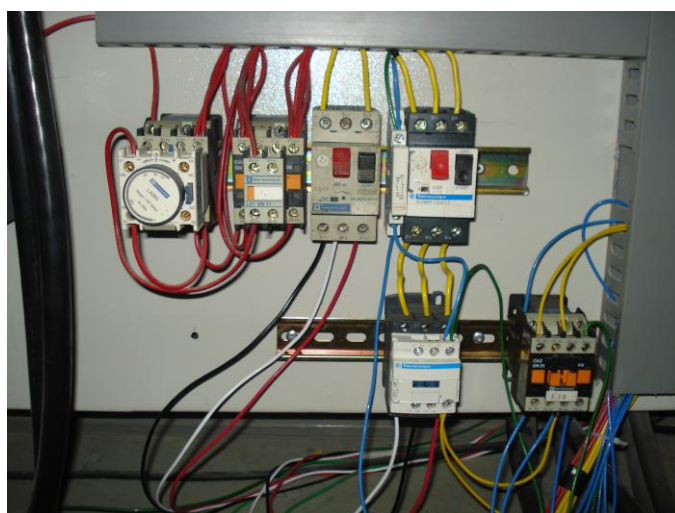


Figura 4.13. Instalación de los elementos de control en el tablero de fuerza

4.1.5. Montaje de la máquina dosificadora de encimas

El montaje de la máquina dosificadora se lo realizó en conjunto con el de los motorreductores (figura 4.14.), la máquina fue colocada sobre la tolva donde llega el alimento balanceado con la finalidad de que en el momento de la dosificación de las encimas estas se mezclen con el alimento balanceado, es por esto que la boca de descarga de la máquina dosificadora se la alineó con el tubo que transporta el alimento balanceado hacia la tolva (figura 4.15.).



Figura 4.14. Instalación de los motorreductores en la máquina dosificadora



Figura 4.15. Montaje de la máquina dosificadora de encimas

4.2. OPTIMIZACIÓN DE LA CANTIDAD DE ENCIMAS QUE DEBE SER DOSIFICADA EN EL PROCESO

En esta prueba no existió inconvenientes ya que la máquina dosificadora, fue diseñada para dosificar la cantidad de encimas que se requiere en el proceso y como se mencionó en el (item 3.2.) la cantidad de encimas que debe ser dosificada durante el proceso es de 800 gr/h, esto cuando el motorreductor trabaja a su máxima velocidad es decir cuando la tolva esta casi llena, estos datos fueron proporcionados por el laboratorio químico de la empresa.

Sin embargo antes de poner la máquina en funcionamiento se realizaron pruebas para comprobar que la cantidad de encimas que dosifica la máquina es la correcta. Estas se las hizo antes de realizar el montaje de la máquina en su sitio de trabajo. Se tomaron cinco muestras cada una duró una hora los resultados se muestran en la (tabla 4.2.), estas muestras fueron medidas en una báscula de precisión del laboratorio químico.

| Número de muestra | Tiempo (h) | Resultado (gr) |
|-------------------|------------|----------------|
| 1 | 1 | 832.56 |
| 2 | 1 | 857.73 |
| 3 | 1 | 823.80 |
| 4 | 1 | 861.82 |
| 5 | 1 | 845.47 |
| MEDIA | | 844.26 |

Tabla 4.2. Resultados de las pruebas de la máquina dosificadora de encimas

De estas cinco muestras se saco la media para tener una cifra aproximada de la cantidad de encimas que dosifica la máquina en una hora, el resultado fue de 844.26 gr/h, cantidad que fue aceptada como muy buena por el laboratorio químico, ya que esta dentro del rango de tolerancia de $\pm 10\%$ que es utilizada para este tipo de micro-ingredientes. Sin embargo se sugirió que se podía programar el variador de frecuencia del transportador de tornillo sinfín, modificando la máxima velocidad a la cual puede llegar el mismo, en este caso en particular se debía bajar el límite de velocidad máxima hasta que la dosificación de las

encimas llegue a los 800 gr/h, esta recomendación no fue tomada en cuenta por lo que la máquina trabaja bajo los parámetros propios del diseño (tabla 4.3.).

| Velocidad mínima | Velocidad máxima |
|-------------------------|-------------------------|
| 0 r.p.m. a 0 Hz. | 16 r.p.m. a 60 Hz. |

Tabla 4.3. Velocidades del motorreductor del tornillo dosificador sinfin

4.3. PRUEBAS DE TODO EL PROCESO EN CONDICIONES NORMALES DE TRABAJO

Las pruebas de todo el proceso se las realizó después de la instalación, conexión y montaje de los diferentes equipos, elementos y accesorios incluyendo la máquina dosificadora de encimas. Algo que es importante mencionar es que la instalación y montaje de todo el sistema de dosificación y control se lo realizó mientras se hacia el mantenimiento de todas las máquinas en la planta y las pruebas como no es de otra manera se hicieron cuando arrancó el proceso por lo que todo debía funcionar inmediatamente y de manera eficiente, ya que no se puede desperdiciar ninguna materia prima porque esto produciría pérdidas económicas para la empresa, y otro punto muy importante es que el diseño del control del proceso esta hecho para que la máquina dosificadora funcione conjuntamente con la dosificación del aceite de pescado y la velocidad de la válvula de descarga de la tolva, por lo que si una de estas variables falla todo falla.

4.3.1. Pruebas de calibración del controlador de sistemas de pesaje

La calibración del controlador de sistemas de pesaje es una parte fundamental del proyecto ya que de esta depende de que todo el proceso funcione de manera eficiente. Cuando hablamos de la calibración del controlador nos referimos al método que se utiliza para encerar el controlador, de esta manera el LCD del controlador mostrará la cantidad real exacta que sensan las celdas de carga. El método que se utilizó para encerar el controlador se lo conoce como “Nuevo Cero”, este y otros métodos de calibración se especifican en el (ANEXO C8). 8/

8/ GSE 60 Series - Technical Referente Manual, Chapter 4.

Después de que se realizó la calibración del controlador, se hizo una prueba para comprobar si la cifra del peso que se visualiza en el LCD del controlador es la correcta. La prueba consistió en pesar cinco sacos de alimento balanceado en una báscula de la empresa (tabla 4.4.), esta ya estaba calibrada y se tomó el dato del indicador electrónico de esta báscula, a este dato se le conoce como peso conocido su valor fue de 198.41 kg.

| Número de sacos | Peso (kg) |
|------------------------|------------------|
| 1 | 39.65 |
| 2 | 39.78 |
| 3 | 39.53 |
| 4 | 39.62 |
| 5 | 39.83 |
| TOTAL | 198.41 |

Tabla 4.4. Valores medidos para determinar el peso conocido de prueba

Una vez que ya se tuvo el peso conocido se aplicó los mismos cinco sacos en la tolva donde se instalaron las celdas de carga y se compararon los resultados que mostraron el indicador electrónico de la báscula (peso conocido) con el del LCD del controlador, las dos cifras fueron iguales lo que significa que el controlador esta listo para realizar un eficiente y confiable control del proceso.

4.3.2. Pruebas del proceso en modo manual

Debido a que el proceso funciona en modo manual y automático, las pruebas también se las hicieron para estos dos modos de trabajo. Las pruebas que se realizaron en modo manual no tuvieron inconvenientes ya que las velocidades de los tres variadores de frecuencia pueden ser seteadas desde los potenciómetros de referencia (figura 4.16.), y el control del accionamiento de los variadores se lo diseño con este propósito, cuando las entradas lógicas (IL 1 e IL 2) de los tres variadores se cierran y/o activan el proceso funciona en forma manual y se activa la entrada analógica (IA 1), es decir que la señal analógica de (0 a 10 VDC) es dada por los potenciómetros de referencia.



Figura 4.16. Pruebas de los dispositivos de control

Los variadores de frecuencia se programaron para que trabajen bajo los parámetros que se indican en la (tabla 4.5.).

| Variadores Velocidades | Bomba de aceite de pescado | | Válvula rotativa | | Motorreductor de Tornillo sinfin | |
|-----------------------------|-------------------------------|-------|------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| | (V DC) | (Hz.) | (V DC) | (Hz.) | (V DC) | (Hz.) |
| Velocidad mínima | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Velocidad máxima | 10 | 60 | 10 | 14 | 10 | 60 |

Tabla 4.5. Valores a los cuales se setearon los variadores de frecuencia

4.3.3. Pruebas del proceso en modo automático

Cuando se trabaja en modo automático, la velocidad de la bomba de aceite de pescado es seleccionada desde el teclado del controlador (figura 4.17.), mientras que la velocidad de la válvula de descarga de la tolva y la velocidad del transportador de tornillo sinfín suben y bajan automáticamente en función de la señal que se emite desde la caja de unión de las

celdas de carga hacia el controlador cuando la tolva donde llega el alimento balanceado se llena o vacía respectivamente con el mismo.

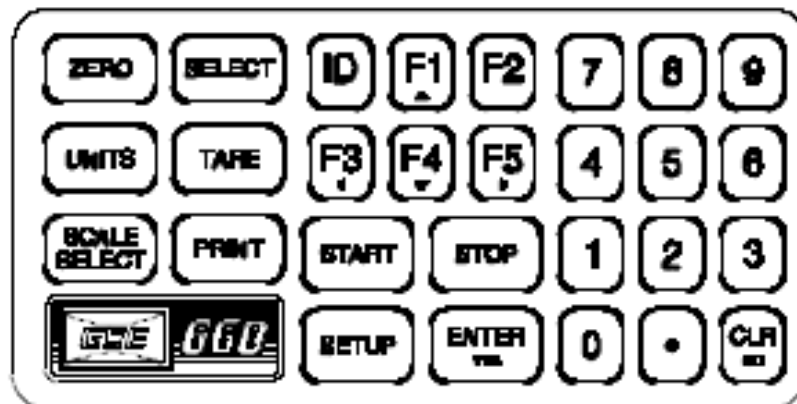


Figura 4.17. Teclado del controlador de sistemas de pesaje

Al igual que en el modo manual los variadores de frecuencia entienden que deben trabajar en modo automático por la activación de las entradas lógicas, en este caso (IL 1) de los tres variadores de frecuencia, el control eléctrico se diseñó para que funcione de esta manera. Cuando sucede esto los variadores activan la entrada analógica dos (IA 2) que es destinada para señales analógicas de (0 a 10 VDC), emitidas en este caso de los módulos de salidas analógicas que se instaló, calibró y programó en el controlador (item 3.4.2. y 3.4.3.).

Las pruebas que se realizaron fueron para comprobar si el programa que se cargó al controlador funcionaba y se ajustaba a las condiciones del proceso. Se realizaron pruebas de selección de la velocidad de la bomba de aceite de pescado, esta se puede seleccionar presionando la tecla START y luego F1 para incrementar ó F4 para disminuir la velocidad máxima a la cual trabajará el variador de frecuencia, esta prueba fue fundamental ya que el aceite de pescado es el principal aditivo que lleva el alimento balanceado y en efecto después de realizar las pruebas el controlador cumple con la correcta selección a la cual debe funcionar esta variable. Cabe mencionar que en la máquina extrusora también se produce un tipo de alimento balanceado que no lleva aceite de pescado por lo que el controlador también debió cumplir con esta condición, es decir que la velocidad de la bomba debe ser cero cuando el proceso lo requiera.

Después de realizar las pruebas en modo automático los valores a los cuales quedó seteado el controlador se muestran en la (tabla 4.6.).

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Modelo del controlador | 662 |
| Puerto de comunicación RS - 232 | COM 4 |
| Escala #1 | |
| Valor máximo | 1550 |
| Incremento | 0.5 |
| Unidad | Kilogramos |
| Módulo de salida Analógica #1 | |
| Tipo de señal de salida | 0 – 10 VDC |
| Módulo de salida Analógica #2 | |
| Tipo de señal de salida | 0 – 10 VDC |
| Variables | |
| Variable # 51 | 1400 |
| Variable # 52 | 10 |
| Variable # 55 | 1400 |
| Variable # 56 | 10 |

Tabla 4.6. Valores a los cuales se seteó el controlador GSE 662

4.4. PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA

Después de todas las pruebas de comprobación que se hicieron a todo el sistema, la máquina dosificadora de encimas automática está lista para su puesta en marcha en cualquier momento que el proceso la requiera.

4.4.1. Procedimiento para el arranque seguro de la máquina

1. Es importante mencionar que antes de poner la máquina en marcha se debe cargar la tolva con las encimas o microingredientes que se van a dosificar durante el proceso de la aplicación de aditivos al alimento balanceado.

2. Antes de iniciar el proceso se debe revisar que no exista alimento balanceado en la tolva de almacenamiento del mismo, caso contrario se la debe descargar utilizando el potenciómetro del variador de frecuencia de la válvula rotativa, esto en modo manual.
3. El aceite de pescado que se aplica al alimento balanceado debe ser calentado antes de iniciar el proceso.
4. Se debe verificar que no existan residuos del aceite de pescado en la tubería que transporta al mismo, ya que estos al estar fríos se estancan en la tubería taponando esta, ocasionando fallas en el sistema de control específicamente en la bomba.
5. Debido a que la máquina interviene ó es parte de un proceso de cocción y aplicación de aditivos al alimento balanceado, su arranque se da durante una secuencia de control con la que trabaja todo el proceso.
6. El control de la máquina dosificadora se lo hizo, para que esta trabaje cuando el alimento balanceado caiga en la tolva de almacenamiento y como se dijo anteriormente esta debe estar totalmente descargada con esto evitamos que la máquina se accione cuando no debe, esto en modo automático.
7. Antes de iniciar el proceso el operario de turno debe anunciar que va a arrancar con el mismo, para evitar que existan accidentes laborales.
8. Para que la máquina dosificadora entre en funcionamiento, primero se deben accionar varios mecanismos de control que son parte del proceso, por esto el selector debe estar siempre en la posición de modo automático con esto la máquina se pondrá en marcha cuando los sensores se activen y den la señal al controlador del sistema de aplicación de aditivos en este caso el aceite de pescado y las encimas.

Más información acerca de la operación de la Máquina Dosificadora de Encimas se encuentra detallada en el (ANEXO C9).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La dosificación de materiales es un aspecto muy importante en ciertas industrias, donde el producto final constituye una mezcla de diferentes componentes los cuales deben ser aplicados ó transportados en su proporción exacta cumpliendo así con el requerimiento final de la mezcla ó fórmula.
- Se determinó que existen diversos mecanismos para la transportación y/o dosificación de materiales, los cuales se manejan bajo las diferentes necesidades de un proceso, es decir que la elección del mecanismo transportador y/o dosificador dependerá de los diferentes parámetros que intervienen en un determinado proceso.
- La máquina dosificadora de encimas fue diseñada bajo las necesidades del proceso de producción de alimento balanceado de la máquina extrusora de la empresa, y debido a que la dosificación de este microingrediente debía ser de manera precisa se seleccionó como mecanismo de dosificación el del tornillo sinfín.
- La mayoría de las fórmulas para la producción de alimento balanceado, toman como referencia el peso de los productos y aditivos que componen la misma, esto se da ya que casi todos los ingredientes son del tipo granular molido, por este motivo la manera más eficiente de elaborar alimento balanceado es en función a las cantidades exactas en peso de los diferentes componentes de una determina fórmula. La producción de alimento balanceado se la puede comparar con la preparación de una receta de cocina.

- Se empleó como elemento de sensado celdas de carga, ya que como se mencionó anteriormente la manera de realizar una correcta dosificación de los ingredientes del alimento balanceado o fórmula nutricional mezclada es en función de la variable peso y este sensor nos permite tener un valor real de referencia para la aplicación de aditivos en este caso las encimas.
- En la actualidad existen un sin número de dispositivos y softwares de control para procesos industriales como son los PLC's, microcontroladores, LabView etc. pero para la realización de este proyecto se decidió utilizar un controlador diseñado justamente para trabajar con sistemas de pesaje este fue el controlador GSE 662.
- La manera más fácil y versátil de calibrar y programar este tipo de controladores de sistemas de pesaje es utilizando un software llamado Launch Rabbet, el lenguaje de programación es en C y una vez culminado el programa este puede ser cargado al controlador a través de la interfase de comunicación RS – 232. El programa de control para esta aplicación se lo desarrolló en éste software bajo las necesidades del proceso en cuestión.
- En la actualidad esta máquina se encuentra trabajando en la línea de aplicación de aditivos para alimento balanceado y dado que esta cumplió con todas las expectativas inicialmente planteadas, la misma se puede clonar para que trabaje en líneas de trabajo similares dentro de la misma división de balanceados de la empresa EMPAGRAN S.A., o en cualquier otra que necesite un diseño similar al que se realizó en este proyecto.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se debe investigar a fondo todas las variables y/o parámetros que intervienen en un proceso antes de realizar el diseño de una máquina que tenga como principal objetivo la dosificación y/o transportación de cualquier material.
- La selección de las celdas de carga se debe realizar en base a un previo conocimiento del tipo carga, el peso de la misma y donde va ha ser instalada, y si

estos factores no son tomados en cuenta el sensor simplemente no trabajará bien o en el peor de los casos se producirán daños irreversibles en el mismo y en el controlador o indicador al cual llega la señal eléctrica emitida por la celda de carga.

- Un aspecto muy importante que se debe tomar en cuenta es la instalación de las celdas de carga. Si en un determinado proceso se utilizan dos o más celdas de carga o como se lo conoce una aplicación multi-celda, todas deben estar al mismo nivel con esto se garantiza que la carga será distribuida en igual proporción a cada una de las celdas instaladas y ninguna sufrirá daños por una sobrecarga.
- Se deben leer y entender los diferentes manuales y data sheets de cada uno de los accesorios y equipos con la finalidad de que en el momento del montaje del sistema de control no exista equivocaciones que puedan afectar al buen funcionamiento de la máquina dosificadora de encimas.
- La instalación de los diferentes accesorios y equipos que intervienen en el sistema de control se la debe realizar en función a los planos de control e instalación que se adjuntan en los anexos de este trabajo.
- La calibración del controlador de sistemas de pesaje es uno de los puntos más importantes que debe ser tomado en cuenta, ya que si éste no está bien calibrado el dato que mostrará el LDC no será el real y en consecuencia el control de las diferentes variables del proceso de aplicación de aditivos al alimento balanceado se verá afectada.
- La máquina dosificadora de encimas fue diseñada para cumplir con parámetros previamente establecidos del proceso del cual es parte, que es la aplicación de aditivos al alimento balanceado, es por esto que si se quiere ocupar este diseño en otras líneas de trabajo similares antes se debe hacer un estudio de los diferentes parámetros y/o variables que intervengan en un determinado proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- Diseño de Elementos de Máquinas, segunda edición, Robert L. Mott.
- Load Cell Handbook, Rice Lace Weighing Systems.
- Weigh Module & Vessel Weighing Systems, Intallation and System Guidelines, Rice Lace Weighing Systems.
- GSE 60 Series Technical Reference Manual, GSE Scale Systems.
- Guía del usuario del Variador de frecuencia ALTIVAR – 28, publicación VVDED399062USR05/03.

Internet:

- www.asfile.com
- www.gse-inc.com
- www.rlws.com
- http://www.emc.uji.es/d/IngMecDoc/344AmplDisMaq/Curso_0203/webs_Alumnos/Web14_0203/ACOPLAMIENTOS.htm
- <http://sabanet.unisabana.edu.co/ingenieria/especializacion/ambiental/material/cicloI/8operaciones/mecanica/operacionesmecanicas.ppt>.
- http://biblioteca.unet.edu.ve/ALEXANDR/CATALOGOS/BCUNET/Cat.T_T_04.htm
- <http://www.transmisionesbayod.com/C-5.htm>
- <http://pdf.rincondelvago.com/reductores-de-velocidad-o-motorreductores.html>

| | | |
|----------|---|-------|
| ANEXO A1 | ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) | 1 - 2 |
|----------|---|-------|

ANEXOS A

ANEXO A1 : ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)
ANEXO A2 : ACOPLAMIENTOS

ANEXOS B

ANEXO B1 : PLANO MECÁNICO

ANEXO B2 : PLANOS ELÉCTRICOS

ANEXO B 2.1. : PLANO ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA

ANEXO B 2.2. : INTERCONEXIÓN DE LAS CELDAS DE CARGA, CAJA SUMADORA,
CONTROLADOR Y VARIADORES DE FRECUENCIA

ANEXOS C

ANEXO C1 : MOTORREDUCTOR

ANEXO C2 : CELDA DE CARGA

ANEXO C3 : VARIADOR DE FRECUENCIA ALTIVAR - 28

ANEXO C4 : CONTROLADOR DE SISTEMAS DE PESAJE GSE 662

ANEXO C5 : MÓDULOS DE SALIDA ANALÓGICA

ANEXO C6 : SOFTWARE LAUCH RABBET

ANEXO C7 : MACROS

ANEXO C8 : CALIBRACIÓN DEL CERO DEL CONTROLADOR GSE 662

ANEXO C9 : MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA

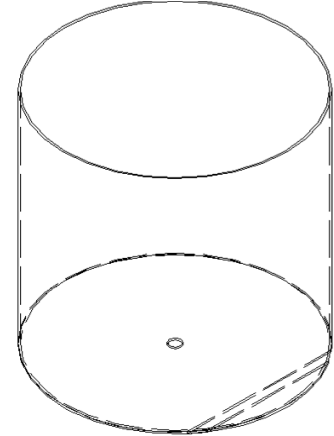
Especificación de procedimiento de soldadura No.**01**..... Fecha: **25/09/07**.... PQR de soporte No(s):
 Revisión No. Fecha:
 Proceso (s) de soldadura...**SMAW (SOLDADURA POR ARCO METÁLICO PROTEGIDO)**..... Tipo(s) ...**MANUAL**.....
 (Automática, manual, a máquina o semiautomática)

UNIONES (QW-402)

Diseño de la unión **En ángulo (a filete)**.....
 Respaldo (si) (no) **X**.....
 Material de respaldo (tipo)

(Refiérase al material de respaldo y retenes)

- Metal Metal no fundente
- No metálico Otros



Los esquemas, dibujos de producción, símbolos de soldadura o descripción escrita deben mostrar el arreglo general de las partes por soldar. Si es necesario hay que especificar la abertura de raíz y los detalles del surco de soldadura.

(Si el fabricante lo juzga necesario, se pueden adjuntar esquemas que ilustren el diseño de la unión, capas de soldadura y secuencia de ensayo, por ej., para procedimientos de tenacidad a la muesca, para procedimientos de procesos múltiples, etc.).

METALES BASE (QW-403)

No. P.**1**..... No. de grupo ...**1**..... hasta No. P ...**1**..... No. de grupo ...**1**.....
 O BIEN
 Tipo y grado de especificación
 hasta tipo y grado de especificación
 O BIEN
 Análisis químico y proa. Mec.
 hasta análisis químico y proa. Mec.
 Espesores: **4 mm.**
 Metal base: **ASTM A 36** Bisel Chaflán
 Tamaño diám. del tubo Bisel Chaflán
 Otros

METALES DE APORTE (QW-404)

| | | |
|---|-------|-------|
| No. Espec. (SFA) ..... | ..... | ..... |
| No. AWS (clase) ... E-6011..... | ..... | ..... |
| No. F..... | ..... | ..... |
| No. A ..... | ..... | ..... |
| Tamaño de electrodos ... Ø 4mm... | ..... | ..... |
| Metal de sold. Deposit .. C:0.08-0.12%, Mn:0.4-0.6%, Si:0.25%.... | ..... | ..... |
| Clasificación de espesores: | ..... | ..... |
| Bisel: ..... | ..... | ..... |
| Chaflán: ..... | ..... | ..... |
| Fundente de electrodo (clase)..... C-13..... | ..... | ..... |
| Marca del fundente AGA..... | ..... | ..... |
| Inserto consumible ..... | ..... | ..... |
| Otros ..... | ..... | ..... |

Especificaciones ASME de procedimiento de soldadura (WPS), hoja 1.

| POSICIONES (QW-405) Posición(es) del bisel 2G Avance de la soldadura. Hacia arriba Hacia abajo Posición(es) del chaflán | TRAT. TERM. POSTSOLDADURA (QW-407) Grado de temperatura..... Ninguno Tiempo necesario | | | | | | |
|--|--|------------------------|--|--|---------|--------|--------------------|
| PRECALENTAMIENTO (QW-406) Temp. precalent. mín. Temp. Entre pasos máx. Mantener precalent. (Se debe anotar calentamiento continuo o especial, cuando sea el caso) | GAS (QW-408) <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Composición porcentual</th> </tr> <tr> <th style="width: 33%;">Gas(es)</th> <th style="width: 33%;">Mezcla</th> <th style="width: 34%;">Velocidad de flujo</th> </tr> </table> | Composición porcentual | | | Gas(es) | Mezcla | Velocidad de flujo |
| Composición porcentual | | | | | | | |
| Gas(es) | Mezcla | Velocidad de flujo | | | | | |
| CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409) Corriente ca o cd CA Polaridad EP Amperes (rango) ... 120 - 150 A Volts (rango) ... 22 - 24 (se debe registrar el límite de amperes y volts para cada tamaño de electrodo, posición, espesor, etc. Esta información se debe tabular en una forma semejante a la que se muestra abajo). Tamaño y tipo del electrodo de tungsteno No (Tungsteno disperso, arco de cortocircuito, etc.) Forma de transferir el metal para soldadura por arco metálico con gas Arco de cortocircuito (Arco disperso, arco de cortocircuito, etc.) Velocidad de alimentación del alambre de electrodo | | | | | | | |
| TECNICA (QW-410) Cordón recto u oscilante Oscilante Tamaño de orificio o copa de gas Limpieza inicial y entre pasos (cepillado, esmerilado, etc.) Cepillar hasta limpiar el metal..... Método de vaciado Ninguno Oscilación Según se necesite Distancia del tubo de contacto a la pieza Un paso o paso múltiple (por lado) Paso múltiple Electrodo sencillo o múltiple Múltiple Velocidad del recorrido (límite) 53-65 cm/min Martillado Ninguna Otros Después de soldar esmerilar hasta desvanecer la orilla del cordón | | | | | | | |

| Capa(s) de soldadura | Proceso | Metal de aporte | | Corriente | | Rango de Volts. | Rango de velocidad del recorrido | Otros (p. ej., notas, comentarios, adición(es) de alambre caliente, técnica, ángulo del soplete, etc.) |
|----------------------|---------|-----------------|----------|-----------------|----------------|-----------------|----------------------------------|--|
| | | Clase | Diámetro | C.D. tipo polar | Rango de Amps. | | | |
| | | | | | | | | |

| Capa(s) de soldadura | Proceso | Metal de aporte | | Corriente | | Rango de Volts. | Rango de velocidad del recorrido | Otros (p. ej., notas, comentarios, adición(es) de alambre caliente, técnica, ángulo del soplete, etc.) |
|----------------------|---------|-----------------|----------|-----------------|----------------|-----------------|----------------------------------|--|
| | | Clase | Diámetro | C.D. tipo polar | Rango de Amps. | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

Especificaciones ASME de procedimiento de soldadura (WPS), hoja 2.

Nombre de la Compañía **EMPAGRAN S.A.** Por: **Oscar Aguinosa**
 Especificación de procedimiento de soldadura No. **02** Fecha: **25/09/07** PQR de soporte No(s):
 Revisión No. Fecha:
 Proceso (s) de soldadura... **SMAW (SOLDADURA POR ARCO METÁLICO PROTEGIDO)** Tipo(s) ... **MANUAL**
 (Automática, manual, a máquina o semiautomática)

UNIONES (QW-402)

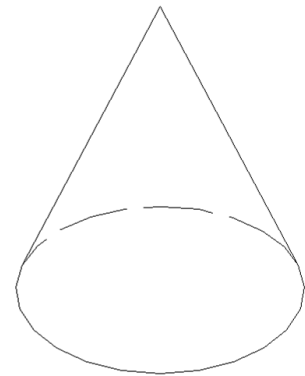
Diseño de la unión **En ángulo (a filete)**

Respaldo (si) (no) **X**

Material de respaldo (tipo)

(Refiérase al material de respaldo y retenes)

- Metal Metal no fundente
- No metálico Otros



Los esquemas, dibujos de producción, símbolos de soldadura o descripción escrita deben mostrar el arreglo general de las partes por soldar. Si es necesario hay que especificar la abertura de raíz y los detalles del surco de soldadura.

(Si el fabricante lo juzga necesario, se pueden adjuntar esquemas que ilustren el diseño de la unión, capas de soldadura y secuencia de ensayo, por ej., para procedimientos de tenacidad a la muesca, para procedimientos de procesos múltiples, etc.).

METALES BASE (QW-403)

No. P. **1** No. de grupo ... **1** hasta No. P ... **1** No. de grupo ... **1**

O BIEN

Tipo y grado de especificación

hasta tipo y grado de especificación

O BIEN

Análisis químico y proa. Mec.

hasta análisis químico y proa. Mec.

Espesores: **2 mm.**

Metal base: **AISI 304 (Acero Inoxidable)** Bisel Chafán

Tamaño diám. del tubo Bisel Chafán

Otros

METALES DE APORTE (QW-404)

No. Espec. (SFA)

No. AWS (clase) ... **E 308L - 16** ...

No. F

No. A

Tamaño de electrodos ... **Ø 4mm** ...

Metal de sold. Deposit **C: 0.02%, Mn:**

0.7%, Si:7%, Cr:19%, Ni:10%

Clasificación de espesores:

Bisel:

Chafán:

Fundente de electrodo

(clase)..... **R-60**

Marca del fundente **AGA**.....

Inserto consumible

Otros

Especificaciones ASME de procedimiento de soldadura (WPS), hoja 1.

| POSICIONES (QW-405) Posición(es) del bisel 2G Avance de la soldadura. Hacia arriba Hacia abajo Posición(es) del chaflán | TRAT. TERM. POSTSOLDADURA (QW-407) Grado de temperatura..... Ninguno Tiempo necesario | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------------------------|--|--|---------|--------|--------------------|----------|--|--|--------|--|--|----------|--|--|
| PRECALENTAMIENTO (QW-406) Temp. precalent. mín. Temp. Entre pasos máx. Mantener precalent. 100 °C (Se debe anotar calentamiento continuo o especial, cuando sea el caso) | GAS (QW-408) <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Composición porcentual</th> </tr> <tr> <th style="width: 33%;">Gas(es)</th> <th style="width: 33%;">Mezcla</th> <th style="width: 33%;">Velocidad de flujo</th> </tr> <tr> <td colspan="3">Pantalla</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Estela</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Respaldo</td> </tr> </table> | Composición porcentual | | | Gas(es) | Mezcla | Velocidad de flujo | Pantalla | | | Estela | | | Respaldo | | |
| Composición porcentual | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gas(es) | Mezcla | Velocidad de flujo | | | | | | | | | | | | | | |
| Pantalla | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estela | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Respaldo | | | | | | | | | | | | | | | | |

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)
 Corriente ca o cd **CA**..... Polaridad **EP**.....
 Amperes (rango) ... **110 - 145 A**..... Volts (rango) ... **21 - 23**.....
 (se debe registrar el límite de amperes y volts para cada tamaño de electrodo, posición, espesor, etc. Esta información se debe tabular en una forma semejante a la que se muestra abajo).

Tamaño y tipo del electrodo de tungsteno **No**.....
 (Tungsteno disperso, arco de cortocircuito, etc.)

Forma de transferir el metal para soldadura por arco metálico con gas **Arco de cortocircuito**.....
 (Arco disperso, arco de cortocircuito, etc.)

Velocidad de alimentación del alambre de electrodo

TECNICA (QW-410)
 Cordón recto u oscilante **Oscilante**.....
 Tamaño de orificio o copa de gas
Limpieza inicial y entre pasos (cepillado, esmerilado, etc.)
 **Cepillar** **hasta** **limpiar** **el**
metal.....
 Método de vaciado **Ninguno**.....
 Oscilación **Según se necesite**.....
 Distancia del tubo de contacto a la pieza
 Un paso o paso múltiple (por lado) **Paso múltiple**.....
 Electrodo sencillo o múltiple **Múltiple**.....
 Velocidad del recorrido (límite) **53-65 cm/min**.....
 Martillado **Ninguna**.....
 Otros **Después de soldar esmerilar hasta desvanecer la orilla del cordón**.....

| Capa(s) de soldadura | Proceso | Metal de aporte | | Corriente | | Rango de Volts. | Rango de velocidad del recorrido | Otros (p. ej., notas, comentarios, adición(es) de alambre caliente, técnica, ángulo del soplete, etc.) |
|----------------------|---------|-----------------|----------|-----------------|----------------|-----------------|----------------------------------|--|
| | | Clase | Diámetro | C.D. tipo polar | Rango de Amps. | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

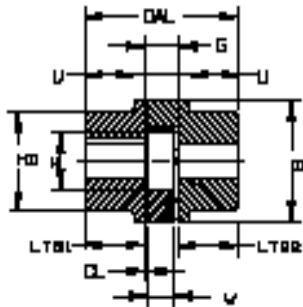
Especificaciones ASME de procedimiento de soldadura (WPS), hoja 2.

Curved Jaw Type

CJseries



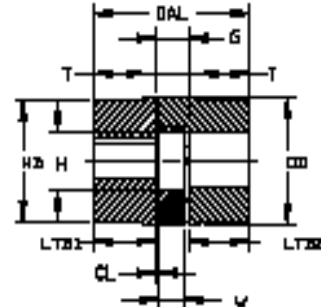
Coupling Dimensions And Materials



Configuration One—2 A Hubs



Curved Jaw Coupling



Configuration Two—2 B Hubs

| Size | Hub Style | Hub Dimensions (Inches) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------|-------------------------|-----------|------|-----------|------------|------|--------------|------------|----|-----------|------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | Cast AL | | | Cast Iron | | | Modular Iron | | | PM/Steel | | | LTB1 | G | CL | W | OAL | T;U | OD | H |
| | | Min. Bore | Max. Bore | HD | Min. Bore | Max. Bore* | HD | Min. Bore | Max. Bore* | HD | Min. Bore | Max. Bore* | HD | | | | | | | | |
| 14 | B Style | S | 0.625 | — | | | | | | | S | 0.625 | — | 0.43 | 0.51 | 0.06 | 0.39 | 1.38 | | 1.18 | 0.39 |
| | BX Style | S | 0.625 | — | | | | | | | S | 0.625 | — | 0.73 | 0.51 | 0.06 | 0.39 | 1.97 | | 1.18 | 0.39 |
| 1 1/24 | A Style | S | 0.748 | 1.26 | | | | | | | S | 0.748 | 1.26 | 0.98 | 0.63 | 0.08 | 0.47 | 2.60 | 0.79 | 1.57 | 0.71 |
| | B Style | S | 0.938 | — | | | | | | | 0.296 | 0.938 | — | 0.98 | 0.63 | 0.08 | 0.47 | 2.60 | | 1.57 | 0.71 |
| 2 1/32 | BX Style | S | 0.938 | — | | | | | | | S | 0.938 | — | 1.46 | 0.63 | 0.08 | 0.47 | 3.54 | | 1.57 | 0.71 |
| | A Style | S | 0.945 | 1.57 | | | | | | | S | 0.945 | 1.57 | 1.18 | 0.70 | 0.08 | 0.55 | 3.07 | 0.94 | 2.17 | 1.06 |
| 2 1/32 | B Style | S | 1.250 | — | | | | | | | 0.315 | 1.250 | — | 1.18 | 0.70 | 0.08 | 0.55 | 3.07 | | 2.17 | 1.06 |
| | BX Style | S | 1.250 | — | | | | | | | S | 1.250 | — | 1.97 | 0.70 | 0.08 | 0.55 | 4.65 | | 2.17 | 1.06 |
| 2 1/8 | A Style | S | 1.100 | 1.80 | | | | | | | S | 1.100 | 1.80 | 1.38 | 0.71 | 0.10 | 0.59 | 3.54 | 1.10 | 2.56 | 1.18 |
| | B Style | 0.174 | 1.500 | — | | | | | | | 0.394 | 1.500 | — | 1.38 | 0.71 | 0.10 | 0.59 | 3.54 | | 2.56 | 1.18 |
| 2 1/8 | BX Style | S | 1.500 | — | | | | | | | S | 1.500 | — | 2.36 | 0.71 | 0.10 | 0.59 | 5.51 | | 2.56 | 1.18 |
| | A Style | S | 1.500 | 2.60 | | | | | | | S | 1.500 | 2.60 | 1.77 | 0.84 | 0.12 | 0.71 | 4.49 | 1.46 | 3.15 | 1.50 |
| 3 1/4 | B Style | 0.472 | 1.750 | — | | | | | | | 0.651 | 1.750 | — | 1.77 | 0.84 | 0.12 | 0.71 | 4.49 | | 3.15 | 1.50 |
| | BX Style | S | 1.750 | — | | | | | | | S | 1.750 | — | 2.76 | 0.84 | 0.12 | 0.71 | 6.46 | | 3.15 | 1.50 |
| 4 1/5 | A Style | S | 1.660 | 2.95 | S | 1.660 | 2.95 | | | | S | 1.660 | 2.95 | 1.97 | 1.02 | 0.12 | 0.79 | 4.96 | 1.57 | 3.74 | 1.81 |
| | B Style | 0.184 | 2.125 | — | 1.250 | 2.125 | — | | | | S | 2.125 | — | 1.97 | 1.02 | 0.12 | 0.79 | 4.96 | | 3.74 | 1.81 |
| 4 1/5 | BX Style | S | 2.125 | — | | | | | | | S | 2.125 | — | 2.95 | 1.02 | 0.12 | 0.79 | 6.93 | | 3.74 | 1.81 |
| | A Style | S | 1.875 | 3.35 | S | 1.875 | 3.35 | | | | S | 1.875 | 3.35 | 2.20 | 1.10 | 0.14 | 0.83 | 5.51 | 1.77 | 4.13 | 2.01 |
| 4 1/8 | B Style | 1.57 | 2.312 | — | 1.570 | 2.312 | — | | | | S | 2.312 | — | 2.20 | 1.10 | 0.14 | 0.83 | 5.51 | | 4.13 | 2.01 |
| | BX Style | | | | | | | | | | S | 2.312 | — | 3.15 | 1.10 | 0.14 | 0.83 | 7.40 | | 4.13 | 2.01 |
| 5 1/7 | A Style | | | | S | 2.125 | 3.86 | | | | S | 2.125 | 3.86 | 2.56 | 1.18 | 0.16 | 0.87 | 6.30 | 2.05 | 4.72 | 2.36 |
| | B Style | | | | 1.890 | 2.790 | — | | | | S | 2.790 | — | 2.56 | 1.18 | 0.16 | 0.87 | 6.30 | | 4.72 | 2.36 |
| 5 1/7 | BX Style | | | | | | | | | | S | 2.790 | — | 3.54 | 1.18 | 0.16 | 0.87 | 8.27 | | 4.72 | 2.36 |
| | A Style | | | | S | 2.900 | 4.53 | | | | S | 2.900 | 4.53 | 2.95 | 1.31 | 0.18 | 1.02 | 7.28 | 1.85 | 5.31 | 2.68 |
| 6 1/7 | B Style | | | | 2.190 | 2.938 | — | | | | S | 2.938 | — | 2.95 | 1.31 | 0.18 | 1.02 | 7.28 | | 5.31 | 2.68 |
| | BX Style | | | | | | | | | | S | 2.938 | — | 3.94 | 1.31 | 0.18 | 1.02 | 9.25 | | 5.31 | 2.68 |
| 7 1/10 | A Style | | | | S | 2.938 | 5.31 | | | | S | 2.938 | 5.31 | 3.35 | 1.57 | 0.20 | 1.18 | 8.27 | 2.09 | 6.30 | 3.15 |
| | B Style | | | | 2.000 | 3.900 | — | | | | S | 3.900 | — | 3.35 | 1.57 | 0.20 | 1.18 | 8.27 | | 6.30 | 3.15 |
| 7 1/10 | BX Style | | | | | | | | | | S | 3.900 | — | 4.33 | 1.57 | 0.20 | 1.18 | 10.24 | | 6.30 | 3.15 |
| | A Style | | | | S | 3.900 | 6.30 | | | | S | 3.900 | 6.30 | 3.94 | 1.77 | 0.22 | 1.34 | 9.65 | 2.44 | 7.87 | 3.94 |
| 9 1/10 | B Style | | | | 3.000 | 3.938 | — | | | | S | 3.938 | — | 3.94 | 1.77 | 0.22 | 1.34 | 9.65 | | 7.87 | 3.94 |
| | BX Style | | | | | | | | | | S | 3.938 | — | 4.92 | 1.77 | 0.22 | 1.34 | 11.61 | | 7.87 | 3.94 |
| 100 | B Style | | | | | | 1.57 | 4.250 | 7.87 | | | | 4.33 | 1.97 | 0.24 | 1.50 | 10.63 | | 8.86 | 4.45 | |
| 110 | B Style | | | | | | 2.16 | 4.875 | 9.06 | | | | 4.72 | 2.17 | 0.26 | 1.65 | 11.61 | | 10.04 | 5.00 | |
| 125 | B Style | | | | | | 2.16 | 5.625 | 10.43 | | | | 5.51 | 2.36 | 0.28 | 1.81 | 13.31 | | 11.42 | 5.79 | |
| 140 | B Style | | | | | | | | | | 2.00 | 6.250 | 10.04 | 6.10 | 2.56 | 0.30 | 2.56 | 14.76 | | 12.60 | 6.50 |
| 160 | B Style | | | | | | | | | | 2.00 | 7.250 | 11.42 | 6.89 | 2.95 | 0.35 | 2.95 | 16.71 | | 14.57 | 7.48 |
| 180 | B Style | | | | | | | | | | 2.00 | 7.625 | 12.80 | 7.68 | 3.35 | 0.41 | 3.35 | 18.70 | | 16.54 | 8.66 |

*Maximum bore may be achieved through the use of a shallow keyway
 CL = Distance between spider and hub face.
 Max Bore refers to maximum straight bore with keyway allowed in hub.
 S= Solid hub with no bore.

OD is equal to HD for B style aluminum sizes 19, 24, and 28.
 W = Spider Thickness.
 Outside diameter of spider equal to OD.
 H = Inside diameter of spider.

Curved Jaw Type

CJseries



Hub Designs (Descriptions)

Keyway With Set Screw (KW)

Standard Lovejoy method of securing a hub to a shaft. Clamping style recommended for backlash free torque transmission.



Without Keyway, With Set Screw

Set screw used to secure hub to shaft.



Spline Hub With Set Screw (W/SS)

Hub bored to accept standard S.A.E. and metric spline, secured with set screw to shaft.



Spline Hub With Clamp (SC)

Hub bored to accept standard S.A.E. and metric spline, secured utilizing a clamping feature.



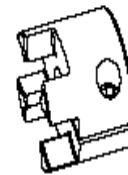
Spline Hub With L-Loc (L-LOC)

Hub bored to accept standard SAE and metric spline using the more efficient L-Loc feature to secure hub on shaft.



Clamping Hub With Single Slot Without Keyway (C)

Zero backlash clamping style for torque transmission. Torque capacity of hub depends on bore sizes.



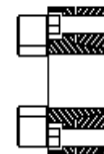
Clamping Hub With Single Slot With Keyway (CWK)

Zero backlash clamping style with keyway for torque transmission.



Hub With Frictional Locking Device (LD)

This hub utilizes a shaft locking device to allow for shaft engagement.

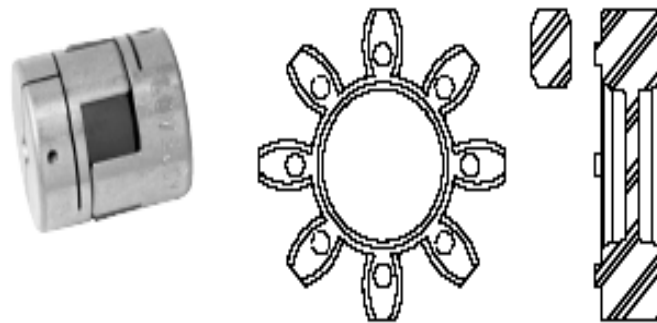


Curved Jaw Type

GSseries



Technical Description For The GS Series



The GS Series curved jaw coupling offers zero backlash capability in a 3-piece design. The coupling is provided assembled under prestress. The GS Series can be used in a variety of different applications requiring precision and accuracy.

The GS Series spider features a straight center of the spider tooth, providing higher stiffness due to coupling prestress. The crowning of the ends of the spider legs allows for misalignment, while the curved jaws and solid spider center provide high-speed capability.

The jaws of the hubs and the spider legs are chamfered to provide easy assembly. The GS Series coupling design also allows the blind assembly in tight spaces. Raised spider dots on the legs of the spider ensure proper spacing of hubs and spider.

Proper installation of the coupling can provide isolation of electrical currents. Check the CL dimension listed on page 19 to ensure the proper spacing between spiders and hubs.

The GS Series coupling has spiders available in four different shore hardnesses. Each spider offers benefits for different vibratory, environmental, and torque transmission requirements.

Elastomer Performance Data

| Spider Type | Color | Material | Temperature Range | | Sizes Available | Typical Applications |
|------------------|--------|----------|-------------------|--------------|-----------------|---|
| | | | Normal | Maximum | | |
| 80 Shore A GS | Blue | Urethane | -50 to 176 F | -90 to 248 F | 14 .24 | Electric measuring systems |
| 92 Shore A GS | Yellow | Urethane | -40 to 194 F | -50 to 248 F | 14 .55 | Electric measuring systems and control systems |
| 95/98 Shore A GS | Red | Urethane | -30 to 194 F | -40 to 248 F | 14 .75 | Positioning drives, main spindle drives, high load applications |
| 64 Shore D GS | Green | Urethane | -20 to 230 F | -30 to 248 F | 14 .55 | High load applications torsionally stiff spider material |

Curved Jaw Type

GSseries



GS Series Technical Description

| Coupling Size | Spider Durometer | Maximum Speed for Clamping Styles (RPM) | | | | Torque (in-lbs) | | Static Torsional Stiffness | Dynamic Torsional Stiffness | Radial Stiffness | Complete Coupling, maximum bore w/o kw | |
|---------------|------------------|---|---------------|--------------------|-------|-----------------|-------|----------------------------|-----------------------------|------------------|--|---|
| | | Clamping Hub | Set Screw Hub | Locking Device Hub | | Tkn | Tkmax | [lb in/rad] | [lb in/rad] | [bin] | Weight (lb) | Polar Moment of Inertia J (lb-in ²) (x10 ⁴) |
| 14 | 80 Sh A | 12700 | 15900 | 25400 | 31800 | 35.4 | 70.8 | 532.8 | 1593 | 874 | 0.098 | 57 |
| | 92 Sh A | | | | | 66.4 | 132.8 | 1014 | 3044 | 1920 | | |
| | 98 Sh A | | | | | 110.6 | 221.3 | 1521 | 4540 | 3452 | | |
| | 64 Sh D | | | | | 141.6 | 283.2 | 2072 | 6212 | 4892 | | |
| 19/24 | 80 Sh A | 9550 | 11900 | 19000 | 23800 | 43.4 | 86.7 | 3042 | 9115 | 3326 | 0.306 | 374 |
| | 92 Sh A | | | | | 88.5 | 177 | 5071 | 15222 | 6401 | | |
| | 98 Sh A | | | | | 150.5 | 300.9 | 7606 | 22833 | 11487 | | |
| | 64 Sh D | | | | | 185.9 | 371.7 | 10976 | 32922 | 16745 | | |
| 24/32 | 92 Sh A | 6950 | 8850 | 13800 | 17300 | 309.8 | 619.5 | 12673 | 38019 | 8458 | 0.621 | 965 |
| | 98 Sh A | | | | | 531 | 1062 | 18257 | 54772 | 14630 | | |
| | 64 Sh D | | | | | 663.8 | 1327 | 26355 | 79065 | 21123 | | |
| 28/38 | 92 Sh A | 5850 | 7350 | 11700 | 14700 | 840.8 | 1681 | 20284 | 60852 | 10173 | 1.178 | 3691 |
| | 98 Sh A | | | | | 1416 | 2832 | 30426 | 91278 | 18288 | | |
| | 64 Sh D | | | | | 1770 | 3540 | 38497 | 115492 | 24849 | | |
| 38/45 | 92 Sh A | 4750 | 5950 | 9550 | 11900 | 1681 | 3363 | 40568 | 121705 | 12430 | 2.112 | 7485 |
| | 98 Sh A | | | | | 2876 | 5752 | 63366 | 190151 | 25146 | | |
| | 64 Sh D | | | | | 3584 | 7168 | 93279 | 279837 | 36999 | | |
| 42/55 | 92 Sh A | 4000 | 5000 | 8050 | 10000 | 2345 | 4690 | 55755 | 128236 | 13887 | 8.324 | 40639 |
| | 98 Sh A | | | | | 3982 | 7965 | 169920 | 424800 | 31833 | | |
| | 64 Sh D | | | | | 4956 | 9912 | 244083 | 610207 | 41548 | | |
| 48/60 | 92 Sh A | 3600 | 4550 | 7200 | 9100 | 2743 | 5487 | 69472 | 159786 | 14745 | 11.317 | 68782 |
| | 98 Sh A | | | | | 4646 | 9292 | 197974 | 494936 | 33890 | | |
| | 64 Sh D | | | | | 5796 | 11593 | 320370 | 800925 | 47286 | | |
| 55/70 | 92 Sh A | 3150 | 3950 | 6350 | 7950 | 3628 | 7257 | 84075 | 193372 | 17031 | 16.993 | 135334 |
| | 98 Sh A | | | | | 6062 | 12124 | 210630 | 526575 | 38210 | | |
| | 64 Sh D | | | | | 7301 | 14602 | 366921 | 917302 | 52852 | | |
| 65/75 | 95 Sh A | 2800 | 3500 | 5650 | 7050 | 8319 | 16638 | 338070 | 845175 | 36679 | 20.286 | 216825 |
| 75/90 | 95 Sh A | 2350 | 2950 | 4750 | 5950 | 12965 | 25930 | 557815 | 1393875 | 49435 | 32.379 | 477900 |

S-Flex Coupling Ratings

S-Flex Coupling Ratings with EPDM, Neoprene or Hytrel

| Coupling Size | Sleeve Material | Basic HP Ratings @Varying RPM | | | | Torque Rating | | Torsional ¹ Stiffness in-lb/rad | Max. Bore | | Max. RPM |
|---------------|-----------------|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|---------|--|-----------|-----|----------|
| | | 100 | 1200 | 1800 | 3600 | in-lbs | N-m | | in | mm | |
| 3 | EPDM & Neoprene | .10 | 1.1 | 1.7 | 3.4 | 60 | 6.78 | 229 | .875 | 22 | 9200 |
| 4 | EPDM & Neoprene | .19 | 2.3 | 3.4 | 6.9 | 120 | 13.56 | 458 | 1.000 | 25 | 7600 |
| 5 | EPDM & Neoprene | .38 | 4.6 | 6.9 | 13.7 | 240 | 27.12 | 916 | 1.188 | 30 | 7600 |
| 6 | EPDM & Neoprene | .71 | 8.6 | 12.9 | 25.7 | 450 | 50.84 | 1718 | 1.438 | 38 | 6000 |
| 6H | Hytrel | 2.90 | 34.0 | 51.0 | 103.0 | 1800 | 203.37 | 10000 | 1.438 | 38 | 6000 |
| 7 | EPDM & Neoprene | 1.20 | 14.0 | 21.0 | 41.0 | 725 | 81.91 | 2769 | 1.625 | 42 | 5250 |
| 7H | Hytrel | 4.60 | 55.0 | 82.0 | 164.0 | 2875 | 324.83 | 20000 | 1.625 | 42 | 5250 |
| 8 | EPDM & Neoprene | 1.80 | 22.0 | 32.0 | 65.0 | 1135 | 128.24 | 4335 | 1.938 | 49 | 4500 |
| 8H | Hytrel | 7.20 | 86.0 | 129.0 | 259.0 | 4530 | 511.82 | 30000 | 1.938 | 49 | 4500 |
| 9 | EPDM & Neoprene | 2.90 | 34.0 | 51.0 | 103.0 | 1800 | 203.37 | 6875 | 2.375 | 60 | 3750 |
| 9H | Hytrel | 11.40 | 137.0 | 206.0 | 411.0 | 7200 | 813.49 | 47500 | 2.375 | 60 | 3750 |
| 10 | EPDM & Neoprene | 4.60 | 55.0 | 82.0 | 164.0 | 2875 | 324.83 | 10980 | 2.750 | 70 | 3600 |
| 10H | Hytrel | 18.00 | 216.0 | 324.0 | 648.0 | 11350 | 1282.38 | 100000 | 2.750 | 70 | 3600 |
| 11 | EPDM & Neoprene | 7.20 | 86.0 | 129.0 | 259.0 | 4530 | 511.82 | 17300 | 3.375 | 86 | 3600 |
| 11H | Hytrel | 28.60 | 343.0 | 514.0 | 1028.0 | 18000 | 2033.73 | 125000 | 3.375 | 86 | 3600 |
| 12 | EPDM & Neoprene | 11.40 | 137.0 | 206.0 | .... | 7200 | 813.49 | 27500 | 3.875 | 99 | 2800 |
| 12H | Hytrel | 50.00 | 600.0 | 900.0 | .... | 31500 | 3559.03 | 225000 | 3.875 | 99 | 2800 |
| 13 | EPDM & Neoprene | 18.00 | 216.0 | 324.0 | .... | 11350 | 1282.38 | 43350 | 4.500 | 114 | 2400 |
| 13H | Hytrel | 75.00 | 900.0 | 1350.0 | .... | 47268 | 5340.57 | 368900 | 4.500 | 114 | 2400 |
| 14 | EPDM & Neoprene | 28.60 | 343.0 | 514.0 | .... | 18000 | 2033.73 | 68755 | 5.000 | 127 | 2200 |
| 14H | Hytrel | 115.00 | 1380.0 | 2070.0 | .... | 72480 | 8189.15 | 593250 | 5.000 | 127 | 2200 |
| 16 | EPDM | 75.00 | 900.0 | .... | .... | 47250 | 5338.54 | 180480 | 5.500 | 140 | 1500 |

- Notes:**
1. Values shown are for an ambient temperature of 75°F (24°C).
 2. Coupling ratings are based on sleeve material regardless of flange design.

Sleeves

S-Flex Sleeves

Flexible sleeves for Lovejoy S-Flex couplings are available in three materials (EPDM, Neoprene and Hytrel), and in three basic designs: one-piece solid, one-piece split, or two-piece.

Types JE, JN, JES, JNS

These sleeves feature a one-piece solid (JE, JN), as well as a one-piece split (JES, JNS) design. JE and JES are molded with EPDM rubber and JN and JNS are made with Neoprene in sizes 3-8. Sizes 9 and 10 are EPDM only.

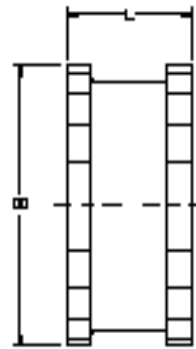
Types E, N

Type E and N sleeves feature a two-piece design with retaining ring, available in either EPDM (E) or Neoprene (N).

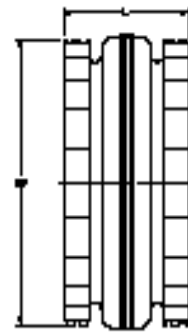
EPDM is available in sizes 5-16 and Neoprene is available in sizes 5-14. Two-piece sleeves are ideal for applications where small shaft separations inhibit the installation of a one-piece sleeve.

Types H, HS

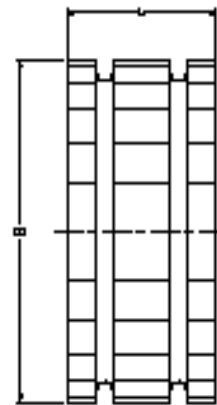
Type H (Hytrel) sleeves, designed for high torque applications, transmit four times as much power as an equivalent EPDM or Neoprene sleeve. Available in one-piece solid (H) or two-piece split (HS) construction. Hytrel sleeves can be used only with S or SC flanges and cannot be used with J or B flanges. They should not be used as a direct replacement for EPDM or Neoprene applications. Hytrel is available for sizes 6-14. Size 13 and 14 Hytrel are available with HS sleeves only.



Types JE, JN, JES, JNS



Types E, N



Types H, HS

Sleeve Dimensions—Inch

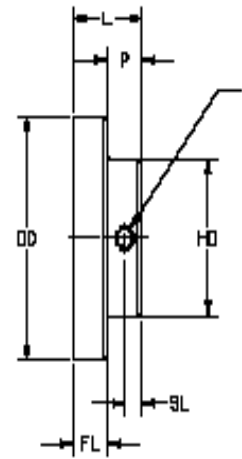
| Coupling Size | Types JE, JES, JN & JNS EPDM & Neoprene | | | Types E & N EPDM & Neoprene | | | Types H & HS Hytrel | | |
|---------------|--|------|--------|--------------------------------|------|--------|------------------------|------|--------|
| | OD | L | WT lbs | OD | L | WT lbs | OD | L | WT lbs |
| 3 | 1.88 | 1.00 | 0.06 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 4 | 2.31 | 1.25 | 0.10 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 5 | 2.94 | 1.56 | 0.20 | 2.94 | 1.56 | 0.25 | ---- | ---- | ---- |
| 6 | 3.75 | 1.88 | 0.40 | 3.75 | 1.88 | 0.49 | 3.75 | 1.88 | 0.44 |
| 7 | 4.34 | 2.19 | 0.62 | 4.34 | 2.19 | 0.77 | 4.34 | 2.19 | 0.69 |
| 8 | 5.06 | 2.50 | 1.13 | 5.06 | 2.50 | 1.40 | 5.06 | 2.50 | 1.40 |
| 9 | 6.00 | 3.00 | 1.46 | 6.00 | 3.00 | 2.00 | 6.00 | 3.00 | 1.80 |
| 10 | 7.06 | 3.44 | 2.32 | 7.06 | 3.44 | 3.20 | 7.06 | 3.44 | 2.90 |
| 11 | ---- | ---- | ---- | 8.19 | 4.00 | 5.10 | 8.19 | 4.00 | 4.50 |
| 12 | ---- | ---- | ---- | 9.56 | 4.69 | 8.10 | 9.56 | 4.69 | 7.30 |
| 13 | ---- | ---- | ---- | 11.19 | 5.50 | 13.00 | 11.19 | 5.50 | 11.80 |
| 14 | ---- | ---- | ---- | 13.09 | 6.50 | 21.10 | 13.09 | 6.50 | 19.30 |
| 16 | ---- | ---- | ---- | 17.91 | 8.75 | 45.30 | ---- | ---- | ---- |

Note: See page SF-10 for Performance Data.

Type J Flanges and Type J Couplings

Type J Flanges

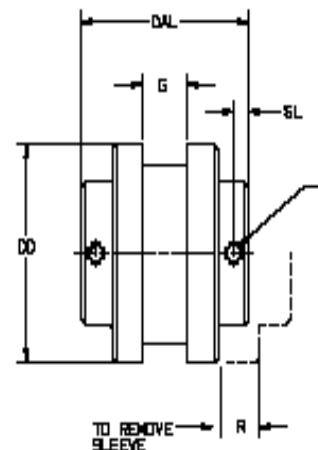
Type J flanges in sizes 3J and 4J are die cast of high-strength zinc alloy with a tensile strength of 41,000 psi and are furnished bored-to-size. Depending upon required bore size, the 5J is manufactured from either zinc alloy or cast iron. Size 6J is made of cast iron. J flanges can be used with either EPDM or Neoprene sleeves. Each flange has a keyseat and two set screws (one set screw over the key and one at 90° to the keyway).



Type J Flange

Type J Couplings

Complete S-Flex couplings, with Type J flanges described above, are normally supplied with the one-piece JE sleeve or the one-piece split JES sleeve. They can also be supplied with the optional JN (Neoprene, one-piece) sleeve or the one-piece split JNS sleeve. Sizes 5J and 6J couplings are also available with E and N two-piece sleeves.



Type J Coupling

Type J Dimensional Data — Inch

| Coupling Size | Max. Bore wistd. Keyway | | | | | | | | | | | Flange Wt. lbs | Complete Coupling Weight |
|---------------|-------------------------|------|-------|------|----------------|------|------|------|------|-----|---------|----------------|--------------------------|
| | | L | OD | P | G ¹ | HD | OAL | FL | R | SL | T | | |
| 3J | 0.875 | 0.81 | 2.062 | 0.44 | 0.38 | 1.50 | 2.00 | 0.38 | 0.56 | .25 | 1/4-20 | 0.30 | 0.68 |
| 4J | 1.000 | 0.88 | 2.460 | 0.44 | 0.63 | 1.63 | 2.38 | 0.44 | 0.75 | .25 | 1/4-20 | 0.40 | 0.89 |
| 5J | 1.125 | 1.06 | 3.290 | 0.47 | 0.75 | 1.88 | 2.88 | 0.59 | 0.97 | .29 | 1/4-20 | 1.10 | 2.40 |
| 6J | 1.375 | 1.31 | 4.000 | 0.53 | 0.88 | 2.50 | 3.50 | 0.78 | 1.09 | .29 | 5/16-18 | 1.90 | 4.36 |

Notes: 1. Spacing between shafts should be greater than 1/8" and less than OAL minus the sum of the two bore dimensions.
2. See page SF-10 for Performance Data.